

Vliv modifikace postupu pekařského pokusu na kvalitu kukuřičného pečiva

Bc. Vladislava Lichnovská

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vladislava LICHNOVSKÁ**
Osobní číslo: **T10516**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv modifikace postupu pekařského pokusu na kvalitu kukuřičného pečiva**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika kukuřice *Zea mays* L.
2. Technologie mlýnského zpracování kukuřičného zrna
3. Technologické a nutriční vlastnosti kukuřičné mouky
4. Výroba běžného pečiva

II. Praktická část

1. Materiál a metodika
 2. Výsledky a diskuse
 3. Závěr
-

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. [1] MUCHOVÁ, Z. *Technológia spracovania cereálií*. 2. vyd. SPU v Nitre, 2007, 194 s. ISBN 978-80-8069-980-2
2. [2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I, cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1.vyd. VŠCHT Praha, 2003, 202 s. ISBN 80 7080-530-7.
3. [3] COLLADO, S. L., CORKE, M. *Starch properties and functionalities*. In KALETUNC, G. and BRESLAUER, K. *Characterization of cereals and flour, properties, analysis and application*. New York, Basel, 2003, 473 - 500.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

1. července 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

13. září 2012

Ve Zlíně dne 1. července 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně.....

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce byla zpracována na téma „Vliv modifikace postupu pekařského pokusu na kvalitu kukuřičného pečiva“. Zabývá se charakteristikou kukuřice *Zea mays* L., mlýnským zpracováním kukuřičného zrna, technologickými a nutričními vlastnostmi pekařských mouk a použitím při výrobě běžného pečiva. Cílem práce bylo zkoumat vliv modifikace pekařského pokusu na kvalitu kukuřičného pečiva, zejména vliv podílu spařené a nespážené kukuřičné mouky na pekařskou jakost a texturní vlastnosti pečiva. Práce byla provedena na 11 vzorcích kukuřičné směsi sestavené z různých poměrů spařené a nespážené mouky. U vzorků s vyšším podílem spařené mouky se zvyšuje výška bochníku a snižuje kohezivnost. Bylo prokázáno podstatné zlepšení textury kukuřičného pečiva při použití spařené kukuřičné mouky.

Klíčová slova: škrob, mazovatění, kukuřičná mouka, pekařský pokus, spaření, bezlepkové pečivo.

ABSTRACT

The aim of diploma thesis was to study the effect of the modification of baking test on the quality of corn bread. The characteristics of the *Zea mays* L., corn milling, processing and nutrition characteristics of flour and the application in the bakery products production was described. The work was based on modification of the baking test and its impact on the gluten free bakery products production. Eleven samples with different amount of the raw and scalded corn flour were tested. Higher amount of the scalded corn flour increases height and decreases cohesiveness of the loaf. It was shown a significant improvement of corn bread texture characteristics using by corn scalded flour.

Keywords: starch, gelatinization, corn flour, baking test, scalding, gluten free bakery products.

Děkuji vedení společnosti MLÝN HERBER spol. s. r.o., Opava-Vávrovice za poskytnuté vzorky kukuřičné mouky.

Ráda bych poděkovala celé své rodině za podporu.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA KUKUŘICE	12
1.1 PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE.....	12
1.1.1 Kukuřice <i>Zea mays</i> L.	13
1.2 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ KUKUŘIČNÉHO ZRNA.....	14
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KUKUŘIČNÉHO ZRNA	15
1.3.1 Voda	15
1.3.2 Sacharidy	15
1.3.2.1 Škrob	16
1.3.3 Bílkoviny.....	18
1.3.4 Tuky	19
1.3.5 Vitamíny a minerální látky.....	19
2 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ KUKUŘIČNÉHO ZRNA.....	20
2.1 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ.....	20
2.2 ODKLIČKOVÁNÍ.....	22
3 TECHNOLOGICKÉ A NUTRIČNÍ VLASTNOSTI KUKUŘIČNÉ MOUKY	24
3.1 VLASTNOSTI MOUKY	24
3.2 VYUŽITÍ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	25
4 VÝROBA BĚŽNÉHO PEČIVA.....	26
4.1 SUROVINY A PŘÍSAKY	26
4.1.1 Mouka	26
4.1.2 Voda	27
4.1.3 Droždí.....	28
4.1.4 Sůl	28
4.1.5 Cukr.....	28
4.1.6 Tuky	28
4.1.7 Emulgátory	29
4.1.8 Ostatní suroviny	29
4.2 ZPŮSOBY VEDENÍ TĚSTA.....	29
4.2.1 Hnětení	30
4.2.2 Zrání těst.....	30
4.2.3 Dělení, tvarování, dokynutí.....	31
4.2.4 Pečení	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 CÍL PRÁCE	33
6 MATERIÁL A METODIKA	34
6.1 VZORKY MOUKY	34
6.2 PEKAŘSKÝ POKUS.....	34
6.2.1 Postup přípravy těst.....	34

6.2.2	Hodnocení bochníků	37
6.2.3	Analýza textury	37
6.2.4	Statistické vyhodnocení dat – ANOVA	37
7	VÝSLEDKY A DISKUSE	39
7.1	PRŮBĚH PŘÍPRAVY A HODNOCENÍ TĚST	39
7.2	VLIV PODÍLU SPAŘENÉ MOUKY NA KVALITU BOCHNÍKŮ	40
7.2.1	Hmotnost klonků po kynutí.....	40
7.2.2	Hmotnost bochníků	41
7.2.3	Ztráta pečením.....	42
7.2.4	Šířka bochníků	43
7.2.5	Výška bochníků.....	44
7.2.6	Poměr výšky k šířce	45
7.2.7	Tvrdost	46
7.2.8	Lepivost.....	48
7.2.9	Elasticita.....	49
7.2.10	Kohezivnost.....	50
7.2.11	Gumovitost.....	51
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Jednou z plodin, která má nezastupitelnou roli ve výživě člověka a pro absenci lepku je využívána a doporučována pro bezlepkovou dietu, je kukuřice a výrobky z ní [1].

V potravinářském průmyslu slouží kukuřice dále jako zdroj vysoce kvalitního oleje, škrobu, glukózy, fruktózového sirupu, mouky, kukuřičných lupínek aj. Kukuřičné výrobky mlýnského zpracování jsou součástí mnohých zlepšovacích směsí určených pro pekařskou praxi [2,3].

Výskyt celiakie nebo jiné alergické reakce či nesnášenlivost lepku se zvyšuje především díky používání nových diagnostických postupů a díky změnám ve stravovacích návycích. To má za následek rostoucí trh vysoce kvalitních bezlepkových produktů. Lepkové bílkoviny v pšeničné mouce, které jsou zodpovědné za elastické vlastnosti těsta, přispívají ke vzhledu struktury mnoha pekařských výrobků. Proto mají v současné době bezlepkové pekařské výrobky dostupné na trhu nízkou kvalitu a krátkou dobu trvanlivosti [4].

Chléb z kukuřičného škrobu byl v minulosti vyvinut za pomoci přídavku xantanové gumy vytvářející strukturu výrobku, s dobrým výsledným objemem, ale s hrubou střídou a nedostatečnou chutí [4].

