

FAKULTA VETERINÁRNÍ HYGIENY A EKOLOGIE  
Ústav vegetabilních potravin

**HYGIENA A TECHNOLOGIE  
VEGETABILNÍCH PRODUKTŮ**

Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků,  
pekárenských výrobků, těst a těstovin

Doc. MVDr. Vladimír Pažout, CSc.  
Ing. Vierošlava Hemalová  
Ing. Magda Aldorfová

# OBSAH

PŘEDMLUVA .....	4
1 CEREÁLNÍ SUROVINY .....	5
1.1 OBILNÁ ZRNA JAKO SUROVINY K VÝROBĚ MOUK .....	5
1.1.1 Pšenice.....	6
1.1.1.1 Význam a využití.....	6
1.1.1.2 Mlynářská a pekařská jakost pšenice .....	7
1.1.1.3 Pšenice tvrdá.....	10
1.1.1.4 Pšenice špalda.....	11
1.1.1.5 Potravinářský ječmen .....	12
1.1.1.6 Žito .....	12
1.1.1.7 Oves.....	13
1.2 MORFOLOGICKÁ STAVBA OBILNÉHO ZRNA .....	14
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILNÉHO ZRNA A JEHO ČÁSTÍ.....	15
1.3.1 Sacharidy obilovin.....	16
1.3.1.1 Monosacharidy a oligosacharidy.....	18
1.3.1.2 Polysacharidy .....	18
1.3.1.3 Neškrobové polysacharidy .....	20
1.3.2 Bílkoviny pšenice .....	21
1.3.2.1 Vlastnosti pšeničných bílkovin.....	23
1.3.3 Lipidy obilovin .....	24
1.3.4 Vitaminy, minerální látky a minoritní složky .....	25
2 MLÝNSKÉ ZPRACOVÁNÍ OBILNÝCH ZRN.....	26
2.1 POSKLIZŇOVÁ ÚPRAVA A SKLADOVÁNÍ OBILNÝCH ZRN .....	26
2.1.1 Skladovatelnost .....	26
2.1.1.1 Základní biochemické procesy ovlivňující skladovatelnost obilí.....	26

2.1.1.2	Základní fyzikální faktory a procesy ovlivňující skladovatelnost obilí.....	28
2.1.2	Posklizňová úprava zrna.....	29
2.1.3	Skladování zrna .....	30
2.2	TECHNOLOGIE V MLYNÁŘSTVÍ .....	32
2.2.1	Příjem obilí, předčištění a uskladnění obilí.....	32
2.2.2	Příprava obilí k mletí.....	33
2.2.2.1	Sestavení směsi obilí na zámel .....	33
2.2.2.2	Čištění a další úprava obilné směsi .....	35
2.2.3	Mletí obilí.....	38
2.2.3.1	Principy vlastního mlecího procesu.....	38
2.2.3.2	Vlastní mletí obilí.....	39
2.2.4	Příprava a skladování obchodních mouk.....	43
2.2.4.1	Výtěžnost mouk, kontrola výroby .....	43
2.2.4.2	Principy sestavování mlýnských produktů.....	45
2.2.4.3	Finální úprava mouk.....	47
3	PEKÁRENSKÁ VÝROBA .....	49
3.1	SUROVINY PRO PEKÁRENSKOU VÝROBU.....	49
3.1.1	Mouka.....	49
3.1.1.1	Pekařská jakost pšeničné mouky .....	49
3.1.1.1.1	Požadavky na pšeničnou mouku.....	53
3.1.2	Voda .....	54
3.1.3	Sůl.....	54
3.2	VÝROBA CHLEBA .....	56
3.3	VÝROBA PEČIVA .....	64
3.3.1	Těsto a jeho příprava .....	64
3.3.1.1	Příprava kynutých pšeničných těst .....	64

3.3.2	Výroba běžného pečiva .....	67
3.3.3	Výroba jemného pečiva.....	71
3.3.4	Výrobky z křehkého a listového těsta .....	72
4	VÝROBA TRVANLIVÉHO PEČIVA .....	73
5	ZMRAZOVÁNÍ TĚST A PEČIVA.....	75
6	SNACK VÝROBKY .....	79
7	VÝROBA TĚSTOVIN.....	81
8	POUŽITÁ LITERATURA .....	84

## **PŘEDMLUVA**

Vážení studující,

nabízíme vám dílčí texty, přinášející informace o hygieně a technologii zpracování surovin k výrobě mlýnských obilných výrobků a jejich finalizaci v pekárenské výrobky, pečivářenské výrobky, těsta a těstoviny.

Motivací k jejich přípravě je současné uspořádání magisterského studia na Fakultě veterinární hygieny a ekologie VFU Brno, které hygienu a technologii potravin rostlinného původu vyučuje v několika široce konstituovaných disciplínách.

Hygiena a technologie vegetabilních potravin je v historii veterinárního vzdělávání, které je v České republice tradováno jen na jediném místě, a to již po dobu 90 let, oblastí velmi mladou a téměř bez předchozího kontinuálního hlubšího odborného zázemí. Proto se i předkládané učební texty opírají o texty a publikace vybraných autorů a jimi prezentované zkušenosti z oblasti produkce potravinářského obilí, jeho mlýnského zpracování, širokého záběru pekárenské výroby, výroby pečiva a trvanlivého pečiva, těst a těstovin.

Věříme, že vám tyto texty budou vhodnou učební pomůckou a přispějí k úspěšnému zvládnutí náplně tohoto rozsáhlého předmětu, finalizovaného státní závěrečnou zkouškou.

K jejímu úspěšnému završení vám kolektiv autorů přeje hodně zdaru.

Za: Doc. MVDr. Vladimír Pažout, CSc.

Brno 25. 7. 2011

# 1 CEREÁLNÍ SUROVINY

## 1.1 OBILNÁ ZRNA JAKO SUROVINY K VÝROBĚ MOUK

Obiloviny jsou strategickými a historicky nejvýznamnějšími plodinami. Pro lidskou výživu se přímo (bez např. chemického zpracování) používá z obilovin výhradně zrno.

Obiloviny (cereálie) patří botanicky mezi traviny - latinsky *Gramineae*. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité, latinsky *Poaceae*. Výjimku tvoří pohanka, patřící do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). V posledních letech se začala uplatňovat i další semena např. amarant, patřící do čeledi Amaranthovité (*Amaranthaceae*), mexická quinoa aj. Společný botanický původ obilovin čeledi Lipnicovité předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v jeho chemickém složení, tj. např. v uspořádání obalových a podobalových vrstev zrna, nebo v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině nebo mastných kyselin v tukových složkách. Vlivem různých klimatických podmínek a během staletí šlechtění a pěstování se však současně vytvořily odlišnosti mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin i mezi jednotlivými odrůdami téhož druhu, např. ve složení a obsahu tzv. slizovitých látek, které silně váží vodu, v obsahu tuku nebo v kvalitě bílkovin. Postupem doby se zjistila vhodnost různých obilovin pro různá zpracování, a proto jen některé získaly dominantní postavení ve využití pro pekárenské účely. Možnosti a výsledky šlechtění posledních desetiletí rozčlenily v mnoha případech i odrůdy stejné obiloviny pro určitá speciální použití. Další teoretickou možností ovlivnění specifických zpracovatelských vlastností dávají metody genové manipulace.

Přehled potravinářsky používaných obilovin a některých podobných semen je uveden v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1: Přehled obilovin běžně pěstovaných a využívaných pro potravinářské použití

Česky	Latinsky
pšenice obecná	<i>Triticum aestivum</i>
pšenice tvrdá (durum)	<i>Triticum durum</i>
žito seté	<i>Secale cereale</i>
tritikale, žitovec	<i>Triticale</i>
ječmen víceřadý	<i>Hordeum vulgare</i>
ječmen dvouřadý	<i>Hordeum distichum</i>
oves setý	<i>Avena sativa</i>
rýže setá	<i>Oryza sativa</i>
kukuřice setá	<i>Zea mays</i>
proso	<i>Panicum miliaceum</i>
čirok	<i>Sorghum sp.</i>

Tabulka 2: Přehled druhů pšenice (*Triticum*)

Počet chromosomů	Druhový název	
	česky	latinsky
14	jednozrnná	<i>monococcum</i>
28	dvouzrnná	<i>dicoccum</i>
	tvrdá, (těstářenská)	<i>durum</i>
	polská	<i>polonicum</i>
	naduřelá, anglická	<i>turgidum</i>
42	obecná (pekařská)	<i>aestivum</i>
	špalda	<i>spelta</i>
	shloučená	<i>compactum</i>

### 1.1.1 Pšenice

#### 1.1.1.1 Význam a využití

Pšenice je spolu s rýží hlavní plodinou, zabezpečující výživu převážné části lidstva. Je také jednou z nejstarších rostlin využívaných člověkem (první nález je starý 18 tis. let).

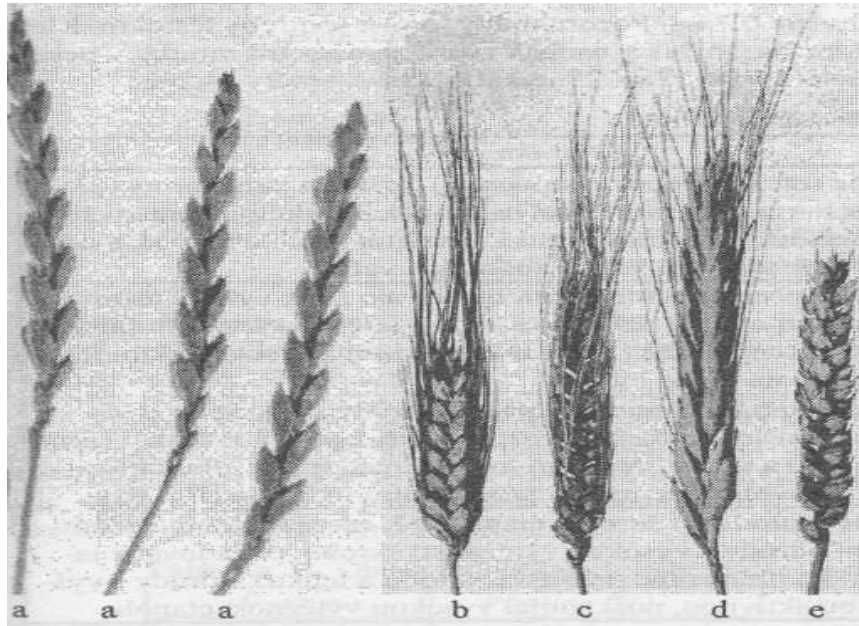
Během posledního století se věnovala mimořádná pozornost šlechtění pšenice. Ta má nejen unikátní vlastnosti pro pekařské využití, ale existuje také mnoho jejích botanických druhů, jak uvádí tabulka 2. Druhy pšenice se tvořily rostoucím počtem chromozomů (ploeditou)  $2n = 14 - 28 - 42$ . Proces zkulturnění se uskutečňoval změnou řady znaků a vlastností: zvětšováním obilky (až 20x), zvětšením listové plochy, zpomaleným stárnutím listů horní části rostliny, prodloužením období plnění obilek a hlavně změnou distribuce asimilátů ve prospěch hospodářsky významných orgánů (obilek) a zkrácením výšky stébla.

Z mnoha druhů pšenice jsou nejvíce pěstovány (viz. obrázek 1) **Pšenice obecná** (*Triticum aestivum* L.) a **Pšenice tvrdá** (*Triticum durum*).

Velmi málo se již pěstuje pšenice naduřelá (*Triticum turgidum* L.) **Pšenice špalda** (*Triticum spelta* L.).

Světová plocha pšenice je ze všech obilnin největší a činí přes 230 mil. ha s výnosem od 2,3 do 2,6 t.ha<sup>-1</sup> s produkcí 550 mil. tun, což je 1/3 celkové světové produkce obilí. Podobnou úroveň produkce má i kukuřice. Na světové produkci pšenice se podílí USA 11 %, země EU asi 15 %, země bývalého SSSR (tzv. SNS) asi 16 %, Čína 17 % a Indie 9. Produkce rýže je 355 mil. tun, což je asi 20 % z celkové světové produkce obilí. Polovinu obilní sklizně představuje krmné obilí.

Obrázek 1: Klasy pšenice



Popis: a-pšenice špalda, b- pšenice tvrdá, c-pšenice naduřelá,  
d-pšenice polská, e-pšenice setá

Na světových trzích se obchoduje s pšenicí asi v množství 110 - 120 mil. tun, rozsah obchodu s krmným obilím je asi 100 mil. tun. Nejvíce exportují USA, země EU, Kanada, Austrálie a Argentina.

V ČR se produkce pšenice pohybuje okolo 3,7 - 3,8 mil. tun, z toho k potravinářským účelům 1,2 - 1,25 mil. tun (zpracují mlýny), zbytek, kromě malého množství (2 %), které je určeno k průmyslovému zpracování, se zkrmuje, nebo menší množství exportuje.

Pšeničné mouky se u nás v roce 2005 spotřebovalo 87,9 kg na jednoho obyvatele. Postupně roste spotřeba pečiva; pšeničného pečiva sníme 44,2 kg, trvanlivého 6,7 kg. Pozoruhodný je růst spotřeby těstovin. Klesá ale spotřeba mouky v domácnostech (pokles na 16 %) a naopak roste zpracování mouky v pekárnách (66 %), pečivárnách (9,5 %) a těstárnách (6,6 %). Tabulka 3 uvádí vývoj spotřeby pekárenských výrobků, mouky a obilovin v letech 1998 až 2005. Tabulka 4 uvádí přehled užitkových směrů pšenice.

#### **1.1.1.2 Mlynářská a pekařská jakost pšenice**

Pšenice obecná se používá k různým účelům, ale nejvíce pozornosti se věnuje její jakosti potravinářské, tj. mlynářské, pekařské, pečivářské a těstářské.

*Na jakosti potravinářské pšenice se podílí:*

- pěstovaná odrůda
- pěstitelské podmínky



Tabulka 3: Vývoj spotřeby pekárenských výrobků, mouky a obilovin (kg/obyv./rok)

PEKÁRENSKÉ VÝROBKY, OBILOVINY	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Obiloviny v hodnotě zrna</b>	136,2	135,2	136,3	137,4	145,8	142,3	142,4	<b>136,7</b>
pšenice	110,7	112,1	113,8	112,4	120,0	116,6	116,9	<b>112,7</b>
žito	16,6	14,5	13,8	16,3	16,9	17,0	17,1	<b>16,4</b>
kukuřice	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	<b>0,8</b>
ostatní obiloviny	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	2,8	2,9	<b>2,8</b>
rýže	4,5	4,3	4,6	4,4	4,8	5,0	4,6	<b>4,0</b>
<b>Obiloviny v hodnotě mouky</b>	104,9	104,0	104,7	107,0	113,8	110,9	110,2	<b>106,3</b>
pšeničná mouka	85,3	86,3	86,6	87,7	93,7	91,0	91,2	<b>87,9</b>
žitná mouka	12,7	11,0	11,1	12,5	13,0	12,9	12,9	<b>12,8</b>
kroupy, ječná krupice, ovesné vločky	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	0,7	<b>0,9</b>
ostatní mouky	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	<b>0,7</b>
rýže	4,5	4,3	4,6	4,4	4,8	5,0	4,6	<b>4,0</b>
<b>Mlýnské a pekárenské výrobky</b>								
chléb	55,4	55,2	56,0	55,1	54,5	54,3	53,3	<b>53,2</b>
pšeničné pečivo	41,6	41,8	42,8	43,3	44,3	43,8	44,0	<b>44,2</b>
trvanlivé pečivo	7,1	7,2	7,8	7,8	7,7	7,6	8,2	<b>8,2</b>
těstoviny	5,1	5,6	6,5	6,5	6,0	5,6	6,2	<b>6,2</b>

Tabulka 4: Přehled užitkových směrů pšenice

Užitkový směr	Charakteristika
potravinářská pšenice	odrůdy pšenice seté ( <i>Triticum aestivum L</i> ), ozimé a jarní formy (převážně ozimé v mírném pásmu) k mlýnsko-pekárenskému zpracování, tříděné podle jakosti na odrůdy elitní E, kvalitní A, chlebové B, a odrůdy keksově K, k přípravě keksů, sušenek a vaflí
těstářská pšenice	převážně odrůdy pšenice tvrdé ( <i>Triticum durum L.</i> ) k výrobě těstovin (makarónů, špaget, nudlí a dalších těstovin), mleté na tzv. semolinu a vybrané odrůdy pšenice seté ( <i>Triticum aestivum</i> ) s vysokou sklovitostí, tvrdostí, mleté na hrubé mouky
krmná pšenice	odrůdy nepotravinářské pšenice, případně odrůdy ze skupiny B, C pšenice seté, s menším podílem nerozpustných lepkových frakcí (prolaminu, gluteninu) a větším podílem rozpustných frakcí albuminu a globulinu, s vysokým bílkovinným produkčním indexem (P.E.R.)
průmyslová pšenice	odrůdy pšenice k produkci škrobu, etanolu a k energetickým účelům (jde o speciální odrůdy s vysokou výtěžností škrobu, požadované jakosti, případně kombinované produkce škrobu a lepku), odrůdy s vyšší enzymatickou aktivitou, poskytující vysokou výtěžnost etanolu

Odrůdy mají rozdílné vlastnosti a znaky jakosti, které hodnotíme v bodech (9 - 1). Rovněž souhrnné hodnocení je vyjádřeno v bodech, kdy nejkvalitnější odrůdy pšenice, dosud

označované A9 a A8, jsou nejlepší potravinářské pšenice. Od roku 1996 jsme v ČR převzali třídění odrůd, kdy se odrůdy zařazují do pěti skupin:

- **elitní pšenice E** - sem patří odrůdy dříve označované A9 a A8, tedy nejkvalitnější potravinářské pšenice, u nás označované též jako zlepšující,
- **kvalitní pšenice A** - sem patří odrůdy dříve označované A7 a A6, u nás vedené jako dobré, samostatně zpracovatelné, a A6 jako doplňkové,
- **chlebová pšenice B** - tvoří podle dřívějšího hodnocení přechod mezi skupinami A5 a A6, které podle našeho hodnocení jsou již odrůdy doplňkové, zpracovatelné ve směsi,
- **keksová pšenice K** - hodí se k výrobě keksů, sušenek a podobných druhů pečiva, kde jsou speciální požadavky na jakost pšenice s malým objemem pečiva, ale vyšším číslem poklesu a výtěžností mouky T 550,
- **zvláštní pšenice C** - je určena ke speciálním účelům; jakost se definuje zvlášť pro tyto účely použití, např. k získávání škrobu z pšenice apod.

Vybraná jakostní kritéria potravinářské pšenice skupiny E, A a B jsou uvedena kritéria v tabulce 5.

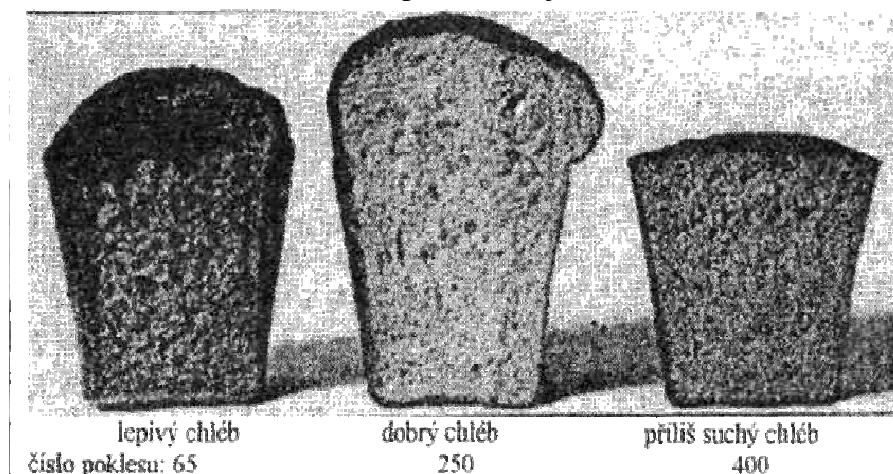
Tabulka 5: Jakostní kritéria vybraných skupin odrůd potravinářské pšenice

Kritéria jakosti	E - elitní	A – kvalitní	B - chlebové
objem pečiva (ml)	659 – 728	622-651	547-611
číslo poklesu (s)	265 – 323	256 – 285	205 - 263
obsah bílkovin (%)	12,6-13,1	11,8-12,4	11,4- 12,1
sedimentační hodnota (ml)	37-51	33-39	21-23

### Metody kontroly jakosti

- **Objem pečiva** je z hodnocených znaků nejdůležitější. Pro charakterizování odrůdy se stanovuje pekařským pokusem nebo metodou Rapid mix test (RMT).
- **Číslo poklesu** umožňuje posoudit stav sacharido-amylázového komplexu zrna, který je ovlivňován aktivitou amylolytických enzymů. Vysoká aktivita amyláz, která provází porůstání zrna (i bez vnějších příznaků), může způsobit ztekucení škrobu a snížit jeho schopnost vázat vodu (ČSN ISO 3093). Vliv čísla poklesu na jakost chleba ukazuje obrázek 2. Porostlé zrna má nízké číslo poklesu. Nízké ČP snižuje pekařskou kvalitu zeslabením pružnosti střídky pečiva. Pečivo má obvykle malý objem, nevhodnou vyvázanost, těsto je lepivé a těžko zpracovatelné.
- **Obsah hrubých bílkovin** (N x 5,7) v současné době nahrazuje dosud široce používaný ukazatel jakosti - obsah mokrého lepku (ČSN ISO 1871). Obsah je především ovlivněn minerálním hnojením, podmínkami ročníku a odrůdou. Stoupající obsah HB pozitivně působí na chování pečiva při pečení.
- **Sedimentační hodnota** (SDS test) vyjadřuje souborně množství i kvalitu bílkovinného komplexu. Nahrazuje dřívější stanovení obsahu mokrého lepku, bobtnavosti a tažnosti lepku. Používá se metoda podle **Zelenyho**. Obsah mokrého lepku v praxi zůstává jednou z metod hodnocení jakosti potravinářské pšenice. Lepek je soubor bílkovin obilného zrna ve vodě nerozpustných, převážně gliadinů a gluteninu. Po navlhčení se vytváří v těstě souvislá lepková mřížka, která je pružná a tažná. To umožňuje těstu zvětšovat svůj objem působením kvasných plynů. Při pečení se pak utváří pórovitost pečiva.

Obrázek 2: Vztah hodnot čísla poklesu na jakost chleba



Z mlynářských vlastností se hodnotí u odrůd:

- tvar obilky. Zrno by mělo být plné, spíše mírně buclaté s jemnými obaly (oplodím a osemením), a mělkou podélnou rýhou.,
- tvrdost zrna je nepřímý ukazatel mlynářské jakosti a má vztah k výtěžnosti krupic,
- dříve se hodnotila též **sklovitost obilek** (stále se používá u pšenice tvrdé – *Triticum durum*), která vyjadřuje ráz endospermu, tj. způsob uložení škrobových zrn a bílkovinných částic v endospermu. Vyšší sklovitost souvisela s větší výtěžností krupic a hrubé mouky a též s vyšším obsahem bílkovin,
- **výtěžnost mouky** je významné mlynářské kritérium; stanovuje se mlecím pokusem a hodnotí se výtěžnost mouky T 550,
- **objemová hmotnost** (dříve hektolitrová váha) se stanovuje jako hmotnost 1 litru zrna. Vyjadřuje řadu vlastností a znaků, které souvisí s tvarem a velikostí obilek, vyrovnaností, sklovitostí, s vlastností povrchu zrna a vlhkostí. Optimální rozmezí objemové hmotnosti je 780 - 820 g.l<sup>-1</sup>,
- pro mletí je významná vyrovnanost velikosti zrn, tzv. **podíl plných zrn** (PPZ), což je podíl nad sítím 2,5 mm,
- při obchodování s obilím se hodnotí ještě **vůně**, která má být čistě slámová, obilní bez cizích zápachů,
- v poslední době se velmi dbá na **výskyt barevných změn** na obilkách, které prozrazují výskyt různých patogenů s potencií produkce různých toxinů v mouce.

### 1.1.1.3 Pšenice tvrdá

Pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.) je druhý nejvýznamnější a nejrozšířenější druh rodu Tritium. Pěstuje se přibližně na 20,5 mil hektarů, tj. 8,8 % světové plochy pšenice s průměrným výnosem 1,2 t.ha<sup>-1</sup>. Patří do skupiny tetraploidních pšenic (2n = 28) a většina odrůd jsou jarní formy. Ozimé mají horší jakost než jarní a většinou jsou i málo mrazuvzdorné a zimovzdorné.

Hlavní užití této pšenice je k výrobě těstovin (těstářská pšenice), jejichž spotřeba v celém světě stále roste. K běžnému využití k přípravě chleba a pečiva je tato pšenice méně vhodná, protože má pevný tuhý lepek a tvoří malý objem pečiva.

U pšenice tvrdé se sleduje vlastní barva obilky, má být jantarová, což souvisí s vyšším obsahem karotenoidů a konečnou barvou semoliny, která má být nažloutlá. To umožňuje výrobu bezvaječných těstovin. Výskyt barevných tmavých skvrn na obilce může působit po semletí v mouce a následně v těstovinách tmavé stippy (tečky), nebo též prozrazovat přítomnost některých škodlivých patogenů, např. Fusarií sp.

Tabulka 6: Hodnoty jakostních parametrů pšenice potravinářské (ČSN 46 1100-2)

Jakostní znaky	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářská
vlhkost (%)	nejvýše 14,0	nejvýše 14,0
objemová hmotnost (kg.hl <sup>-1</sup> )	nejméně 76,0	nejméně 76,0
obsah N-látek v sušině (%)	nejméně 11,5	nejvýše 11,5
Zelenyho test (ml)	nejméně 30	nejvýše 25
číslo poklesu (s)	nejméně 220	nejméně 220
příměsi a nečistoty celkem (%), z toho:		
- zlomky zrn (%)	nejvýše 6,0	nejvýše 6,0
- zrnové příměsi, z toho:	nejvýše 3,0	nejvýše 3,0
- tepelně poškozená zrna (%)	nejvýše 5,0	nejvýše 5,0
- porostlá zrna (%)	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
- nečistoty celkem (%), z toho:	nejvýše 2,5	nejvýše 2,5
- tepelně poškozená zrna (%)	nejvýše 0,5	nejvýše 0,5
	nejvýše 0,05	nejvýše 0,05

Pšenice pekárenská - určená na výrobu kynutých těst.

Pšenice pečivářská - určená na výrobu oplatkových a sušenkových těst.

#### 1.1.1.4 Pšenice špalda

Pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) patří stejně jako pšenice setá k hexaploidním druhům se 42 chromozómy. V některých botanických systémech je dokonce považována za poddruh pšenice seté (např. *Tr. aestivum* L. *Thell. ssp. spelta*). Původ špaldy a její vznik není dosud jasný.

Připravují se z ní těstoviny (tzv. Schwabenspätzle), vločky pro müsli, zvláštností jsou nedozrálé obilky - zelená zrna, případně mírně uzená, či spíše pražená, tzv. Grünkern, k přípravě svátečních polévek (pražení obilek, bylo kdysi jednou z forem konzervace obilí). Z mouky se připravuje mnoho druhů pečiva, chleba, palačinky, krupice na kaše, kávové náhražky, pivo a celá zrna pro makrobiotickou stravu. Obsah základních výživných látek je vyšší a lepší než u pšenice seté. Pěstuje se častěji v ekologických systémech hospodaření. Má vyšší obsah základních látek, tj. bílkovin, tuku, minerálních látek, ale zejména vitamínů a esenciálních aminokyselin, než pšenice setá (viz. tabulka 7). Kvalita lepku je horší než u pšenice seté, což se projevuje na horší pekařské jakosti pro běžné pekárenské výrobky.

Tabulka 7: Obsah energie a výživných látek v Pšenici špaldě a Pšenici seté

Výživná látka	Pšenice špalda	Pšenice setá	Výživná látka	Pšenice špalda	Pšenice setá
bílkoviny (g)	14,3	10,2	niacin PP (mg)	0,60	0,42
tuky (g)	2,9	2,0	draslík (mg)	385,0	384,0
glycidy (g)	74,5	72,0	vápník (mg)	38,0	40,0
popeloviny (g)	1,7	1,5	železo (mg)	4,17	3,50
vitamin B1 (mg)	0,65	0,35	hořčík (mg)	0,62	0,32
vitamin B2 (mg)	0,23	0,13	zinek (mg)	3,40	2,80
energetická hodnota	Pšenice špalda 1604 kJ		Pšenice setá 1473 kJ		

### 1.1.1.5 Potravinářský ječmen

Současná spotřeba ječmene k přímé lidské výživě je u nás malá, asi 1,2 - 1,6 kg na osobu, ale lze předpokládat její zvýšení s ohledem na příznivé dietetické účinky.

U potravinářského ječmene se preferuje vysoký obsah esenciálních aminokyselin - zejména lyzinu. Zdůrazňuje se vyšší obsah  $\beta$ -glukanů, které označujeme jako rozpustnou dietetickou vlákninu, která ovlivňuje (snižuje) hladinu cholesterolu v krvi. K tomu přistupuje ještě obsah tokoferolu a tokotrienolu - vitaminu E.

Při konzumu krup a krupek se hodnotí barva kroupy po oloupání. U nás se dává přednost bílým kroupám před modrozelenými.

Relativně velký objem potravinářských ječmenů tvoří ječmeny sladovnické, uplatňuje se též při výrobě alkoholických nápojů (sladová whisky).

K potravinářským účelům se hodí bezpluché ječmeny, které jsou většinou jarní. Z nich se dobře připravují cereální výrobky typu müsli. Tyto odrůdy jsou však méně výnosné, ve srovnání s pluchatými, asi o 15 %. Chemické složení bezpluchých ječmenů je v tabulce 8.

Tabulka 8: Chemické složení bezpluchých ječmenů

Sledovaná látka	Zrno	Kroupy
dusíkaté látky (%)	13,6	11,0
škrob (% sušiny)	60,6	69,7
tuk (%)	4,12	1,86
vitamin E (mg/100 g)	2,84	0,92
tokoferoly (mg/100 g)	7,28	3,61
lyzin (mg/g sušiny)	6,17	5,11
treonin (mg/g sušiny)	5,76	4,23
metionin (mg/g sušiny)	0,59	0,34

### 1.1.1.6 Žito

Žito je fylogeneticky mladší obilninou, než pšenice a ječmen. Je to chlebové obilí, jehož postavení se mezi obilninami v průběhu intenzifikace zemědělství podstatně snížilo.

Pěstováním žita se udržuje úroveň a pestrost spotřeby cereálních produktů a v rámci toho i žitného chleba. Cereální výrobky jsou z potravin relativně nejlevnější. Přetrvává poptávka po dobrém, chutném chlebě ve smyslu racionální výživy (tmavý a celozrnný chléb). Tomu právě vyhovuje chléb žitný, nebo chléb s větším podílem žitné mouky.

Žitná mouka obsahuje dostatek lepku na přípravu vhodného chlebového těsta. Samožitný chléb má oproti pšeničnému silnější kůrku, drobnější póry a pevnější střídku. Je hutnější a šťavnatější, s intenzivním aroma. Je sytý a vyznačuje se delší přirozenou trvanlivostí.

Kromě mouky se do jistého druhu křehkého chleba používají celá žitná zrna. Pražená semena jsou prodávána jako tzv. žitovka nebo jsou základem tmavé kávy (melty). V Americe se ze žita destiluje určitý druh americké whisky, u nás žitná lihovina známá pod jménem „režná“.

Nutriční hodnota žita je velmi vysoká. Obilky obsahují asi 70 % sacharidů, 9 - 15 % bílkovin, 1,5 % tuku, vlákninu a minerální látky.

### 1.1.1.7 Oves

Oves je ve srovnání s jinými obilninami plodina poměrně mladá.

Z nutričního a dietetického hlediska je mezi základními obilninami nejvíce ceněn oves setý (*Avena sativa*). Z tohoto hlediska je stejně cenný i jeho příbuzný bezpluchý druh - oves nahý (*Avena nuda*).

Oves má vysokou energetickou a nutriční hodnotu. Ta vyplývá především z vysokého obsahu biologicky hodnotných bílkovin, vysokého obsahu tuku oproti ostatním obilninám, příznivého složení sacharidů, vysokého obsahu lehce rozpustné vlákniny, vitamínu B, E a řady minerálních látek. Příznivé složení ovesného zrna podmiňuje i jeho vynikající dietetickou a zdravotní hodnotu. Obsah bílkovin se pohybuje mezi 14 - 21 % což je ve srovnání se semeny dalších základních obilnin mnohem více. Bílkoviny ova se svým složením blíží stavu ideálního proteinu. Vynikající je především aminokyselinová skladba s vysokým podílem esenciálních aminokyselin. Obsah prolaminu je nízký. Největší frakční zastoupení připadá na globuliny, méně je glutelinu a albuminu.

Obsah tuku v zrna ova je 2 - 4 násobný oproti zrna ostatních obilovin. Některé odrůdy ho mají až více než 10 % a jeho kvalita je vynikající. Největší podíl tvoří nenasycené mastné kyseliny. Nejvíce tuku se nachází v klíčku. Škrob vytváří malá škrobová zrna a je podobný škrobu rýžovému.

Spotřeba ova u nás není uspokojivá.

Ovesná mouka se přidává do chleba (až 30 %) a jiných pekařských výrobků (krekry, tyčinky, pečivové směsi). Mouka z ova činí pečivo jemnějším, trvanlivějším ale drobivějším a méně objemným. Další produkty z ova doplňuje ovesná rýže, kroupy, otruby, proteinové izoláty, expandované obilky a extrudované produkty, jedlé oleje, plnidla do jogurtu, ale i řada kosmetických výrobků.

Nahý oves se na rozdíl od pluchatého nemusí loupát a má lepší senzorycké vlastnosti zrna i vloček. Nevýhodou je citlivost na poškození, po němž může dojít poměrně rychle ke žluknutí a hořknutí. Rozdíly v chemickém složení nahého a pluchatého ova jsou ovlivněny především pluchami. Nutriční hodnota oloupaných obilek pluchatého ova je podobná nahému ovsu.

## 1.2 MORFOLOGICKÁ STAVBA OBILNÉHO ZRNA

Morfologická stavba zrna všech obilovin je zhruba shodná. Zrna se liší především tvarem, velikostí a podílem jednotlivých typů pletiv, uložených nad sebou. Skladba jednotlivých vrstev zrna je znázorněna na řezu zrnem pšenice na obrázku 3.