Pro nalezení optimální pekařské jakosti kukuřičných výrobků bylo v této práci použito spařené kukuřičné mouky, která sloužila jako složka vytvářející strukturu těsta.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA KUKUŘICE

Kukuřice *Zea mays* L. je jednoletá, jednoděložná, cizosprašná rostlina patřící do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*) [2].

Kukuřice je robustní jednoletá tráva dorůstající výšky 1–3 m. Rostlina má svazčitý kořenový systém, pronikající hluboko do půdy 1,5–3 m. Kořeny mají rozhodující význam pro příjem živin a vody, zvláště v období sucha a při změnách teplot. Působí na vývoj, chování a růst celé rostliny i zralost generativních orgánů. Stéblo (*culmus*) kukuřice je vyplněno dřevinou a je zásobním orgánem. Stéblo (*culmus*) je rozděleno na kolénka (*nodus*) a na články (*internodium*). Listy kukuřice jsou protistojné, přisedlé s listovými pochvami a souběžnou žilnatinou. Dlouhé, tenké, ploché útvary zabezpečují maximální absorpci slunečního záření a zajišťují transport plynů mezi vnitřním prostředím listů a okolní atmosférou. Čepele jsou cca 30–90 cm dlouhé a 1,5–2 cm široké. Samčí tyčinkovité květy tvoří vrcholovou latu klásků. Samčí klásky (*spicula*) jsou uspořádány v párech, z nichž jeden je stopkatý a druhý přisedlý; každý klásek obsahuje dva květy. Samičí pestíkové květy vyrůstají z úžlabí listu, vytvářejí ztlustlý klas (*spica*) s hrubou hlavní osou, který se u široce pěstované kukuřice seté nazývá palice, nejčastěji od 2–5 cm, vzácněji až 10 cm silný. Každý klas se skládá z obilek (*caryopsis*), které tvoří 8–10 řad. V každém klasu je 60–1 000 obilek [3].

1.1 Podmínky pěstování kukuřice

Pěstování je soubor všech zásahů člověka, kterými se snaží zlepšit vnější a vnitřní prostředí rostlin nebo zmírnit negativní dopad biotických či abiotických vlivů. Žádná jiná plodina se nepěstuje na tolika různých půdách a v tolika rozličných klimatech. Kukuřice je rostlina teplomilná, k průběhu životního cyklu potřebuje od 1 700 do 3 120 °C tepelné sumy. Obsah vody v organismu kukuřice je rozhodujícím činitelem asimilace, proto i vlhkost půdy a podmínky pro příjem vody kořenovým systémem a intenzita transpirace ovlivňují stupeň využití světla při tvorbě asimilátů. Dlouhé přímé osvětlení slunečných dnů způsobuje velké přírůstky organické hmoty. Růst asimilační plochy omezuje jen transpirace, při níž může za silného svitu a vysoké teploty dojít k deficitu vody v rostlině [5,6,7].

Vytváření optimálních podmínek růstu a vývoje kukuřice je založeno na podzimní úpravě půdy podle vlastností zeminy. Důležité je vytvoření ideálních podmínek

pro zachycení vláhy a udržení srážkové vody. Doporučuje se orat do hloubky 20–25 cm pro rozvinutí kořenového systému. V jarních měsících pro potřeby klíčení zrna kypřit pouze na setí 5–10 cm, nenarušit kapilaritu a přirozenou výměnu vzduchu. Standardní setí kukuřice je dáno teplotou půdy 8–10 °C a raností odrůd (velmi rané, rané, středně rané, středně pozdní). Rané setí vede k prodloužení vegetační doby a k prodloužení optimální fotosyntézy o 14 dní s využitím jarní vláhy. Doporučená meziřádková vzdálenost pro pěstování kukuřice na zrno je 70–75 cm, což zajišťuje dostatek světla pro asimilaci, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry. Vzdálenost rostlin v řádku je 12–30 cm. Přehušťování porostů vede ke snižování podílu palic a pevnosti stébel a zpomaluje dozrávání, vede tak k nepříznivým ekonomickým výsledkům [6,8].

1.1.1 Kukuřice *Zea mays* L.

Druh *Zea mays* L., se podle charakteru endospermu zrna dělí na systematické jednotky (convariety) [9].

- Kukuřice koňský zub (*Zea mays convar. identita. dentoformis*) má zrno klínovitého tvaru se sklovitými bočními okraji, moučnatý endosperm proniká až k vrcholu zrna. Nerovnoměrné sesychání moučnaté a sklovité části vytváří jamku. Je pozdnější, ale výnosnější, hospodářsky je nejdůležitější convarietou.
- Kukuřice obecná, tvrdá (*Zea mays convar. indurata, syn. vulgaris*). Vyznačuje se tvrdým, lesklým, okrouhlým zrnem, moučnatý endosperm přechází na okraji ve sklovitý. Má nižší výnosy než koňský zub.
- Kukuřice polozubovitá (*Zea mays convar. aorista, syn. semi indentata*) tvoří přechod mezi předchozími formami. Jamka na vrcholu zrna je méně zřetelná, zrno má sklovitější endosperm než koňský zub.
- Kukuřice pukancová (*Zea mays convar. everta, syn. microsperma*) má menší zrno, tvrdý a sklovitý endosperm. Podle tvaru zrna se rozděluje na kukuřici rýžovou, se zobákovitě zakrouceným vrcholem, a perlovou, se zakulaceným zrnem. Používá se k přípravě pukanců a k výrobě vloček.
- Kukuřice cukrová (*Zea mays convar. saccharata*) má charakteristicky svaštělé zrno se sklovitým endospermem. Obsahuje amyloextrin rozpustný ve vodě. Používá se jako zelenina na vaření a konzervování. V Americe se stala jednou z nejrozšířenějších zelenin.

- Kukuřice škrobnatá (*Zea mays convar. amylacea*). Zrno má moučnatý charakter s matným povrchem. Pro vysoký obsah škrobu se využívá ve škrobárnách a lihovarnickém průmyslu.
- Kukuřice vosková (*Zea mays convar. ceratina*) má zrno podobné kukuřici obecné, sklovitý endosperm není průhledný a matný povrch zrna opticky připomíná vosk. Obsahuje dextriny, pěstuje se pro technické účely [9,10,11].