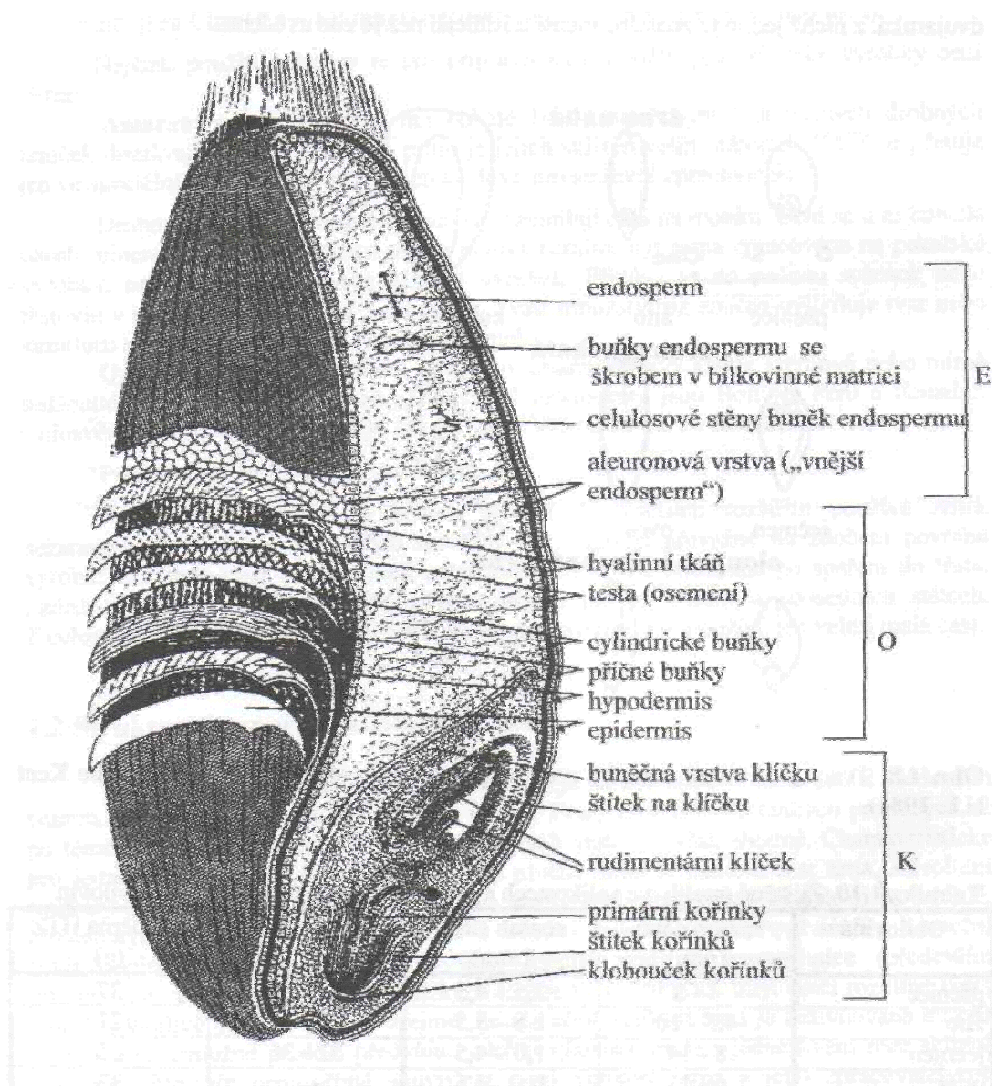
**Oploďí** - nejvrchnější vrstvy pokožky, mají za úkol chránit zrno před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. Jsou proto tvořeny nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály, především celulosou.

**Osemení** – další podpovrchové vrstvy nesou v buňkách barviva a určují tak vnější barevný vzhled zrna. Dále některé další vrstvy obsahují polysacharidické látky, schopné do různé míry bobtnání a vázání vody, čímž do jisté míry přispívají k udržování rovnováhy vlhkosti zrna. Všechny tyto vrstvy tvoří pevnou houževnatou vrstvu, která při mletí zrna přichází do otrub (v obrázku 3 označeno O).

**Aleuronová vrstva** - na rozhraní mezi obalovými vrstvami a endospermem je měkčí jednoduchá vrstva velkých buněk. Ta podle podmínek mletí může být vymleta společně s endospermem do mouk nebo jí část zůstává ulpěná na otrubách. Buňky aleuronové vrstvy obsahují vysoký podíl bílkoviny (cca 30 %), což je téměř trojnásobek obsahu endospermu. Tyto buňky mají také nejvyšší obsah minerálních látek ze všech buněk zrna, proto při vymílání aleuronové vrstvy se výrazně zvyšuje obsah minerálií i popela v mouce a mírně se také zvýší obsah bílkovin, které však nedosahují tak velkých a strukturně uspořádaných makromolekul jako v endospermu. Jejich pekařská kvalita proto není rovnocenná. Vzhledem k blízkosti endospermu a snadné vymílatelnosti aleuronové vrstvy se také někdy označuje jako vnější endosperm. Na obrázku 3 je endosperm označen E.

**Klíček** (embryo) - před mlýnským zpracováním zrna je vždy předem odstraňován (broušení a tzv. špicování) celý blok (na obrázku označen K), který velmi rychle podléhá oxidačním a enzymovým změnám a podstatně by zhoršoval sensorickou kvalitu výrobku. Pokud má být klíček zpracován pro další potravinářské použití, musí být inhibovány jeho enzymy během několika hodin, jinak se již projeví příznaky chuťových a pachových změn.

Obrázek 3: Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev



*Popis: vrstva přicházející při mletí do otrub označena O, do mouky označena E, odstraňované s klíčkem K*

### 1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILNÉHO ZRNA A JEHO ČÁSTÍ

Základními stavebními složkami obilných zrn jsou v pořadí podle množství **sacharidy** a **bílkoviny**. V obou případech je jejich podstatná část tvořena přírodními polymery, složenými z jednoduchých molekul, které jsou vždy základní stavební složkou polymeru. U bílkovin jsou to aminokyseliny, u sacharidů monosacharidy. V malých množstvích jsou v zrnech obsaženy další složky, jako jsou lipidy a minerální látky, a ve velmi malých množstvích vitaminy, barviva a velký počet složek, které mají různé růstové regulační a genetické funkce a jsou obsaženy v stopových množstvích.

Zastoupení hlavních chemických složek v jednotlivých částech zrna je velmi rozdílné. Na sloupcovém diagramu v obrázek 4 jsou znázorněny obsahy hrubých bílkovin, lipidů a minerálních látek (vyjádřené jako popel po spálení). Obsah hrubých bílkovin je dosud



všeobecně získáván na základě stanovení obsahu dusíku po mineralizaci a přepočtem na bílkoviny s násobným koeficientem 5,7 (používáno cereálními chemiky a pro obiloviny pro výživu lidí) nebo 6,25 (používáno pro krmiva a některými výživáři). Hodnoty pro bílkoviny, naznačené na diagramu, je proto třeba považovat za přibližné a průměrné z několika důvodů. Jak již bylo uvedeno, jsou především výrazně ovlivňovány odrudou a pěstebními podmínkami, dále pak jsou ve skutečnosti v různých částech zrna bílkoviny s odlišným složením a velikostí makromolekuly a tudíž s nestejným podílem dusíku.

Tabulka 9: Zjištěná maximální rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice

Část zrna	Rozmezí podílů (% hm.)
oplodí a osemení (bez hyalinní vrstvy)	3,5-9,5
aleuronová a hyalinní vrstva	4,6 -10,4
endosperm	80,1-88,5
klíček	2,3-3,6

Z obrázku je zřejmé, že nejvyšší podíl bílkovin v jednotlivých částech je v klíčku a v aleuronové vrstvě. Hmotnostní podíl obou těchto částí v zrně je ale velmi malý, proto v celkové bilanci bílkovin v zrně představují tyto dvě složky jen málo. Obě jsou však velikostí molekuly i strukturou podstatně odlišné od velkých makromolekul, tvořících značnou část bílkoviny endospermu. Proto jsou navzájem odlišné i svými zpracovatelskými vlastnostmi a pro tradiční pekařskou výrobu mají hlavní význam nejvýše molekulární složky bílkovin endospermu.

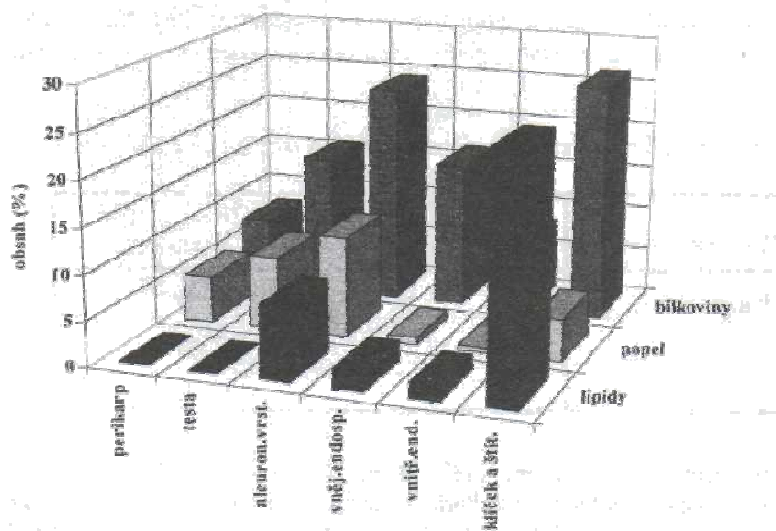
Pokud jde o obsah ostatních složek v klíčku, platí stejné závěry jako pro bílkoviny, tj. obsahy lipidů a minerálních látek jsou vysoké, ale jejich podíl v celém zrně je malý. Naproti tomu je významný obsah těchto látek v endospermu, neboť, jak vyplývá z grafu na obrázku 4, jeho obsah představuje přibližně 85 % zrna.

Pokud neuvažujeme klíček, je zřejmé, že nejvyšší obsahy bílkovin, lipidů i popela jsou v aleuronové vrstvě. Důsledkem toho je, že pokud se mouka ve mlýně vymílá do vyššího stupně vymletí a vydírá se do mouky i aleuronová vrstva, obsah popela i ostatních dvou složek v mouce se zvyšuje. Stanovení obsahu popela v mouce je proto jednou z hlavních metod kontroly vymletí zrna ve mlýně, a zároveň je na jeho základě možno usuzovat, jaké složky zrna budou v mouce přítomny. I v případě semílání celého zrna včetně oplodí je podíl popela vyšší než v endospermu, ale nebude se již výrazně zvyšovat, protože tyto obalové vrstvy jsou složeny hlavně z polysacharidů a obsah popela v nich je nižší než v aleuronové vrstvě.

### 1.3.1 Sacharidy obilovin

V obilném zrně lze nalézt pestrou paletu sacharidů od jednoduchých cukrů až po vysokomolekulární polysacharidy. Některé z nich jsou ovšem obsaženy v mikromnožstvích, zatímco jiné představují desítky procent z obsahu zrna. Průměrný obsah sacharidů v některých obilovinách udává tabulka 10.

Obrázek 4: Obsahy hrubých bílkovin, lipidů a popela v částech pšeničného zrna na 14% vlhkost



Zdroj: upraveno podle Lorenze a Kulpa, 1991

Tabulka 10: Obsahy hlavních skupin sacharidů v semenech některých obilovin podle zjištění různých autorů.

Typ sacharidů	Pšenice			Ječmen	Oves	Žito
	zrno	mouka	otruby	zrno	loupaný	zrno
volné cukry %	2,1 -2,6	1,2-2,1	7,6	—	1,14 1,4	—
škrob %	53	65-74	14,1	54-63	43-64	52
amyloza % ze škrobu	17-27	—	—	2,1 - 8,3 a 25-30 b 38 - 41 c	25-29	27
celulosa %		0,3	35			
hemicelulosity %		2,4	43		—	
pentosany %	1,4-2,0 2,3-2,4 6,0 6,7	1,1 - 1,6; 1,6.2,1	21,6-26,5	3,4 - 7,8; 6,7 - 9,8; 7,3- 11,0	3,17	2,6
β-glukany %	0,34-1,4 0,54 1,4			3,9-8,1 2,0- 8,6 3,0 - 6,9 5,1-7,2 3,5 - 5,3 2,8 - 5,6	2,5 - 6,6 4,8 - 6,6 2,2 - 4,2	1,9-2,9 1,89
vláknina potravy %	9,9-11,6 11,8-12,1 14,6 ±1,1	2,3 - 5,6	42,6	17,3	10,5 10,9 mouka	32
rozpust. vlákn. %	2,1	1,7	—	—	5,4	—

Popis: a - voskový, b – normální, c – vysokoamylosový

### 1.3.1.1 Monosacharidy a oligosacharidy

**Monosacharidy** jsou základními stavebními jednotkami oligo- a polysacharidů. Volně se vyskytují ve zralých obilných zrnech pouze v nepatrném množství a to především v klíčku. Do mouky se jich dostává jen málo (max. 1 - 3 % na mouku). Monosacharidy vznikají v zelených rostlinách v procesu zvaném fotosyntéza, kdy dochází k jejich syntéze z oxidu uhličitého a vody za současného uvolňování kyslíku. Energií potřebnou pro tuto reakci poskytuje sluneční záření.

**Oligosacharidů** existuje velké množství, pro nás nejdůležitější je maltosa, isomaltosa a sacharosa. Ve zralém neporušeném a suchém zrně se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích. Pouze klíček obsahuje vyšší množství sacharosy. Maltosa vzniká jako předposlední produkt hydrolýzy škrobu (před glukosou) a u narušeného škrobu se vyskytuje ve větším podílu. K tomu dochází dosti často při tzv. porůstání zrna, tj. jeho předčasném naklíčení za tepla a vlhka při deštivém počasí v době sklizně nebo při nevhodném skladování. Vedle maltosy mohou jako výsledek velkého narušení škrobu být přítomny nízkomolekulární dextriny, které se podle velikosti molekuly a fyzikálními vlastnostmi více nebo méně blíží maltose.

### 1.3.1.2 Polysacharidy

Z technologického hlediska jsou vedle bílkovin nejvýznamnější skupinou biopolymerů obilovin polysacharidy.

Biochemická role polysacharidů v rostlině a v semenu je podstatně jednodušší než úloha bílkovin. Omezuje se na dvě základní funkce:

- zásobní
- stavební

**Zásobní** polysacharidy, jejichž hlavním představitelem je v rostlinách **škrob**, jsou pro organismy zdrojem či rezervoárem energie. Jejich štěpením v rámci příslušných metabolických cyklů pokrývají živé systémy značnou část svých energetických potřeb v období začátku růstu nové rostlinky.

**Stavební** (strukturní) polysacharidy jsou základem buněčných stěn rostlin a tudíž vlastně nosným skeletem rostlinných pletiv. Jejich představiteli jsou např. **celulosa, hemicelulosa, lignin** aj. Jsou to látky vesměs nerozpustné ve vodě, nerozpouštějí se snadno ani kyselinami. Tvrdé (především celulosové) obalové vrstvy chrání semena obilovin proti mechanickému poškození a do značné míry proti pronikání vlhkosti a nežádoucích mikroorganismů.

Dále je skupina rozpustných nebo ve vodě bobtnajících polysacharidů, které jsou schopny vytvářet vysoko viskózní a vysoko vazné koloidní systémy. Ty v rostlině napomáhají vázání vody, udržování její rovnováhy a jsou součástí buněčného obsahu. Patří sem např. žitné **pentosany**, ječné a ovesné  **$\beta$ -glukany**. Z hlediska lidské výživy tvoří tyto látky významnou část vlákniny potravy. Jejich fyzikální vlastnosti ovlivňují těsta při zpracování a mají značný vliv na jejich zpracovatelnost.

*Polysacharidy obilných zrn dělíme zpravidla na:*

- **škrob**
- **neškrobové polysacharidy**

**Škrob** je obsažen v zrnech obilovin v endospermu a tvoří přibližně 60-75 % sušiny obilek. Obsah škrobu v mouce, která je tvořena převážně endospermem, je 80 %. Škrob se obecně, a tedy i v obilovinách, vyskytuje ve formě škrobových zrn.

Škrob se skládá ze dvou frakcí - **amylosy** a **amylopektinu**. Obě frakce jsou tvořeny molekulami glukosy, které jsou však v případě amylosy spojeny (1—>4)- $\alpha$  glykosidovou vazbou, zatímco v molekulách amylopektinu se vyskytují i vazby (1—>6)-  $\alpha$ .

Molekula amylosy je tvořena lineárním řetězcem glukos, které v prostoru vytváří šroubovici tzv. helix. Helixy jsou dále v prostoru uspořádány lineárně, zatímco molekuly amylopektinu jsou rozvětvené, přičemž k větvení dochází v místech výskytu vazby (1—>6)- $\alpha$ . Ve struktuře škrobového zrna se předpokládá, že volné větve amylopektinu jsou rovněž vytvarovány do helixů. Amylosa má na každém jednotlivém řetězci jeden redukující konec, který je schopen chemicky reagovat (např. při barvení jódem), amylopektin má jen jednu takto reagující skupinu v celé molekule, neboť redukující skupiny prvního uhlíku všech ostatních řetězců jsou navázány na jiné řetězce.

Amylosa a amylopektin se liší i relativní molekulovou hmotností. Relativní molekulová hmotnost amylosy je řádově  $10^6$  a amylopektinu  $10^7$ - $10^8$ .

Amylosa a amylopektin jsou zastoupeny v obilných škrobech v různém poměru. U pšenice se uvádí poměr cca 25 % amylosy a 75 % amylopektinu.

Obě frakce se díky různé struktuře liší také svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amylosa je rozpustná ve vodě zastudena, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok.

### **Škrobová zrna v mouce a v hotovém výrobku**

*Škrob se vyskytuje v zrně a v mouce ve formě škrobových zrn.*

Granule škrobu mají krystalové uspořádání a mohou být pozorovány např. pomocí elektronového mikroskopu.

Škrob má vedle pšeničného lepku zásadní význam pro cereální technologii.

*Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnější: **schopnost bobtnání, mazovatění a retrogradace.***

Proces **mazovatění škrobu** během jeho zahřívání lze charakterizovat určitým rozmezím teplot a určitou dobou.

Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná. Ve studené vodě mírně bobtnají, přijímají vodu a postupně začnou ztrácet svoji původní strukturu. Se zvyšující se teplotou nabývá bobtnání škrobových zrn na intenzitě. Průběh mazovatění lze sledovat na amylografu. 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 zbylého amylopektinu. Když zmazovatel veškerý nerozpustný škrob, začíná viskozita při neustálém míchání směsi klesat. Pokud se vzniklý gel nechá zchladnout, začnou se spolu zpětně asociovat molekuly amylosy a amylopektinu a viskozita se zvyšuje.

V pekařském těstě však v průběhu pečení nikdy nedojde k úplnému zmazovatění škrobových zrn. Dochází především k bobtnání zrn a jen jejich povrch může pravděpodobně zmazovatět, neboť k úplnému zmazovatění není v těstě dostatek vody. Předpokládá se, že helixy amylosy jsou před pečením rovnoměrně poskládány mezi amylopektinovými rozvětveními („keříčky“). Po zahřátí dojde k nabobtnání a částečnému rozpouštění amylosy, a tudíž k jejímu neuspořádanému rozptýlení do gelu. U amylopektinu se určité rozrušení krystalického uspořádání struktury projeví jen „rozevřením“ jeho struktury.

Při chladnutí dochází nejprve k uspořádání amylosových řetězců, a v delším čase při tzv. stárnutí výrobků pak i ke zpětnému uspořádání amylopektinové krystalické struktury. Po ochlazení dojde k vytvoření pružného škrobového gelu, který je hlavním nositelem vláčnosti a vody, obsažené ve střídě výrobků. Gel posléze, zejména při nižších teplotách, uvolňuje část vody a ztrácí svoji původní pružnost. Postupná retrogradace (rekrytalizace) škrobu způsobuje do značné míry stárnutí pečiva.

### **Enzymové odbourávání škrobu**

Škrob může být biochemicky hydrolyzován tzv. amylolytickými enzymy- **amylasami**. Jde o enzymy třídy hydrolas, které katalyzují hydrolytické štěpení glykosidových vazeb mezi molekulami glukosy v polymerních řetězcích molekul amylosy a amylopektinu.

$\alpha$ -amylasa štěpí molekuly amylosy a amylopektinu „zevnitř“ řetězce na celky o nízkém počtu glukosových jednotek. Obilí s narušeným škrobem, resp. z něho vymletá mouka, mohou být pro zpracování zcela nevhodné, pokud je poškození škrobu významné.

Pokud jsou v mouce již narušená zrna škrobu a vysoká aktivita  $\alpha$ -amylasy, dochází rychleji k hydrolýze škrobu již během fermentace v těstě, což má za následek příliš rychlou tvorbu nízkomolekulárních cukrů a lepivost těsta. Při procesu pečení pak  $\alpha$ -amylasa, která má optimum aktivity při vyšších teplotách, silně naruší strukturu těsta, protože narušený škrob nemá kapacitu k udržení dostatečného množství vody ve střídě. Pečivo pak má nekvalitní střídu (mazlavou nebo drobivou) podle stupně poškození.

$\beta$ -amylasa působí naopak z vnějšku molekul amylosy a amylopektinu. Způsobuje postupné odštěpování molekul maltosy od konce polymerních řetězců. Při hydrolýze amylopektinu štěpí  $\alpha$ -amylasa pouze vazby  $\alpha$ -1,4, není schopna překročit vazby  $\alpha$ -1,6.  $\beta$ -amylasa není tedy schopna amylopektin úplně hydrolyzovat.

$\beta$ -amylasa není z hlediska pekárenství tak „rizikovým“ enzymem jako  $\alpha$ -amylasa. Určitá míra aktivity  $\beta$ -amylasy v mouce je nutná pro vytvoření dostatečného množství maltosy, která je substrátem pro kvasinky nebo bakterie, používané pro kypření těsta.

### **1.3.1.3 Neškrobové polysacharidy**

#### **Celulosa**

Celulosová vlákna spolu s dalšími neškrobovými polysacharidy tvoří buněčné stěny a v rostlinách jsou základním stavebním materiálem, fixujícím rostlinná pletiva. V obilkách jsou tyto látky ve vyšších koncentracích přítomny zejména ve vrchních obalových vrstvách a jejich význam pro lidskou výživu byl prokázán relativně nedávno.

Jsou základem vlákniny, která je důležitou součástí potravy, působící preventivně proti cévním a některým nádorovým onemocněním. V souvislosti s tím je ve vyspělém světě a v poslední době i u nás kladen důraz na vyšší konzumaci celozrnných obilných výrobků.

Celulosa je zcela nerozpustná a za normálních teplot ani výrazně neobtná.

**Pentosany** - jde o pestrou skupinu látek, kterou lze v zásadě rozdělit na:

- pentosany nerozpustné ve vodě - tzv. **hemicelulosa**
- rozpustné pentosany neboli **slizy**.

Obsah pentosanů v obilovinách je velmi rozdílný. Obzvláště bohaté jsou na ně žitné mouky (4-7 %), ve srovnání např. s pšeničnými (1-3 %).

Rozpustné pentosany, přestože v moukách nejsou zastoupeny ve vysokých koncentracích, mají svůj technologický význam. V těstě vytvářejí glykoproteiny, tedy sloučeniny sacharidů a bílkovin a mohou tak přispívat k tvorbě prostorové struktury žitných těst.

Samotné **žitné pentosany** tvoří s vodou vysoce viskózní koloidní roztoky. Jsou schopny vázat na svůj hmotnostní podíl několikanásobné množství vody ve srovnání s lepkovými bílkovinami. Spolu se škrobem tvoří základ struktury žitných těst.

I v pšeničném těstě, založeném zejména na bázi lepku, však zřejmě mají určitý význam při vázání vody i přes jejich velmi nízký obsah.

### **β-glukany**

β-glukany jsou rozpustné polysacharidy, obsažené ve větší míře v ječmeni a ovsu. Ovesné a ječné β-glukany se liší od celulosy tím, že mohou vytvářet vysokoviskózní gely. Hydrokoloidním vlastnostem β-glukanů se přičítá mnoho pozitivních efektů ječných a ovesných mlýnských produktů. Efekty se projevují jednak na zvyšování a prodloužení vláčnosti výrobků s ječnou nebo ovesnou složkou, jednak v příznivém fyziologickém působení při trávení výrobků, obdobně jako žitné pentosany.

### **1.3.2 Bílkoviny pšenice**

Bílkoviny jsou biopolymery, které jsou tvořené dvaceti základními aminokyselinami. Molekuly bílkovin jsou tvořeny různě dlouhými řetězci aminokyselin, spojených vzájemně peptidovou vazbou, která vznikne mezi -OH skupinou z karboxylového konce jedné aminokyseliny a -NH<sub>2</sub> skupinou druhé aminokyseliny za současného odštěpení molekuly vody.

Rozhodující část bílkovin je uložena v endospermu a v aleuronové vrstvě obilného zrna. Vlastnosti bílkovin závisí na chemickém složení a na strukturním uspořádání.

Mezi nejvýznamnější aminokyseliny obilovin patří **glutamin, prolin, leucin, cystein, lysin a glutamová kyselina**. Jednotlivé aminokyseliny, zastoupené v řetězci bílkovin, mají svůj význam při tvorbě prostorové struktury těsta a jsou určující pro jeho reologické vlastnosti.

Podíl **glutaminu a glutamové kyseliny** tvoří v lepkové bílkovině až 35 %. Glutamin obsahuje dvě aminoskupiny a může tvořit vodíkové vazby mezi jednotlivými řetězci bílkovin. Vzhledem k velkému obsahu glutaminu v obilné bílkovině je podíl vodíkových vazeb ve struktuře bílkovin velmi významný, i když je jejich vazebná síla malá.

**Prolin** tvoří druhý největší podíl aminokyselin v pšeničné lepkové bílkovině (cca 10 %). Prolin díky svojí volně otáčivé vazbě mezi karboxylovou skupinou a zbytkem molekuly umožňuje značnou tvarovou přizpůsobivost bílkovinných řetězců při vnějších mechanických působeních. V důsledku toho jsou možné různé strukturní změny při hnětení, kypření, přetučování těsta a při stavbě jeho struktury.

Další významnou aminokyselinou obilovin je **cystein**, který obsahuje ve své molekule síru. Dvě molekuly cysteinu mohou vytvořit velmi pevnou disulfidovou vazbu, a tak pevně propojit sousední bílkovinné řetězce. Obsah cysteinu v lepkové bílkovině je nízký, kolem 4 %.

Funkční význam **leucinu** spočívá v přítomnosti nepolárního řetězce v jeho molekule. Obsah leucinu v lepkové bílkovině je kolem 7 %.

Obsah glutamové kyseliny a **lysinu** se v lepkové bílkovině pohybuje kolem 1 %. Uvedené aminokyseliny jsou významné díky svému náboji (nabitá molekula) a mohou se zapojovat do iontových interakcí. Glutamová kyselina nese záporný náboj, molekula lysinu má kladný náboj.

***Struktura bílkovin je popisována na několika úrovních:***

**Primární struktura** proteinů je určena pořadím jednotlivých aminokyselin v bílkovinném řetězci.

Při popisu **sekundární struktury** jsou posuzovány vzájemné prostorové pozice sousedních nebo blízkých aminokyselin. Řetězce vzájemně spojených aminokyselin vytváří trojrozměrné struktury, nejčastěji spirály. Typickými příklady uspořádaných sekundárních struktur jsou šroubovice (helixy) ve tvaru pravotočivé spirály nebo tzv. zřasené struktury, které vytvářejí ve struktuře „destičky“ nebo „polštářky“.

Popisem **terciární struktury** postihujeme celkové prostorové uspořádání bílkovinné molekuly. Molekuly bílkovin mohou tvořit nadmolekulární útvary.

Při popisu takovýchto supermolekul hovoříme o **kvartérní struktuře**.

Každá molekula bílkoviny má tedy svoji specifickou strukturu, umožňující jí vykonávat právě tu funkci, která jí byla předurčena. Tento stav označujeme jako **nativní**.

Pokud dojde k porušení struktury na jakékoli úrovni, dochází zpravidla ke ztrátě biologické funkce bílkoviny a tento proces se nazývá **denaturace**.

***Podle míry porušení nativní struktury rozlišujeme denaturaci***

- vratnou
- nevratnou

**Denaturace** může být způsobena buď chemickým zásahem různými denaturačními činidly, nebo fyzikálně. Častým příkladem je tepelná denaturace bílkovin, ke které dochází při jakékoli tepelné úpravě potravin a obvykle se spojuje se ztrátou vody z nabobtnalé bílkovinné struktury.

Při výrobě pečiva znamená denaturace bílkovin jeden z hlavních biochemických dějů v procesu pečení; stejně je tomu i při vaření těstovin. Po tomto procesu se z pšeničné bílkovinné struktury stává pružná, ale pevná prostorová síť, která pak tvoří nosnou kostru hotového výrobku.

V obilovinách se převážně vyskytují glykoproteiny i lipoproteiny.

Bílkoviny mohou být tvořeny pouze polypeptidovým řetězcem, pak hovoříme o jednoduchých bílkovinách, anebo mohou být složené, tj. obsahují v molekule ještě jiné látky nebílkovinné povahy.

***Bílkoviny mají různé funkce:***

**Funkci stavební** zastávají zejména nerozpustné fibrilární bílkoviny. Bílkoviny obilného lepku jsou typickým příkladem zásobních proteinů. Část bílkovin se uplatňuje jako enzymy. Prostorové uspořádání v nativní struktuře makromolekul bílkovin může být různorodé.

### ***Bílkoviny dělíme na:***

- globulární, jejichž molekuly mají kulovitý nebo elipsovité tvar, bývají rozpustné ve vodě nebo v roztocích solí,
- fibrilární, které jsou vláknité a bývají naopak nerozpustné.

Podle rozpustnosti bývají bílkoviny také klasifikovány. Základní třídění podle rozpustnosti vypracoval na počátku 20. století Osborne a podle něho bývá nazýváno.

#### ***1.3.2.1 Vlastnosti pšeničných bílkovin***

Zralá zrna obilovin obsahují podle druhů a odrůd kolem 9-13 % bílkovin. Nejvíce jsou prozkoumány bílkoviny pšenice, které mají také největší technologický význam.

V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných bílkovin na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Bílkoviny tak byly rozděleny do čtyř skupin:

1. albuminy (rozpustné ve vodě)
2. globuliny (rozpustné v roztocích solí)
3. prolaminy (rozpustné v 70% ethanolu)
4. gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad)

Čtyři základní Osbornovy frakce se vyskytují ve všech obilných zrnech a podle druhů obilovin jim pak byly přisouzeny různé názvy, většinou odvozené z latinských názvů jednotlivých obilovin.

Pro pšeničné prolaminy a gluteliny jsou používány názvy gliadiny a gluteniny.

Mezi albuminy a globuliny patří všechny obilné enzymy a řada dalších bílkovin. *Z technologického hlediska jsou však nejvýznamnější zásobní bílkoviny, obsažené v endospermu obilovin (prolamin a glutelin), které mají pekařské využití.* Zásobní bílkoviny pšenice se liší svými vlastnostmi od zásobních bílkovin ostatních obilovin a jsou příčinou výjimečného postavení pšenice v cereální technologii. Prolaminy a gluteliny nejsou rozpustné ve vodě. Ve vodě však bobtnají a vytváří vysoce viskózní koloidní gely nebo roztoky.

*Pšeničné prolaminy a gluteliny (gliadin a glutenin) bobtnají pouze omezeně a za současného vložení mechanické energie na hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel, který nazýváme lepek.*

Při hnětení pšeničné mouky (v podstatě rozdrcený endosperm) s vodou dochází právě ke vzniku lepku a ten tvoří vlastní „kostru“ těsta. Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Pšeničný lepek je pružný gel. Lze jej z těsta izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době získáme tzv. „mokrý lepek“. Je nutné si uvědomit, že v nativním zrně ani v mouce ještě ve skutečnosti lepek neexistuje a vytváří se až po propojení prostorové sítě pšeničné bílkoviny. Lepek je charakteristický tažností, pružností a schopností bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Tyto jeho vlastnosti předurčují do značné míry vlastnosti těsta. Z ostatních obilovin podobný gel nelze vyprat (získat).

#### ***Chemické složení lepku a jeho struktura***

Za klíčovou složku byly považovány bílkoviny dvou frakcí - prolaminů a glutelinů, které jsou zde zastoupeny v poměru 2:3. Pšeničné **prolaminy (gliadiny)** mají nižší molekulovou hmotnost ve srovnání s gluteliny a poskytují lepku **tažnost**. Pšeničné **gluteliny (gluteniny)**



jsou naopak vysokomolekulární frakcí a poskytují lepku **pružnost**. Ve struktuře lepku vytvářejí gluteniny nadmolekulární vláknité struktury.

Strukturu gliadinu si lze představit jako jeden spojitý řetězec bílkoviny, tvořený zčásti úseky helixů a zčásti náhodnými ohyby. Helixy jsou udržovány vodíkovými vazbami a ohyby řetězce jsou drženy pevnými disulfidovými (S-S) vazbami.

Glutenin je představován jako složitý komplex, tvořený mnoha řetězci různé velikosti. Nízkomolekulární řetězce jsou uvnitř gluteninu udržovány disulfidovými a vodíkovými vazbami, ale navenek jsou s ostatními řetězci spojeny jen vodíkovými vazbami a udržovány hydrofóbními silami. V koncových doménách nízkomolekulárních řetězců se vyskytují –SH skupiny aminokyselin. Vysokomolekulární složky mají dva druhy disulfidových vazeb, a to intrařetězcové - obdobně jako gliadin - a interřetězcové, které udržují pevnou a pružnou strukturu.

Lepek je složitý systém, jehož páteř tvoří gluteninové frakce a k nim jsou různě pevně připojeny molekuly gliadinů. Pro vyhodnocení pekařské kvality je rozhodující vzájemný poměr vysokomolekulárních a nízkomolekulárních frakcí lepku.