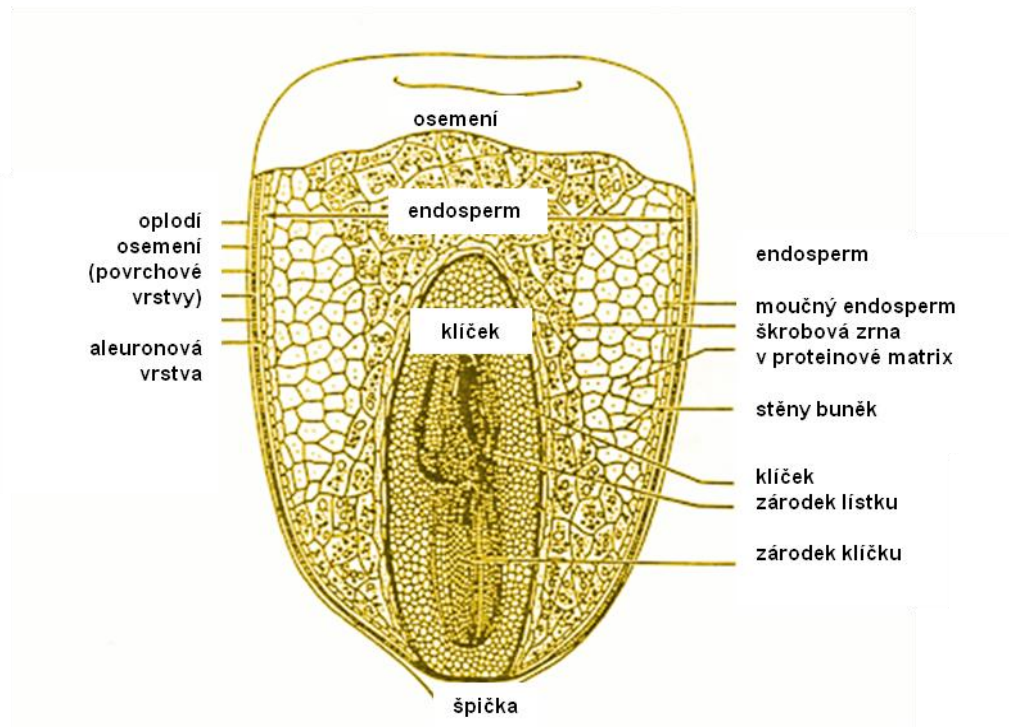
1.2 Anatomické složení kukuřičného zrna

Kukuřičné zrno má ve srovnání s ostatními obilovinami nízkou hmotnost a specifický tvar. Kukuřičná zrna váží 250–300 mg. Zrno je tvořeno čtyřmi anatomickými částmi [1].

1. špička zajišťuje připevnění zrna ke klasu
2. obaly plní funkci ochrannou
3. klíček zajišťuje růst nové rostliny
4. endosperm zásobárna živin, energie pro proces klíčení

Skladba jednotlivých vrstev zrna:

Oplodí, nejsvrchnější vrstvy pokožky, mají chránit zrno před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. Oplodí je tvořeno především celulórou. **Osemení** jsou povrchové vrstvy, nesoucí v buňkách barviva; podílejí se na vnějším barevném vzhledu zrna, při mlýnském zpracování zrna přecházejí do otrub. **Aleuronová vrstva** odděluje endosperm od vnějších vrstev, je tvořena jednoduchou vrstvou velkých buněk. **Endosperm** je největší částí zrna, buňky endospermu jsou naplněny škrobovými zrny umístěnými v kontinuální matrix amorfních bílkovin. V této matrix jsou řetězce bílkovin složené ze zásobních bílkovin zeinu. Složení kukuřičného zrna je znázorněno na (obr. 1) [1,6,8].



Obr. 1. Anatomické složení kukuřičného zrna [1]

1.3 Chemické složení kukuřičného zrna

1.3.1 Voda

Voda přítomná v kukuřičném zrně se nachází ve formě volné a vázané na hydrofilní koloidy. Volná voda slouží jako rozpouštědlo zabezpečující dopravu asimilátů a podílí se na tvorbě organických sloučenin. Mrzne při 0 °C a snadno se vypařuje. Vázanou vodu tvoří hydratační a sorpční voda, která nemá migrační vlastnosti a nemrzne ani při nižších teplotách. Z technologického hlediska dělíme zrna podle obsahu vody na mokré nad 17 % vody, vlhké nad 15,5 % vody, středně suché nad 14 % vody a suché 14 % vody [12,13].

1.3.2 Sacharidy

Sacharidy tvoří hlavní podíl obilného zrna i mlýnských výrobků. Sacharidy obilovin tvoří analyticky disperzní soustavu (pravé roztoky), procházející přes polopropustné membrány (difuze), tající a rozkládající se účinkem suchého tepla (kolem 100 °C) a koloidně disperzní soustavy. Tyto koloidně disperzní soustavy jsou nerozpustné v neutrálních rozpouštědlech, ve vodě bobtnají a vytvářejí za určitých podmínek

gely Podle počtu cukerných jednotek vázaných v molekule se sacharidy dělí na monosacharidy, oligosacharidy, polysacharidy a složené sacharidy [14,15].

Monosacharidy jsou základními stavebními jednotkami oligo- a polysacharidů, volně se vyskytují ve zralých obilných zrnech pouze v nepatrném množství, a to v především v klíčku. Největší význam má z hexóz glukóza, která tvoří základní stavební jednotku tvorby škrobu a celulózy [15,17].

Oligosacharidy jsou tvořeny molekulami monosacharidů vzájemně spojených glykosidickými vazbami. Významnými oligosacharidy jsou maltóza, isomaltóza a sacharóza. Ve zralém neporušeném a suchém zrně se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích. Pouze klíček obsahuje vyšší množství sacharózy. Maltóza vzniká jako předposlední produkt hydrolýzy škrobu a u narušeného škrobu se vyskytuje ve větším podílu. K tomu dochází často při porůstání zrna [13,16,17].

Polysacharidy obilných zrn se dělí na škrob a skupinu neškrobových polysacharidů. Z technologického hlediska jsou vedle bílkovin nejvýznamnější skupinou biopolymerů obilovin. [17].

1.3.2.1 Škrob

Nejvíce zastoupeným sacharidem v kukuřičném zrně je škrob. Pro cereální technologii je jeho přítomnost zcela zásadní, v obilkách a mlýnských výrobcích je významně zastoupen, informace o složení poskytuje (tab. 1). Na rozdíl od strukturních polysacharidů, které jsou součástí buněčných stěn, se škrob nachází v organelách cytoplazmy nazývaných plastidy. V obilném zrně je škrob především uložen v endospermu ve formě škrobových zrn, granulí, které mají druhově specifický geneticky daný tvar a rozměry. Kukuřičná škrobová zrna jsou velikosti 5–25 μm , jsou hranatá s dutinkou [18,19].

Uspořádání škrobového zrna je odlišné od struktury krystalové mřížky anorganických látek. Indikační metody studia krystalové struktury prokazují, že ve škrobovém zrně jde o obdobu krystalického uspořádání. Toto krystalické uspořádání představuje jen asi 30 % škrobového zrna a předpokládá se u amylopektinu [13,18].

Struktura většiny nativních škrobů je směsí amylozy a amylopektinu dvou homopolysacharidů složených z molekul α -D-glukopyranózy v ${}^4\text{C}_1$ konformaci, obvykle se vyskytují v hmotnostním poměru 1 : 3 Tento poměr může být měněn

genetickými modifikacemi. Lze pěstovat genotypy kukuřice s obsahem amylozy od 0 do 73 %. Odrůdy s vysokým obsahem amylozy jsou ideální pro průmyslové zpracování [13,20].

Amylóza je lineární α -D-(1 \rightarrow 4)-glukan, polymer disacharidu maltózy. Řetězec vytváří pravděpodobně vlivem vodíkových vazeb šroubovici, která se na různých místech ohýbá a může na některých místech tvořit smyčky. Obsahuje 500–2 000 glukózových jednotek a průměrná molekulová hmotnost se pohybuje mezi 10^5 – 10^6 . Amylóza obilovin je částečně esterifikována kyselinou fosforečnou a tvoří komplexy s lipidy. Z mastné kyseliny je navázána vlastní karboxylovou skupinou na glycerol, zbylý volný uhlovodíkový řetězec může s amylozou vytvořit inkluzní komplex, který napomáhá stabilizovat rozložení vody a tuku ve struktuře částečně zmazovatělého škrobu pečením [18].

Tab. 1. Obsah škrobu a jeho složení ve významných zdrojích – upraveno [14]

Potravina	Škrob %	Amylóza %
Pšenice	59–72	24–29
Žito	52–57	24–30
Kukuřice	65–75	24–26

Amylopektin se skládá z řetězců D-glukózových jednotek vázaných α -(1 \rightarrow 4) vazbami (polymer maltózy), z nichž se po 10–100 (průměrně po 25) jednotkách odvětvují vazbou α -(1 \rightarrow 6) z postranního řetězce (stavební jednotkou je isomaltóza). Stupeň polymerace bývá 50 000–1 000 000, molekulová hmotnost mezi 10–200 MDa. Makromolekula má mnohonásobně větvenou strukturu, kterou tvoří 3 typy řetězců – vnější řetězce A, vnitřní B a hlavní řetězec C. Molekula amylopektinu má jeden redukující konec hlavního řetězce [14].

Nejvýznamnější fyzikální vlastností škrobu je schopnost bobtnání, mazovatění a retrogradace. Škrobová zrna ve studené vodě mírně bobtnají, přijímají cca 30 % vody. Bobtnání nabývá na intenzitě se zvyšující se teplotou a pokračuje i při stejné teplotě s časem. Na začátku zahřívání zrna jen bobtnají, zvětšují svůj objem, stoupá viskozita suspenze. V průběhu dalšího zahřívání se do vody uvolňují molekuly amylozy a rozrušují

se plně nabobtnalé části škrobového zrna. Když dojde ke zmazovatění veškerého nerozpustného škrobu, začíná viskozita klesat. Teploty mazovatění jsou u různých škrobů rozdílné, u pšeničného od 60–64 °C, žitného od 57–70 °C, kukuřičného od 62–70 °C, zpravidla se pohybují mezi 55–70 °C. V pekařském těstě v průběhu pečení nikdy nedojde k úplnému mazovatění škrobových zrn. Dochází k bobtnání a jen jejich povrch může mazovatět, neboť k úplnému zmazovatění není v těstě dostatek vody [13,15,21].

Rychlost štěpení škrobu je závislá na velikosti škrobových zrn. Nejrychleji se štěpí menší škrobová zrna. Při enzymatickém rozkladu amylázou se škrob štěpí přes dextriny na disacharid maltózu, a ta je maltázou hydrolyzována na glukózu [20].

Do skupiny neškrobových polysacharidů se řadí celulóza. Je to vysokomolekulární lineární polymer D-glukózových jednotek vázaných glykosidickými vazbami β -(1-4). V obilkách se vyskytuje ve vyšších koncentracích ve vnějších obalových vrstvách. [13,15,20].

1.3.3 Bílkoviny

Obsah bílkovin v mouce je závislý na druhu, odrůdě rostliny a dalších faktorech. Množství bílkovin obilovin se zvyšuje od středu obilek k obalovým vrstvám, proto jejich obsah v konečných produktech mlýnského zpracování značně závisí na stupni vymletí.

Množství a složení bílkovin základních obilovin uvádí (tab. 2). Základními bílkovinami všech obilovin jsou albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Kukuřice obsahuje 9–12 % bílkovin. Kukuřičné bílkoviny tvoří asi z 50 % zein, který patří mezi prolaminy, 45 % bílkovin tvoří gluteliny. Limitními aminokyselinami jsou tryptofan a lysin [18,22].

Tab. 2. Bílkoviny obilovin a jejich složení [14]

Obilovina	Albumin	Globulin	Prolamin	Glutelin
Pšenice	Leukosin 14,7 %	Edestin 7,0 %	Gliadin 32,6 %	Glutenin 45,7 %
Žito	44,4 %	10,2 %	Sekalin 20,9 %	Sekalinin 24,5 %
Kukuřice	4,0 %	2,8 %	Zein 47,9 %	Zeanin 45,3 %

1.3.4 Tuky

Tuky tvoří rozsáhlou a významnou skupinu organických sloučenin vyskytujících se běžně v přírodě. Společnou vlastností je nerozpustnost nebo omezená rozpustnost ve vodě. Organickým rozpouštědlem je aceton, benzen, chloroform, toluen, hexan aj. Velké množství tuku obsahuje klíček kukuřičného zrna. Ten způsobuje oxidativní a enzymové změny a vede ke zhoršení kvality výrobků, proto se před mlýnským zpracováním odstraňuje a používá k výrobě vysoce kvalitního stolního oleje [23,24].

1.3.5 Vitaminy a minerální látky

Vitaminy se vyskytují zejména v obalových vrstvách a klíčku obilného zrna, endosperm je na množství vitaminů chudý. Nejvíce jsou zastoupeny vitaminy skupiny B (zejména thiamin a riboflavin). Ve světlých moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10–20 % původního obsahu vitaminů skupiny B v zrně. V tmavých moukách je zachováno až 40 % původního obsahu [18,25].

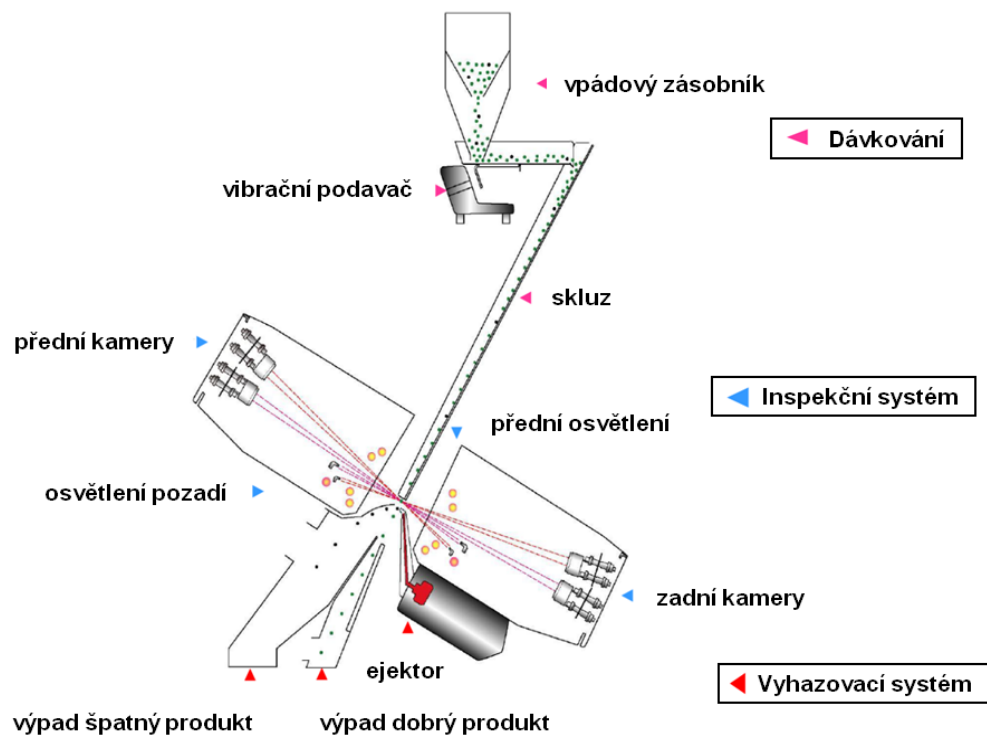
Minerální látky souhrnně označujeme jako popel, to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela se v celých zrnech pohybuje v rozmezí cca 1,25–2,5 %, s nejvyšší koncentrací v obalových vrstvách, nejmenší v endospermu. Obsah popela je základem pro klasifikaci mouk, používá se typové označení (např. mouka T 650 je tisícinásobkem obsahu popela 0,65 %). Popel obilovin je tvořen převážně oxidem fosforečným a kovy (hořčík, vápník, železo) [14,26].