### **1.3.3 Lipidy obilovin**

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Po extrakci etherem se zjištěné obsahy lipidů průměrně v celém zrně pohybují kolem 1,9 %, po extrakci polárním rozpouštědlem (vodou nasycený butanol) se získává kolem 2,2 % a po kyselé hydrolyze přibližně 2,5 %. Výjimkou je oves, v němž se průměrné obsahy v celém zrně 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 v něm obsažených je přibližně 64 %. Naproti tomu v endospermu, který tvoří více než 80 % zrna jsou obsažena asi 3,3 % lipidů. Obsah ve světlé mouce se proto v průměru pohybuje kolem 1,5 %, tmavších moukách přibližně do 2 %. Výjimkou jsou ovesné produkty, neboť oves obsahuje vyšší podíl lipidů.

Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný, proto se některé z nich lisují (např. kukuřičný olej patří k nejhodnotnějším stolním olejům).

Přes nízký obsah hrají lipidy poměrně důležitou **úlohu při tvorbě těsta**. Značná část lipidů se při hnětení váže do struktury pšeničného lepku. Přitom mají velký význam zejména polární lipidy. Bylo prokázáno, že zvyšující se podíl polárních lipidů má zlepšující vliv na objem pšeničného pečiva, zatímco při stoupajícím podílu nepolárních lipidů se objem snižuje.

Z mastných kyselin v obilninách jednoznačně převládá **kyselina linolová**. Významný podíl je i dalších nenasycených kyselin. Tím je předurčena vysoká výživová hodnota obilných lipidů, ale také nestabilita mastných kyselin po hydrolyze tuků lipasami při delším skladování mouk.

Kyselina linolová je jednou z těch nenasycených mastných kyselin, které podléhají velmi snadno oxidaci, což má za následek žluknutí mouky při delším skladování. Hydrolytické žluknutí tuku v mouce, které je katalyzováno přítomnou lipasou, se projevuje zvýšením kyselosti. Dochází k tomu i během dlouhodobého skladování mouk.

Z dalších lipidů je třeba zmínit **lipofilní pigmenty**. V obilovinách se vyskytují zejména karotenoidy, žlutá a oranžová barviva. Jejich představitelem je lutein. Vyšší obsah těchto

látek vykazuje zejména pšenice *Triticum durum*, z níž se připravuje semolina - krupice pro výrobu těstovin. V pšeničné mouce pro výrobu bílého pečiva je vyšší obsah karotenoidů nežádoucí.

### **1.3.4 Vitaminy, minerální látky a minoritní složky**

#### **Vitaminy**

Vitaminy se v obilném zrně vyskytují zejména v obalových vrstvách a v klíčku ve větším množství, endosperm obilovin je na vitaminy chudý. Obecně je možno obiloviny považovat za **zdroj** vitaminů skupiny **B**.

**Thiamin** (vitamin B1) a **riboflavin** (B2) se vyskytují v obalových vrstvách většiny obilovin a v klíčcích. Ve světlých moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10 - 20 % původního obsahu vitaminů skupiny B v zrně. V tmavých moukách může být zachováno až 40 % původního obsahu.

**Kyselina nikotinová** a **nikotinamid**, další z vitaminů skupiny B, jsou ve vyšších množstvích přítomny v pšenici a ječmeni. Z ječného sladu se dostávají do piva, které je jejich bohatým zdrojem.

Z lipofilních vitaminů je třeba se zmínit o **vitaminu E - tokoferolu**, který se ve vysoké koncentraci vyskytuje v pšeničných klíčcích, z nichž se dokonce izoluje při výrobě vitaminových preparátů ve farmaceutickém průmyslu.

#### **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 popele v mouce proto vzrůstá se stupněm vymletí a je základem pro klasifikaci mouk a jejich dřívě (a v zahraničí dodnes) používané typové označení (např. *mouka T 530 je tisícinásobkem obsahu popele 0,53 %* apod.).

Popel obilovin je tvořen převážně oxidem fosforečným, nejčastějšími kovy jsou **hořčík**, **vápník** a **železo**. V popelu se často objevují i další chemické prvky, zejména těžké kovy.

#### **Minoritní složky**

Obiloviny obsahují některé další složky v stopovém množství. Tři z těchto složek mohou být přesto významné.

**Kyselina fytoová** (přítomná více ve formě rozpustných solí - fytátů hlavně v obalových vrstvách) má schopnost vázat na 1 svou molekulu 6 atomů vápníku, hořčíku či dvojmocného železa. Tyto sloučeniny nejsou v lidském organismu rozložitelné, a tudíž takto vázané kovy nejsou již využitelné.

**Cholin** má velký význam pro neuromotorickou činnost našeho organismu. Jeho výhodným zdrojem je i nízkovymletá mouka, neboť je v obilném zrně rozložen dosti rovnoměrně.

**Kyselina para-aminobenzoová** je významným růstovým faktorem a je obsažena nejvíce v obalových vrstvách zrna.

## **2 MLÝNSKÉ ZPRACOVÁNÍ OBILNÝCH ZRN**

### **2.1 POSKLIZŇOVÁ ÚPRAVA A SKLADOVÁNÍ OBILNÝCH ZRN**

Obilné zrno je živým organismem, který prochází po sklizni obdobím dormance a posklizňového dozrávání. Podléhá celé řadě endo- i exogenních faktorů, které mohou způsobit ztrátu klíčivosti, snížení konzumní i krmné hodnoty a vést až k znehodnocení obilných zásob. Proto je nezbytné neustále sledovat vlastnosti obilné masy, biologické pochody probíhající v zrně a vnější faktory uplatňující se při skladování. Cílem skladování je nejen uchovat nezměněnou kvalitu sklizeného obilí, nýbrž ji i zvýšit, čehož se dosahuje řádnou posklizňovou úpravou, tj. čištěním, tříděním a úpravou vlhkosti.

Přirozenou úlohou obilného zrna je stát se zárodkem nové rostliny. A zrno se jí snaží zhostit, kdykoli se k tomu naskytne příležitost. Pro mlýnské, ale zejména pak pekárenské zpracování je zcela nezbytné, aby si zrno své biologické vybavení - strukturu zásobních polysacharidů a proteinů, ale také enzymové systémy, zachovalo. K tomu, aby se potenciál zrna zachoval v optimální podobě, je nutné, aby se nacházelo po dobu uskladnění ve stavu tzv. anabiosy. V takovém stavu zrno žije, nicméně jeho životní projevy jsou utlumeny na minimum. Jediným procesem, který přetrvává, je velmi pomalé dýchání.

V prvních týdnech skladování, pokud je vedeno správně, dochází k procesu, který nazýváme posklizňové dozrávání a který je technologicky velmi významný. Během tohoto procesu dochází k dobudování terciárních a kvartérních struktur biopolymerů endospermu.

Je známo, že zrno přijaté ke zpracování bez dostatečného dozrání jeví zhoršené mlýnské, ale zejména pekárenské vlastnosti. Doba potřebná k dostatečnému posklizňovému dozrání zrna závisí na jeho stavu v okamžiku sklizně a na mnoha dalších faktorech, obecně se však považuje za přijatelné období tří až šesti týdnů.

#### **2.1.1 Skladovatelnost**

Skladovatelností rozumíme dobu, po kterou může být obilí bezpečně skladováno. Bylo prokázáno, že v obilné mase probíhají dva druhy procesů:

- biologické (biochemické)
- fyzikální

##### ***2.1.1.1 Základní biochemické procesy ovlivňující skladovatelnost obilí***

#### **Procesy probíhající v samotném obilném zrně**

##### ***Dýchání***

Dýchání je oxidační proces, jehož podstatou je oxidace biopolymerů za současného uvolnění energie jejich molekulárních struktur a za vzniku oxidu uhličitého a vody. Intenzivní dýchání představuje z technologického hlediska dvě negativa. Je to úbytek hmotnosti zrna, způsobený právě oxidací zásobních látek, který může při velmi intenzivním průběhu představovat 0,1 - 0,2 % denně a uvolnění energie ve formě tepla a s ní související ohřev skladovaného

obilí, který je pak jednou z příčin dalšího zrychlení biologických přeměn; k tomuto zrychlení pak přispívá také uvolněná voda, která zvyšuje vlhkost prostředí.

#### *Klíčení a porůstání*

Zvýšení vlhkosti případně i teploty prostředí je příčinou dalšího procesu - klíčení. Jeho rozvojem se zrna ujímá své přirozené úlohy zárodku budoucí rostliny. Jeho průvodním jevem je prudký nárůst enzymové aktivity, zejména hydrolytických enzymů. Činností amylas je ve velmi krátkém čase poškozena většina škrobových zrn a narůstající podíl škrobu je ztekucen. Podobně proteasy velmi rychle naruší strukturu proteinů a znemožní tím potenciální vytvoření kvalitního lepku. Zrna, které z části naklíčilo, je z mlýnsko-pekárenského použití vyloučeno.

Ke klíčení zrna nedochází jen ve špatně vedených skladech a meziskladech, ale často zejména na poli, kdy za deštivých teplých dnů v průběhu sklizně začnou zrna klíčit ještě v klasu mateřské rostliny. Tento poměrně častý a negativní jev se označuje jako **porůstání**.

#### **Procesy probíhající za součinnosti dalších složek obilné masy**

Uskladněné obilí - obilná masa - se skládá nejen z obilných zrn základní kultury, ale obsahuje velké množství dalších složek. Z hlediska skladovatelnosti mají velký význam zejména doprovodné mikroorganismy. Obilná zrna obsahují přirozeně na svém povrchu zárodky plísní, kvasinek i bakterií.

Za příznivých podmínek, teploty a zejména vlhkosti, které mohou být například důsledkem předcházejících biologických projevů (dýchání, klíčení) zrn základní kultury, dochází k rychlému růstu mikroflóry a masivnímu nástupu jejích metabolických pochodů. Činnost mikroflóry se pak v určitých fázích stane dominantní, potlačí životní projevy samotných zrn a ve výsledku způsobí zkázu celé uskladněné partie.

#### *Fermentační procesy*

Základními metabolickými projevy mikroflóry jsou procesy kvašení. Klasickými příklady jsou etanolové a mléčné kvašení. Jejich substrátem je glukosa, vzniklá enzymovou hydrolysou škrobu, produktem jsou vedle oxidu uhličitého a vody nízkomolekulární organické sloučeniny (etanol, některé vyšší alkoholy, organické kyseliny: mléčná, octová, propionová, máselná a řada dalších produktů). V průběhu kvašení se také uvolňuje energie ve formě tepla; její množství je však ve srovnání s dýcháním podstatně nižší.

#### *Intoxikace*

Vedle fyzikálně-chemického poškození zrna je jedním z možných vážných důsledků zvýšené činnosti mikroflóry výskyt mikrobiálních toxinů. V tomto ohledu jsou nebezpečné zejména plísně. Ve skladech obilí převládají plísně rodu *Penicillium* a *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus*.

#### *Samozáhřev*

Samozáhřev uskladněného obilí je komplexním procesem, na kterém se postupně synergicky podílejí všechny základní živé složky obilné masy.

Postupný proces, vedoucí k samozáhřevu, v sobě zahrnuje všechny dílčí procesy popsané výše. Prvním krokem je zvýšení intenzity dýchání zrna. To má za následek postupné, prozatím mírné, zvyšování teploty a zvýšení vlhkosti. V okamžiku, kdy jsou vytvořeny vhodné podmínky, začíná zrna klíčit. Biologické procesy se zrychlují, dále se zvyšuje teplota i vlhkost. Přibližně při 20 °C začínají do procesu intenzivněji vstupovat mikroorganismy, zejména některé plísně a kvasinky.

Činnost mikroflóry se naplno rozvíjí při teplotách okolo 25 °C. V této chvíli se již jedná o **první stádium** samotného samozáhřevu, které trvá ještě poměrně dlouhou dobu, zpravidla několik týdnů, během níž se uskladněná partie díky intenzivním metabolickým procesům dále ohřívá a vlhne.

Do **druhého stádia** samozáhřev přechází poté, kdy teplota překročila 30 °C. Začíná bouřlivý rozvoj bakterií a teplota stoupá ke 40 °C. Zrno se silně opocuje, vlhká zrna tmavnou, začínají zapáchat. Zápach je často připodobňován pachu sladu nebo pečeného chleba. Toto stádium již trvá pouze několik dnů.

Ve **třetím stádiu** již zcela dominují bakterie. Teplota se rychle zvyšuje k 50 °C. Zrno tmavne, podstatně se snižuje jeho sypkost a relativně příjemné pachy druhého stádia nahrazuje zatuchlý a hnilobný zápach. V této fázi je již napadená partie z technologického hlediska zcela zničena. Při teplotách nad 50 °C se proces zpomaluje, většina mikroorganismů postupně hyne a přežívají jen termofilní druhy. Teplota ještě pozvolna stoupá k 70 °C.

### **2.1.1.2 Základní fyzikální faktory a procesy ovlivňující skladovatelnost obilí**

K fyzikálním vlastnostem obilné masy patří sypkost, samotřídění, plnost a kyprost, tepelná vodivost a sorpční schopnost.

#### *Sypkost*

je schopnost obilné masy se samovolně pohybovat po nakloněné rovině. Umožňuje snadné přemísťování a moderní dopravu zrna i jeho meziproduktů využitím vlastní hmotnosti.

Sypkost obilné masy je charakterizována úhlem přirozeného sklonu a úhlem tření. Úhel přirozeného sklonu je úhel, který svírá obilní masa s vodorovnou podložkou. Jeho stanovení je důležité pro orientační posouzení vlhkosti zrna. Úhel tření je nejmenší úhel, při němž se začne zrno samovolně pohybovat po nakloněné rovině. Znalost úhlů a koeficientů tření je důležitá při konstrukci spádových potrubí a spodků silových komor. Vlhkostí se sypkost silně snižuje, kromě kulatých semen. Rovněž cizí příměsi zpravidla sypkost snižují, proto je třeba zrno před uložením do silových komor vyčistit.

#### *Samotřídění (segregace)*

je schopnost obilné masy ztrácet během dopravy a manipulace homogenitu. Je způsobena sypkostí a odlišnými vlastnostmi jednotlivých složek obilné masy. Projevuje se při plnění silových komor, kde těžká plnohodnotná zrna padají do středu komory, kdežto zrna zadinová, lehčí příměsi a nečistoty jsou nadnášeny a strhávány proudem vzduchu k okrajům vznikajícího kužele. U stěn sil se hromadí hlavně zadina, lehké příměsi, prach a mikroorganismy, bývá tu i vyšší vlhkost, takže se mohou vytvořit příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů a skladištních škůdců.

#### *Plnost a kyprost*

je dána dílem mezizrnového vzduchu. Plnost (P) obilné masy je určena poměrem objemu pevných složek k celkovému objemu. Kyprost (S) je dána rozdílem mezi celkovým objemem a plností, kolísá v rozmezí 35-70 % u pšenice a u žita činí 40-45 %. Plnost a kyprost v procentech se vypočítá podle vzorců:

$$P = \frac{V}{W} * 100$$

$$S = 100 - P$$

V- objem pevných složek obilní masy

W- celkový objem obilní masy

### *Tepelná vodivost*

je schopnost obilí předávat si vzájemně teplo bez jejich přemístování. Uskutečňuje se jednak vedením (stykem obilí) a jednak prouděním mezizrnového vzduchu. Tepelná vodivost obilí je nízká, rovná se přibližně tepelné vodivosti dřeva, koeficient tepelné vodivosti obilní masy kolísá v rozmezí 0,14 - 0,23 W. m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> a můžeme ji tedy považovat za tepelný izolátor. Vzduch má vodivost ještě nižší. Poněvadž obilní masa má i nízký koeficient teplotní vodivosti (rychlost ohřívání nebo ochlazování) vyznačuje se velkou tepelnou setrvačností.

### *Význam z hlediska skladovatelnosti:*

- **kladný** - přetrvávají nízké teploty do léta, čímž se zpomalují veškeré životní pochody (dýchání, rozvoj mikroorganismů a skladištních škůdců),
- **záporný** - brzdí přirozené ochlazování zrna, rovněž i při umělém sušení (možnost poškození přehřátím), nepřímo působí i při samozahřívání.

### *Sorpční schopnost*

je schopnost poutat vodní páry a plyny různých látek. Jev, při kterém se molekuly plynu koncentrují na tvrdém povrchu zrna, se nazývá adsorpce. Jestliže molekuly plynu pronikají dovnitř obilky, mluvíme o absorpci a v případě, že molekuly plynu reagují chemicky s povrchem organismu, hovoříme o chemisorpci. Dochází-li k opačnému jevu, tj. k uvolňování pohlcených plynů z obilní masy do okolí, mluvíme o desorpci. Jednotlivá zrna i obilní masa jsou dobrými sorbenty v důsledku kyprostí a kapilárně pórovité struktury jednotlivých zrn.

Sorpční síly působí v technologické praxi mnoho potíží. Je-li obilí přepravováno ve znečištěných dopravních prostředcích nebo nehygienicky skladováno, získá v krátké době (1-3 h) nežádoucí pachy, čímž se stává nevhodným pro konzum i krmné účely. Velký vliv na skladovatelnost a trvanlivost zrna má jeho **hygroscopicita**, tj. schopnost obilí pohlcovat nebo naopak uvolňovat vodní páry. Rovnovážná vlhkost je vyrovnáná stav při dané teplotě a relativní vlhkosti vzduchu.

## **2.1.2 Posklizňová úprava zrna**

Posklizňová úprava obilovin zahrnuje vyčištění, vytřídění a vysušení zrna na skladovatelnou vlhkost.

### **Čištění a třídění**

Úkolem čištění je odstranit příměsi a nečistoty. Úkolem třídění je též rozdělit směs podle kvality. Jednotlivé operace čistícího a třídícího procesu jsou založeny na těchto fyzikálních principech:

- podle rozměrů, obilní masa se pohybuje po síti a větší zrna přepadávají (přepad) a zrna menší než jsou otvory síta, propadávají (propad), ve většině případů se síta kombinují se vzdušným proudem,
- podle aerodynamických vlastností (obilní aspirátér),
- podle délky a tvaru semen (specifické hmotnosti) triéry, odkaménkovač,
- magnetické odstraňování kovových příměsí (magnetický separátor),
- podle barvy (třídění luštěnin, semena s odlišným zabarvením dostávají elektrický náboj a jsou vedena do jiného proudu než semena základního druhu).

*Třídíče, které směs zpracovávají, je možno podle počtu použitých principů třídění rozdělit na:*

- jednoduché (pracují na základě jednoho principu a rozdělují směs na dvě frakce),
- složité (využívají více principů vestavěných v jednom stroji).

### **Sušení**

Jedná se o vysušení zrna na skladovatelnou vlhkost. Sušení musíme provádět co nejdříve, protože při vyšší teplotě a vlhkosti může docházet k aktivaci klíčících enzymů, které mohou hydrolyzovat škrob i bílkoviny.

#### *Způsoby sušení zrnin*

Nejvíce se používá sušení s odváděním vlhkosti proudícím vzduchem:

- **studeným, který se uplatňuje při aktivním větrání,**
- **teplým v sušárně.**

U obilí s vlhkostí do 17 % dáváme přednost aktivnímu větrání. Předpokladem je vhodné skladovací zařízení s dobrým rozvodovým systémem větracích kanálů a účinným ventilátorem. Budují se ocelové věžové zásobníky vybavené větráním.

*Je možné použít i další způsoby sušení:*

- **infračerveným zářením** — využití má krátkovlnné záření s vlnovou délkou 1600-2000 nm; více paprsků pohlcuje vlhčí, tmavší a drsnější materiál; pohlcené paprsky se změny na tepelnou energii, která materiál zahřívá,
- **vakuové** - odpařování vody za sníženého tlaku vzduchu,
- **fluidní** - proudění horkého vzduchu vrstvou 0,50-0,60 m silnou vrstvou zrna umístěnou na síti; povrch obilí je v dokonalém styku s horkým vzduchem; vysoká rychlost proudění, umožňuje použít vyšší teploty sušícího média (140 - 160 °C),
- **proudové** - unášení sušeného materiálu horkým vzduchem, rychlostí 8-40 m/s; proces sušení trvá asi 1,5 min; materiál je unášen vzduchem do vertikální roury, přičemž vlhčí, těžší částice kladou proudícímu vzduchu odpor a tím se jejich pobyt v proudu vzduchu prodlužuje, dokud se nevysuší; způsob poškozuje zrna a vzniká hodně organického prachu,
- **mikrovlnné** - odpar vody zajišťují vysokofrekvenční elektromagnetické vlny.

### **2.1.3 Skladování zrna**

**Účelem skladování** obilovin je jejich uchování od sklizně a příjmu do skladu až do doby jejich použití k výživě, krmení či k dalšímu zpracování, a to pokud možno beze ztrát na hmotnosti a škodách na jakosti.

**Je třeba dodržovat následující podmínky při skladování:**

- zrna ve skladovacím prostoru nesmí ztrácet kvalitu,
- potravinářské zrniny musí být před skladováním řádně předčištěny,
- vlhkost při naskladňování by neměla přesáhnout 20 %,
- proces intenzivního provzdušňování by měl být řízen automatikou, která ovládá provzdušňovací ventilátory v závislosti na teplotě uskladněného zrna a relativní vlhkosti vzduchu nasávaného provzdušňovacími ventilátory,
- dostatek skladovacích prostorů, aby se nesnižovala výkonnost sklizně,

- k uskladnění zrna použít takové typy zásobníků, které zajistí, že zrna nebude ulpívat na stěnách pláště,
- pro skladování zrnin pro makrobiotickou výživu je třeba zásobníky vybavit kaskádovými brzdíči zrna,
- skladování ekologicky čistých zrnin pro makrobiotickou výživu vyžaduje malokapacitní věžové zásobníky s intenzivním provzdušňováním,
- při dlouhodobém skladování zrna, které je ošetřeno intenzivním provzdušňováním, odpadá nutnost přepouštět zrna pro částečné ochlazení a udržení jeho dobrého stavu.

Při nedodržení podmínek skladování může dojít k zintenzivnění dýchání obilí, vznikají pak ztráty na hmotnosti obilí a rovněž při vyšší vlhkosti může dojít k jeho naklíčení. Dochází k pomnožení mikroorganismů i skladištních škůdců a v nejhorším případě i k samozahřívání obilné masy. Nebezpečím jsou velké teplotní a vlhkostní rozdíly mezi uloženým zrnem a vzduchem, kdy dochází ke kondenzaci vlhkosti na povrchu zrna v síle.

Obilí lze ukládat volně ložené nebo pytlované. Převládá vesměs skladování obilí volně loženého, které je hospodárnější a vhodnější z technického hlediska (lepší využití ložné plochy, snadná manipulace a boj proti skladištním škůdcům).

#### **Při skladování lze použít tyto způsoby:**

- skladování zrna v suchém stavu,
- skladování zrna ve zchlazeném stavu,
- skladování zrna za použití aktivního větrání,
- skladování zrna za nepřístupu vzduchu (nestandardní),
- skladování zrna za použití chemických prostředků (nestandardní).

U nás se obilí skladuje v suchém stavu s využitím metody zchlazování a aktivního větrání.

V suchém stavu (obsah vody do 14 %) probíhají všechny biochemické a fyziologické pochody v zrně velmi pomalu, omezuje se rozmnožování mikroorganismů a skladištních škůdců. Při nízké teplotě se snižují ztráty dýcháním, zabraňuje se rozvoji mikroorganismů a skladištních škůdců a současné aktivní větrání (prostupnost vzduchu skladovaným zrnem) má i technologický význam, poněvadž za vhodných podmínek lze zrna zchladit a snížit jeho vlhkost. Toto skladování je rovněž také výhodné z hlediska ekonomického.

#### **Kontrola skladovaného obilí**

Skladované zrna se musí vzhledem k jeho fyzikálním i fyziologickým vlastnostem systematicky prohlížet a kontrolovat.

*Na stav skladovaných zásob lze usuzovat z následujících ukazatelů:*

- napadení škůdci - kontroluje se v závislosti na teplotě zrna,
- teplota - u zrna z nové sklizně se provádí kontrola teploty první 3 měsíce jednou za dva dny, u vlhkého obilí denně; na jaře je potřeba provádět kontrolu alespoň jedenkrát týdně; v hromadách se měří teplota pomocí tyčových teploměrů ve třech hloubkách, v sílech pomocí dálkových odporových teploměrů,
- vlhkost, barva, lesk, pach - kontroluje se jednou za měsíc,
- klíčivost a klíčivá energie u osiva a sladovnického ječmene.



Během skladování dochází ke ztrátám dýcháním, rozplachem, mechanickým poškozením a nesprávným skladováním. V prvních třech případech jde o ztráty přirozené.

*Za normální ztráty u obilí z nové sklizně se považuje:*

v I. čtvrtletí	1,3 %	ve II. čtvrtletí	0,9 %
ve III. čtvrtletí	0,5 %	ve IV. čtvrtletí	0,3 %

U zrna ze staré sklizně se počítá se ztrátou 1 % ročně.

## 2.2 TECHNOLOGIE V MLYNÁŘSTVÍ

Mlynářství má v České republice slavnou tradici a dnes představuje průmyslový obor. Ve své roční produkci zpracovává 1200 tisíc tun pšenice a 180 tisíc tun žita. Nechybí zpracování ani dalších obilovin, ječmene, ovsa, kukuřice, pohanky aj.

Klasická česká technologie mletí je odlišná od jiných technologií, vzhledem ke specifickým kvalitativním požadavkům na mouky. Používá se složitější technologie, potřebná pro šetrné mletí a čištění krupic, a všechny mouky se vyrábějí najednou v jednom kontinuálním výrobním procesu.

Hlavním úkolem mlynářské technologie při zpracování obilí je oddělit obalové části od endospermu, což se provádí postupným drcením zrna a meliva s následným tříděním a čištěním. Při přípravě obilí i vlastním mletí se využívá jeho fyzikálních vlastností, přičemž každý druh obilí vyžaduje podle svých vlastností jiný technologický způsob zpracování.

*Zpracování obilí ve mlýně má tyto základní etapy:*

- **příjem, předčištění a uskladnění obilí,**
- **příprava obilí k mletí,**
- **mletí obilí,**
- **příprava a skladování obchodních mouk.**

### 2.2.1 Příjem obilí, předčištění a uskladnění obilí

Při příjmu obilí se kontroluje množství a kvalita zrna. Je základem pro dosažení co největší standardizace vlastností mlýnských výrobků, podle požadavků odběratelů na jednotlivé druhy mlýnských výrobků.

Do mlýna je obilí dopravováno většinou volně ložené na nákladních a speciálních automobilech s přívěsy nebo ve speciálních železničních vagónech. Potom následuje vstupní kontrola, kdy se odeberou pomocí vzorkovačů vzorky pro ověření jakosti. Pak jde obilí do příjmového koše a odtud do skalperátoru, kde na vzduchovém třídíči je obilí zbaveno nejhrubších nečistot a prachu.

Předčištěná surovina se ukládá do silových buněk. Podle kvality lze ukládat partie obilí různých kategorií odděleně. Je zapotřebí, aby mlýny měly zásobu obilí, aby při výkyvech jakosti byla dodržena standardní jakost mouk. Na základě laboratorních rozborů je pak připravena směs obilí na zámel.

## 2.2.2 Příprava obilí k mletí

- sestavení směsi obilí na zámel (míchání obilí),
- čištění a další úprava.

### 2.2.2.1 *Sestavení směsi obilí na zámel*

Obilí z různých partií se míchá tak, aby výsledné vlastnosti směsi pokud možno co nejvíce odpovídaly jeho určení pro další zpracování. Vlastnosti jednotlivých partií pšenic se vhodně kombinují tak, aby byla zaručena standardnost výroby mouk. Z hlediska požadovaných parametrů pro kvalitní pekařské mouky je důležitý obsah a kvalita pšeničné bílkoviny a u pšenice i žita aktivita amylolytických enzymů a poškození škrobu.

*Podle chování ve směsích jsou pšenice tříděny na:*

- **silné**, které lze používat samostatně, ale zejména jako zlepšovatele slabších pšenic,
- pšenice **normální** (standardní), používané samostatně,
- **slabé**, jež mohou být použity jen v kombinaci s pšenicemi silnými.

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

*Výpočet teoretické hodnoty:*

$$ct = \frac{ax + bx}{x + y}$$

- ct - teoretická výsledná vlastnost směsi A+B
- a - vlastnost složky A
- b - vlastnost složky B /obě vyjádřené hodnotově/
- x, y - hmotnostní podíly složek A, B ve směsi
- cp - praktická výsledná vlastnost směsi A+B

Ze získané teoretické hodnoty můžeme vypočítat směsnou hodnotu dané směsi podle vztahu:

$$SH = \frac{cp - ct}{ct} * 100$$

*Směsná hodnota udává, o kolik % je teoretický výsledek překonán praktickým.*

Technologický efekt míchání je zpravidla vyšší, než by odpovídalo průměru technologických znaků podle směšovacího zákona. Je-li praktický výsledek rozboru rovný teoretickému, je směsná hodnota rovná nule. Pro posouzení vhodnosti pšenic jako zlepšovatel je nejvhodnější pekařský pokus.

### **Stanovení požadované jakosti směsi na zámel**

Určení jakostních parametrů směsi pro zámel musí být založeno na požadovaných jakostních parametrech mouk, které mlýn plánuje vyrábět.

Parametry směsi pro výrobu běžných pekařských mouk se liší od parametrů při výrobě mouk speciálních. Mlýny v České republice vyrábějí v převážné míře mouky pro běžnou pekařskou výrobu. Jedná se o mouky, které by měly mít potenciál vytvářet dostatečné množství lepku o průměrných vlastnostech - příliš „silné“ lepky jsou pro výrobu běžného pečiva přinejmenším stejně nežádoucí jako slabé - a kvalitní sacharidoamylasový komplex, charakterizovaný nižším stupněm poškození škrobu, ale dostatečnou amylasovou aktivitou. Lepek je významným ukazatelem pouze u pšeničných mouk, u žitných hraje bílkovinný komplex podstatně menší roli.

Podstatná pro moderní průmyslovou výrobu pečiva je zejména vyrovnanost jakostních parametrů, tj. minimální výkyvy jakosti mouk v čase. Právě kvalitní řízení zámelu je pro splnění tohoto požadavku nezbytnou podmínkou.

Zpravidla se směs na zámel kontroluje z hlediska **obsahu lepku, N-látek a čísla poklesu**, případně **Gluten Indexu** či **sedimentačního testu** (pro kontrolu se často využívá kalibrací na NIR analyzátoru).

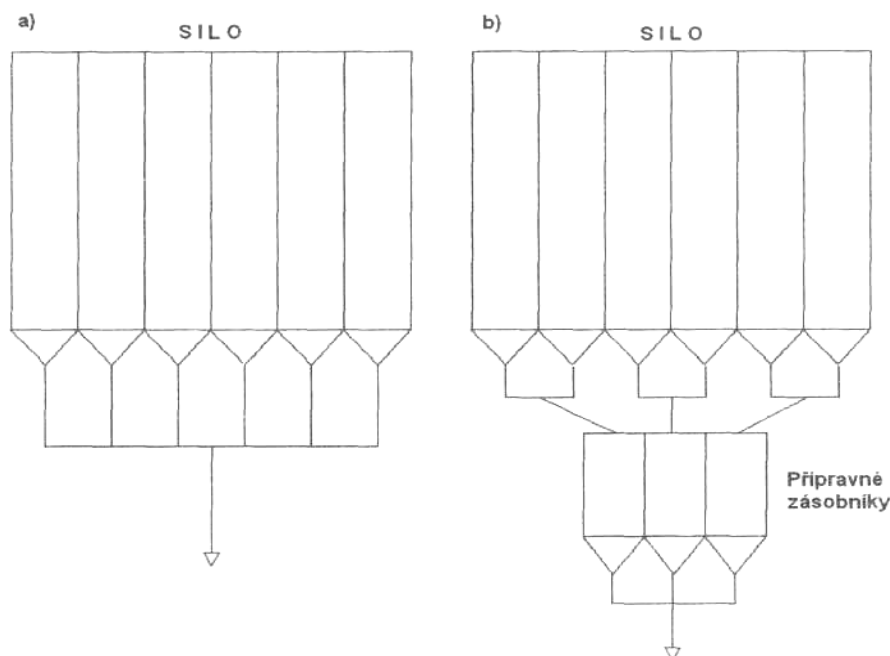
### Postupy sestavení směsi na zámel

Technologie sestavení směsi na zámel spočívá v přesném dávkování obilí z jednotlivých komor do směsi vedené k dalšímu zpracování.

*V zásadě existují dva způsoby:*

- přímý
- nepřímý (viz obrázek 5)

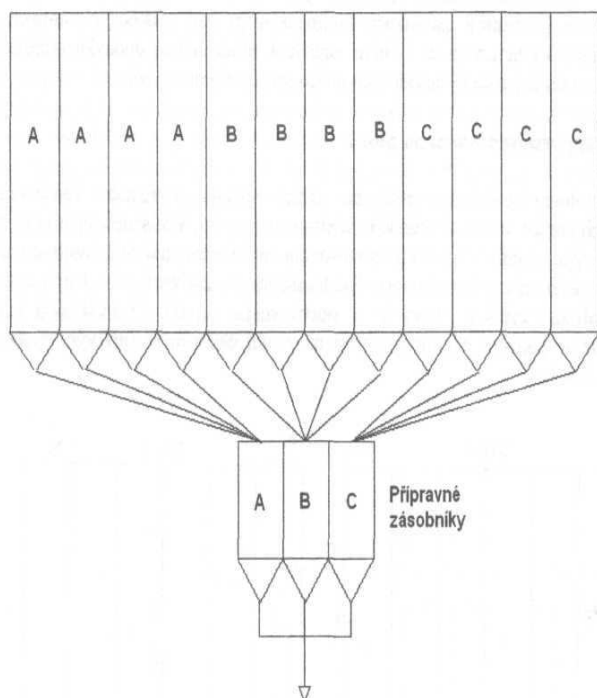
Obrázek 5: Přímé (a) a nepřímé (b) sestavení směsi na zámel



**Přímé** sestavování směsi znamená, že jednotlivé partie jsou vedeny přes dávkovače přímo do sběrného transportního zařízení a k dalšímu zpracování. Přímý způsob má výhodu v tom, že je operativnější a proto je s výhodou užíván ve mlýnech, kde se jakostní parametry směsi na zámel často mění (při výrobě speciálních mouk).

**Nepřímý** způsob je založen na zařazení několika (často tří) tzv. přípravných zásobníků. Obilí je v takovém případě vedeno z jedné nebo více komor přes dávkovače do příslušného přípravného zásobníku a výsledná směs pak vzniká sestavením z dílčích směsí z jednotlivých přípravných zásobníků. Tento způsob vedení je sice méně operativní, ale umožňuje lepší homogenizaci směsi a přesnější vyrovnání jakostních parametrů a je tudíž vhodný pro mlýny s převážně stabilní výrobou základních pekařských mouk. Příklad takového vedení až z dvanácti komor přes tři přípravné zásobníky je znázorněn na obrázku 6.