2 TECHNOLOGIE MLÝNSKÉHO ZPRACOVÁNÍ KUKUŘIČNÉHO ZRNA

2.1 Způsoby zpracování

Kukuřice se obvykle zpracovává dvěma odlišnými způsoby, a to mokrým nebo suchým mletím. Před vlastním zpracováním se kukuřice čistí. Pro odstranění příměsí a nečistot se používá rozměrové třídění na sítích různých velikostí ok. Nečistoty rozměrově podobné, ale s rozdílnou specifickou hmotností, se odstraňují v odkaménkovači. Feromagnetické nečistoty jsou zachycovány permanentním magnetem [27,28].

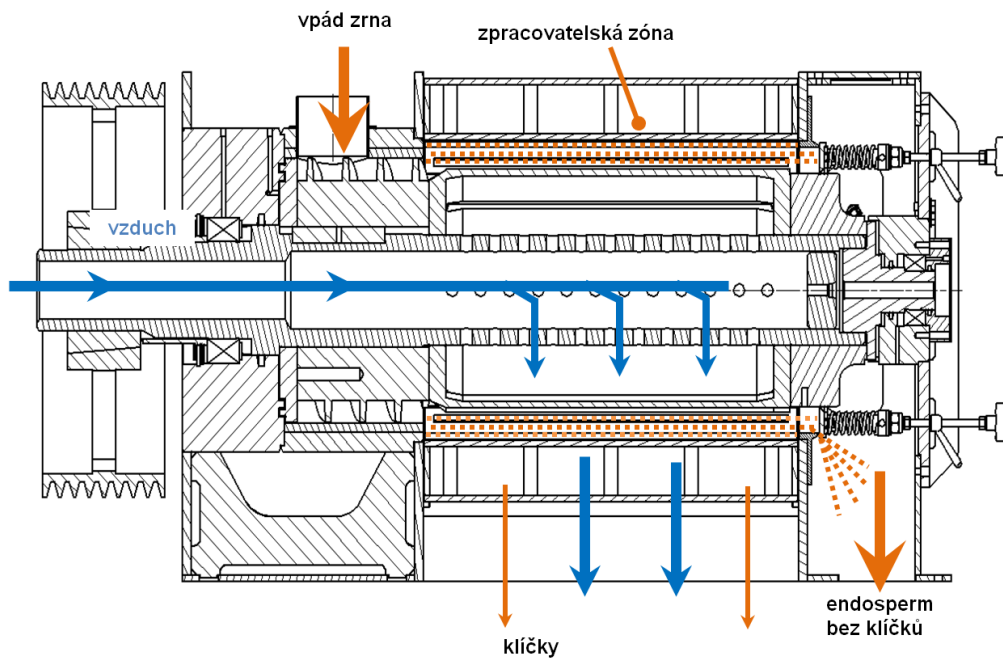
K modernímu způsobu čištění zrna patří optické třídění, které je znázorněno na (obr. 2). Při tomto způsobu třídění je proud zrna snímán kamerou, obraz je počítačem zpracován, vyhodnocen a následně je vzduchovým ejektorem nečistota odstraněna. Tento systém umožňuje detekci nežádoucích objektů v zrně základní plodiny, a to na základě tvaru, velikosti i barvy. Odstraňováním kaménků nahrazuje gravitační separaci. Vyloučením semen cizích rostlin minimalizuje možnost kontaminace bezpečných kukuřičných produktů lepem. Detekcí barevných změn zrna napadeného plísní snižuje obsah mykotoxinu v hotových výrobcích [29].



Obr. 2. Optický třidič SORTEX společnosti Bühler [29]

Mokrým mletím je zpracována kukuřice při výrobě škrobu. Kukuřice je nejprve propláchnuta teplou prací vodou a následně máčena 40–50 hodin ve vodě s obsahem 0,2% obsahu oxidu siřičitého při teplotě 50 °C. Máčení změkčuje zrna a dochází také k vyluhování některých rozpustných látek. Namáčecí voda je dále koncentrována a obohacována vitamíny a minerálními látkami pro výrobu CORN STEP LIQUOR. Po následném přemletí zrna je oddělen klíček od endospermu. Z odkličkovaného endospermu je oddělena vláknina tlakovým mytím v prací sekci. Zůstává směs škrobu a lepku. Lepek se odděluje od škrobu na odstředivkách a rotačních vakuových filtrech, kde se také částečně snižuje vlhkost před sušením v horkovzdušné sušárně, při kterém se snižuje obsah vody v lepku na 12 %. Škrobové mléko se koncentruje a čistí na hydrocyklónech. Z koncentrovaného škrobového mléka s vlhkostí cca 42 % se vyrábí kyselou nebo enzymatickou glykolózou glukózové sirupy nebo nativní i modifikované škroby sušené na obsah vody 11–12 % [30].

Při suchém mletí kukuřice, jehož schéma je zobrazeno na (obr. 3), jde především o fyzikální oddělení jednotlivých složek zrna, při kterém se oddělí klíček a obalové vrstvy od endospermu. Suché mletí začíná nakrápěním zrna a zvýšením jeho



Obr. 4. Pracovní schéma odklíčovacího stroje MHXM fy. Bühler [29]

Při dalších technologických operacích se oddělují od endospermu otruby a klíčky. Při oddělování otrub se využívá aerodynamických vlastností a odsávají se proudem vzduchu v aspiračních skříních. Rozdílů objemové hmotnosti klíčků a částí endospermu se využívá k jejich roztřídění na gravimetrických stolech [33].

Endosperm je rozměrově tříděn na sítích rovinných vysévačů a granulačně upravován na mlecích válcových stolicích. Mlecí válce jsou rýhované, počet a úhly rýh se volí podle požadované granulace konečných produktů. Hlavní produkty suchého mletí kukuřice jsou hrubé až jemné krupice, používané především při výrobě snídaňových cereálií, a mouka pro cukrářskou a pekařskou výrobu běžného, ale především bezlepkového pečiva a těstovin [27,33].

3 TECHNOLOGICKÉ A NUTRIČNÍ VLASTNOSTI KUKUŘIČNÉ MOUKY

Mouka je nejdůležitější pekárenskou surovinou. Obsah základních složek u vybraných druhů mouk je uveden v (tab. 3). Nejvýznamnější je využívání mouky pšeničné a žitné, především pro výrobu chleba a jiných druhů pečiva. Kukuřičná mouka je nositelem barevného pigmentu a pekárensky využitelného škrobu. U nás se používá v příměsích s pšeničnou moukou. Pro bezlepkovou dietu se kombinuje s jinými bezlepkovými plodinami (sója, amarant, pohanka, rýže). V posledních letech se výzkumníci snaží zlepšit kvalitu bezlepkového pečiva použitím hydrokoloidních přísad, enzymů, emulgátorů a gum tak, aby vytvořily strukturu těsta podobnou svými vlastnostmi těstu z pšeničné nebo žitné mouky. Arabinózy tak mají suplovat lepek, který se podílí na textuře podobné pečivu z klasických surovin, zlepšují barvu kůrky, ale objem zůstává nízký. Výzkumy prokázaly, že pro bezlepkovou dietu lze uplatnit díl extrudované kukuřičné a rýžové mouky, která v procesu extruze vlivem tlaku a páry změnila svou strukturu a příznivě působí na výslednou jakost pečiva. Při použití extrudované suroviny je pečivo homogenní, má podobné vlastnosti jako z mouky pšeničné [13,21,34,35,36].

Tab. 3. Obsah základních složek vybraných mouk – upraveno [56]

Název mouky	Bílkoviny [g/kg]	Tuky [g/kg]	Sacharidy [g/kg]
Kukuřičná mouka	90,0	21,0	768,0
Pšeničná mouka	96,7	12,6	727,9
Žitná mouka	67,9	11,4	730,6

3.1 Vlastnosti mouky

Mouka je mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilí a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitého obilí. V našich pekárnách se zpracovává mouka žitná a pšeničná. Žitná mouka se používá téměř výhradně k výrobě chleba a některých druhů běžného pečiva. Těsta vyrobená z žitné nebo pšenično-žitné směsi mají dostatečné množství cukrů, není je třeba přidávat. Žitná mouka obsahuje

dostatek enzymu, který ze škrobu odbourává zkvasitelné cukry a zajišťuje plynulé kvašení. Pšeničná mouka má více bílkovin, proto těsta pšeničná jsou pružnější, pevnější a lépe tvarovatelná. Nedostatek enzymů se nahrazuje přidáním zlepšovacích přípravků. Pšeničná mouka má méně zkvasitelných cukrů, proto se do všech kynutých pšeničných těst přidává malé množství cukru. [13,37,38,39].

3.2 Využití v potravinářství

Pro výživu lidí se vyrábí kukuřičná mouka hladká, krupice, strouhanka, kukuřičný škrob, extrudované chlebičky, křupky, lupínky corn-flakes, pop-corn. Oblíbená je kukuřice cukrová, která se sklízí mezi mléčnou a voskovou zralostí a jí se syrová, vařená nebo konzervovaná, a to buď samostatné obilky, nebo celé mladé palice. Široké uplatnění mlýnských výrobků z kukuřice je v přípravě těstovin a těst pro výrobu bezlepkového pečiva [6].

4 VÝROBA BĚŽNÉHO PEČIVA

Běžným pečivem je tvarovaný pekařský výrobek, vyrobený z pšeničné nebo žitné mouky, přísad a přídatných látek, který obsahuje méně než 8,2 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost obilných výrobků. Speciálním druhem chleba nebo pečiva je pekařský výrobek, který obsahuje kromě mlýnských výrobků z pšenice a žita další složky, jako obiloviny, olejninu, luštěniny nebo brambory, v množství nejméně 10 % z celkové hmotnosti mlýnských výrobků [40,41].

4.1 Suroviny a přísady

Mezi hlavní suroviny pro výrobu pekařského výrobku patří mouka, voda, droždí a sůl. Druhá skupina surovin a přísad je tvořena tuky, emulgátory, chemicky zlepšujícími prostředky, mléčnými a vaječnými surovinami, enzymy a dalšími surovinami [15].

4.1.1 Mouka

Fyzikální a chemické požadavky na jakost mlýnských obilných výrobků jsou uvedeny ve vyhlášce MZe č. 333/1997 Sb., ve znění vyhlášky 93/2000 a ve znění vyhlášek č. 268/2006 a č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích po úpravě zákonem 306/2000 Sb. Hlavním produktem obilné mlýnské výroby je mouka a krupice, tvořena podskupinami hladká mouka, polohrubá mouka, hrubá mouka, celozrnná mouka a hrubá pšeničná krupice, kukuřičná krupice, jemná pšeničná krupice. Pro technologickou výrobu v pekárenství jsou rozhodující tyto činitele [40,42]:

Vlhkost ovlivňuje především trvanlivost mouk a v menší míře také výtěžnost těst, její obsah smí být nejvýše 15 % [28].

Popel tvoří minerální látky obsažené převážně v aleuronové vrstvě. Jeho obsah se zvyšuje s intenzitou vymílání, která zvyšuje pravděpodobnost poškození škrobových granulí, které může mít nepříznivý vliv na chování těsta v průběhu technologického procesu [18].

Granulace výrazně ovlivňuje vlastnosti mouky i hotových výrobků při pekařském zpracování. Pro většinu výrobků jsou vhodnější mouky jemně zrnité. Mají větší cukrotvornou schopnost v důsledku zvýšeného počtu mechanicky narušených škrobových zrn, podléhajících snáze činnosti enzymů, a výbornou bobtnací schopnost vlivem relativně většího povrchu částic [18,40].

Číslo poklesu je uzanční charakteristikou pekařské kvality mouky. Používá se pro vyjádření míry poškození škrobu a aktivity amyláz. Umožňuje stanovit pekařskou vhodnost mouky. Číslo poklesu lze také využít při míchání směsi mouk různé kvality [38].

Vaznost je schopnost mouky koloidně vázat vodu. Mouky s vysokou vazností vody tvoří těsta pevná, pomalu zrající (silná mouka). Tyto mouky mají nízkou aktivitu enzymů, jejich škrob a bílkoviny jsou v těstě odbourávány jen nepatrně. Prodloužení procesu zrání vede k částečnému změknutí. Opačné vlastnosti mají mouky s nízkou schopností vázat vodu (slabé mouky). Mají vysokou aktivitu enzymů, které intenzivně kvasí a tvoří těsta měkká až roztékavá. U těchto vlastností mouky se musí snížit dávka vody a zkrátit proces zrání [18,13,43].

Amylázová aktivita popisuje vlastnosti sacharido-amylázového komplexu mouky. Viskozita je závislá na schopnosti škrobu mazovatět a na činnosti enzymů přítomných v mouce a s charakterem moučných bílkovin a slizů. Sacharido-amylázový komplex ovlivňuje tvorbu kypřících plynů v těstě, konzistenci těsta, barvu kůrky, vzhled a chuť výrobků. Příliš vysoká aktivita amyláz může způsobit přílišné ztekucení škrobu a snížit schopnost vázat vodu ve stříde pečiva v dostatečném množství [38,44].

Kyselost mouky je tvořena kyselé reagujícími složkami (fosforečnany, aminokyseliny, volné mastné kyseliny). Je ovlivněna stupněm vymletí a stářím mouky. Při dlouhodobém skladování mohou oxidační změny především mastných kyselin nepříznivě ovlivnit chuť mouky [38].