Obrázek 6: Nepřímé sestavení směsi na zámel při výrobě pekařských mouk



*Popis: sestavení směsi z jakostních tříd A, B a C*

Pro úspěšné řízení zámelu je podstatné přesné dávkování podílů jednotlivých partií do směsi. Technika míchání obilí na zámel ukazuje, že míchání různých odrůd z jedné oblasti je účinnější, než míchání jedné odrůdy různé provenience. Výhodné je míchání 3-5 odrůd. Mícháním se využijí neplnohodnotné partie; mícháním obilí se dosáhne lepších výsledků než mícháním mouk.

### 2.2.2.2 Čištění a další úprava obilné směsi

Obilí se musí před vlastním mletím dokonale zbavit příměsí a nečistot a zrno povrchových dřevnatých vrstev slupky. Tento proces je velmi důležitý a jakékoliv zanedbání v této fázi se negativně promítne do výsledného produktu.

*Čistící proces sestává z:*

- mechanické úpravy,
- hydrotermické úpravy.

### *Mechanická úprava*

Obilí ze zásobníku sila je vedeno do **odkaménkovače**. Tento stroj odděluje od sebe částice přibližně stejné velikosti jako obilné zrno, ale s rozdílnou hmotností.

Princip rozdělení spočívá ve vytvoření fluidní vrstvy z obilného zrna proudícím vzduchem, procházejícím ze spodu síta. Síto má současně mírný sklon, takže vrstva obilí ve vlnosku nad sítem pozvolna stéká ve směru sklonu síta. Částice o větší hmotnosti zůstávají na síti a vibračním pohybem síta jsou odhazovány proti směru sklonu síta, takže vypadávají na opačné straně než obilné zrno. Jsou oddělovány kaménky a těžší příměsi a nečistoty. Současně dochází k odsávání zadinového zrna, jež se zpracovává jako kalibrát.

Další čistící proces probíhá v čistírenském **aspirátéru** a dvou **triérových stanicích**, kde se dokončí oddělení příměsí a nečistot.

**Obilní aspirátér** odstraňuje především prach, kaménky, hrušky, písek, slámu, cizí semena a zadinu. Hlavní částí stroje je skříň, ve které jsou umístěna síta a ventilátor. Zrno prochází třemi síty. Na vrchním (hrubém) síti se vytřídí největší částice, propadlá zrna přichází na druhé (střední) síto, kterým propadají na třetí síto, zatímco příměsi se posunují do sběrného žlábků. Na třetím (jemném) síti tvoří zrno přepad, kterým opět prochází proud vzduchu, jež strhne lehké příměsi do odsazovacího koše. Jsou zde spojeny tři čistící jednotky, a to síto, vítr a vibrace.

K odstranění zrn stejné hmotnosti a hustoty jako obilné zrno, ale odlišného tvaru, slouží souprava strojů nazvaných **triéry**. Jsou to dlouhé duté válce, na jejichž vnitřním povrchu jsou vylišovány nebo vyfrézovány důlky přesného rozměru. Vrstva obilí se přivádí dovnitř a při mírném sklonu válců a pozvolném otáčení se posunuje na opačnou stranu. Podle tvaru důlků ve válcích do nich zapadají příslušná zrna a jsou vynášena po vnitřní stěně válce nahoru. Před horní úvratí vypadávají zrna z důlků do žlabu, který prochází středem válce. Šnekem v tomto žlabu jsou zrna vyhrnována ven. Podle tvaru důlků jsou vybírány kulovatiny, především koukol při průměru důlků 4,5-5 mm (koukolník) nebo dlouhá tenká zrna především ovsa, při délce důlků 8 - 9 mm (ovesný triér).

**Spirálové třídíče** jsou jednoduchá a účinná zařízení pro třídění podle tvaru, respektive míry kulatosti částice. Princip spočívá v tom, že částice, které se svým tvarem blíží kouli, se po spirálovém žlabu třídíče pohybují volněji a při pohybu jsou vynášeny k vnější stěně žlabu, odkud jsou na jeho spodním konci sbírány odděleně od částic, které se pohybují blíže svislé osy třídíče. Na spirálovém třídíči je možno účinně vytřídit zlomky zrn základní kultury od částic kulovitějšího charakteru (například od koukolu z frakce ze sběrného žlabu triéru koukolníku) a umožnit jejich využití v mlecím procesu.

Dále obilí prochází přes **magnetické separátory**, kde se na stálých nebo elektrických magnetech zachytí feromagnetické materiály. Je to třídění podle feromagnetických vlastností, což znamená odstranění kovových feromagnetických příměsí z čišťené směsi. Používají se jak elektromagnetické separátory, tak permanentní magnety.

### *Hydrotermická úprava*

Jak vyplývá ze samotného názvu procesu (soustavy procesů), jedná se při hydrotermické úpravě o spolupůsobení vlhkosti a teploty na obilné zrno.

Vyčištěné zrno se **nakrápí vodou (první stupeň před loupáním)** v intenzivním **nakrápěči**, v němž dochází k dokonalému promísení zrna s vodou a někdy zejména v zimních měsících,

kdy promrzlé zrno není schopné přijmout dostatek vody, je obilí předem ohříváno v **kondicionéru**. Nakrápěním a **odležením** v **odležovacích zásobnících** (3-4 h), dochází k zhouževnatění obalových vrstev, lehčímu oddělování slupek od endospermu, který se stává křehčím. Dobře připravené zrno má mít suchý endosperm a vlhkou slupku.

Po odležení je zrno vedeno k intenzivnímu povrchovému opracování na **dvou loupacích a jednom kartáčovacím stroji**, kde se odstraní oplodí s velkým podílem celulosy, dále vousek a prach z obilné rýhy. U žita dochází k oddělení klíčků, zatímco pšeničné klíčky se získávají až při luštění krupic.

U běžného loupacího stroje je zrno zachyceno rozmetadlem a vedeno proti plášti, tře se o plášť a o zrno navzájem a zpět naráží na rozmetadlo, což se opakuje. Hrany smirku krájejí slupky a současně je stahují. Nárazy nesmí být porušeno osemení a obnažen endosperm. Stávalo se, že loupací stroje nepracovaly zcela uspokojivě, na obilce zůstávala místa, kde byla slupka jen částečně uvolněna. K tomu se používaly **kartáčovací stroje**. Doporučovalo se méně loupat a více kartáčovat.

**Kartáčovka** je vodorovná válcová skříň, kde se otáčí spirálový kartáč se štětinami, který se brodí vrstvou obilí. Kartáčovací a loupací stroje jsou nahrazovány malopřůměrovým odíracím strojem.

**Malopřůměrový odírací stroj** je tvořen ocelovou skříní, obilí přichází vpádovým hrdlem do pracovního prostoru, kde je lopatkami rotoru vrháno proti sítu a postupuje k výpadu. Třením zrna vůči sítu se uvolňuje nečistota, vousek, obalové vrstvy, příp. klíček (u žita). V tradičních čistírnách se zrno loupalo obvykle 3x, při použití odíracích strojů obvykle 2x.

Dále následuje **nakrápění a odležení obilí** v odležovací komoře, která slouží jako přípravný zásobník před vlastním mletím (**druhý stupeň**). Při nakrápění se postupuje tak, že se nejdříve vypočte množství vody, které má být přidáno do proudící pšenice. Regulátor množství kapaliny poté vodu dávkuje. Pro nakrápění se používají nakrápěče, které zaručují rovnoměrné rozdělení vody na celé pšeničné zrno, a z toho vyplývající dokonalé proniknutí vody do obilky.

Rovnoměrné rozdělení vlhkosti v obilí a proniknutí přesně vypočítaného množství vody do jednotlivých obilních zrn umožňují docílit požadovanou konečnou vlhkost pšenice. Projeví se to v optimální křehkosti obilí a jeho výborných vlastnostech pro mletí.

Potřebný obsah vlhkosti, umožňující správné vymílání, se liší v závislosti především na tvrdosti pšenice. Pro velmi tvrdé kanadské pšenice se doporučuje obsah vlhkosti před mletím cca 16,5 - 17,5 %. Pro evropské měkké pšenice se uvádí 15,0 - 16,0 %.

V čistírně se od **hlavní masy** obilí oddělí příměsi, nečistoty a drobná zrna a vzniknou podíly:

- **nezpracovatelný odpad** (je složen především z anorganického podílu a ve mlýnech se dále nevyužívá),
- **zpracovatelný čistírenský odpad** (tvoří organické látky, které po přešrotování přicházejí do krmných zbytků),
- **kalibrát** (je tvořen hlavně drobnými zadinovými zrny a zpracovávají se na šrot).

Správná příprava obilí k mletí zvláště významná při zpracování méněcenných nebo poškozených surovin. Rovněž je pomoci v boji proti škůdcům. Dobře vyčištěné obilí je téměř stoprocentně zbaveno roztočů a zpravidla se také sníží obsah reziduí cizorodých látek.

## **Řízení jakosti při přípravě zrna k mletí**

V průběhu přípravy zrna k mletí v mlýnské čistírně se z hlediska kontroly a řízení jakosti procesu sledují **změny obsahu příměsí a nečistot a vlhkosti**. První mezioperační kontrola probíhá po sestavení zámelu - tedy před čistírnou. Druhá je zařazena za čistírnu, tedy za druhý stupeň hydrotermické úpravy a je zde stanovována pravidelně zejména vlhkost (několikrát denně) a obsah příměsí a nečistot, který by měl být zejména v případě mechanicky stanovitelných nečistot roven nule. Je užitečné také alespoň jedenkrát ročně podrobit melivo za čistírnu **mikrobiologické kontrole**.

Útvar kontroly a řízení jakosti by měl správně provádět také v pravidelných intervalech nezávislou kontrolu **čistoty frakcí z jednotlivých čistírenských strojů** (viz výše) a dohlížet nad **mírou prašnosti a celkovou hygienickou situací** v předčistírně, skladu a čistírně obilí. Nezbytné je sledovat **výskyt** skladištních **škůdců** a provádět za pomoci kvalifikovaných odborníků jejich likvidaci.

### **2.2.3 Mletí obilí**

#### **2.2.3.1 Principy vlastního mlecího procesu**

*Vlastní proces mlýnského zpracování obilí je založen na dvou základních operacích:*

- dezintegraci (převážně drcení) meliva,
- třídění produktu (heterogenní sypké směsi).

Tyto dvě operace tvoří základní jednotku celého výrobního postupu a tuto jednotku označujeme jako **mlecí chod** neboli **pasáž**.

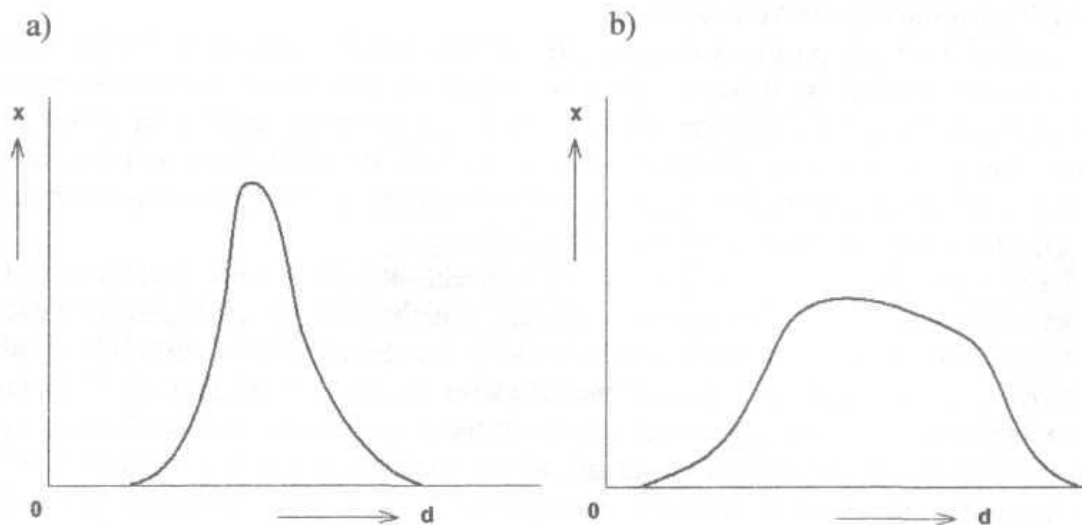
Jeden mlecí chod tedy sestává z jedné drticí operace a následného třídění. K tomu, aby došlo pokud možno k co nejučinnějšímu oddělení endospermu od obalových vrstev a k vytěžení jeho částí v několika požadovaných frakcích o patřičné čistotě a granulaci, zařazujeme těchto základních jednotek - mlecích chodů - do mlýnského procesu několik (v pšeničném mlýně cca 15 - 20, v žitném mlýně méně, zpravidla 7 - 10). Jednotlivé mlecí chody se od sebe liší jak parametry drcení, tak parametry třídění.

Abychom celému systému mlecího procesu správně porozuměli, definujeme nyní dva pojmy - melivo a směs po drcení.

**Melivem** je materiál, který vstupuje do drticí operace, **směs po drcení** je to, co z drticí operace vystupuje. Kvantitativně se v procesu drcení nic nemění - hmotnostní tok meliva i směsi po drcení je stejný. Z hlediska chemického složení se také nic nemění - chemické složení meliva i směsi po drcení je opět totožné. Co se mění, je struktura. Granulace meliva a směsi po drcení se liší, v některých případech velmi výrazně.

Melivo i směs po drcení jsou ve všech případech polydisperzní směsi, tj. směsi částic nestejně velkých, které tvoří tzv. granulační spektrum. Pokud znázorníme granulační spektrum graficky jako závislost hmotnostního podílu částic na jejich velikosti (obrázek 7a), získáme křivku, která se svým tvarem blíží Gaussově křivce normálního rozdělení. Křivky znázorněné na obrázku se liší svou šířkou. Širší křivka (obrázek 7b) vykazuje vyšší míru polydisperzity - granulační spektrum je širší, čili směs je rozmanitější.

Obrázek 7: Granulační spektra



Popis.: a) směs homogennější z hlediska velikosti částic ( $d$ ), b) směs heterogennější

Mezi melivem a směsí po drcení platí dva základní vztahy:

1. Granulace směsi po drcení je v průměru jemnější než granulace meliva. (Křivka granulačního spektra se po ose  $x$  posouvá vlevo),
2. Granulační spektrum směsi po drcení je širší než spektrum meliva.

Křivka a) odpovídá melivu pro danou drticí operaci a křivka b) směsi po drcení.

Druhou fází mlecího chodu je třídění. V jeho průběhu se snažíme směs po drcení rozdělit do několika frakcí. Třídění je především rozměrové a jednotlivé frakce, do nichž se směs po drcení rozpadá, vykazují nazpět podstatné zúžení granulačních spekter. V jednotlivých frakcích se tedy koncentrují částice podobných velikostí i tvaru.

V celém systému mlecího procesu to tedy funguje následovně - melivo (v tomto případě obilí) přichází na drcení v prvním mlecím chodu a odtud jde směs po drcení na první třídění. Většina frakcí této směsi se pak stává melivem, které je vedeno na další mlecí chody, jedna nebo více frakcí se sbírá přímo do konečného produktu (hovoříme o tzv. pasážních moukách).

V návazných mlecích chodech se melivo (frakce z předchozího třídění) opět promění na směs po drcení a na tříděči se rozpadá do dalších frakcí, které se opět vedou jako melivo na další chod, nebo sbírají do produktů.

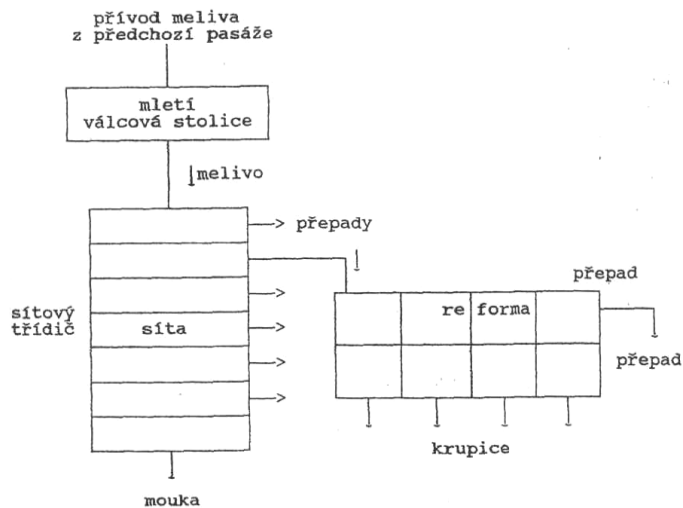
### 2.2.3.2 Vlastní mletí obilí

Jak už jsme si ukázali, každá pasáž neboli mlecí chod, zahrnuje vždy jednu drticí operaci s následným tříděním rozemletého meliva na síťovém tříděči podle velikosti a částečně i podle jakosti.

Část přepadů je vedena na další třídění krupic, část na další opakované mlýnské chody s jinými válci a sítí. Ze síťového tříděče vycházejí z jednotlivých chodů v různé míře již také čisté jemně granulované mouky (menší než  $200 \mu\text{m}$ ), tzv. pasážní mouky. Jednotlivé pasáže pak tvoří etapy technologického procesu (obrázek 8).



Obrázek 8: Schéma základního uzlu jedné mlýnské pasáže



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

**Válcové stolice** – vlastní mletí se provádí na válcových stolicích s nastavitelnými parametry, které odpovídají potřebám dané pasáže. Válcové stolice rozmělnějí obilí a meziproducty. Jejich pracovním orgánem je dvojice protisměrně se otáčejících mlecích válců s hladkým nebo rýhovaným povrchem. Válce jsou z ocelové litiny, otáčejí se nestejnou rychlostí, jeden je rychloběžný a druhý pomaloběžný.

U každého páru válců lze nastavovat šířku mlecí spáry mezi válci. Spára nesmí být podstatně menší, než je velikost materiálu (tento vztah mletého zrna a spáry je charakterizován úhlem záběru).

Vzhledem k různé rychlosti válců můžeme rozlišit různé vzájemné polohy rýh, jak se naproti sobě navzájem setkávají. Dvojice válců může být tedy ve stolici postavena ve čtyřech polohách: ostří na ostří, ostří na hřbet, hřbet na ostří a hřbet na hřbet. Nejrozšířenější je poloha ostří na ostří.

Povrch válců je buď hladký, nebo rýhovaný, přičemž rýhy mají na povrchu válce mírný sklon. Rýhy mají na řezu tvar obecného trojúhelníku. Kratší strana se nazývá ostří, delší hřbet. Vzdálenost vrcholů sousedních rýh je tzv. rozteč. Válec je charakterizován počtem rýh na deset milimetrů obvodu válce.

Malý úhel ostří vede k drcení na krupice, velký působí vytírání. Řídké a hluboké rýhy se středním předstihem (1:1,5) vedou **k tvorbě krupic** a používají se při šrotování pšenice, husté rýhy s větším předstihem (1:3) a postavení hřbet na hřbet vedou **k tvorbě mouky**, hlavně u mletí žita. Hladké (nerýhované) válce se používají k luštění a vymílání krupic, případně domílání.

Úpravou tvaru, hloubky a hustoty rýh, jejich sklonu a vzájemného postavení, šířky mlecí spáry, otáček a předstihu se válcová stolice přizpůsobí kterékoli etapě (šrotování, luštění nebo vymílání).

Měrné zatížení stolice určuje množství meliva v mlecí zóně. Jde o zatížení na jednotku délky válce v dané pasáži za časovou jednotku. Válcové stolice jsou dvoupárové, pohon od elektromotorů, melivo se mezi válce rozprostírá podávacími válečky.

Drťící účinky u meliva zajišťují rovněž **vytloukáací stroje**, které někdy doplňují válcové stolice, zvláště při mletí žita.

Melivo, vycházející z válcových stolic, se musí pro další zpracování rozdělit podle velikosti a částečně i podle jakosti, což se provádí **vyséváním, tříděním a čištěním**. Částice meliva mají velmi rozmanitý tvar, jejich velikost se uvádí číslem síta, kterým směs propadla nebo přepadla. Při třídění meliva se získá velký počet velikostních frakcí, odlišných i obsahem endospermu.

Na válcových stolicích se provádí drcení meliva, z nichž největší význam má šrotování. *Ze šrotování se získají podíly:*

- **hrubý a jemný šrotový přepad** - postupují na další šrotové chody,
- **krupice hrubé, střední a jemné** - zpracovávají se luštěním krupic,
- **krupičky (dunsty), hrubé a jemné** - zčásti se rozemílají na mouky,
- **mouky** - nejjemnější částice pod 190  $\mu\text{m}$ .

K vytrídění meliva po šrotování na základě velikosti částíček slouží **rovinný vysévač**. Je to uzavřená skříň, tvořená soustavou vodorovně nad sebou umístěných sít. Rámečky s příslušnými sítí se vkládají do vysévacích rámců s plechovým dnem se středním nebo postranním výpadem. Pohyb materiálu je vibrační (podélně) a elipsovitý. Celá skříň vykonává vodorovný krouživý pohyb na principu ručního vysévání.

**Potahy sít** mají rozhodující vliv na kvalitu a účinnost prosévání a podle materiálu jsou kovové, hedvábné a z plastů. U nás se používají potahy z plastů od č. 7 do č. 67. Číslo znamená počet vláken na 10 mm.

Vysévací proces je složitý, hlavní efekt kromě třídění podle velikosti spočívá v samotřídění a oddělování lehkých částic, které vyplouvají na povrch proudu meliva a nepřichází do styku se sítím. Z každé pasáže získáváme široké spektrum produktů, roztríděných vysávačem **podle granulace**. Produkty se vedou buď na další mlecí chod, nebo jsou míchány do výsledných produktů.

*Při třídění meliva na vysévačích se získají:*

- **meziprodukty, které se dále zpracovávají** (rozmělnují, čistí - hrubé přepady, krupice),
- **produkty, které se dále nezpracovávají** (různé frakce mouk, krupic, klíčky).

Třídění meziproduktů podle velikosti i podle jakosti (krupice, popř. krupičky, získané v prvních třech až čtyřech šrotových pasážích) se provádí na **čističce krupic**. Tyto krupice obsahují vysoký podíl jádra a vyrábějí se z nich nejjakostnější druhy mouk.

**Čistička krupic** zvaná **reforma** je v podstatě zavěšené nakloněné žebro, pohybující se v uzavřené skříni a tvořené čtyřmi sítí umístěnými za sebou. Po nich se pohybuje vrstva meliva, kterou prochází od spodu proud vzduchu a roztrídí melivo podle hmotnosti na:

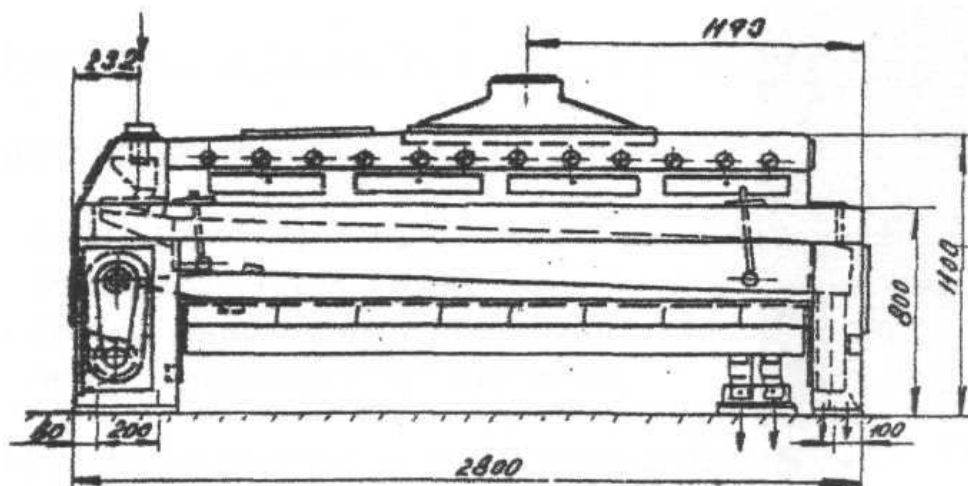
- jadrné krupice, které propadnou sítím,
- lehčí částice tzv. přerážky, které přepadají ze síta a jsou odváděny na další zpracování (luštění),
- lehké části slupek unášené vzduchem do cyklonu.

Žebro má malý sklon, kmitá a udržuje melivo ve fluidním stavu. *Úkolem čističky krupic je:*

- vytrídít krupice, které obsahují vyšší podíl jádra než původní směs,
- vytrídít frakce, které obsahují podstatně vyšší podíl obalů než původní směs.

Vyrábějí se jedno, dvou i třípatrové reformy.

Obrázek 9: Schéma čističky krupic



### Mletí pšenice a žita

Při mletí pšenice je žádoucí získat na začátku mlecího procesu maximální množství jakostních krupic, zvláště krupic hrubých.

#### Proces mletí pšenice dělíme do tří základních etap:

- **šrotování** - šetrné otevření zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk,
- **luštění krupic** - drcení vytrříděných a vyčištěných krupic, obsahujících část slupky tak, aby slupka zůstala neporušená a dala se snadno na sítích oddělit,
- **vymílání** - drcení částic čistého endospermu na požadovanou granulaci a ze slupek se má odstranit poslední tenká vrstva endospermu, aby otruby byly jen čisté obalové částice.

V současných technologických postupech je zařazeno zpravidla 5 šrotových, 4 - 5 luštících a 6 a více vymílacích pasáží. Z každé z nich získáváme jednu nebo více **pasážních mouk**, které se hlavně podle obsahu popela a granulace **míchají na obchodní druhy mouk**.

První luštění má válce rýhované, ostatní hladké.

1. a 2. **luštící chod** – zpracovávání vyčištěné hrubé, střední a drobné krupice I. jakosti,
3. **luštící chod** - krupice II. jakosti,
4. **luštící chod** - zbývající krupice a současně se zde získávají mlýnské jedlé klíčky.

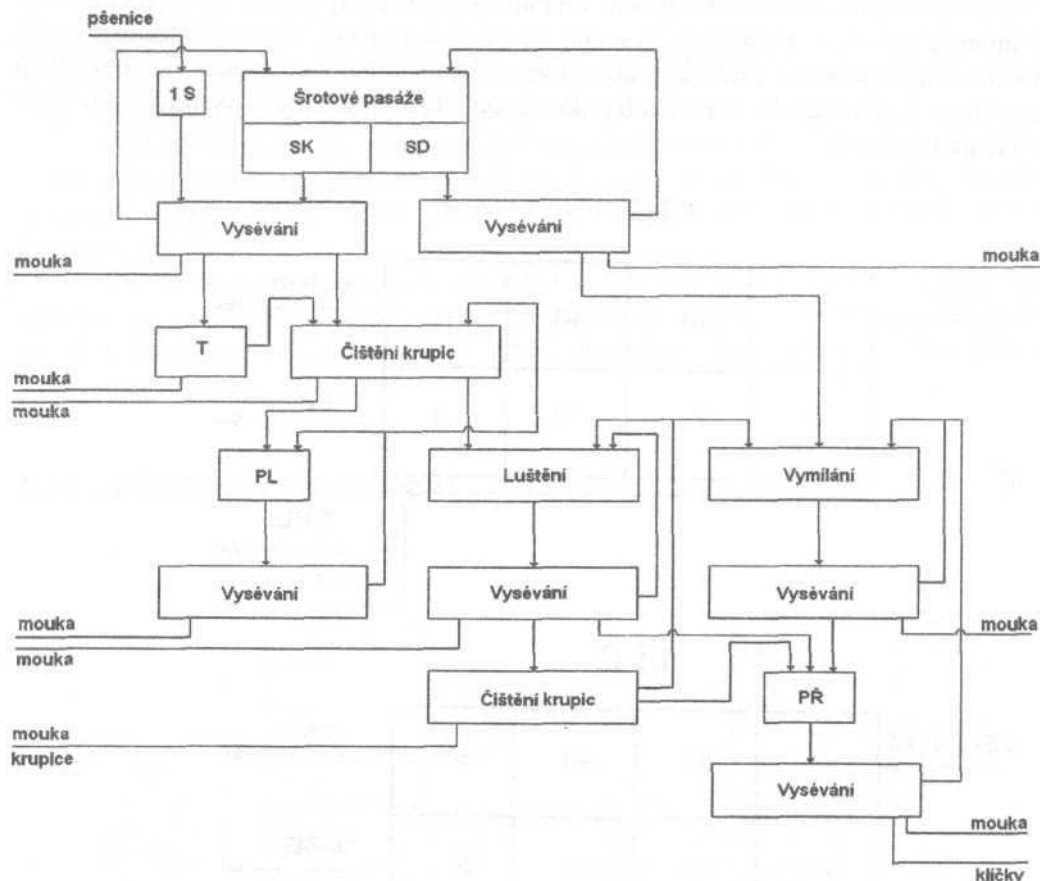
Při semílání šrotových krupic vznikají krupice luštěné, které jsou jakostnější než krupice šrotové. Drobné krupice z luštících chodů se čistí na vysévačích a čističkách krupic a podle potřeby se vedou do hrubých mouk.

Při vymílání se rozemílá materiál, přicházející z reforem. Krupičky I. jakosti se zpracovávají na 1. a 2. vymílacím chodu, krupičky II. jakosti na 3. a 4. vymílacím chodu. Krupičky dotahované na 5. a 6. a krupičky domílkové (ze 4. a 5. šrotu) na 7. a 8. vymílacím chodu. U těchto dvou posledních pasáží jsou válce jemně rýhované, předstih 1 : 2,7, u ostatních hladké.

Mlecí výsledky se hodnotí podle tažení hrubé mouky. Hrubá mouka se získává převážně z propadů vysévačů a reforem po luštění a vymílání a mohou být přidávány čisté šrotové, drobné krupice a krupičky (ostré). Nejvíce možné dosažitelné množství žitné mouky je 38 %.

Technologie **mletí žita** je jednodušší. Technologický proces zahrnuje 4 až 5 šrotů a 1-2 krupičné pasáže bez čištění. Žitný endosperm snáze přijímá vodu, proto je třeba pracovat s nižší vlhkostí (14-15 % před 1. šrotem) a kratším odležením. Žitné zrno má větší soudržnost obalových vrstev s endospermem, proto se jádro hůře odděluje. Mletí je násilnější, pracuje se s většími přítlaky se snahou z každé pasáže získat co nejvíce mouky. Vzájemná poloha rýh je hřbet na hřbet. Účinnost válcových stolic doplňují vytloukáací stroje.

Obrázek 10: Zjednodušené technologické schéma pšeničného mlýna



Popis: SK - krupičné šrotové pasáže, SD - domílkové šrotové pasáže, PL - paralelní luštění, PŘ - přemílkové pasáže, T – třídiče

## 2.2.4 Příprava a skladování obchodních mouk

### 2.2.4.1 Výtěžnost mouk, kontrola výroby

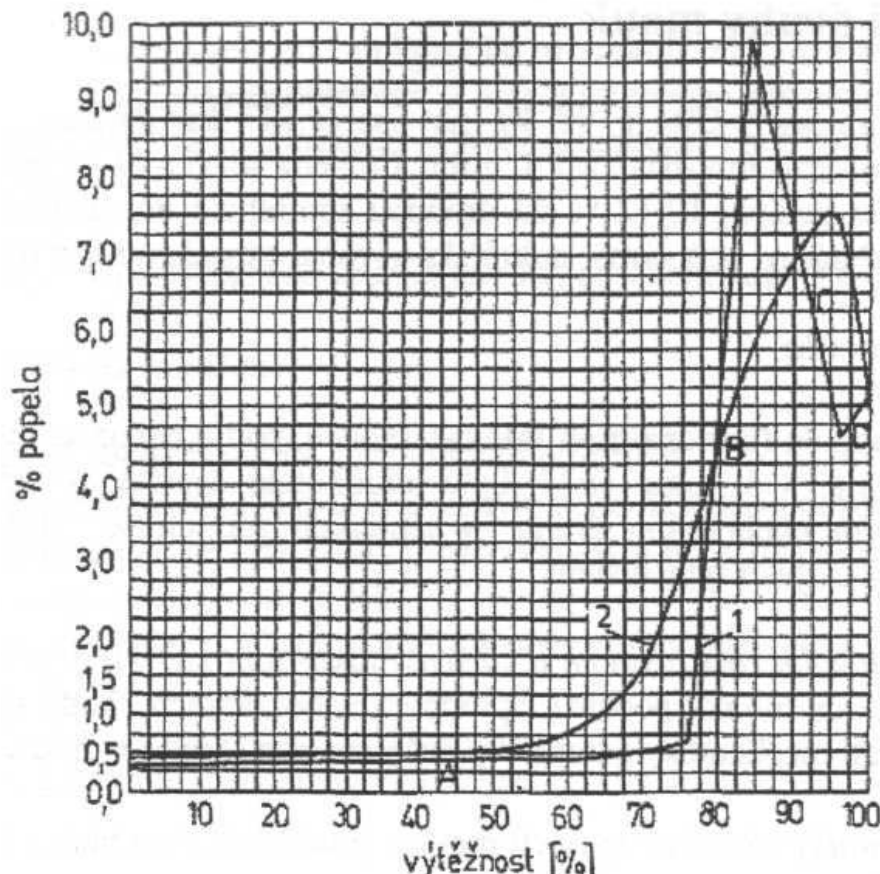
**Výtěžnost mouk resp. celkových jedlých produktů** se vyjadřuje v procentech vůči původní hmotnosti zrna. Čím vyšší je stupeň vymletí, tím větší je podíl obalových částí, které se do mouky dostanou, což má pak za následek i vyšší obsah popela v mouce.

Kontrolní činnost ve mlýnech je zaměřena na:

- kontrolu surovin, meziproductů a hotových výrobků,
- kontrolu vlastního technologického procesu.

Je požadována příjmová kontrola surovin každé dodávky obilí, aby bylo možné garantovat, že je obilí prosté vyšších hladin kontaminantů, které by nemohly být odstraněny během procesu zpracování a mohly by učinit hotový výrobek nevhodný pro lidskou výživu.