Vyzrání mouky je proces s řadou biochemických změn, výsledkem je zvýšení vaznosti mouky, výtěžnosti těsta a hotového výrobku. Nejvýznamnější jsou oxidační pochody v bílkovinách mouky, enzymové odbourávání moučných tuků, kdy uvolněné nenasycené mastné kyseliny příznivě ovlivňují jakost lepku a škrobu. Tyto změny se projevují mírným zvýšením aktivní kyselosti, zvýšením pevnosti a bobtnavosti lepku [45,46].

4.1.2 Voda

Pro pekařskou výrobu se používá voda pitná. Vyhláška Mzd. 376/2000Sb., stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly. V rámci EU uvádí požadavky na jakost vody pro lidskou spotřebu směrnice rady EU 98/83/EC z 3. 11. 1998. Množství vody je dáno recepturou a vazností mouky [13,47].

4.1.3 Droždí

Droždí je nejpoužívanější kypřicí prostředek, přidávaný do všech kynutých těst z pšeničné mouky. Droždí jsou lisované kvasinky čisté kultury druhu *Sacharomyces cerevisiae* Hansen. V těstě vyvolávají ethanolové kvašení, což je složitá biochemická přeměna cukru na ethanol a oxid uhličitý. Podstatou použití droždí je tvorba oxidu uhličitého, který těsto, a tím i hotový výrobek, kypří. Kromě toho vznikají v kvasných pochodech i jiné produkty (alkoholy, organické kyseliny, ketony, aldehydy nebo estery), dodávající výrobkům typické znaky kynutého pečiva. Kvalita droždí se kontroluje testem mohutnosti kynutí, je vyjádřena dobou, za kterou těsto za definovaných podmínek dosáhne určitého objemu. [14,48].

4.1.4 Sůl

Sůl jedlá funguje jako chuťová přísada a regulátor technologických procesů. Těsto činí tužším, protože vlivem osmotického tlaku dehydratuje bílkoviny, brzdí enzymatické a kvasné pochody. Sůl nikdy nepřidáváme přímo do kvasných stupňů, kde potřebuje vysokou fyziologickou aktivitu mikroorganismů. Do kynutých těst se přidává v malých dávkách cca 1–1,5 % na hmotnost použité mouky [15].

4.1.5 Cukr

Při technologickém postupu výroby těst kynutých droždím slouží přídavek zejména sacharózy jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky. Cukr je surovinou, jež ovlivňuje technologické procesy a organoleptické vlastnosti pečiva. Do běžného pečiva se přidává v množství 1–3 % sacharózy na hmotnost zpracované mouky. Vysoké dávky cukru působí negativně na kvasinky, brzdí kvašení. Dochází ke zvýšení osmotického tlaku v těstě, cukr vytváří s recepturní vodou koncentrovaný roztok a ten odnímá vodu z kvasících buněk, čímž dochází k urychlenému odumírání kvasinek. Vlivem přídavku cukru se mění sensorické vlastnosti pečiva, jeho chuti a při procesu pečení vlivem karamelizace dochází k zbarvení kůrky pečiva [30,33].

4.1.6 Tuky

Tuky mají řadu příznivých technologických vlastností. Při mísení kynutého těsta urychlují jeho vývin a tím snižují ekonomické náklady na energii. Zvyšují pórovitost a objem výrobků, protože se při pečení zpomaluje odchod páry z těsta a vypařování vody ze středy hotového výrobku. Při použití tuku cca 20 % se prodlužuje vláčnost a trvanlivost

výrobku, použitím nad 30 % tuku a výše se stávají výrobky křehkými, proto se vysokotuká a křehká těsta kypří vodní parou a chemicky. Negativní je dopad na vaznost mouky a zpomalení procesu fermentace nad 10 % tuku z hmotnosti mouky. Při hodnotách s obsahem tuku do 10 % pečivo snadněji vysychá a tvrdne. Vodové běžné pečivo a chléb lze vyrobit bez použití tuku. Tuky se přidávají do běžného pečiva mléčného, do jemných a trvanlivých výrobků [26,38].

4.1.7 Emulgátory

Jsou pomocné pekařské prostředky, které podporují vznik a stálost emulzí. V pekařské výrobě jsou to frakce vody a oleje nebo roztaveného tuku. Účinný emulgátor zvětší objem těsta a prodlouží vláčnost výrobku. Emulgátor obalí kapičku tuku ve vodě a tento stav se na určitou dobu stabilizuje. Mezi přírodní emulgátory patří lecitin, který je obsažený ve vaječném žloutku. [49,50].

4.1.8 Ostatní suroviny

Mezi ostatní suroviny patří zlepšující prostředky, a to mléčné a vaječné výrobky, enzymy a speciální přísady. K výrobě jsou používány antioxidanty, hydrokoloidy, modifikované škroby, látky aromatizující atd. [51].

4.2 Způsoby vedení těsta

S použitím moderních kombinovaných zlepšujících prostředků se dnes často užívá způsobu přímého vedení těst. Všechny suroviny se podle receptury smíchají a vyhnětou v těsto. Tento způsob vedení není náročný na čas, ale vyžaduje vysoce kvalitní vstupní suroviny a také zlepšovadla a vyšší dávku droždí. Bez použití moderních zlepšovatel, obsahujících aktivní látky, se přímé vedení těsta časově prodlouží o dobu zrání až 120 minut [27,46].

Nepřímé vedení je méně náročné na suroviny, nevyžaduje zlepšující přípravky, je však náročnější na odbornou zkušenost obsluhy. Technologický proces několikasupňového vedení těsta je náročný na prostor a čas. Z části mouky, vody, z veškerého recepturního droždí a enzymů se vyrobí řídký kvasný stupeň, nechá se prokvasit, přidají se zbývající suroviny a vymísí se těsto, které opět zraje. Tento způsob dlouhého intenzivního kvašení zaručuje typickou vůni, chuť a konzistenci střídý a delší čerstvost [30,46,52].

4.2.1 Hnětení

Prvotním cílem procesu hnětení je dosáhnout dokonalé homogenity těsta, řádného zbobtnání mouky a maximální výtěžnosti. V této fázi výroby je důležité dodržet postup mísení surovin o dané teplotě. Doba a způsob hnětení se odvíjí od použitého hnětacího stroje, kvality mouky a přidávaného zlepšovadla. Těsta bez obsahu tuku se zpracovávají delší dobu než těsta s tukem. Mouky s vysokou vazností vyžadují delší dobu hnětení než mouky slabé [25,38].

Dělení technologie hnětení:

- Technologie menší intenzity hnětení: univerzální hnětací a šlehačí stroje, doba hnětení 15 minut.
- Technologie střední intenzity hnětení: tzv. spirálové hnětače s chladícím vodním pláštěm, těsto se zpracovává smykem, méně stříhem; doba hnětení cca 3–8 minut, těsto zraje cca 10–45 minut, spotřeba energie 25 kJ na 1 kg těsta, výrobek má hrubší pórovitost a silnější aromatičtější kůrku.
- Technologie intenzivní: těsto se zpracovává stříhem a tlakem, méně smykem a tahem, výrobek má jemně pórovitou střídkou, chuť méně výrazná, bez použití zlepšovadel, dříve tvrdne.
- Rychlohnětací strojní zařízení: nepotřebuje proces zrání, těsto zpracovává stříhem, méně smykem, vyhnětené těsto je reologicky zralé, fyzikální vlastnosti dovolují okamžitě po vymísení tvarovat, významně zkracuje výrobní proces.
- Kontinuální: využití ve velkokapacitních pekárnách; suroviny se dodávají plynule, odpadá pořadí surovin [53].