Obrázek 11: Vztah obsahu popela a výtěžnosti mouk



Popis: 1- ideální mletí, 2- praktické výsledky. Na křivce je část A- mletí jádra, B-mletí aleuronové vrstvy, C-mletí oplodí a osemení, D-oddělený klíček

#### Mlýnský diagram

Je schématický plán technologického procesu, který obsahuje všechny potřebné technologické údaje. Značky diagramů jsou normalizované a obsaženy v příslušné ČSN. Obsahuje parametry mlecích strojů, čísla potahů na vysávacích a reformách a schéma dopravy meziproduktů.

#### Popelový diagram

Mlýnský technologický proces je řízen podle obsahu popela.

Prof. Mohs ve 30. letech vydal popelovou tabulku, která se používá jako standard dodnes a je považována za základ technické kontroly mlecího procesu. Její grafické vyjádření je popelový diagram. V diagramu (obrázek 11) je graficky znázorněn vztah mezi obsahem popela mouk a výtěžností. Křivka 1 přísluší ideálnímu mletí, křivka 2 odpovídá dosahovaným výsledkům.

Poloměr prvního zakřivení křivky 2 charakterizuje úroveň mletí. Čím více se blíží prvnímu zakřivení křivky 1, tím jsou výsledky mletí lepší. Podobně je tomu u nejvyššího bodu křivky 2. Čím výše je vrchol, tím lepší jsou výsledky mletí.

Porovnáním získané výtěžnosti a obsahu popela s Mohsovou křivkou se pozná, je-li úroveň procesu dobrá nebo špatná.

**Stupeň vymletí** (obsah minerálních látek) obilných výrobků udává, jaký podíl mouky byl získán ze 100 dílů obilí. Zůstanou-li všechny části obilného zrna v moučném výrobku, hovoříme o 100 % stupni vymletí. Mouky, v nichž nejsou obsaženy žádné nebo málo okrajových vrstev obilného zrna, mají stupeň vymletí od 40 do 75 %. Nízký stupeň vymletí má velmi jemná mouka, vysoký stupeň vymletí má hrubý, celozrnný šrot.

#### 2.2.4.2 Principy sestavování mlýnských produktů

Pasážních produktů z jednotlivých mlýnských chodů je značné množství - vzhledem k tomu, že z každé pasáže získáváme zpravidla několik produktů; v pšeničném mlýně jich bývá většinou více než třicet. Každý pasážní produkt odpovídá svým složením a vlastnostmi určité vrstvě obilky (endospermu až obalových vrstev).

Z hlediska granulace získáváme v pšeničném mlýně spektrum částic od hrubých (krupice), přes jemnější (dunsty), k moukám, které se, což je určitá specialita českých mlýnů, dělí dále podle granulace na hrubé (granulaci na hranici mezi moukami a dunsty), polohrubé a hladké.

*Pro sestavování finálních produktů máme dvě základní kritéria:*

- fyzikální – granulaci,
- fyzikálně chemické - složení příslušné frakce a vlastnosti hlavních složek.

Vlastnosti, které máme na mysli, jsou zejména ty, které se promítají do uživatelské vhodnosti - pekařská jakost, těstářenská jakost atd. - podle toho, kdo je konečným uživatelem toho kterého finálního produktu.

Sestavování základních produktů, které nazýváme **druhov**é, tedy znamená vytvoření takových směsí pasážních produktů, které budou mít ve výsledku požadovanou granulaci a příslušné technologické vlastnosti.

Ukázali jsme si, že obsah popela se směrem od středu zrna nelineárně zvyšuje a stejně tak se v jednotlivých vrstvách mění složení a vlastnosti významných složek (zejména proteinů a škroboamylasového komplexu). Můžeme říci, že popelová křivka kopíruje změny složení jednotlivých vrstev. To znamená, že pokud jednotlivé frakce - pasážní produkty - vedle granulace sestavíme podle obsahu popela, získáme spektrum proměnlivých obsahů a vlastností technologicky důležitých látek, odpovídající uvedenému postupu od středu zrna k obalům.

*Přehled hlavních typů druhových pšeničných mlýnských produktů a jejich složení a vlastnosti:*

- **Krupice, hrubé a polohrubé mouky:** obsahují převážně kvalitní nepoškozený škrob a bílkoviny komplexu lepku, který zpravidla vykazuje vysokou elasticitu a nízkou tažnost. Obsah ostatních složek je velmi nízký, velmi nízká je i enzymová aktivita. Obsah popela se pohybuje v rozmezí 0,35 - 0,55 %. Tyto výrobky jsou sestaveny výhradně z předních pasážních produktů. Vzhledem k jejich složení (i granulaci) se uplatňují především při výrobě těstovin, noků a knedlíků, případně v některých cukrářských výrobcích, pekařské využití je zcela ojedinělé. Pokud se používají jako suroviny pro kypřené výrobky, většinou se využívá kypřidel, nikoli fermentace.
- **Hladká mouka světlá:** obsahuje převážně bílkoviny lepku a škrob. Škrob je poškozen zpravidla spíše mírně, enzymová aktivita je přiměřená nižšímu obsahu popela, který se pohybuje v rozmezí 0,5 - 0,6 %. Lepek je vyrovnaný, někdy může inklinovat

k převaze elasticity. Jeho obsah (mokrý lepek) se pohybuje kolem 30 %. Mouka je sestavena z převahy předních pasážních produktů. Jedná se o běžnou pekařskou mouku, používanou hlavně pro výrobu běžného (bílého) pečiva, jemného pečiva a toustových a sendvičových chlebů.

- **Hladká mouka polosvětlá:** její složení je velmi podobné světlé mouce, je sestavena z velmi podobných nebo totožných pasážních produktů s přídatkem podílu produktů pasáží středních až zadních. Je-li správně sestavena, jedná se o velmi kvalitní pekařskou mouku s vhodnou enzymovou aktivitou a vyrovnaným lepem, vyznačujícím se vyšší vazností vody a tažností. Obsah mokrého lepku bývá vyšší než 30 %. Obsah popela 0,6 - 0,75 %. Použití této mouky je v podstatě shodné se světlou, nehodí se k výrobě těch druhů pečiva, u nichž se požaduje vysoká bělost střídy a zejména k výrobě syrových chlazených těst, která díky vyššímu obsahu popela po několika hodinách skladování šedivějí.
- **Hladká mouka chlebová:** obsahuje vyšší podíl méně kvalitních bílkovin včetně bílkovin rozpustných (nelepkových). Obsah mokrého lepku se pohybuje často nad 35 %, bývá však velmi málo pružný až rozplývavý. Vyšší je i poškození škrobu, které je způsobeno i mechanicky díky vyšší námaze, které byly mouky, pocházející převážně ze středních až zadních pasáží, vystaveny. Ve významnějším podílu se objevují i neškrobové polysacharidy. Obsah popela se pohybuje v rozmezí 0,8 - 1,15 %.
- **Klasická chlebová mouka** se sestavuje na popel 1 - 1,1 %. Použití je dáno již názvem mouky, která se používá (u nás převážně ve směsi s žitnou) při výrobě chleba.
- **Krmné produkty:** jedná se o krmnou mouku a otruby. Oba produkty obsahují převahu obalových vrstev a pouze části vnějšího endospermu. Krmná mouka se získává ze zadních pasáží, obsah popela se pohybuje od 3 do 5 %, obsah škrobu 30 - 40 %. Otruby jsou šupinkovité části slupek získané v případech třídících zadních pasáží a vytloukaček. Obsah popela v otrubách se pohybuje od 5 do 7 %, obsah škrobu cca 15 %. Oba produkty se užívají převážně pro krmné účely. Vytříděné otruby nacházejí použití také jako nutriční fortifikant při výrobě chlebů a pečiva a dalších potravin s vyšším obsahem vlákniny.

**Žitný mlýn**, jak jsme si již vysvětlili, je podstatně jednodušší a užší je též skladba druhových produktů. V ČR se v převážné míře vyrábí žitná mouka chlebová, která je sestavena z většiny pasážních produktů. Obsahuje bílkoviny v nevypratelné formě, tzn. neposkytuje lepek a je tvořena převážně škrobem a neškrobovými polysacharidy. Škrobová zrna jsou méně kvalitní a vykazují vyšší míru enzymového i mechanického poškození i ve srovnání s pšeničnou chlebovou moukou. Obsah popela se pohybuje do 1,1 %. Tato mouka nachází uplatnění při výrobě běžných druhů pšeničnožitných, žitnopšeničných a žitných chlebů.

Ze zadních produktů se separují tmavé mouky pro výrobu speciálních chlebů, které se sestavují na popel 1,5 - 2 %. Krmná mouka se ze žita nevyrábí, jediným krmným produktem jsou tak otruby, které však mají pro výživu zvířat nižší nutriční hodnotu než pšeničné.

Přední, tzv. výražková mouka, která se získávala v omezeném množství na předních chodech s obsahem popela do 0,65 %, se u nás již prakticky nevyrábí.

Zjednodušeně lze říci, že na rozdíl od pšenice, žitné produkty v podstatě nekopírují postup od středu k obalům v oddělených frakcích, nýbrž v dosažitelné míře oddělují obal

a celé moučné jádro, které se postupně rozmělnuje na požadovanou granulaci a tvoří jednu směsnou frakci. Mouka chlebová T 930 tvoří zpravidla přes 90 % jedlého podílu.

### 2.2.4.3 *Finální úprava mouk*

Finální úprava mouk je poslední etapa mlýnského výrobního postupu, kterou nějakým způsobem procházejí všechny mouky, od běžných pekařských po mouky speciální. V tomto procesu se základní druhové mouky, sestavené ve mlýně, proměňují ve finální výrobky - obchodní mouky, které se expedují ze mlýna.

*Finální úprava má dva základní cíle:*

- stabilizovat jakostní parametry mouk,
- modifikovat jakostní parametry mouk.

Druhová mouka, sestavená z příslušných pasážních produktů, která je vedena ve sběrných dopravnících (šnečích) z vlastního mlýna, ještě není hotovým výrobkem. I při správném řízení jakosti směsi na zámel a správném řízení celého mlýnského zpracování se nelze zcela stoprocentně vyhnout určité nehomogenitě produktu, tj. kolísání jakosti v průběhu jeho toku.

Mouka po ukončení mlecího procesu navíc prochází procesem biochemických a fyzikálně chemických změn, které souhrnně nazýváme **zráním mouky**.

Tento děj probíhá velmi intenzivně zejména v prvních hodinách a dnech, kdy se zvláště reologické vlastnosti výrazně mění. Jedním z nosných procesů zrání je oxidace biopolymerů, především bílkovinného komplexu, která se promítá do změn v terciárních a kvartérních strukturách molekul. **V průběhu zrání se tedy výraznou měrou dotvářejí technologické vlastnosti mouk a jejich konečné jakostní parametry.** Mouka by před zpracováním v pekárně měla být odleželá minimálně čtyři dny, za optimum se považuje jeden až dva týdny. Dobrému vyzrání mouky prospívá provzdušňování.

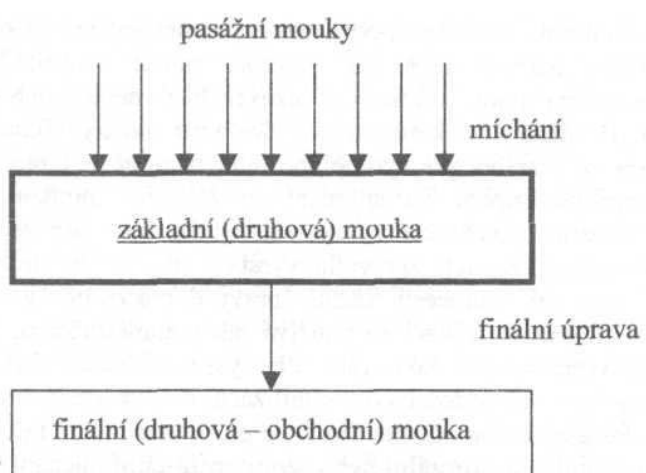
Po ukončení vlastní výroby se proto mouky vedou do moučné **míchámy**, která je skladovacím prostorem s možností promíchávání. Míchání mouk má za cíl jejich homogenizaci a díky tomu, že při promíchávání se mouky také lépe provzdušňují, přispívá také stabilizaci jejich jakostních parametrů.

**Stabilizační fortifikace** - chemická (biochemická) stabilizace mouky. Jedná se o dávkování velmi nízkých množství aditiv, která nazýváme fortifikanty a která obvykle bývají také složkami pekařských zlepšujících přípravků (kys. L-askorbová, enzymové preparáty, sušený lepek, případně emulgátory atd.).

**Modifikační fortifikace** - dávkování různých látek nebo jejich kombinací ve vyšších koncentracích, která vede k modifikaci vlastností mouky. Tento způsob se používá při výrobě speciálních mouk - mouk s vlastnostmi nějakým způsobem modifikovanými ve srovnání se základní moukou.



Obrázek 12: Princip finalizace mouk



## 3 PEKÁRENSKÁ VÝROBA

### 3.1 SUROVINY PRO PEKÁRENSKOU VÝROBU

**Základními surovinami** pro pekárenskou výrobu jsou mouka, voda, sůl a droždí. **Pomocnými surovinami** jsou cukr, tuky, mléčné produkty, vejce, chemická kypřidla.

V současné technologii se používá celá řada zlepšovacích přísad jako oxidantů, emulgátorů, enzymů, látek vážících vodu (přírodní hydrokoloidy a modifikované škroby), ochucovacích a aromatizujících látek (kmín, fenykl a anýz, koncentrát ze žitných kvasů), barvicích látek (karamel, cikorka). Tyto látky bývají kombinovány do připravených zlepšovacích směsí pro jednotlivé druhy výrobků. Pro speciální výrobky se rovněž používají různé druhy semen (slunečnice, mák, lněné semínko, seznam, různé druhy ořechů).

Do jemného pečiva se používají jádroviny, kakao, zavařeniny a konzervované ovoce. Do cukrářských výrobků se používají také kakaové a čokoládové polevy, kakao a některé mlékárenské výrobky.

#### 3.1.1 Mouka

Mouka je univerzální surovinou pro výrobu celého pekařského sortimentu. Ve většině těst tvoří 60 i více % z jejich hmotnosti. Za základní považujeme jen mouky pšeničné a žitné o různém stupni vymletí (obsahu popela). Mouky vymleté z jiných obilnin, luskovin nebo jiných plodin jsou považované jen za přísady (mouka kukuřičná, ječná, sójová, bramborová a další).

#### **Hodnocení pšeničné mouky**

Zpracovatelské vlastnosti mouky souvisejí se základní stavební strukturou obilného zrna, tedy s jeho chemickým složením, strukturním uspořádáním hlavních chemických složek a s jejich změnami v důsledku reakcí, probíhajících uvnitř zrna při jeho zrání, vymílání mouky, skladování obilí a mouky.

Kvalita mouky se ustaluje po určité době. Mouka po semletí mění svoje vlastnosti, postupně vyzárává a zvyšuje pekařskou sílu lepku; to přináší zvýšení kvality pro pekařskou výrobu, avšak pro výrobu trvanlivého pečiva je takové další vyzárávání mouk nežádoucí.

##### *3.1.1.1 Pekařská jakost pšeničné mouky*

Požadavky na pekařskou jakost mouky jsou rozsáhlé. Především je to:

- **schopnost tvorby kypřících plynů**
- **pekařská síla**
- **barva mouky**
- **granulační spektrum mouky**

### **Schopnost tvorby kypřících plynů**

Účinná tvorba plynu v těstě je důležitá hlavně u mouk, které jsou použity na výroby kypřené biochemicky, tj. fermentací cukrů (pekařským droždím, nebo kvasinkami žitných kvasů). Podmínkou správného průběhu fermentace je dostatek zkvasitelných cukrů a dostatečná aktivita kvasinek. Zkvasitelné cukry, především glukosa, fruktosa a zejména maltosa, mohou být přítomny již v mouce. Vedle toho vznikají působením amylolytických enzymů v těstě.

Optimální stav mouky je takový, kdy nebude příliš velký podíl škrobových makromolekul předem narušen (enzymově, mechanicky, tepelně) a současně bude dostatečná aktivita amylolytických enzymů po celou dobu zrání a kynutí těsta. To se pak projeví stabilní produkcí dostatečného objemu CO<sub>2</sub> od vyhnětení těsta až do umrtvení kvasinek po dosažení příslušné teploty vnitřní střídy v peci. Předpokladem dobré plynotvorné schopnosti je tedy dobrý stav amylaso-škrobového komplexu v mouce.

Pro posouzení stavu amylaso-škrobového komplexu existují usanční instrumentální metody - přístroje amylograf, Falling Number atd. Dále existují usanční metody pro posouzení průběhu fermentace těsta - přístroje maturograf, rheofermentograf.

**Pekařská síla mouky** je schopnost těsta zadržet kypřící plyn, vznikající při kynutí v těstě.

*Síla mouky je dána:*

- kvalitou lepku,
- množstvím lepku,

*je předurčena:*

- genetickými vlastnostmi odrůdy pšenice,
- podmínkami pěstování.

Na objem pšeničného pečiva má prvořadý a nejvýznamnější vliv **obsah lepkové bílkoviny** v mouce, vyjadřovaný obvykle jako obsah mokrého lepku. Ten u našich mouk kolísá v širokém rozmezí. Obsah lepku je stanovován ve mlýně a měl by být deklarován při dodávce mouky odběrateli.

Pro hodnocení kvality pšenice se již přešlo hlavně na uvádění celkového obsahu dusíkatých látek („bílkovin“). Pro bezprostřední posouzení kvality mouky je však obvyklé zjišťovat většinou stále ještě obsah mokrého lepku, při jehož stanovení lze odhalit zhoršenou kvalitu lepku.

Vedle **obsahu lepku** má význam i jeho **kvalita**.

- Ukazatel kvality **bobtnavost lepku**, představuje nárůst objemu relativně čistého mokrého lepku v roztoku kyseliny mléčné. Mělo by tím být do jisté míry charakterizováno jeho chování ve zrajícím těstě, kde vznikají organické kyseliny v důsledku fermentace.
- **Lepkový index** (Gluten Index), v posledních cca 15 letech byla ověřována nová metoda zjišťování kvality lepku na základě jeho průchodu jemným sítkem v odstředivce při odstředování. Takto zjištěný ukazatel se jmenuje „lepkový index“ (Gluten Index) a udává se v procentech zbylého lepku na sítku k celkovému množství lepku. Tento ukazatel je spolehlivějším ukazatelem pekařské kvality, vyjadřované objemem pečiva než bobtnavost. Podklady pro dané výsledky byly získány statistickým zhodnocením výsledků měření cca 70 reprezentativních vzorků potravinářské pšenice z českých výkupních závodů. V průběhu let lze předpokládat možné změny v odrůdové skladbě, ale při snahách o určitou standardizaci vlastností potravinářských pšeníc pro pekařské účely by se tyto statistické vztahy neměly příliš měnit. Při velkém počtu měření jsou statisticky významné hodnoty korelací nad 0,3. Podle našich zkušeností je

v dobré vzájemné korelaci ukazatel lepkový index s tažností, vyjádřenou buď jako ručně zjišťovaná maximální délka lepkového pruhu až do přetržení, nebo jako extenzograficky měřená tažnost těsta.

- V současné době se stále více prosazuje používání **sedimentačního testu** (SDS test, Zelenyho test) ke zjišťování kvality lepkové bílkoviny. Podstatou těchto testů je větší rychlost sedimentace částic mouky s vyšším podílem a s kvalitnější bílkovinou, než mouk pekařsky slabších. Zjištěný objem sedimentu v kapalině o přesné hustotě za standardní čas je pak ukazatelem kvality lepkové bílkoviny.

V současné době existuje ke zjišťování pekařské síly řada přístrojů.

Nejúplnější přehled o pekařské síle mouky dává **pokusné pečení** za definovaných podmínek. Pro pokusné pečení musí být přesně definován postup, receptura a použité zařízení, zejména hnětač. Při vyjadřování výsledků pokusného pečení se především používají ukazatelé **objemu výrobku**.

Objem výrobků není zdaleka jediným ukazatelem pekařské kvality pečeného výrobku, je ale pro objektivní srovnávání nejlépe vyčíslitelným ukazatelem. Vedle toho je zvykem provádět smyslová hodnocení pečeného výrobku podle podrobného hodnotícího schématu.

### **Barva mouky**

Sledování barvy mouky byl v minulosti přisuzován mnohem větší význam než nyní, kdy se rozšířilo používání přísad celozrnných mouk nebo šrotů, případně i šrotových produktů z jiných obilovin, luštěnin a zrnin. Všechny tyto přísady ovlivňují barvu nebo barevný odstín střídy pečiva mnohem výrazněji, než jen mouka z různě vymleté pšenice.

Sama barva mouky může ukazovat svým naředěným odstínem na tzv. zadní mouku s vyšším podílem poškozeného škrobu a horší pekařskou zpracovatelností. Barva mouky ale také závisí na původní barvě pšenice, která může být od světle žluté až do oranžové a načervenalé. U našich pekařů bývaly tradičně dobře hodnoceny spíše mouky příjemně krémové barvy než sněhově bílé.

Je zřejmé, že barevnější mouky budou při vymílání ve mlýně získávány v případě, že jsou více vymílány podobalové vrstvy zrna. Do určité míry platí obdobný závěr pro vyšší obsah minerálních látek (popela) v mouce. Přesto však nebyla nikdy prokázána vzájemná vysoká korelace obsahu popela a barvy mouky, a tudíž neexistuje vzájemná přepočitatelnost mezi nimi. Nabízí se celkem zřejmé vysvětlení, že barevné buňky jsou v zrně uloženy v jiných obalových vrstvách než buňky s vysokým obsahem minerálií, které jsou v podobalové aleuronové vrstvě.

### **Granulace mouky**

Podle vyhlášky č. 333/1997 Sb. pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, je pro hladké mouky požadován podíl částic menších než 257  $\mu\text{m}$  (jako propadu tímto sítem) nejméně 96 % a podíl částic menších než 162  $\mu\text{m}$  nejméně 75 %. Většina hladkých mouk má dosti velké podíly částic ještě výrazně menších než 162  $\mu\text{m}$ , jejich rozložení však již vyhláška neurčuje. Přitom je ze zkušenosti známo, že mezi moukami z různých mlýnů bývají značné rozdíly v podílech částic menších než 100  $\mu\text{m}$ .

Velikost částic mouky může ovlivňovat zpracovatelské vlastnosti mouky. V různých velikostních frakcích mouky může být rozdílný podíl bílkoviny a škrobu. Je to mj. způsobeno také tím, že u jemných frakcí se vykytují osamostatněná vydrolená velká zrna škrobu. Pšeničný škrob má dvě hlavní velikostní frakce: větší velikosti kolem 25  $\mu\text{m}$  a malé v rozmezí velikostí 5-10  $\mu\text{m}$ .

## Hodnocení žitné mouky

Parametry určující pekařskou kvalitu žitné mouky jsou do značné míry odlišné od mouky pšeničné:

- **žitná bílkovina** je odlišná od pšeničné; není schopna vytvořit samostatnou souvislou prostorovou strukturní síť, která je nosnou kostrou pšeničného pečiva. U žitné mouky proto spolupůsobí při vázání vody již za normální teploty při hnětení žitné pentosany a při tvorbě střídy hotového výrobku i škrob,
- **plynotvorná schopnost a amylaso-škrobový komplex** - pro zhodnocení pekařské kvality žitné mouky má zásadní význam stav amylasoškrobového komplexu. Jde o působení amylas na složky škrobu. Pokud je nadměrná aktivita amylolytických enzymů nebo předem poškozené granule škrobu, je žitná mouka schopna velmi rychle vytvořit řadu produktů hydrolýzy škrobu (maltosa, dextriny) a její zpracovatelská kvalita se zhorší. Pokud dojde k bouřlivé fermentaci brzy po vyhnětení těsta a vyčerpá se rychle kvasná kapacita kvasinek, v závěru zpracování výrobek ztratí objem, případně se tvarové klenutí úplně propadne. Těsto se zvýšeným podílem dextrinů se stává lepivým a není dále strojně zpracovatelné. Stav amylaso-škrobového komplexu je kontrolován amylografem a na přístroji Falling Number.

Mletí žitné mouky probíhá za drsnějších podmínek než u mouky pšeničné, je větší pravděpodobnost výskytu vyššího podílu poškozeného škrobu, proto žitný škrob dříve mazovatí. Aktivita amylas, které působí na poškozený škrob velmi rychle, je v žitné mouce vyšší než v pšeničné. Při výrobě žitného chleba tradičním způsobem, tj. kypřením žitným kvasem, je aktivita amylas brzy snižována vyšší kyselostí vyzrálého žitného kvasu, proto v dalším zpracování a pečení těsta již fermentace probíhá žádoucím způsobem.

**Žitný škrob** má ve srovnání s pšeničným více amylopektinu a méně amylosy, která zpětně retrograduje a je hlavní příčinou tvrdnutí pšeničného pečiva, čímž lze vysvětlit pomalejší tvrdnutí žitného chleba. Na vyšší vláčnosti a pomalejším tuhnutí střídy se podílí také pentosany, které mají velkou bobtnací schopnost, váží pevně vodu již při normální teplotě. Pomáhají zpevňovat prostorovou strukturu těsta a střídy příčným vázáním své makromolekuly s makromolekulou bílkovin.

Tabulka 11: Průměrné složení pšeničné a žitné mouky

Složky	Obsah jednotlivých složek v % sušiny	
	mouka pšeničná	mouka žitná
škrob	75 až 79	69 až 81
bílkoviny	10 až 12	8 až 10
tuk	1,1 až 1,9	0,7 až 1,4
zkvasitelné cukry	2 až 5	5 až 8
vláknina	0,1 až 1,0	0,1 až 0,9
slizy	2,5 až 3,4	3,5 až 5,2
popeloviny	0,4 až 1,7	0,5 až 1,7

Zastoupení hlavních složek, uvedených v tabulce 11, se mění podle stupně vymletí mouky. Mouky výše vymleté (tmavší), mají snížený obsah škrobu ve prospěch všech ostatních složek. Zejména je u nich patrný zvýšený obsah minerálních látek, vitamínů a vlákniny. Výrobky z těchto tmavších mouk jsou tedy z hlediska výživy hodnotnější.

### 3.1.1.1.1 Požadavky na pšeničnou mouku

#### Požadavky na pšeničnou mouku pro pečivářenské účely

Jak již bylo uvedeno, pro pekářenskou výrobu je požadována pekařsky silná pšenice s pevným, nerozplývavým a velmi pružným lepkem v těstě. Pro většinu výrobků trvanlivého pečiva se však vyžadují opačné vlastnosti lepku, přitom ovšem by neměla být tato horší kvalita dosažena za cenu mechanického nebo enzymového poškození škrobu, případně i bílkoviny. Takto poškozené mouky jsou nežádoucí i pro trvanlivé pečivo.

Pro výrobce trvanlivého pečiva je obtížné získávat správné slabé mouky standardní kvality. Obecně platí požadavek, že mouka musí pocházet ze zdravé pšenice, nepoškozená mechanicky, tepelně, chemicky ani enzymově a bez cizích mechanických nebo biologických příměsí. Používá se převážně mouka hladká, pšeničná mouka pečivářská slabá, u které se předpokládá obsah mokrého lepku 22 - 28 % v sušině, mouky nesmí mít vlhkost vyšší než 15 %. Kvalita mouk má vliv na technologii výroby a kvalitu výrobků, na rozdíl od pekařských výrobků nevede u trvanlivého pečiva vyšší obsah silnějšího lepku ke zvýšení výtěžnosti výrobků, ale k výrobkům příliš kompaktním a tuhým, což je považováno za horší kvalitu.

Pro přípravu těst na trvanlivé pečivo nejsou amylolytické enzymy tak důležité, jako u běžného pečiva. U většiny výrobků trvanlivého pečiva není žádoucí vyvinutí příliš pevné bílkovinné struktury, a proto jsou někdy pro oslabení pevnosti bílkovin přidávány např. proteolytické enzymy.

K dominantním druhům trvanlivého pečiva patří sušenky a oplatky. Dalšími významnými skupinami výrobků trvanlivého pečiva jsou perníky, pečivo ze šlehaných hmot (dětské piškoty), suchary a preclíky. Rozmanitá skupina snack výrobků tvoří samostatnou skupinu. Zástupcem skupiny snack výrobků a jejich nejvýznamnějším druhem jsou crackery.

Pro výrobu sušenek, oplatků a výrobků ze šlehaných hmot je vyžadována mouka se slabým lepkem, tedy mouka s obsahem bílkovin 8 - 10 % nebo mouka s obsahem mokrého lepku v sušině do 30 %. Nejvýznamnější rozdíl oproti běžnému pšeničnému pečivu je v tom, že při menším podílu vody v sušenkovém těstě proběhne nabobtnání lepkových bílkovin, jejich denaturace i mazovatění škrobu v omezené míře, což přispívá k méně pevné stavební struktuře výrobku. Pokud se při výrobě oplatků použije mouka s vyšším obsahem silného a pevného lepku, oplatky jsou příliš pevné a při kousání ostré. Při použití mouky s narušeným lepkem (termicky nebo enzymově), budou sice oplatky křehké, ale budou drobivé a neudrží tvar. Pro výrobu oplatků lze použít i mouku s vysokou amylolytickou aktivitou, těsto však musí být rychle zpracováno. Požadavky na mouku v případě výroby perníku, sucharů, preclíků a tyčinek je podobné jako u běžného pšeničného pečiva, tj. pekařsky silné mouky. Pro výrobu soda crackerů je vhodná pekařsky slabá mouka s obsahem bílkovin 9,5 - 10 %, zatímco u cream crackerů je do kvásku přidávána pekařsky silná mouka a do těsta pekařsky slabá mouka. Tímto složením se u cream crackerů docílí maximální křehkost a největší měrný objem výrobku.

#### Požadavky na pšeničnou mouku pro těstářenské účely

Mouka je hlavní těstářenská surovina, která rozhodujícím způsobem ovlivňuje mechanické vlastnosti těstovin a jejich vzhled. Jakostní těstářenskou mouku lze vyrobit pouze z kvalitní pšenice, která má sytě zbarvená sklovitá zrna s vysokým obsahem bílkovin (12 - 16 %), tedy 35 - 50 % mokrého lepku. Uvedeným požadavkům nejlépe vyhovuje pšenice tvrdá *Triticum durum*. Má vysoký obsah žlutých a oranžových karotenových barviv a je sklovitá. Sklovitost pšenice, která je způsobena vlastnostmi endospermu, má vazbu na tzv. průsvitnost těstovin, která patří k žádaným sensorickým charakteristikám sušených těstovin. Polohrubá

mouka, vyrobená z pšenice tvrdé, se nazývá semolina. Pšenici tvrdou nelze v našich podmínkách vypěstovat a musí se dovážet, proto se těstoviny vyrábí také z polohrubé mouky, vyrobené z potravinářské pšenice nebo ze směsi obou mouk.

Optimální obsah mokrého lepku (35 - 45 %) zajišťuje těsto pevné a vláčné, které se pomalu lisuje, ale vyrobené těstoviny jsou hladké, pevné a pružné, při vaření dosahují velkého objemu a nerozvářejí se.

Kvalitu těstovin může také zhoršit nevyrovnaná granulace mouky. Jemné částice při malém přídávku vody do těsta rychleji bobtnají a na povrchu výrobku vznikají bílé skvrny. Hrubší granulace je výhodnější také proto, že částice jsou méně mechanicky narušené, pomaleji bobtnají, jsou odolnější vůči enzymům, a proto se těstoviny méně rozváří.

### 3.1.2 Voda

Pro potravinářskou výrobu se používá **pitná voda**. Výrobní podnik musí zajistit nezávadnost vody i její kontrolu ve všech vlastních rozvodech.

Jedním z ukazatelů kvality vody je její **tvrdost**, což představuje obsah rozpuštěných vápenatých a horečnatých složek. Při mimořádné tvrdosti vody se doporučuje buď zvýšení dávky droždí, anebo snížení dávky droždí a přidávek sladové moučky (Diasta).

Další charakteristikou vody je její **acidita** nebo **alkalita**. Tento ukazatel může mít vliv i na vedení těst, zejména kynutých droždím.

*Měkká voda* dává volnější a lepkavé těsto, které vykazuje sníženou vaznost vody. Je-li pH vody nižší, zrychluje se průběh zrání. Objem pečiva je větší, ale vybarvení chudší.

*Tvrdá voda* zpomaluje fermentaci v těstě a příliš ztužuje lepek.

*Alkalická voda* (pH nad 8) zpomaluje fermentaci, a pokud není prodlouženo zrání, dává menší objem pečiva, ale s dobrou barvou a strukturou střídy.

Voda používaná do pekařských těst by měla být středně tvrdá (normálně tvrdá s obsahem 120 - 180 ppm vápenatých a horečnatých iontů).

Kromě vody do těst a kvasů je potřeba vodu k výrobě páry. Tato voda má být co nejměkčí, aby přítomné soli nezanášely potrubí a trysky napařovacího zařízení.

### 3.1.3 Sůl

Jedlá sůl je definována jako krystalický produkt, obsahující nejméně 97 % chloridu sodného v sušině, případně obohacená potravním doplňkem (jódem, jódem s fluórem nebo jinými látkami, které nemusí být výhradně minerály).

Sůl nechybí v žádné receptuře pro kynuté výrobky, a to i sladké. Používá se nejen jako **chuťová přísada** (v množství 1 - 2 % na hmotnost mouky), ale i jako **regulátor důležitých technologických procesů**. Přídavek soli má vliv na reologické vlastnosti těsta, ztužuje konzistenci lepkové bílkoviny, ale současně snižuje vaznost mouky. Zároveň se prodlužuje doba vývinu těsta. Činí těsto tužším. Brzdí veškeré enzymatické a tedy i kvasné procesy. Přídavkem soli se snižuje aktivita kvasinek, což se projeví snížením produkce CO<sub>2</sub>,

a tudíž i pomalejším průběhem zrání. Proto se nepřidává do kvasných předstupňů, kde se vyžaduje intenzivní kvašení, ale až do těsta.

Sůl rovněž podporuje přiměřené **zbarvení kůrky** během pečení.

Nesolené těsto snadno překyne a roztéká se, přesolené naopak špatně kyne a vytváří malé výrobky se špatnou pórovitostí. Zvýšené množství soli (do 3 %) je vhodné při zpracování porostlých mouk. Do těsta se používá sůl jemně mletá, obvykle v roztoku recepturní vody, hrubé krystaly se používají převážně ke zdobení výrobků.

Pro rychlé rozpouštění byla vyvinuta speciálně krystalizovaná (vakuovaná) sůl, připravovaná modifikovanou krystalizací za vakua. Tímto způsobem se získají shluky jemných krystalků, které jsou mezi jednotlivými mikrokrystaly porézní, a proto mají velký povrch. Důsledkem je jejich rychlé rozpouštění, ale i menší tvrdost. Používají se i pro zdobení povrchu pečiva.

### 3.1.4 Droždí

*Čerstvé lisované droždí* je z ekonomických důvodů nejvíce používané. Vyrábí se v liberkách o hmotnosti 500 a 1000 g. Může obsahovat až 74 % vody. Je nutné je uchovávat v chladu 4 - 6 °C, protože jinak ztrácí velice rychle svou aktivitu, bez přístupu světla. Má omezenou trvanlivost na několik dnů (7 - 28). Pro trvanlivost jsou důležité podmínky během distribuce a skladování, neboť velmi rychle podléhá hnilobným procesům (míra zachování aktivity je ovlivněna teplotou při skladování).

#### *Granulované droždí*

Dodává se pro velkoodběratele v pytlích, většinou o hmotnosti 25 kg. Od lisovaného droždí se liší jen v konečné úpravě a ve způsobu manipulace. Lze s ním snadno manipulovat při vážení nebo automatickém dávkování. Vzhledem k velkému povrchu je velmi citlivé na styk se vzdušným kyslíkem. V našich pekárnách není používání tohoto typu droždí rozšířené.

#### *Aktivní sušené droždí*

Vyrábí se ve formě granulí nebo kuliček. Má delší trvanlivost, při pokojové teplotě vydrží několik měsíců (je plněno v dusíkové atmosféře nebo ve vakuu). Od lisovaného se liší nižší vlhkostí, která se pohybuje od 7,0 - 9,0 %. Před použitím je nutná jeho aktivace ve vodě (v pětinasobku vody o teplotě 35 - 42 °C) alespoň 15 minut. Poměr dávkování sušeného aktivního droždí ku droždí lisovanému je 1:2 - 2,5. Při porovnání sušiny droždí je aktivita sušeného droždí nižší.

#### *Instantní sušené droždí*

Má tvar drobných jehliček o průměru 0,4 mm, jež jsou porézní, obsahují emulgátor, takže silně poutají vodu. Toto droždí se předem nemáčí, ani se nemíchá s moukou, ale přidává se do těsta přímo během hnětení. Je vakuově baleno.

V našich recepturách jsou uvedeny dávky lisovaného droždí, použije-li se instantní sušené droždí, dávkuje se přibližně 1/3 uvedené hodnoty. Rozdíl v sušině obou droždí je nutné kompenzovat vyšším přídatkem vody do těsta. Instantní sušené droždí má větší fermentační účinky než aktivní sušené droždí.

Pro celý průběh zrání a kynutí těsta je důležitá **aktivita droždí**, která se sleduje buď prostřednictvím objemu uvolněného CO<sub>2</sub>, nebo z nárůstu objemu těsta.



## 3.2 VÝROBA CHLEBA

Chléb je základním pekařským výrobkem. Připravit a upéci vzhledově pěkný, voňavý a chutný chléb je větším pekařským uměním, zejména tradiční technologií, než vánočku nebo makový závin. Počet druhů surovin je značně užší a proto potřebujeme perfektní odbornou zdatnost pekaře, aby chléb splňoval tvrdé jakostní požadavky, vžité v určité územní lokalitě. Chléb pro většinu našich konzumentů, obdobně také v Rakousku a SRN, obsahuje poměrně vysoký podíl žitné mouky a často se nezakváší droždím, nýbrž přirozenou mikroflórou podílu žitné mouky, kterou si pekárna pěstuje a přechovává v podobě žitného těsta - **chlebového kvasu**.

Protože dávka **kvasu pro výrobu chleba** tvoří relativně velký podíl a nelze ji, z nutnosti trvalé inhibice až zábrany pomnožení případně přítomné nežádoucí mikroflóry, připravit na jedenkrát, zachovává se návaznost několika opakování podobného technologického postupu, **tzv. stupňů**. K podílu kvasu z minulé výroby, v němž byla již namnožena a vhodným uchováním tato kulturní mikroflóra přežívá, se postupně až v několikahodinových intervalech, vždy po dobrém prokysání těsta (tj. opakovaném okyselení) tj. pomnožení kulturní a tím potlačení nežádoucí mikroflóry (obsažené převážně v mouce), postupně přidávají relativně malá množství žitné mouky a vody.

Zatímco kvas se připravuje pouze z podílu žitné mouky a vody, do finálního těsta se většinou přidává i mouka pšeničná, sůl a případně další přísady (podle druhu vyráběného chleba). Takto stupňovitě připravený vlastní kvas (nositel chuti a dalších kvalitativních znaků budoucího chleba) tvoří v chlebovém těstě zpravidla 50 – 60 % hmotnosti.

**Žitné těsto** má proti pšeničnému odlišnou strukturu, má krátkou dobu vlastní tvorby (zrání těsta 0,5 – 1 hod.), neboť hydrofilnější bílkoviny a žitný škrob rychleji bobtnají a část bílkovin peptizuje (přechází do koloidního roztoku). V žitném těstě jsou také rozpuštěny slizy a další látky, takže v počáteční fázi je žitné těsto silně viskózní koloidní roztok, v němž jsou rozptýlena nabobtnalá škrobová zrna a nabobtnalé části bílkovin. Schopnost poutat plyny a udržet je v podobě malých bublinek je spojena s povrchovým napětím základních součástí těsta. Chléb žitný je v současné době vyráběn sporadicky; lze totiž použít jen drobné mechanizace.

Je známo, že kyselost (zejména tvořena kyselinou mléčnou), reguluje hydrofilní vlastnosti bílkovin. Zlepšující účinek kyseliny mléčné spočívá v tom, že urychluje peptizaci bílkovin a urychluje i proces bobtnání podílu nepeptizovatelných bílkovin; stejné množství např. kyseliny octové má opačný (zhoršující) účinek.

Zralé těsto se pak dělí, tvaruje, kyne na ošátkách a sází do silně vyhřáté pece.

### Žitné kvasy

**Mikroflóru** žitných kvasů tvoří dvě skupiny mikroorganismů: **bakterie mléčného kvašení a kvasinky**.

**Bakterie mléčného kvašení** v žitném kvasu jsou jednak homofermentativní (produkující převážně kyselinu mléčnou), z nichž největší význam má *Lactobacterium plantarum*, jednak heterofermentativní (produkující i jiné organické látky) – *Lactobacterium breve*. Typickou navinulou chutí žitného chleba tvoří nejen kyselina mléčná, ale i další organické kyseliny, alkoholy, kypřící plyny a těkavé látky, které jsou nositeli chlebového aroma. Produkované

kyseliny, tj. mléčná a další kyseliny (propionová, mravenčí) mají důležitou funkci - chrání kvas i těsto před pomnožením a nepříznivým dopadem nežádoucích „infekce“, zejména proteolytickými až hnilobnými bakteriemi, z nichž některé jsou schopny způsobit řadu komplikací ve výrobě, až vad finálního výrobku, např. „nitkovitost“ chleba.

**Kvasinky** v kvasu vyvolávají etanolové kvašení, při němž hlavním produktem je oxid uhličitý, zajišťující v těstě biologické (někdy nazývané jako biochemické) kypření. I když z kvasinek má rozhodující význam rod *Saccharomyces cerevisiae*, jsou kvasinky žitného kvasu poněkud odlišné od droždářenských.

Kvasinky a mléčné bakterie chlebových kvasů žijí ve vzájemné symbióze a svou životní činností se vzájemně podporují. Převaha činnosti kvasinek nebo bakterií mléčného kvašení spočívá ve vytváření optimálních podmínek pro sebe samotné (pro kvasinky či mléčné bakterie), lze ji ovlivnit charakterem technologického postupu (teplota, poměr množení, doba zrání), na jehož výsledky (kvalita střídy, výtěžnost) má též významný dopad. Kvasinky potřebují pro život kyslík, který je nutný pro získávání živin z výživných látek a pro jejich rozmnožování; pšeničné těsto obsahuje kyslík v omezeném množství. Do těsta jej přináší mouka, přídavné tekutiny a dostává se do těsta při mechanické přípravě - mísení. Kvasinky zkvasí cukry za takových podmínek, kde převládá nedostatek kyslíku a teplota těsta je od 27 do 35 °C; kvasinkami přímo nezkvasitelné jsou škrob, dextriny a laktóza.

Pekařské droždí musí mít dobrou **kvasivou mohutnost**, nesmí nepříznivě ovlivňovat chuť výrobku a musí přispívat k tvorbě žádoucího aromatu a chuti výrobků.

**Teplota** pro jednotlivé stupně se tedy mění podle takové zásady, že nemá překročit 30 °C; při vyšší teplotě /nad 50 °C/ kvasinky postupně odumírají a je i vyšší riziko rozvoje nežádoucích mikroorganismů, např. bakterií máselného kvašení. Mléčným bakteriím vyhovují vyšší teploty (32-35 °C), kvasinkám 26 – 28 °C. Nejpříznivější teplota pro kynutí těsta je tedy mezi 32 – 34 °C (největší produkce CO<sub>2</sub>). **Výtěžnost**, někdy označovaná též jako hustota (H) těsta, znamená počet získaných hmotnostních dílů kvasu na 100 dílů mouky. Mléčným bakteriím vyhovují kvasy tužší s hustotou kolem 170 (na 100 kg mouky se přidá 70 l vody), pro kvasinky je vhodnější řidší prostředí o hustotě 200-250 (+100-150 l vody). Řidší a chladnější kvasy zrají pomaleji.

**Podíl** předpřipraveného **kvasu** a přidané mouky s vodou nejvýrazněji ovlivňují dobu zrání kvasu i jeho mikrobiologickou čistotu. Čím méně mouky se přidává najednou, tím je nebezpečí „infekce kvasu“ menší (inhibiční účinek jeho acidity větší) a kratší následná doba zrání. Poměr množení tvoří hmotnost původního kvasu k hmotnosti kvasu nově připravovaného (osvědčený je 1:3).

**Doba zrání** je výslednou funkcí všech uvedených kritérií. Kvas zraje tím déle, čím je podíl předchozího kvasu menší, čím je vyšší výtěžnost (je řidší) a čím má nižší teplotu. Zralý kvas, zejména posledního stupně, je charakteristický určitými sensorickými vlastnostmi (chuť, vůně, konzistence) a znaky laboratorního rozboru (počet kvasinek 45 – 60 mil./g, počet mléčných bakterií 2000-2500 mil./g, kyselost 80 – 90 mmol mléčné kys./kg). Nedo zralý kvas má chuť i vůni nevýraznou, fádni, přezralý zase příliš ostře kyselou. Při chladném odlití, nízké teplotě kvasu nebo přidáním menšího množství předchozího stupně se získá tzv. **mladý kvas**, s menším obsahem kyselin a pozvolněji kvasící, při teplém odlévání či větším množství předchozího stupně vznikne **kvas starý**, s více kyselinami a rychlejším postupem kvašení.

**Vedení žitných kvasů.** Při zahájení výroby musíme mít k dispozici vhodnou formu uchování životnosti mikroorganismů, **zákvasek**, v němž je namnožena kulturní mikroflóra. Jeho podstatou je zpravidla určitá menší část zralého kvasu (posledního stupně) z minulého výrobního cyklu. Má-li „přežít“ delší dobu, zahustí se (sníží se aktivita vody a zpomalí činnost mikroorganismů /„stárnutí“ zákvasku/) přidavkem 150 - 200 % žitné mouky až je zcela suchý, protlačí se sítím a získáme **drobenku**. Je-li přerušení výroby přibližně na 1 den, přidá se asi 35 % mouky a prohněte v hustší těsto, tzv. „**nátěstek**“.

Při následném vedení kvasu se z některého zákvasku (kvas, nátěstek, drobenka) přidavkem vody a mouky aktivují mikroorganismy a připraví se tzv. **základ** (řidší konzistence /výťažnost 200/, teplota 21 - 25 °C, doba zrání 6 - 8 hod.). Promísením základu s vodou a moukou vzniká **první stupeň kvasu**, s výťažností též okolo 200, počáteční teplotou 24 - 25 °C, doba zrání 5 hod., vyznačující se intenzivním nárůstem objemu, hrubě pórovitou strukturou a mají se v něm množit hlavně kvasinky. Přidáním mouky a menšího množství vody dostáváme **2. stupeň kvasu**, jehož parametry mají vyhovovat především mléčným bakteriím. Je tužší (výťažnost 170), počáteční teplota 26 - 27 °C, doba zrání 4 hod. Následným přidáním mouky a vody tak, aby se objem kvasu zvětšil asi 3x, dostáváme **3. stupeň kvasu**, v němž zabezpečujeme vhodné podmínky pro kvasinky i mléčné bakterie (výťažnost 200 - 230, počáteční teplota 27 - 28 °C, doba zrání kolem 3 hod.).

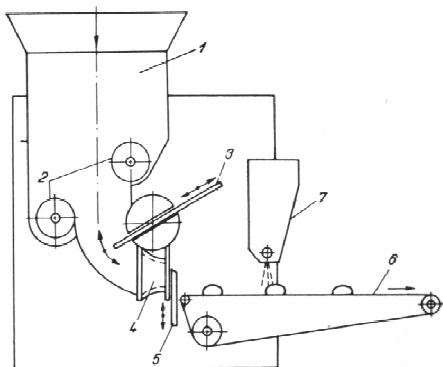
Takto připravený zralý kvas 3. stupně se používá tak, že se asi  $\frac{1}{3}$  použije k následnému opakování 3. stupně a  $\frac{2}{3}$  slouží k výrobě připravované dávky těsta. Po 3 hod. zrání se vyrobený kvas opětovně dělí, což v průmyslových pekárnách běží opakovaně po dobu celého týdne. Vyváděcí cyklus (základ, 1. a 2., stupeň kvasu se tedy připravuje jen na začátku týdne, tj. po přerušení výroby např. o víkendu apod.).

### **Příprava těsta, jeho tvarování a kynutí**

Chlebové těsto se v současné době většinou vede **přímou** (obrázek 14) technologií (příp. až „na záraz“), tzn. připravuje se smícháním všech podílů recepturních surovin, tj. z příslušného množství zralého kvasu (asi 60% podíl), přidáním podílu mouky, pak vody a soli (1,6 - 1,8 %), pekařského droždí, případně dalších přísad (technologických či zlepšujících přísad). Běžný konzumní chléb obsahuje žitnou mouku T 930 a chlebovou mouku pšeničnou T 1000 přibližně v poměru 45:55.

Doba mísení závisí hlavně na typu mísícího stroje (na univerzálním šlehači a mísícím stroji asi 8 - 10 min., na spirálovém hnětači se střední intenzitou a kontinuálním hnětači asi 5 - 6 min.) při teplotě 29 - 31 °C již probíhá intenzivní kvašení.

Obrázek 13: Schéma děličky na chlebová těsta

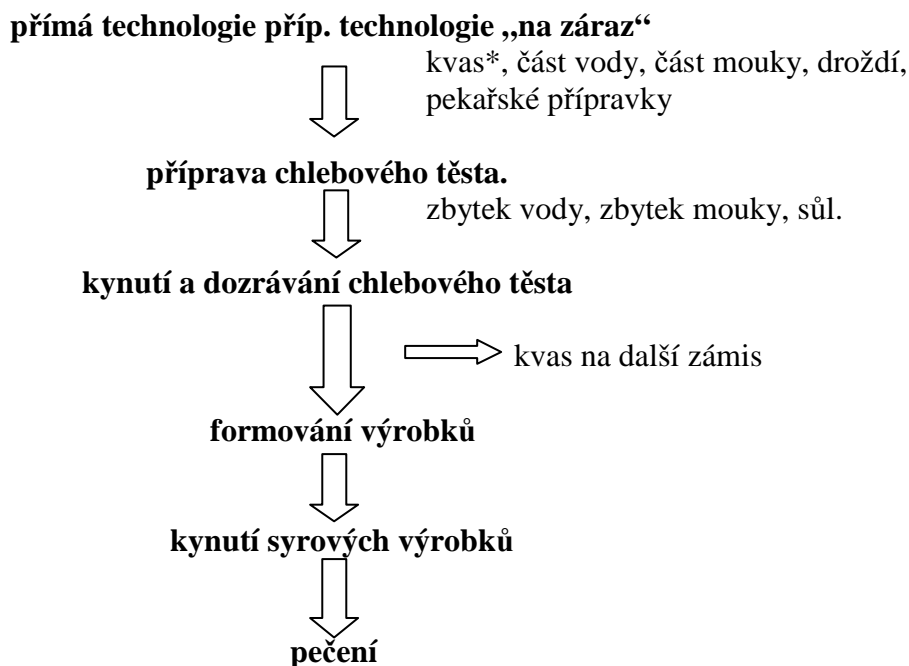


Zdroj: Příhoda a kol., 2003

Zrání těsta u žitno-pšeničného chleba 30 min., dobu zkracuje vyšší teplota, větší podíl kvasu, vyšší podíl žitné mouky, tmavší a slabší mouka. Zralé těsto **se dělí** na kusy o předepsané hmotnosti, ztužují se a tvarují na podlouhlé veky (obvykle strojově). Kus od děličky přichází do skupovacího a k vyvalovacímu stroji, tvarované veky se chytají do ošatek (malé pekárny) a jdou do komorové kynárny či do vaniček v pásu a směřují do průběžné kynárny (T 30 °C, RV 70 - 75 %, doba kynutí asi 35 - 50 min.). Ve větším provozu se setkáváme se zařízením pro kontinuální výrobu chlebových kvasů a těst.

Zralé těsto se pak dělí, tvaruje, kyne na ošatkách a sází do silně vyhřáté pece.

Obrázek 14: Schéma přímé technologie

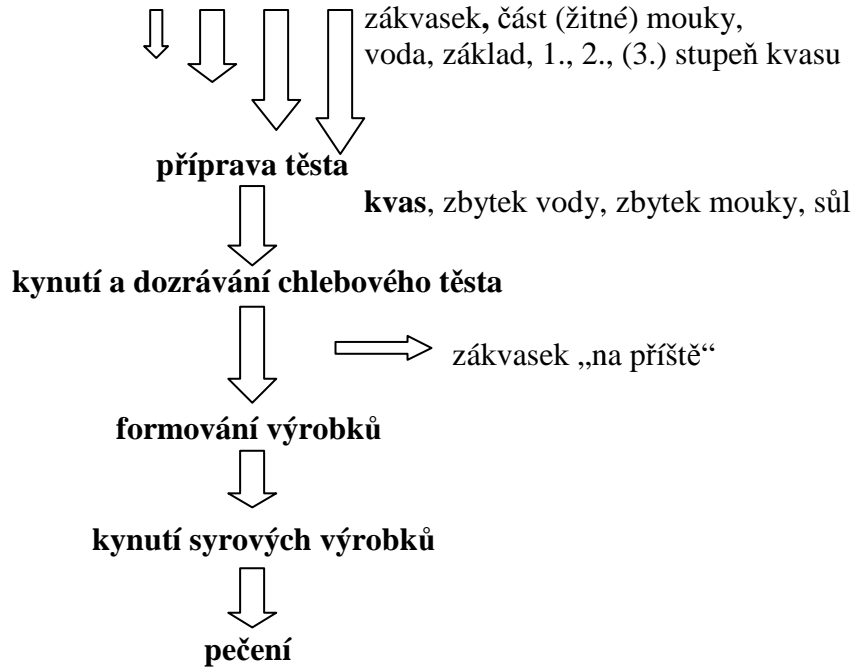


**Nepřímo** vedená technologie přípravy chlebového těsta (obrázek 15) je léty osvědčený a spolehlivý způsob přípravy těst, kdy dochází k výraznému rozmnožení mikroorganismů před vlastní přípravou těsta. Je stále aktuální, i když objem tradiční (nepřímou) technologií připraveného chleba je na ústupu. Vyžaduje odborně zdatného pekaře, dostatek zařízení (nádob a prostor) na zrání a vhodné skladování chlebových těst, je méně náročné na suroviny.

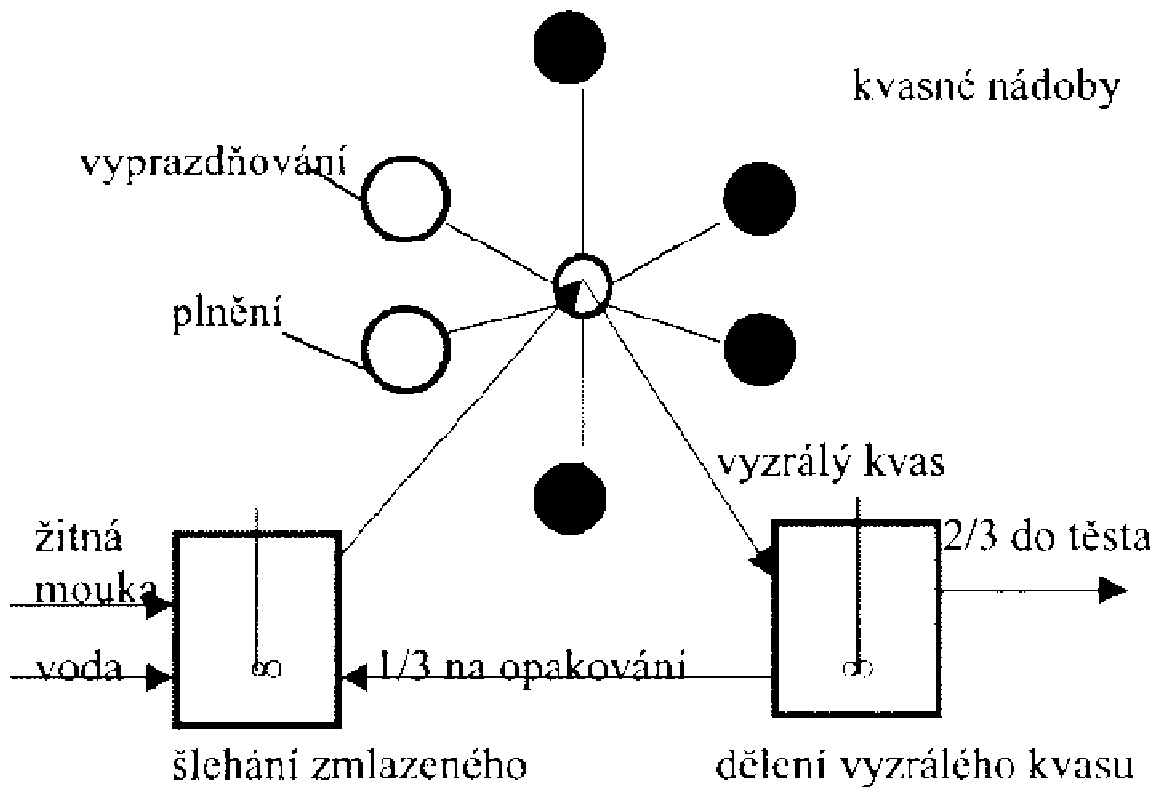
Spočívá v dobře připravené, skladované a „oživené“ vhodné formě nátěstku jako základu pro další, zpravidla víceúrovňové vedení kvasu, jeho kynutí, zrání a pečení, které vyžaduje dlouhou dobu (12 – 14 hod celkem) a také se to na sensorických vlastnostech takto vedeného chleba výrazně uplatní.

Obrázek 15: Schéma nepřímé technologie

**nepřímá technologie přípravy a kysání kvasu**

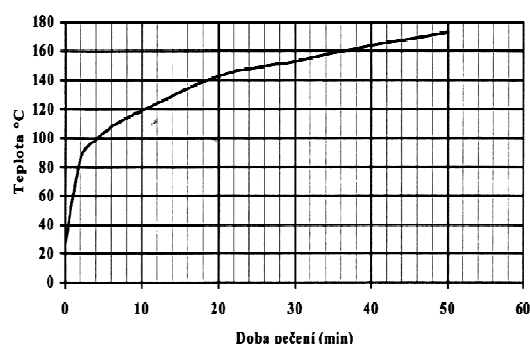


Obrázek 16: Schéma kontinuálního výrobku kvasů



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

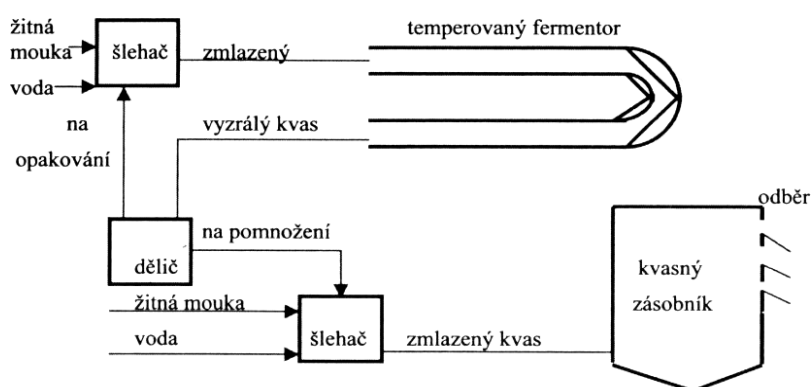
Obrázek 17: Střední teplota na povrchu kulatého bochníku 1600g



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

V našich průmyslových pekárnách bylo postupně zaváděno automatizované zařízení pro výrobu kvasů. Verze takového výrobníku kvasu z konce 80. let, pracujícího v Německu a Rakousku, je podle Příhody a kol. (20003) na obrázku 18.

Obrázek 18: Funkční schéma německého kontinuálního výrobníku kvasů podle prof. Meusera

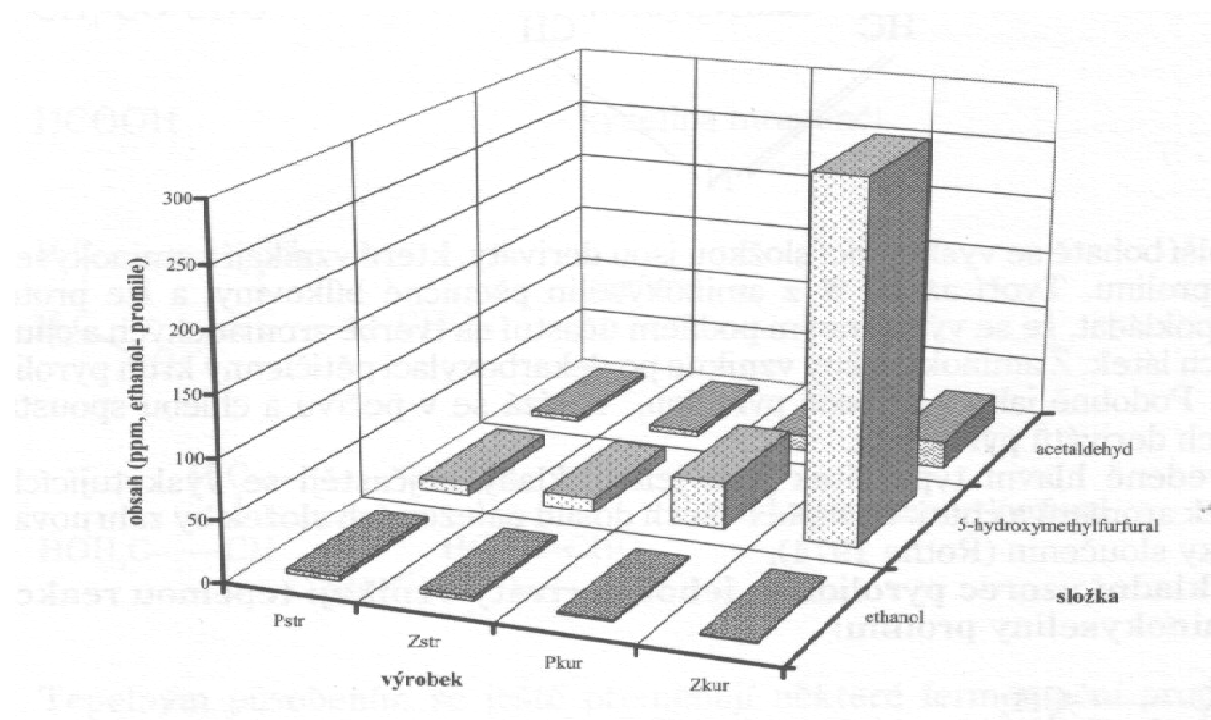


Zdroj: Příhoda a kol., 2003

### Pečení chleba

Hlavní zásada tohoto technologického kroku je následující: teplota pečného prostoru co nejvyšší, vsazování chleba (pečná plocha a strop 280 - 340 °C), teplota vzduchu 260 - 290 °C. Při nižší zapékačské teplotě hrozí popraskání chleba. V průběhu pečení teplota vzduchu klesá až ke 200 °C, v posledních minutách může nepatrně stoupnout. U některých periodických pecí je třeba provádět přepékání, tj. přemístování chleba z teplejších míst na chladnější a naopak. V průběžných pecích zóny se střídající se teplotou na sebe navazují. Vlhkost pečící atmosféry má rovněž být nejvyšší na začátku pečení. Proto se po vsazení chleba do pece vpouští na 1 - 2 min. vlhká pára. Kontinuální pec má zapařovací zónu, oddělenou od dalších úseků clonou. Doba pečení se pohybuje 35 - 80 min., v závislosti na teplotě, hmotnosti výrobku, tvaru chleba, způsobu pečení, druhu mouky. Při vypékání se chléb někdy ještě vlaží, aby měla kůrka větší lesk. Upečený chléb musí chladnout na prknech vozíků nebo jinou vhodnou cestou, nelze jej horký skládat do přepravek. Obsah základních sensoricky vnímaných a chemicky definovaných látek v upečeném chlebu podle Příhody a kol. (2003) ve stříde a kůrce u pšeničného a žitného chleba ukazuje obrázek 19.

Obrázek 19: Graf obsahu ethanolu, 5-hydroxymethylfurfuralu a acetaldehydu ve střídě (str) a kůrce (kur), pšeničného (P) a žitného (Z) chleba



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

### Ztráty a výtěžnost při výrobě chleba

**Výtěžnost** udává, kolik hotového výrobku (v %) jsme upekli ze 100 kg použité mouky (bývá 130-144 %).

### Ztráty technologické a manipulační

#### Ztráty technologické:

- **kvašením** – 1,2-2,0 % hmotnosti zpracované mouky (srovnává je přidavek soli do těsta),
- **pečením** (propek) – asi 10 - 15 % z hmotnosti těsta, chleba 8-12 %, 10 - 13 % běžné pečivo, 12 - 14 % jemné pečivo.

**Manipulační ztráty** – při manipulaci s moukou; pečlivostí lze omezit až na 0,5 %.

**Zvláštní ztráty** jsou zmetky (porušení jakosti, zmetky hygienicky nezávadné) – po semletí pasta, přidavek 2-3 % do těsta.

### Vady chlebu

Lze někdy zjistit obtížně, neboť příčina může být velmi rozmanitá.

- **malý objem, netypický tvar**
  - obvykle nedostatečné nakypření, příčina:
    - v surovině - nedostatečná cukrotvorná schopnost mouky- netypické zejména u žitné mouky,
    - v chybné technologii, což bývá častější případ (staré vedení, nesprávný režim pečení).
- **vady v kůrce**
  - tmavá kůrka – vzniká při zpracování teplých těst nebo porostlé mouky, je tmavá, tenká, ostře ohraničena od střídy – zkrácené pečení při vysoké teplotě,

- světlá kůrka - nízká teplota, krátká doba pečení, překynuté nebo tuhé těsto. Hustě sázené mívají světlou, popř. potrhanou postranní kůrku,
  - tmavé skvrny v horní kůrce (puchýře) - se tvoří u nedozrálých či řídkých těst,
  - trhliny v kůrce – častá vada s mnoha příčinami – porostlá mouka, mladé vedení, okoralý povrch těst při sázení, špatné zatápění pece.
- **vady ve střídě**
    - vlhká, lepivá a málo pružná střída – porostlá mouka, málo kyselá či příliš řídká těsta, nedostatečně propečený výrobek,
    - nepružná, ale suchá až drolivá střída – následkem dlouhého pečení, příliš tuhá těsta,
    - hustá nevyvinutá pórovitost – špatné kvašení, příliš tuhá těsta, přílišné mechanické namáhání těsta,
    - velké nepravidelné póry – překynuté chleby s vyšším podílem pšeničné mouky,
    - trhliny ve střídě
      - vodorovná v horní části – volná těsta,
      - při spodní kůrce při prudkém zapékání,
      - větší dutiny ve střídě - u nedostatečně prohnětených těst, těsta s přebytkem mouky.
- **vady chuti a aromatu**
    - příliš kyselá chuť – staré kvasy a těsta,
    - nevýraznou a fádňí chuť – nedostatečně prokvašené, či propečené.



## 3.3 VÝROBA PEČIVA

### 3.3.1 Těsto a jeho příprava

Podstata tvorby a struktura pšeničných těst

V suchém zrně ani v mouce se žádné z přírodních polymerů (bílkoviny, škrob, rozpustné pentosany) nevyskytují v prostorově spojitě struktuře, která by prostupovala celým objemem. Bílkovinné makromolekuly dosahují značné velikosti, ale v rámci této velikosti makromolekuly mají i trojrozměrné provázání. Po přidání vody začínají bílkoviny a pentosanové polysacharidy i při teplotě výrobních prostor bobtnat. Jsou tam i další ve vodě rozpustné látky (nízkomolekulární sacharidy, přidané sacharidy, sůl), které samy žádný koloidní gel nevytvářejí. Mechanické zpracovávání (hnětení) podporuje bobtnání a řadu dalších chemických a enzymově katalyzovaných reakcí. Další průběh výrobního procesu se liší u suroviny pšeničné a žitné. Jde zejména o procesy bobtnání obsažených pentosanů (v surovině pšeničné je jich méně než v žitné) a bobtnání bílkovin, zejména pšeničného lepku, tvořícího v pšeničné mouce (na rozdíl od žitné) souvislou trojrozměrnou síť. Ta je pak základem stavební struktury pšeničného těsta.

#### 3.3.1.1 *Příprava kynutých pšeničných těst*

K přípravě kynutých pšeničných těst se používají následující dva způsoby vedení těst, a to: **přímé a nepřímé** (obrázek 20), z nichž každý má jak určité přednosti, tak i svoje nedostatky.

**a) přímé vedení** je v současné době převládající způsob výroby pšeničného těsta. Je jednoduchý, méně pracný a tedy i celkově časově úspornější. Jako „náhradu získaného času“ ze zdoluhavých kroků přirozených fermentačních procesů nepřímého vedení, vyžadují použití moderních a dosti nákladných „zlepšovacích“ pekařských prostředků, které již jako vstupující suroviny nezbytné finální produkty dlouhé přirozené fermentace nahrazují.

**Základní technologický postup:** všechny suroviny (podle receptury) se smíchají najednou a vyhnětou na těsto. To pak určitou, relativně delší dobu zraje, probíhá v něm enzymatická fermentace surovin včetně etanolového kvašení. Doba zrání závisí na způsobu mechanického zpracovávání a použitých zlepšovacích přípravcích (je třeba přísně dodržovat doporučený technologický postup jejich producentů, zejména teplotu).

**aa) přímé zkrácené vedení** je nákladnější jak na suroviny (zlepšovala, droždí), zejména na jejich kvalitu - aktivitu, tak i strojní zařízení (rychlounětačí stroje), což ústí i ve vyšší potřebu energie.

Těsta lze vést i **přímo „na záraz“**, tj. bez některých drahých zlepšovatel, ale potřebují delší dobu zrát (45 min. až 2 hodiny, příp. i déle), což vyžaduje vhodné prostředí a potřebné kapacity.

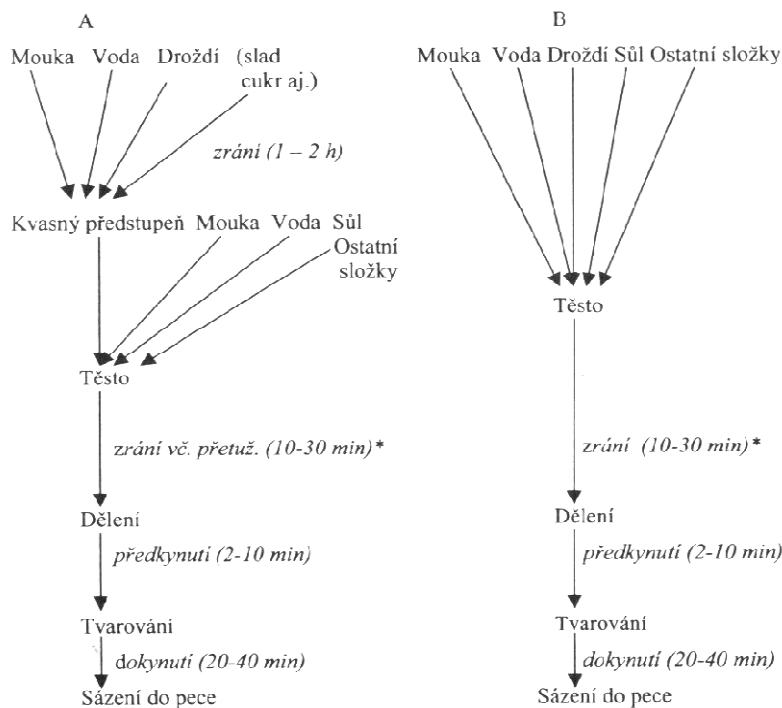
**b) nepřímé vedení** je tradiční, léty osvědčený a spolehlivý způsob přípravy těsta, který vyžaduje předchozí dlouhé a výrazné pomnožení mikroorganismů (surovině vlastních i případně přidaných kvasinek) před vlastní přípravou těsta. Je doporučován a v současné době i částečně využíván pro část těsta pro výrobu běžného pečiva, jehož typická vůně, chuť

i delší čerstvost (při srovnání s vedením přímým) jsou výsledkem dlouhého kvašení a zrání. Charakteristické a nezbytné je dvou- či víceúrovňové vedení, kdy z části mouky (především žitného podílu), vody, veškerého recepturního droždí (a příp. enzymů) se vyrobí **řidký kvasný stupeň**, nechá se prokvasit, a pak se teprve přidají zbývající suroviny, vymísí se těsto, které opět zraje. V současné době se řada tradičních časů zkracuje.

Kvasné předstupy se u pšeničného těsta v zásadě rozlišují dva, a to: tužší **omládek** (hustota H 195 - 240, doba zrání 1 hod., v minulosti až 3 - 4,5 hod.), a řidší **poliš** (H 240 - 300, doba zrání 2 hod., nižší dávka droždí). Vymísené těsto zraje při použití omládku 1 - 1,5 hod., při použití poliše kratší dobu. Je méně náročné na suroviny, nevyžaduje drahé (do nedávna zpravidla jen zahraniční) přípravky, ani vysokou dávku droždí. Je však náročnější na odbornost pekaře (kde je brát a kdo je zaplatí), na čas (zdlouhavější) i na prostor a vybavení (skladování velkého objemu kvasu) a v případě náhlé objednávky nelze vyhovět.

Ve velkovýrobě převažuje kontinuální výroba běžného pečiva přímým vedením, což je určeno hlavně strojním vybavením výrobních linek.

Obrázek 20: Vedení těsta



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

Popis: A-nepřímé, B-přímé

Při přípravě těsta **nepřímě** vedeného je třeba respektovat pořadí přidávaných surovin, aby se dosáhlo nejen dokonalé homogenity těsta, ale i řádného zbobtnání mouky a uspokojivé výtěžnosti. Do zralého kvasného stupně (při nepřímém vedení), nebo odvážené mouky s droždím a enzymy (při přímém vedení) přidáme cukr a sůl, rozpuštěné v části vody.

Pak přidáme zbytek recepturní vody a mouky (či další suroviny) a začne se mísit těsto. V závěru mísení (jako poslední surovina) se přidá rozeřhátý, polotekutý tuk. V průmyslových velkopekárnách se při přímém vedení přivádějí všechny suroviny nepřetržitě, takže otázka pořadí surovin ztratila na aktuálnosti.

Obrázek 21: Hnětací stroj s rámem Werner & Pfleiderer



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

**Doba hnětení** závisí zejména na typu hnětacího stroje, ovlivňuje ji kvalita mouky a přidávaná zlepšovača. Silné mouky vyžadují delší hnětení proti moukám „slabým“. Na univerzálních míchačích a hnětačích (T 785, T 787) trvá 8 – 10 min., na kontinuálních ve velkopekárnách asi 6 min.; rychlohnětací stroje – mixery 30 - 90 sec.

Moderní zkrácené postupy jsou založeny na intenzitě hnětení a způsobu mechanického zpracování těsta. Chorleywoodský postup (již před 35 lety v anglickém Chorleywoodu) a jiné podobné postupy (1969, USA, Do Maker, AM Flow), založené na intenzivním namáhání těsta pomocí speciálních rychlohnětačů – mixérů, lišících se od tradičních tvarem a uspořádáním hnětacích elementů (připomínající horizontální nože). Zpracovávají těsto velmi razantně, převážně stříhem, méně kroucením (smykem), a dodávají mu v krátké době velké množství mechanické energie (asi 40 kJ /kg). Výsledkem je zralé těsto, které lze okamžitě či za několik minut po vymísení dělit a tvarovat. Takovýmto intenzivním hnětením za podtlaku se těsto silně zahřívá (až o 17 °C), přidává se studená voda (o 3-5 % více), čímž se zvyšuje výtěžnost.

**Výhody** - úspora času a prostoru na zrání těsta (zařízení), zvýšení výtěžnosti.

**Nevýhody** - zvýšené náklady na elektrickou energii, droždí a oxidační zlepšovača, těsto se musí včas dělit a tvarovat na nezvyklý charakter výrobků. Pečivo má příliš jemně pórovitou až vatovitou střídu, méně výraznou vůni a chuť a dříve tvrdne (stárne). Vzhledem na zvyklosti našeho konzumenta se ustálila technologie se středně intenzivním hnětením – zkrátí se technologie a zachováva charakter výrobků, žádaný spotřebitelem - hrubší pórovitost a hrubší aromatická kůrka. Hnětače se střední intenzitou činnosti se označují též jako spirálovité hnětače, zpracovávají těsto převážně smykem (kroucením), méně stříhem; mají většinou dvě rychlosti, doba hnětení 3 - 8 min. Těsto podle typu hnětače a intenzity hnětení zraje 10 - 45 min.

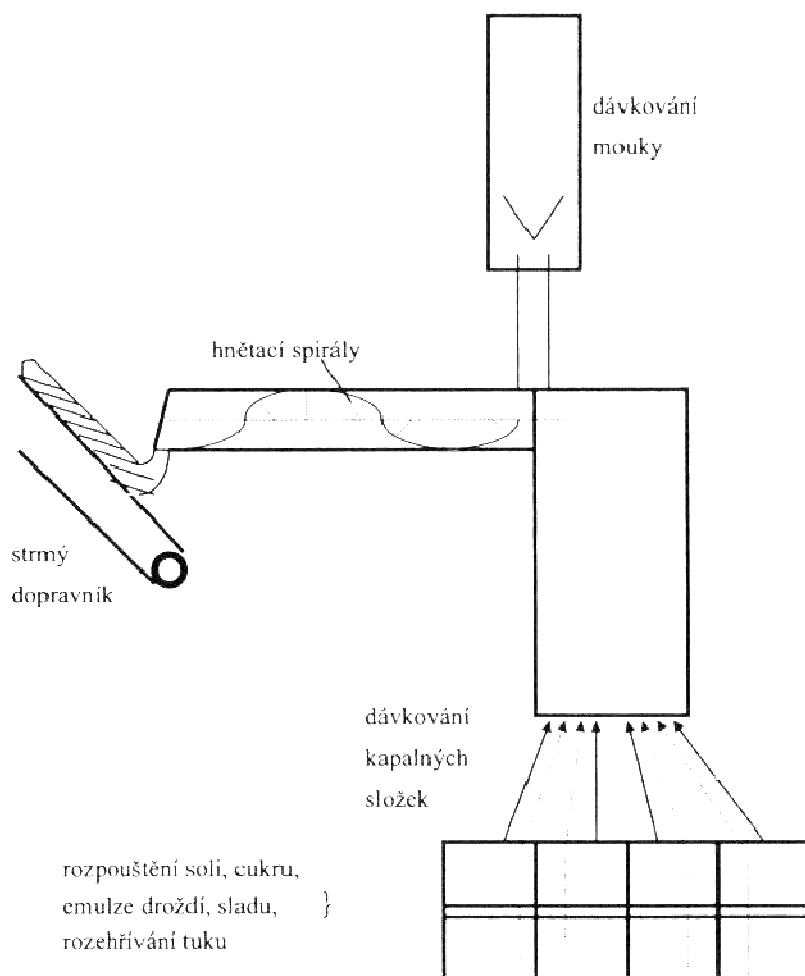
Výhoda - menší spotřeba energie, těsta mohou 10 i více minut přezrávat; možno je použít i pro chlebová těsta našeho typu (rychlohnětače nelze /SRN- fa Stephan, Werner-Pfleiderer, Winkler v různých velikostech, vhodné pro periodickou i kontinuální výrobu/). Jsou v našich mechanizovaných velkopekárnách v provozu.

### 3.3.2 Výroba běžného pečiva

Příprava těsta – jedním z uvedených popsaných postupů, v závislosti na tom, jedná-li se o malou či střední pekárnu, nebo průmyslovou velkopekárnu, je-li dostatek pracovního prostoru a zejména je-li alespoň jeden či více dostatečně kvalifikovaných pracovníků.

- tradiční dlouhé vedení na omládek – kvalifikovaný pekař, nižší náklady na suroviny, dostatek prostoru, protože příprava těsta může trvat až 3 hodiny,
- zkrácené technologické postupy - jsou-li méně kvalifikovaní pracovníci, stísněné prostory, jsou-li k dispozici nákladné výkonné stroje a drahé zlepšovací prostředky.

Obrázek 22: Schéma kontinuálního výrobce pšeničných těst



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

Zásada výroby: správně stanovit množství těsta na jeden zámis (sladěno s kapacitou pece!!); obvykle 3 cykly za hodinu - pec 3x za hodinu osadit, protože se **nesmí překročit doba**. Přezrávání těsta – u tradiční technologie po dosažení potřebné zralosti (asi po 30 min.), - u moderní s intenzivním hnětením **nesmí přezrávat vůbec!!**

**Na přípravu kvasného stupně** je vhodný **univerzální šlehací mísicí stroj** (z tuzemských Topos Šluknov – T 787, T 750), spojující obě funkce. Stroj má 2 nebo 3 rychlosti, pracovní cyklus je zautomatizován, typ T 750 s pamětí, řízení na ovládacím panelu.

Průmyslové velkopekárný mají **kontinuální výrobny pšeničných těst** (KVPT, /číslo=výkon těsta v kg/hod./50 - 1300 kg).

Zařízení k přípravě tekutých surovin tvoří řada nerezových nádrží (6 - 8), do nichž se plní suroviny, voda se přivádí potrubím z temperovací nádrže. Každá nádoba má samostatné míchadlo a připravené roztoky a suspenze se vypouštějí pomocí ventilů dávkovacími čerpadly. Směšování teplé a studené vody je regulováno elektricky. Dávkovač mouky je na spodu zásobníku, mouka je stále promíchávána a doplňována (řídí membránový snímač hladiny).

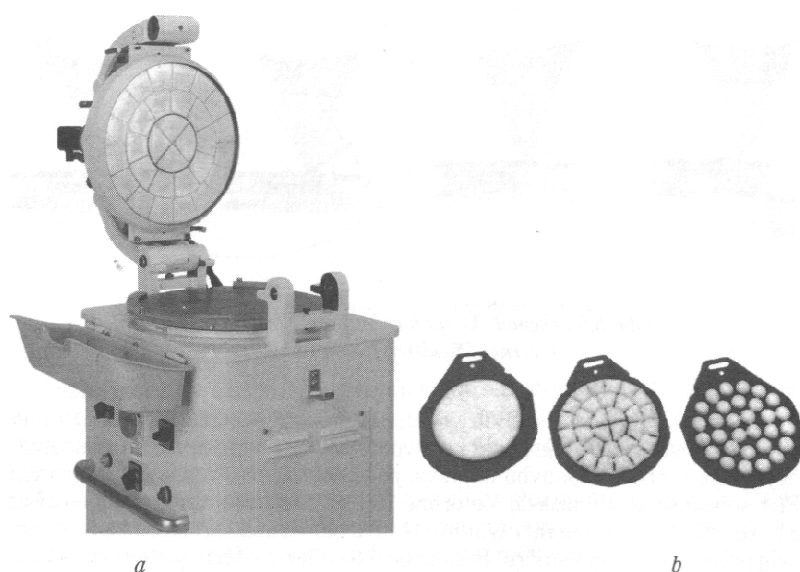
**Kontinuální hnětač těsta (KHT)** – pracuje se střední intenzitou hnětení, je to horizontální zavřený žlab se dvěma spirálovitými hnětadly, které suroviny promísí, vyhnětou těsto a posunou jej k výpadu. Strmý dopravník pak pás těsta vynáší do zracího zařízení (skříň se dvěma vodorovnými žlabovými dopravníky nad sebou). Ze spodního prochází těsto přetučovací zařízením do zásobního koše dělicího a tužícího stroje. Na KHT navazuje průběžná tvarovací linka, kynárna a pásová pec.

**Zrání těsta** v prostorách s teplotou kolem 25 °C, teplota vlastního těsnaje 30 - 32 °C, doba zrání několik minut až 3 hod., ovlivňuje ji: kvalita mouky, množství a kvalita droždí, způsob hnětení, teplota prostředí. Nejčastěji (podle technologických postupů) bývá 30 – 90 minut. Během zrání se těsto 1 - 2x ztuží (krátce přemísí), vypudí přebytečné kvasné plyny, vpraví se do těsta kyslík (pro činnost kvasinek a dojde ke zpevnění lepkové „kostry“), čímž se dosáhne stejnoměrné pórovitosti.

#### **Dělení a tvarování těst**

Zralé a ztužené těsto se dělí na řezy předepsané hmotnosti, které se ztužují (aby se dosáhlo stejnoměrné pórovitosti) a po krátkém odležení se dělí na těstové klonky, které se po krátkém nakynutí tvarují na příslušný druh pečiva. Postup: odvážené těsto se vpraví do ručního dělicího a tužícího stroje (obrázek 23) např. Ultimát, kontinuálního dělicího a tužícího stroje DT 4 -čtyřřádkový), DT 6 šestiřádkový – až 18 000 klonků za hod.), navazující na kontinuální výrobny.

Obrázek 23: Stroj pro jednorázové rozdělení těsta

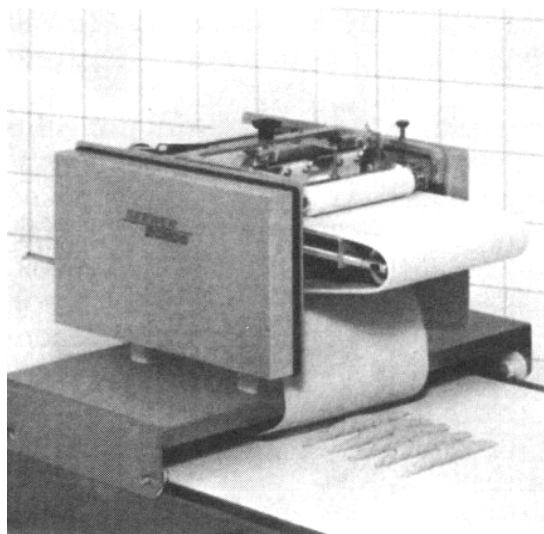


Zdroj: Příhoda a kol., 2003

Klonky jsou mezi dvěma rotujícími plochami přetuženy, nechají se 3 - 8 min. předkynout a pak se ručně (velmi žádané „ruční“ rohlíky) či strojově tvarují, nejčastěji **pomocí tzv. rohlíkovacího stroje** (obrázek 24). V něm prochází předkynutý klonek mezi dvěma páry rozvalovacích válců či pásy rozválena do délky a následně svinuta na rohlík (jedno-, dvou- či třířádkové stroje), který spodní pás vynášá ven.

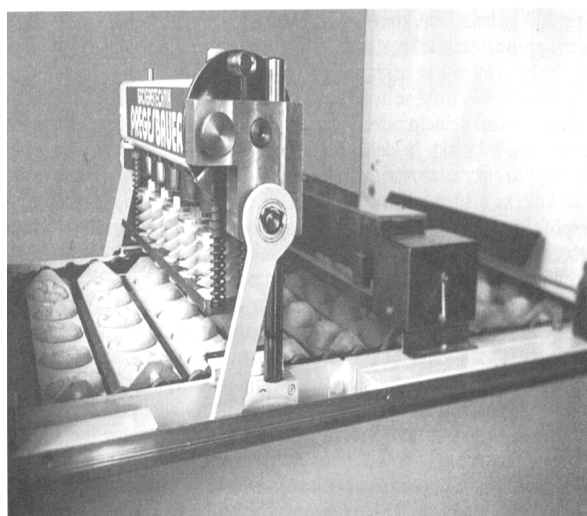
Při mechanizovaném tvarování housek a hvězdiček se vyrábějí pomocí raznic ražené tvary (obrázek 25), dále se vyrábí ručně pletené, večky (špičky), žemle (uprostřed protlačené nebo naříznuté) a dalamančky (speciální žitno-pšeničné pečivo) do tvaru večky, žemle, sypané solí a kmínem.

Obrázek 24: Rohlíkovací stroj



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

Obrázek 25: Stroj na nařezání tvaru hvězdiček



Zdroj: Příhoda a kol., 2003

## Kynutí a sázení těst do pece

**Kynutí – dokynutí** již vytvarovaných kousků těst je důležitou částí fermentace a podmínkou **regenerace struktury** těsta. Dělá se v teplejším a vlhčím prostředí ( $T$  30 - 35 °C,  $RV$  75 - 85 %), aby těsto na povrchu „neokoralo“, nejlépe v samostatné kynárně (boxová /komorová/ s vozíky, průběžná s dopravníky). Dobu kynutí výrazně ovlivňuje zpracování (ražené tvary – hvězdičky, housky - kynou rychleji /25 - 30 min./, bulky až 45 - 50 min).

Před sázením do pece se povrch některých dokynutých těstových kusů upravuje – **strojí se** ručně – sypáním – ruční nestejně, vhodnější je sypací váleček (mák, sůl, kmín, ovesné vločky, semena sezamu, slunečnice, drcené jádroviny). Některé výrobky se před vstupem do pece na povrchu **vlaží**, a to ručně - kartáčem, smetáčkem (dnes raději již sprejováním), nebo strojně (násypky po celé šířce pásu). Při kontinuální velkovýrobě přecházejí nakynuté těstové kusy plynule z průběžné kynárny na sázečí stůl, kde probíhá vlažení kontinuální (rotující zvlažovaný kartáč nebo trysky tvořící mlhu), a sypání (rotující drážkovaný válec).

Správně zavlážené pečivo si v první fázi pečení udržuje na povrchu pružnou těstovou blanku, schopnou napínat se kypřícími plyny, takže se dosahuje hladkého povrchu, stejnoměrného tvaru hvězdiček a velkého objemu pečiva.

**Sázení** do pece se liší podle typu pece, tj. stupně mechanizace. Nejdokonalejší (bez ručního zásahu) je sázení do průběžných pecí, kde se výrobky pečou přímo (bez plechů) na ocelovém

pletivovém dopravníku, který tvoří pečnou plochu. U malých periodických pecí bývá obtížnější a časově náročnější. U pecí s pevnou pečicí plochou se osazování a **vypékání** (vyjímání výrobků z pece) provádí nejčastěji ručně sázecí lopatou. Výtažné pece jsou pohodlnější, poněvadž se celá sázecí plocha vysune ven a plechy se na ni rozmístí. Výhodné jsou též vozíkové konvekční pece, kde se plechy kladou na rámy vozíčků a celé se zavážejí do pece. Osazování a vypékání probíhá tedy mimo pec.

### **Pečení běžného pečiva**

**Pečení** je důležitým technologickým krokem, vytvářejícím konečný vzhled, senzoricou kvalitou a „posilující“ zdravotní bezpečnost pečiva. Dochází ke zvětšení objemu, fixuje se tvar a velikost, vytváří aromatictější a tmavší kůrka a tepelným opracováním se docílí zvýšení zdravotní bezpečnosti a vyšší stravitelnosti pekárenského výrobku. Objem výrobku se zvětšuje již na začátku - v první fázi pečení, pak se vytvořením kůrky fixuje i jeho tvar, barva a velikost. Prohřátím celého výrobku (až do jádra, střídy) se dosahuje i zmíněné vyšší zdravotní bezpečnosti a stravitelnosti.

Pečný prostor se při výrobě běžného pečiva vytápí na 250 - 270 °C, teplota se v periodických pecích během pečení mění jen velmi málo; po vsazení pečiva klesne až o 50 °C (kolem cca 220 °C), pak asi v první třetině pečení opět stoupá na 260 - 270 °C, pak setrvává a konec pečení (dopékání) je typický mírným poklesem asi na teplotu 250 - 240 °C.

Kvalitu běžného pečiva příznivě ovlivňuje dostatek vlhkosti (páry) v pečném prostoru (běžné na rozdíl od chleba a jemného pečiva peče **v zapářeném prostoru**). Pára se jednak odpařuje z těsta, jednak se do pečného prostoru přivádí různými zapařovacími systémy. Proto je u periodických pecí potřeba, aby bylo pečistiště dobře utěsněné, čehož u průběžné pece nelze dosáhnout. Pečivo vstupuje i vychází, takže je mimořádná spotřeba páry. Přivedená pára se na povrchu chladnějšího pečiva sráží, zvláčňuje jej a prodlužuje tak dobu jeho zvětšování. Doba pečení je u běžného pečiva poměrně krátká (nízká hmotnost, chudá receptura): u hmotnosti 45 g 12 - 13 min., 60 g 14 - 15 min., večky o hmotnosti 400 - 480 g 18 - 20 min. Hotové pečivo se vypéká (vyjímá z pece) ručně a odpočítává do přepravek, nebo jej odvádí dopravník přes fotobuňku, kde se odpočítává a padá do přepravek. Převaha běžného pečiva je u nás pečená ve velkopekárnách v průběžných pásových pecích, které jsou řazeny do kontinuálních výrobních linek.

V našich průmyslových pekárnách se používají většinou pásové pece, ve starších lze potkat ještě parní sázecí pece. Mezi moderní periodické pece patří např. elektrická výtažná etážová pec domácí výroby (TMS Pardubice). Za nejvýhodnější z hlediska obsluhy, úsporného řešení pečné plochy i tepelných ztrát se považují konvekční vozíkové pece, kde vozík po celou dobu pečení rotuje na otáčecím závěsném zařízení.

### **Druhy běžného pečiva**

Podle receptury rozdělujeme naše pečivo na: vodové, tukové a mléčné (příp. ostatní). Nejjednodušší a nejlevnější recepturu má pečivo vodové, které taky nejrychleji stárne (ztrácí vodu, tvrdne). Příklady sortimentu vodového pečiva: bulka 60 g, žemle 60 a 120 g, vecka na chlebičky 480 g. Sortiment tukového pečiva: tuková vecka na chlebičky 400 g, toustový formový chléb 400 g. Největší objem výroby zaujímá pečivo mléčné, jehož životnost, barvu i objem ovlivňuje nejen mléko, ale i vyšší obsah tuku. Jeho sortiment je: rohlík, houska, hvězdička, špička a žemle o hmotnosti 45 g, pletýnka 130 g – pečivo je hladké nebo sypané (sůl, kmín, mák).

### **3.3.3 Výroba jemného pečiva**

Jemné pečivo představuje široký sortiment výrobků ve srovnání s chlebem a běžným pečivem. Je to dáno vysokou pracností a náročností na suroviny (výrobky jsou drahé), jsou energeticky bohaté (takže nejsou a ani nebudou konzumovány ve větším množství). Pro udržení zájmu konzumentů je třeba sortiment často obměňovat (velikost, povrchové zdobení, tvar, náplně, nové receptury, nové výrobky podle starých receptur). Obvykle obsahují 10 i více % tuku na obsah mouky.

Největší objem zaujímá tradiční jemné kynuté pečivo typu vánoček a koláčů, kynuté smažené pečivo, listové nekynuté pečivo, listové kynuté pečivo a tzv. křehké pečivo.

#### **Vánočkové a koláčové pečivo**

Mezi oběma skupinami je rozdíl zejména ve vzhledu. Vánočkové pečivo je neplněné, většinou v kusech o velké hmotnosti, někdy sypané mandlemi, mákem apod., kdežto koláčové se vyznačuje velkým podílem náplní a vyrábí se ve větším hmotnostním sortimentu.

**Vánočková těsta** se vzhledem k náročnějším tvarům připravují tužší, dobře vyzrálá, vedená nejčastěji na omládek. Výrobky se před sázením „mašlují“, tj. potírají se pro dosažení výrazného lesku a zbarvení kůrky rozšlehaným vaječným obsahem nebo jeho náhražkami.

**Koláčová těsta** se připravují volnější, spíše mladší, vyžadují dobrou mouku. Pečení vánoček, koláčů i ostatního jemného pečiva se provádí pomaleji než běžného pečiva, podle zásady čím větší hmotnost těstového kusu a čím bohatší receptura, tím nižší teplota pece a tím delší doba pečení.

Vánočkové a koláčové pečivo sázíme do mírně až středně vyhřáté pece při teplotě 220 – 240 °C a pečeme 12 – 60 min. (podle hmotnosti a receptury).

#### **Smažené pečivo (koblihy, točenky, pirohy)**

Smažené pečivo je pro konzumenta atraktivní a má i jiné přednosti (smažení je kratší než pečení u výrobků o stejné hmotnosti /4 – 6 min./), spoří se energie, tvarování koblih je rychlé a jednoduché, těsto je volnější, dosahuje se vyšší výtěžnosti.

**Koblihy** se vyznačují kyprou žlutou střídou, zlatohnědou kůrkou se světlou obroučkou. Ve srovnání s recepturou na vánočkové těsto obsahují koblihy více vajec a droždí, do cukrářských se dává i rum (podporuje kyprost výrobků a brání vsakování tuku do těsta během smažení). Máme receptury na: levnější **pekařské**, smažené při vyšší teplotě (180 °C), a dražší **cukrářské**, které v současné době převažují.

Připravují se obvykle v malém objemu, dělí se diskontinuálně (obrázek 21). Dobře vykynuté kusy těsta se kladou na vyhřátý tuk (150 °C) a smaží se po každé straně až 3 min. Používá se ke smažení ztužený pokrmový tuk (100 %) téměř bez netukových organických látek (bílkoviny, cukr), který tepelné zatížení poškozují pomaleji.



### **3.3.4 Výrobky z křehkého a listového těsta**

Většina těchto výrobků se podstatně liší od běžného a jemného pečiva tím, že většinou nekynou a nakypření se dosáhne pouze vodní parou v těstě nebo chemickými kypřidly. Oběma skupinám je společný vysoký obsah tuku (více než 30 %) na zpracovanou mouku.

#### **Pečivo z listového těsta**

Výrobky z listového těsta se vyznačují velkou pracností, zejména pokud není k dispozici provalovací stroj. Listování je způsobeno střídáním tenkých vrstev základního těsta s vrstvami tuku. Tyto vrstvy musí zůstat odděleny až do začátku pečení. Proto se těsto připravuje v relativním chladu a k provalování se používá tažný margarín s vyšším bodem tání a nižším obsahem vody, takže se do základního těsta nevsakuje. Teprve při pečení tuk roztaje a těsto se kypří parou, která ze základního těsta uniká a musí se prodírat vrstvami tuku.

#### **Listové pečivo nekynuté**

Listové pečivo nekynuté je výrobkem z nekynutého listového těsta, do něhož se provaluje kolem 70 % tuku na hmotnost zpracované mouky. Základní těsto je tzv. **vodánek**, vodové těsto, obsahující asi 85 % kvalitní recepturní mouky, která musí být bohatá na lepek s dobrou tažností. Další část - **tukové těsto** se připravuje z tažného margarínu a asi 15 % recepturní mouky, které se pak balí do vodánku různými způsoby, nejčastěji do tvaru psaníčka. Zabalený polotovar se rozválí, překládá a nechá odležet asi 30 min. při teplotě asi 10 °C, což se třikrát opakuje. Pak se rozválený plát těsta krájí, plní, tvaruje, mašluje a peče.

#### **Listové pečivo kynuté**

Listové pečivo kynuté je výrobkem z listového těsta kynutého (plundrového), obsahujícího jen asi 30 % tuku k proválení a asi 10 % tuku na základní těsto. Je kypřeno droždím a jeho příprava je blízká jemnému pečivu - těstům vánočkovým. Tukové těsto se připravuje obvyklým způsobem, také až z 15 % mouky. Další zpracování je obdobné jako u nekynutého listového těsta, jen doba odležení je kratší (10 min.), vhodná teplota nižší (5 °C). Pak se rozválený plát těsta krájí, plní, tvaruje, příp. mašluje a peče.

Listové těsto se zpracovává do tvarů rohlíčků, koláčů, šátečků apod., k čemuž lze využít i rohlíčkové stroje. Pečení plněných a mašlovaných výrobků probíhá při teplotě 230 °C v odvětrané peci bez páry, potřebná doba pečení asi 12 min. Pečení slaných loupáčků, které se vlaží vodou, probíhá při teplotě ještě vyšší a v dobře zapárené peci (až jako u běžného pečiva).

#### **Pečivo z křehkého těsta**

Je charakteristické **jednodušší technologií** a obvykle **drahou recepturou**. **Tuk** se zpracovává **přímo do těsta** a omezuje bobtnání moučných koloidů natolik, že těsto má **nepružnou až drobivou strukturu** a při pečení se stává **křehkým**.

Vzhledem k vysokému obsahu tuku se jako **kypřidlo** používá **hydrogenuhlíčan amonný** (označovaný jako „amonium“), který je teplem štěpen na amoniak, oxid uhličitý a vodní páru. Sortiment: křehké koláče (à 400 g), křehký závin (500 g), křehké koláčky (à 30 g, balené po 5 ks), plněné různými náplněmi, sypané žmolenkou a moučkovým cukrem. Prodávají se balené.

## 4 VÝROBA TRVANLIVÉHO PEČIVA

Moderní způsob života přináší zvýšení obliby trvanlivého pečiva a jeho spotřeba se zvyšuje. Jeho předností je delší trvanlivost, včetně doby skladovatelnosti, které předurčují jeho široké použití při cestování, sportovních příležitostech, rychlém občerstvení apod.

Při výrobě trvanlivého pečiva lze za hlavní operace považovat: hnětení, odležení těsta, provalování, tvarování, pečení, řazení, rovnání, (příp. chlazení) a balení.

Trvanlivé pečivo se od běžného pečiva liší:

- ke kypření těst se používá chemického či mechanického principu,
- většina výrobků se ihned po výrobě balí,
- hlavní surovinou je pšeničná mouka, která má být pekařsky „slabá“.

Výrobky již tradičně dělíme podle technologie výroby do 5 skupin, které jsou následující:

- sušenky,
- oplatky,
- perníkové výrobky,
- pečivo ze šlehaných hmot
- suchary a preclíky.

Moderní snack-výrobky, vyráběné např. pomocí extruzní technologie, tvoří zcela samostatnou skupinu.

**Sušenky** patří mezi nejrozšířenější druh trvanlivého pečiva a spolu s oplatky tvoří u nás asi 80 % objemu výroby trvanlivého pečiva. Jsou hodnoceny podle obsahu tuku (0 - 35 %), cukru (10 - 20 %), nebo podle způsobu výroby, zejména tvarování. K jejich výrobě má být mouka „slabá“ s nízkým obsahem lepku.

Způsoby tvarování sušenek jsou:

- **vypichování** (tuk do 20 %, povrch sušenek se sypáním),
- **lisování** (15-30 % tuku, povrch plasticky zdobený),
- **řezání** (povrch drsný od řezání strunou),
- **stříkání** (tuk nad 30 %).

Při pečení dochází k nakypření (uvolnění kypřících plynů), snížení obsahu vody na 1- 4 %, a k zabarvení povrchu. Po upečení se sušenky ochladí, příp. jsou potahovány čokoládovou polevou.

**Oplatky** jsou vyráběny z velmi řídkého těsta, které se nalévá do forem na pečení (kleští). Oplatkové těsto je vyrobeno z mouky a vody, které činí 94 - 97 % těsta, ostatních surovin se přidává velmi málo. Přídavek vody činí až 140 % na mouku, výtěžnost těsta činí až 250 %. Našlehané těsto je dávkováno do pečících kleští, které procházejí topnou oblastí (v kontinuální peci). Kleště se na konci linky otevrou a vypadává oboustranně upečený (se vzorkem na povrchu) plát oplatkového těsta. Nastírání náplně provádějí nanášecí válce a následuje řezání na finální rozměry a tvary. Často je na povrch nanášena čokoládová poleva.

**Perník** patří mezi výrobky s nejstarší historií a jeho výroba má některé zvláštnosti. Používá se mouka jako na běžné pečivo, dříve i s podílem žitné mouky, cukr se přidává ve formě invertovaného sirupu. Přípravené těsto se nechává 2 - 3, i více dnů odležet, což značně

zvyšuje výšku perníkového korpusu. Velká většina perníků se potahuje čokoládovou či cukrovou polevou.

Výroba **šlehaných hmot** je založena na mechanickém vytvoření pěny z různých vaječných součástí. Podle způsobu výroby a použitých surovin rozlišujeme tři druhy výrobků, a to: dětské piškoty, pasiáns a kokosky, přičemž jednoznačně převažuje výroba dětských piškotů. Kypření je dosaženo mechanickým našleháním vzduchu a expanzí jeho bublinek při pečení.

**Dětské piškoty** se připravují tak, že se smíchají všechny suroviny na homogenní směs, do níž je ve šlehači našlehán vzduch. Vyšlehaná hmota je nastříkána tryskami (dávkována) na pečící pás a pečena 2 - 4 min. při teplotách max. 320 °C.

**Suchary, preclíky a tyčinky** jsou skupinou výrobků, u které se ke kypření používá droždí (u některých tyčinek lze kypřit i chemicky). Příprava těsta i charakter výroby je blízký běžnému pečivu.

Podle druhu **sucharů** se přidává různý podíl cukru a tuku, speciální druh dietních (Karlovarských) sucharů má přídavek Karlovarské vřidelní soli. Z připraveného těsta se upečou večky, rozřežou na krajíčky a znovu orestují.

U nás vyráběné **tyčinky** lze rozdělit na dva typy:

- **jemné tenké tyčinky** o průměru cca 5 mm se nazývají soletky. Před pečením se vedou do louhové lázně (3 - 3,8% roztok NaOH), kde získají lepší barvu a lesk.
- **silnější tyčinky**, více nakypřené o průměru 10 - 12 mm, (italské, Grahamovy) se pro udržení rovného tvaru pečou na plechách s drážkami. V současné době se vyrábějí tyčinky s různými přísadami (sýr, koření, rajčatový protlak apod.).

## 5 ZMRAZOVÁNÍ TĚST A PEČIVA

Průmyslové zpracování zmrazených těst a pekařských výrobků prodělalo výrazný technický a technologický pokrok, velmi se rozšířil sortiment a objem vyráběných zmrazených těst a pekařských výrobků. Výroba zmrazených těst v různých fázích zpracování (syrová, překynutá, předpečená i hotová) doznala v pekárenském a cukrárenském oboru prudký rozvoj. Vyrostla pekárenská velkovýroba, umožňující pečivo relativně dlouho a bezpečně skladovat, postupně jej odebírat, dopékat či rozpékat, zejména až těsně před jeho prodejem. Spotřebitelé tak nabízejí i pekárenská velkovýroba zcela čerstvý výrobek (v rozporu s naší připravovanou legislativou), což dříve bývalo jen výsadou maloproducentů. Významný je i přímý marketingový efekt vůně čerstvě dopékaného pečiva na zákazníka v prostorách super- a hypermarketů.

Podstatou je zmrazování těsta a nejrůznějších výrobků ve vysokovýkonném mrazicím zařízení, s jejich následnou distribucí do provozoven, v nichž se zmrazené výrobky zpravidla dohotovují a čerstvě prodávají.

Zmrazené výrobky se na trhu vyskytují jako:

- **zmrazená těsta** („bake-off“), která je nutno v místě finálního dohotovení nejprve rozmrazit, případně nechat vykynout a upéct. V poslední době se často vyskytuje výroba syrových nekynutých a předkynutých těst, které se bez dokynutí vloží do pece, kde již v začátku pečení získávají výrazně na objemu a v jeho průběhu i požadované finální vlastnosti. Jde o velmi progresivní výrobu s velkými nároky na kvalitní suroviny, jejímž výsledkem jsou výrobky se všemi znaky a vlastnostmi čerstvého pečiva. Mají vysoké požadavky na jakost mouk, používají speciální druhy droždí (nebo speciální kmeny kvasinek) a zlepšující přípravky (často know-how).
- **předpečené zmrazené pečivo** („par-baked“) jsou výrobky, které je nutno rozmrazit a dopéct. Tento způsob je používán nejčastěji, protože je technologicky podstatně méně náročný než předchozí, a lze jím v podstatě vyrábět všechny druhy běžného a jemného pečiva při zachování běžného postupu a receptury. Jeho nevýhodou je, že dopečené pečivo má většinou kratší trvanlivost.
- **hotové zmrazené pečivo** („thaw-and-sell“ – rozmraz a prodej) jsou výrobky, které byly zcela upečeny a zmrazeny a jsou rozmrazeny až před jejich konzumem. Jde o zmrazování hotových výrobků a jejich dlouhodobé uchování především za účelem snadného a pohotového zásobení trhu sezónním (vánočním, velikonočním...) zbožím – tj. o prodloužení jeho trvanlivosti a vytvoření zásob. Takovéto výrobky podléhají nejrychlejšímu stárnutí.

### **Požadavky na surovinu pro výrobu zmrazených těst a zmrazovaných pekárenských výrobků**

#### **Pšeničná mouka**

Je vystavena nepříznivě vlivů jak při zmrazování, tak při rozmrazování. Z těchto důvodů je vyžadována mouka se silnějším lepkem a s minimálním obsahem bílkovin 12 %. Z literatury lze usoudit na možnost fortifikace mouky vitálním lepkem alespoň v množství 1 %, často 1 kg vitálního lepku na 50 kg mouky (tj. 2%).

Velmi významná je jakost mouky pro výrobu syrových a předkynutých zmrazených těst; používá se droždí, cukr, zlepšovací prostředky a náplně do zmrazených výrobků.

**Příprava těsta:** prakticky přímé vedení

Receptura pro zmrazená těsta se liší od receptury pro nezmrazená těsta nejčastěji:

- nižší přídavek vody,
- vyšší množství použitého droždí,
- zvýšený přídavek tuku.

### **Technologické postupy pro výrobu těst pro zmrazování jsou následující:**

Hnětení těsta se provádí nejprve při nízké rychlosti, ve druhé fázi se zvyšuje. Je nutné nízkou teplotou těsta (18- 21°C) omezit jeho fermentační aktivitu (proto i led).

### **Další zpracování těsta**

Co nejrychleji dělit na kusy a po případném krátkém překynutí (1 - 8 min) tvarovat (velmi tuhá těsta) a přímo je podávat na vstupní dopravník mrazícího zařízení.

Principy zmrazování těsta spočívají v odnímání tepla:

- a) senzuačního – snižuje teplotu výrobku na požadovanou hodnotu,
- b) skupenského- nesnižuje teplotu výrobku, mění jeho fyzikální stav, tj. skupenství kapalné v pevné. Často bývá větší než teplo senzuačního. Čím rychleji procházejí výrobky oblastí skupenského tepla, tím méně je zmrazování poškozující.

### **Zmrazování těsta**

Je problém zcela odlišný od zmrazování pečených pekařských výrobků. Jeho rychlost má zásadní vliv na životnost kvasničných buněk v těstě. Čím rychleji proběhne, tím menší je riziko nárůstu větších ledových krystalů, poškozujících buněčné stěny a orgány kvasinek. Zmrazovaná těsta musí co nejrychleji (do 30 min.) překonat tzv. **pásmo nejvyšší tvorby krystalů**, které je od - 0,5 do - 5 °C. Při pomalém zmrazování vzniká malé množství velkých krystalů, poškozujících tkáň, v nichž vznikají. Při rychlém zmrazování se tvoří velké množství malých krystalů, které nepoškozují tkáň mechanicky, fyzikálně ani chemicky. V této souvislosti platí, že výrobky jednou rozmražené nesmí být opakovaně zmrazovány, protože riziko tvorby a nárůstu velkých krystalů a poškození buněk tkáň a snížení její kvality u opakovaného zmrazování je velmi vysoké.

### **Zmrazování předpečených výrobků**

Technologie zmrazování předpečených výrobků jsou proti zmrazování těst podstatně méně náročné. Technologie výroby až do fáze pečení se často neliší od výroby běžné. Peče se v podstatě při běžných časových intervalech, pouze při nižších teplotách, výrobky se po vychladnutí co nejintenzivněji zmrazují. Růst krystalů by hrubě narušoval vnitřní strukturu rozpečeného těsta, zejména trojrozměrné sítě nadmolekulárních struktur bílkovin a škrobového gelu, což výrazně mění strukturu střídy po rozmrazení a dopékání a projeví se rychlým stárnutím dopečeného výrobku.

### **Zmrazování hotových pekařských výrobků**

Je cíleno především k rozšíření možností bezpečného skladování širokého sortimentu pečeného zboží (chleba, běžné pečivo, jemné pečivo), a to jak menších částí, tak celých bochníků, mazanců, štol apod. Postup zmrazování musí odpovídat velikosti (hmotnosti) výrobku a jeho tvaru, každý výrobek má svoji charakteristickou teplotní „křivku“ v závislosti na čase a teplotě zmrazování.

## **Průmyslové způsoby zmrazování**

V současné době se používají tři způsoby zmrazování:

- a) v proudu vzduchu,
- b) deskové zmrazovací zařízení
- c) kryogenní zmrazování
- d) dvojestupňové zmrazování

### **Zmrazování v proudu vzduchu**

Výrobek je vystaven proudu ledového vzduchu o teplotě - 29 až - 40 °C, původně v kartonech přímo v komorách. Zmrazování probíhalo velmi nerovnoměrně, uprostřed palet velmi pozvolna. Vysoké objemy zmrazovaných výrobků si vyžádaly kontinuální způsob pomocí víceřadých dopravníků; nyní standardně spirálové dopravníky.

### **Deskové zmrazovací zařízení**

Používá se výhradně ke zmrazování výrobků s plochým vnějším povrchem, následně balené. Zařízení tvoří sada plochých horizontálních zmrazovacích desek, mezi něž se umísťuje balíček, který je v přímém kontaktu s deskami; přenos chladu je velmi účinný. Po účinné době expozice se balíček dopravuje k balícím strojům (až 800 balení/12 ks/hod.). Předností je potřeba minimálního prostoru, nedostatkem malá flexibilita ve velikosti balíčků a vyšší provozní náklady (až dvojnásobné předchozímu).

### **Kryogenní zmrazování**

Zmrazuje na principu působení kryogenních plynů, především oxidu uhličitého, nebo preferovaného kapalného dusíku. Dusík je netoxický, chuťově neutrální (bez chuti a zápachu) a rozpustný ve vodě (tvoří 79 % atmosféry). Skladovací teplota je - 176°C, aplikuje se při teplotě - 43 až - 54 °C. V kontinuálním mrazícím boxu se rozprašuje přímo na výrobky, odnímá jim teplo a uvolňuje jej do okolní atmosféry. Teplota v boxu je řízena množstvím přiváděného kryogenu. Výhodou je značné zkrácení doby zmrazování, velmi jednoduchá aplikace; nevýhodou je značná cena kryogenu a s ní související vysoké provozní náklady (asi čtyřnásobné ceně zmrazování v proudu vzduchu).

### **Dvojestupňové zmrazování**

Provozní zkoušky ukázaly, že dvoustupňové zmrazování může být v závislosti na výrobku mnohem efektivnější. V první fázi se povrch těsta kryogenně zmrazí - vytvoří se na povrchu „krusta“, minimalizující ztráty vlhkosti, ve druhé se zmrazování výrobku dokončí při relativně vyšší teplotě (- 18 °C).

### **Rozmrazování těst a pekařských výrobků**

Zmrazená těsta se skladují při teplotě - 18 °C a nižší, rozmístí se na plechy nebo vozíky, na nichž se při řízené okolní teplotě rozmrazují (+ 38 °C / ø15 min.). Během rozmrazování, zejména syrového těsta, se musí s výrobkem zacházet velmi šetrně, aby nedošlo k poškození jeho jakosti.

Zmrazené pečivo má po dobrém rozmrazení všechny znaky jakosti pečiva čerstvého, jeho nevýhodou je, že stárne velmi rychle – až dvojnásobnou rychlostí. Zmrazená těsta pro domácí zpracování (např. listové, atd.) mají velkou přednost v dlouhodobé skladovatelnosti, ale po rozmrazení je třeba je zpracovat téměř neprodleně, protože urychleně podléhají zkáze.

Přes veškeré dosud nedořešené problémy a nedostatky lze podle Příhody a kol. (2003) s jistotou říci, že zmrazování těst a pekárenských výrobků v různé fázi rozpracovanosti

představuje významný trend, který spolu s pokroky ve výrobě trvanlivého pečiva silně ovlivní nejen pekárenský průmysl budoucnosti, ale i stravovací návyky konzumentů.

## 6 SNACK VÝROBKY

Původním názvem Snack Foods, jsou podle Pelikána (2004) lehké přesnídávkové nebo zákuskové typy, obvykle chuťově výrazných potravinářských výrobků. Nejsou součástí základní stravy, jsou konzumovány při méně významných společenských příležitostech, jsou součástí drobného občerstvení v bufetech apod. Tvoří mezistupeň mezi čerstvým a trvanlivým pečivem. Základem velké části těchto výrobků jsou cereálie, často jsou obohacovány aminokyselinami, vitamíny, stopovými prvky, vlákninou apod. Poměrně velká část obsahuje kukuřičnou krupici nebo mouku, mají určitý podíl tuku. Dělí se na 4 skupiny:

- pečené a pražené výrobky,
- smažené výrobky,
- expandované výrobky,
- přesnídávkové směsi.

### **Pečené a pražené výrobky**

Pečení napomáhá kypření tím, že v těstě vytvořený plyn expanduje. Jde o prudké zahřívání, při němž materiál popraská a zvětší objem.

- **crackery** – připravené těsto s droždím nebo chemickým kypřidlem je laminováno (rozváleno a několikrát překládáno), po upečení se postříkuje tukem (kokosový nebo arašídový olej) a do těsta bývají přidávána různá ochucovadla.
- **pražená kukuřičná zrna („pop corn“)** – zrna kukuřice pukancově praskají při pražení v normální atmosféře,
- **pražené masové kuličky** - pražení malých kousků tučného masa (bůčku), používané k pivu, vínu (americká specialita, u nás neznámá),
- **pražené ořechy** – různá jádra; po upražení se sypou solí nebo obalují v polevě.

### **Smažené výrobky**

K nakypření výrobku dochází buď expanzí plynu, vzniklého v těstě již při kynutí, nebo expanzí vody, vmíchané do těsta, jenž se mění v páru.

- **lupínky z brambor (potato chips)** smažené na oleji,
- **lupínky z kukuřice (corn chips)** ze speciálního těsta z kukuřičné krupice.

### **Expandované výrobky**

Jedná se o mechanicko-termický způsob nakypření (expanze vodní páry a plynu) v těstě. Dochází ke stlačení směsi značným tlakem při současném zahřátí a pak náhlém mžikovém vypuštění směsi do prostředí s atmosférickým tlakem. Přitom dochází k prudké expanzi vodní páry a plynů uvnitř výrobku, dojde k ochlazení výrobku na okolní teplotu, hmota okamžitě ztuhne a má křehkou strukturu tuhé pěny.

- **pufované** – propařená obilná zrna pod tlakem se „vystřelí z děla“ do atmosférického tlaku (rýže – burizony),
- **extrudované polotovary** – jde o extruzi bez plné expanze. Výrobky připomínají syrové těstoviny – pelety; ke konzumu se připravují ponořením do horkého oleje na několik vteřin - plyny **expadují**,
- **extrudované výrobky** (extruzně vařené) za takových teplot a tlaků, že je výrobek kompletně provařen a je hotov ke konzumaci (křehký chléb).



Proces **extruze** pobíhá ve šnekovitém extrudéru; v první části je materiál promícháván a transportován do další části. Tam je vysoce stlačován (ve zmenšujícím se prostoru), zahříván a za vysokého tlaku promícháván, dopraven do další části až do místa, kde je za otvorem „uvolněn tlak“ a materiál expanduje.

Extrudér je vybaven topným a chladícím systémem, regulovatelným tlakem i teplotou. Chemické a fyzikálně-chemické pochody při extruzi působí na **škrob a bílkoviny**.

**Škrob – mazovatění a degradace amylozy**, porušují se vazby 1-, 4-, přibývá nízkomolekulárních polysacharidů, ne však monosacharidů. Některé enzymy zůstávají aktivní.

**Bílkoviny denaturují** během posunu, ubývá AMK citlivých na oxidaci (cystin, metionin, tryptofan), probíhají reakce neenzymatického hnědnutí.

**Ztráty na vitamínech** – dle podmínek extruze - B1 citlivý, max.do 30 %, dosti stabilní jsou pyridoxin, kys.listová, niacin.

#### **Suroviny pro extruzi:**

- kukuřice – nejpoužívanější je kukuřičná krupice (do 1,4 mm), je vhodnější než mouka; expandování ovlivňuje množství a kvalitu škrobu,
- pšenice – mouka – pro vyšší obsah bílkovin je nižší expandovatelnost (podobně u žita) triticales – vyžaduje vyšší teploty
- rýže – je vhodným materiálem, podobně jako krupice z čiroku,
- oves – je nejkvalitnější zdroj cereálií, vlivem tuku a sacharidů snižuje efekt expanze.

Pro **dochucování** se používá řada koření, různých aromat, přírodních látek.

#### **Přednosti extruze:**

- hygienická hodnota se zvyšuje, ničí kontaminující mikroflóru i antinutriční látky bílkovinné povahy, poškození látek termolabilních je minimální (proces trvá jen několik sekund),
- narušený škrob a bílkoviny jsou snadněji stravitelné.

#### **Přesnídávkové směsi**

Jedná se o moderní výrobek, v zahraničí nazývaný jako „breakfast cereals“, připravované k polítku mlékem.

Jsou to:

- obilné kaše,
- instantní ovesné vločky i vločky z jiných obilnin,
- suché směsi.

Velkého rozšíření dosáhly vločky „corn flakes“ z kukuřičné krupice se solí či jiným ochucením.

Směsi různých přírodních materiálů jsou vyráběny jednak **nutričně vysoce hodnotné**, jako **müsli**, dříve u nás Avenka (cukr, hrozinky jádroviny), jednak s **balastními látkami**, jež jsou **nízké energeticky, obsahují zvýšený obsah vlákniny nebo pektinu**.

## 7 VÝROBA TĚSTOVIN

**Těstoviny** jsou nekynuté výrobky, připravené z pšeničné suroviny (krupice nebo mouky) a vody, případně dalších přísad. Na rozdíl od pekařských a cukrářských výrobků nejsou tedy při výrobě kypřené ani cíleně tepelně opracovávány (nyní jsou v tržní síti i sušené těstoviny typu *Expres*). Do distribuce se dostávají buď **čerstvé (20 - 30 % vlhkosti)** nebo **sušené (do 13 % vlhkosti)**. Jejich předností je relativně snadná výroba, po uvaření dobrá stravitelnost a výživná hodnota, u sušených i velká trvanlivost.

**Nejvhodnější surovinou** je hrubá pšeničná mouka, u nejkvalitnějších tzv. **semolina**, což je krupice z tvrdé (sklovité) potravinářské pšenice (*Triticum durum*), cíleně pěstované ve středomořských státech (zejména Itálie), Francii, jižních oblastech Německa, Rakouska a Maďarska, ze zámoří především v Kanadě a USA. Je téměř průsvitná, nažloutlé barvy (karotenoidní a flavonoidní pigmenty jsou rozmístěny i v endospermu) a vyznačuje se vysokým obsahem tuhého, málo tažného lepku, který ve vodě málo bobtná. Při správném postupu sušení nenastává jeho objemová kontrakce, těstoviny nepraskají, udržují tvar a při vaření se nerozvářejí; mohou se proto vyrábět převážně jako nevaječné.

Důležitým kritériem jakosti mouky k výrobě těstovin je tedy **obsah a kvalita lepku, kvalita škrobu, barva a vyrovnaná granulace** (zrnitost) mouky. Je-li zrnitost vyrovnaná, mouka pohlcuje rovnoměrně vodu, což je podmínkou pro získání kvalitní těstoviny při jejím lisování i sušení. Je-li rozdílná, její jemnější části pohlcují převahu vody, a pro krátkost tohoto technologického kroku nemůže dojít k jejímu vyrovnání. Těstoviny pak nemají hladký, ale nesouvislý (popraskaný) povrch a vnitřní struktura je mramorovaná (nehomogenní).

Poněvadž *Triticum durum* dovážíme, používáme u nás k výrobě těstovin z domácích surovin zejména polohrubou a hrubou těstářskou mouku z pšenice obecné (*Triticum aestivum*), nebo směs mouky z pšenice tvrdé a obecné. Při výrobě **čerstvých těstovin** se používá větší množství vajec, voda, sůl a olivový olej, při výrobě **sušených těstovin** převážně velmi kvalitní semolina bez vajec. K výrobě těstovin **celozrnných** používáme celozrnnou pšeničnou mouku. **Speciální** těstoviny představují těstoviny plněné a instantní, vyráběné speciálním technologickým postupem, které se ke konzumu rehydratují.

Z přísad se do těstovin nejčastěji přidávají sušená **pasterovaná** vejce, zvětšující objem těstovin při vaření, zmenšující rozvářivost a zlepšující jejich barvu a chuť.

Porovnáme-li obsah nutričně ceněných látek u těstovin bezvaječných, vaječných a celozrnných, musíme mít na zřeteli především **obsah vlákniny (až 8 %) u těstovin celozrnných**. Ten je možno povýšit přidávkem sušené zeleniny a udržet i množství cholesterolu v těstovinách vaječných v přijatelném množství. Vaječné a celozrnné těstoviny převyšují obsahem minerálních látek výrobky semolinové. Obsah sacharidů se u těstovin pohybuje okolo 80 %. Převážně jde o sacharidy složité, při trávení pozvolna odbourávané, a proto jsou vydatným a dlouhodobým zdrojem energie. Přesto je průměrné množství energie u sušených těstovin poměrně nízké (350 kcal/100 g), nízký je též podíl tuku; obsah bílkovin je asi 15 %. Výživnou hodnotu a chuť lze též zlepšit přidávkem sušeného mléka, sójové mouky, bílkovinných izolátů a pšeničných klíčků, což může někdy i zhoršit technologické a senzorické vlastnosti. Do těstovin se někdy přidávají i různé bylinky a zelenina, takže finální produkt je nejen **ochucený, ale i barevně typický** (rajče, červená řepa, paprika, mrkev – červený, špenát – zelený, tekutina ze sepie – černý, karob – hnědý).

**Technologický postup výroby těstovin** spočívá v:

- 1) přípravě mouky (prosévání, míchání, mísení, předeřívání) a ostatních surovin,
- 2) přípravě těsta – mísení, míchání, hnětení, lisování, tvarování, řezání,
- 3) osoušení, předsušení a sušení, napařování, chlazení,
- 4) uskladnění, zrání, třídění, kontrole jakosti, balení a expedici těstovin.

**Moderní kontinuální výrobní postup** včetně dávkování do rychlomíchače je celý řízen PC. Spočívá v tom, že se **mouka smísí s vodou**, teplou cca 30 °C, max. do 30 % na mouku s příp. přísadami, na tuhé těsto. Po asi **25 min. prohnětení** je těsto mohutným vakuovým šnekem dopraveno do komory **lisu**, kde je „homogenizováno“ (pod tlakem až 15 MPa) až do konzistence „k lisování“ a protlačováno otvory v **matrici** (s teflonovými či bronzovými hlavicemi) a **noži je ukrajována** požadovaná délka (u dlouhých těstovin). Případné vzduchové bublinky (poškozující vzhled i jakost těstoviny) se odstraňují vakuováním prostoru. Vznikající nadměrné **teplo se odvádí** chlazením na teplotu do 40 °C v hlavě lisu. Odnášené těstoviny se cca 5 min. **osušují** v osoušeči (trabata), aby se v další části technologie vzájemně neslepovaly (čímž se odstraní voda z povrchu a sníží vlhkost asi o 2-3 % vlhkosti).

Pak se **předsušují** v předsušárně proudem teplého vzduchu (**65 °C**), kde ztratí asi 12 % vlhkosti. Nejnáročnějším krokem při jejich výrobě je **vlastní sušení**, které musí být pozvolné zejména u dlouhých těstovin. Při sušení (na 12 - 13 % finální vlhkosti) je třeba dosáhnout souladu rychlosti odpařování vody z povrchu těstoviny s migrací vlhkosti z jádra (středu) těstoviny k jejímu povrchu, aby se netvořily na povrchu trhliny.

**Popraskané těstoviny** (zejména na povrchu) se pak snadno lámou a jsou **méně odolné proti rozvážení**. Proto sušení probíhá pozvolna ve dvou až třech stupních. Nejprve se těsto předsušuje vzduchem teplým 40 - 50 °C asi 1 hod. a pak dosouší v postupně klesající teplotě (až na 25 °C) v závislosti na velikosti těstovin - u tenkých a krátkých na pásech 8 - 12 hod., u dlouhých až 30 hod. v kontinuálních sušárnách zavěšeny na kovových tyčích, na nichž prochází celou linkou; u starších typů na lískách komorových sušáren i déle.

**Současné postupy** v moderních velkokapacitních (až 1500 kg suchých těstovin/hod) zařízeních (fy Bühler, Pavan, Fava) využívají **vysokých teplot (130 °C)** a vysokých RV (80 %) a suší cca 2,5 hod. **Výrobek je vysoce kvalitní, sklovitý a tmavne** (až karamelizují cukry) **na povrchu** (Maillardova reakce).

Po sušení se dlouhé těstoviny **nařezou** na finální délku, **chladí**, větrají a sbírají násypkami automatických balících strojů. Mají mít přirozeně stejnoměrně nažloutlou barvu, pravidelný tvar, hladký povrch, sklovitý lom, požadovanou pružnost a pevnost. Těstoviny semolinové jsou lesklé, průsvitné, na okrajích se lasturovitě lámou, výrobky z měkké pšenice jsou obvykle neprůsvitné, často se šedobílým nádechem.

Při **kontrole jakosti** se provádí **smyslové hodnocení a zkoušky vařením**, kdy se určuje vaznost, bobtnavost, sediment a rozvářivost a ze zkoušek **fyzikálně-chemických** provádíme stanovení vlhkosti, kyselosti a očkovitosti.

### **Sortiment**

U nás se v souladu se **současnou legislativou** (Vyhláška 268/2006 Sb.) vyráběné těstoviny rozdělují na: **bezvaječné, vaječné, semolinové, celozrnné a speciální**. Rozlišujeme dva druhy těstovin, a to těstoviny **čerstvé** a těstoviny **sušené**, které se vzájemně liší nejen tvarem, ale především způsobem výroby, obsahem vlhkosti a chutí.

## **HACCPs**

Výkon **preventivního dozoru** podle systému HACCP při výrobě těstovin zahrnuje následující základní písemné dokumenty, podle nichž je systém ve výrobním závodě realizován. Jsou to především:

- 1) Definice cílů,
- 2) Ustanovení pracovní skupiny systému kontroly HACCP, 3
- 3) Popis výrobku- u něhož se sleduje název výrobku, výrobce, místo výroby, cílový trh, druh výrobku, datum minimální trvanlivosti, popis výrobku, použité suroviny, alergeny mezi použitými surovinami (příp. i ve výrobních prostorách), způsob použití výrobku, popis balení, popis označování, požadavky na skladování, distribuce, skupiny spotřebitelů.
- 4) Diagram výrobního procesu s vyznačením míst CCP a CP a 5. Plán kritických bodů. Bývá pravidelnou součástí.

### **CCP při výrobě sušených těstovin:**

- a) bývá nejvážnější a nejčastěji signován jako CCP- PROCES SUŠENÍ,
- b) v případě dalšího bodu bývá často CCP- KONTROLA DETEKCE KOVŮ (ocel, nerez ocel, neželezné kovy), protože používaná technologie výroby je téměř výlučně kovová, v řadě míst velmi zatěžovaná.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

CABALLERO, B.: Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Amsterdam: Elsevier, 2003. ISBN 0.12.227055-X.

BELITZ, H.D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P.: Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2001, 572 s. ISBN 3-540-41 096-1.

DAMODARAN, S., PARKIN, K.L., FENNEMA, O.R.: Fennema's Food Chemistry. Fourth Ed., Boca Raton, London, New York: CRC Press. 2008. 1144 s. ISBN 0-8493-9272-1.

HRABĚ, J., KOMÁR, A.: Technologie zbožížnalství a hygiena potravin. III. část. Technologie zbožížnalství a hygiena potravin rostlinného původu. Vyškov: VVŠ PV. 2003. 168 s. ISBN 80-7231-107.

KUČEROVÁ, J.: Technologie cereálií. Brno: MZLU, 2004. 141 s. ISBN 80-7157-811-8

PELIKÁN, M., a kol.: Technologie sacharidů. Brno: MZLU, 2004. 154 s. ISBN 80-7157-407-4.

PELIKÁN, M.: Zpracování obilovin a olejnin. Brno: MZLU, 2004. 152 s. ISBN 80-7157-195-4.

PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D.: Základy pekárenské technologie. Praha: Pekař a cukrář, s.r.o., Odborné nakladatelství \*Svaz pekařů a cukrářů, 363 s. ISBN 80-902922-1-6.

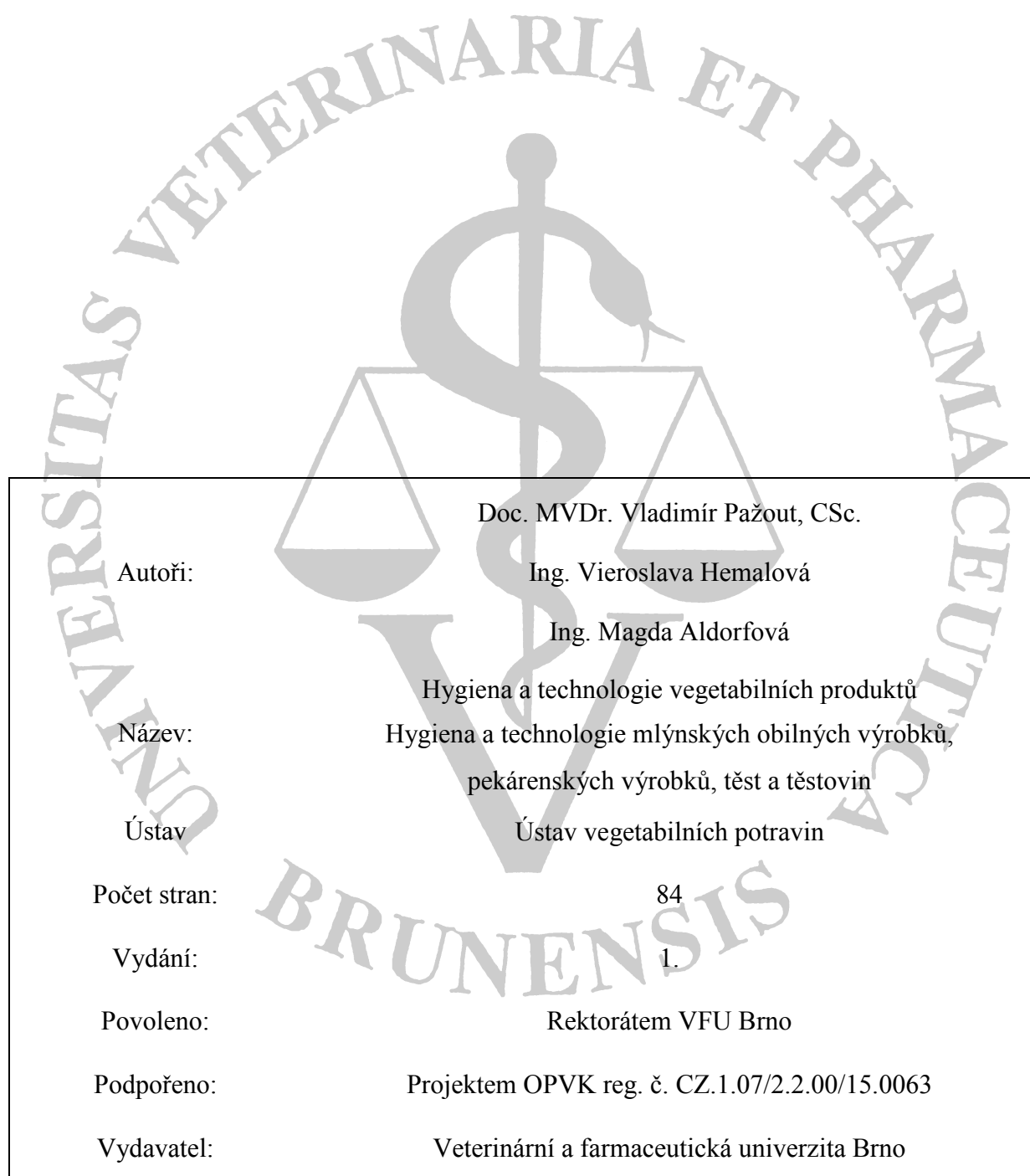
PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M.: Hodnocení kvality. Aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České Republiky, 2007. 187 s. ISBN 978-80-239-9475-9.

SCHERZ, H., SENSER, F.: Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen 1989/90. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 1989. 1027 s.

SEIDEL, A. a kol.: Food and Feed Technology. Volume 1+2. Hoboken, New Jersey: J.Wiley & Sons. 2008. 897 s.+ 863 s. ISBN 978-0-470-17448-7.

Vyhláška č. 333/1997 Sb. Ministerstva zemědělství ze dne 12. prosince 1997, kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů. *Sbírka zákonů 1997*, č. 111, s. 6786 – 6809.

*\*děkuji za souhlas k použití obrázků*



Autoři:

Doc. MVDr. Vladimír Pažout, CSc.

Ing. Vierošlava Hemalová

Ing. Magda Aldorfová

Název:

Hygiena a technologie vegetabilních produktů  
Hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků,  
pekárenských výrobků, těst a těstovin

Ústav

Ústav vegetabilních potravin

Počet stran:

84

Vydání:

1.

Povoleno:

Rektorátem VFU Brno

Podpořeno:

Projektem OPVK reg. č. CZ.1.07/2.2.00/15.0063

Vydavatel:

Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

**ISBN 978-80-7305-610-0**