4.2.2 Zrání těst

Fermentační proces vyžaduje místnost bez průvanu, teplotu prostředí cca 25 °C a teplotu těsta 27 až 30 °C. Doba zrání závisí na kvalitě mouky, kvalitě a množství droždí, způsobu hnětení. Během metabolického cyklu ethanolového kvašení vzniká uvnitř těsta přebytek CO₂ a nedostatek kyslíku, proto je důležité pro zpevnění struktury přetučení těsta, které je provzdušní v celém objemu. Řada vzniklých meziproduktů se aktivně podílí na typické chuti biologicky kynutých výrobků, které jinými prostředky nelze dosáhnout [14,38].

4.2.3 Dělení, tvarování, dokynutí

Vyzrálé a ztužené těsto se dělí ručně nebo strojově na řezy předepsané hmotnosti. Přetuzením se docílí stejnoměrné pórovitosti. Těsto se rozdělí na klonky a nechá nakynout cca 3–8 minut. Následuje ruční nebo strojové tvarování od nejjednodušších tvarů, protlačené válečkem, naříznuté, upravené ražením atd. Způsob tvarování ovlivňuje dobu kynutí výrazněji než hmotnost. Pečivo mechanicky intenzivněji namáhané má kratší dobu kynutí. Optimální podmínky pro dokynutí cca 30–35 °C a relativní vlhkost 75–85 % [30].

4.2.4 Pečení

Znamená velmi důležitou součást technologického procesu pro konečný vzhled a sensorickou kvalitu výrobku. V průběhu pečení dochází k řadě fyzikálních, biologických a koloidně-chemických změn. Dokynuté těstové kusy před pečením upravíme vložáním, sypáním výrobků (mák, kmín, sůl, semínka). Tvar zvlaženoého těsta v první fázi pečení udržuje nabobtnalý gel z bílkovin a dispergovaná škrobová zrna, dosud nezmazovatělá, se schopnostmi napínat se plyny, vytvářet hladký povrch, stejnoměrný tvar a velký objem výrobku. Kvalitu běžného pečiva příznivě ovlivňuje pára, která vzniká migrací vody z těsta a přívodem ze zapařovacích systémů v pečném prostoru. Přiváděná pára se sráží na chladnějším povrchu těsta, udržuje jej vláčný a dovoluje maximálně zvětšit objem. Ke konci pečení podporuje hydrolytické procesy v kůrce, vytváří výrazný lesk, příjemné hnědé zbarvení, které je produktem Maillardovy reakce. Aroma, které průběh pečení doprovází, je způsobeno fermentačním procesem a přeměnou některých volných aminokyselin na alkoholické složky. Peče se pro běžné pečivo vytápí na 250–270 °C, vodové pečivo se peče při teplotě vyšší. Doba pečení běžného pečiva cca 12–20 minut [38,53].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv modifikace pekařského pokusu a podílu spařené a nespárené ve směsi kukuřičné mouky na pečení a texturní vlastnosti kynutého běžného pečiva. Bylo stanoveno 11 alternativních hypotéz H_{A1} – H_{A11} .

H_{A1} : Podíl spařené mouky ovlivňuje hmotnost klonků.

H_{A2} : Podíl spařené mouky ovlivňuje hmotnost upečených bochníků.

H_{A3} : Podíl spařené mouky ovlivňuje ztráty vzniklé pečením.

H_{A4} : Podíl spařené mouky ovlivňuje šířku bochníků.

H_{A5} : Podíl spařené mouky ovlivňuje výšku bochníků.

H_{A6} : Podíl spařené mouky ovlivňuje poměr výšky k šířce.

H_{A7} : Podíl spařené mouky ovlivňuje tvrdost bochníků.

H_{A8} : Podíl spařené mouky ovlivňuje lepivost bochníků.

H_{A9} : Podíl spařené mouky ovlivňuje elasticitu bochníků.

H_{A10} : Podíl spařené mouky ovlivňuje soudržnost bochníků.

H_{A11} : Podíl spařené mouky ovlivňuje gumovitost

Statistické zpracování dat sloužilo k ověření testovaných vědeckých hypotéz. Pokud jsou vědecké hypotézy správné, pak se statisticky prokáže, že testované odchylky sledovaných parametrů nemají náhodný charakter a jsou způsobeny přítomností spařené mouky v základním těstě.

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Vzorky mouky

Práce byla provedena na kukuřičné mouce hladké, odebrané z provozu mlýn Holasovice, společnosti MLÝN HERBER s.r.o., Opava-Vávrovce. Kvalitativní parametry mouky jsou uvedeny v (tab. 4). Mouka byla rozdělena do dvou částí. První část byla spařena. Odvážený podíl 300 g kukuřičné mouky byl spařen 315 g vody o teplotě 100 °C. Výsledná konzistence těsta byla pevná, tuhá, ale tažná. Druhá část mouky byla ponechána v syrovém (nespařeném stavu), odvážený podíl kukuřičné mouky hladké (300 g) byl uhněten s vodou (310 g). Těsto bylo nelepivé, měkké, lehce tvarovatelné konzistence.

Tab. 4. Kvalitativní parametry kukuřičné mouky hladké

Název vzorku	Vlhkost [%]	Popel [%]	Granulace [μm]
Kuk. mouka hladká	14,2	0,54	100–300

6.2 Pekařský pokus

Pekařský pokus byl proveden modifikovaným postupem ICC standardu č. 135. Modifikace spočívala v použití 300 g kukuřičné mouky hladké pro výrobu těsta nespářeného a 330 g kukuřičné mouky hladké pro výrobu spařeného těsta, v použitém vybavení laboratoře a délce pečení bochníků.

6.2.1 Postup přípravy těst

Pro pokus byly připraveny roztoky A a B. Roztok A (roztok sacharózy, soli a kyseliny askorbové) byl připraven rozpuštěním. V 400 ± 5 g vody byla rozpuštěna sůl $15 \pm 0,5$ g, sacharóza $15 \pm 0,5$ g a kyselina askorbová $0,05 \pm 0,002$ g. Roztok B-cukerný roztok pro aktivaci droždí. V 95 ± 10 g vody bylo rozpuštěno $5,0 \pm 1$ g sacharózy. K reaktivaci 5,4 g droždí bylo použito 21,6 g roztoku B, zahřátého na 35 ± 1 °C. Vzniklá homogenní suspenze byla použita do 5 minut po přípravě.

Z důvodu ztráty odparem byla navýšena hmotnost surovin pro výrobu spařeného těsta z původních 300 g mouky a 315 g vody o 10 % (kukuřičná mouka hladká 330 g a voda 346,50 g, z toho roztok A 149,50 g). Vzniklo tak dostatečné množství těsta

k promíchání jednotlivých poměrů (spařené a nespářené mouky). Odvážená, prosátá kukuřičná mouka hladká (330 g) byla v míse přelita a spařena 346,50 g vody (z toho podíl roztoku A činil 149,50 g) a bylo mícháno cca 8 minut. Hmotnost vzniklého spařeného těsta byla cca od 600 do 630 g. K přípravě nespářeného těsta bylo použito 300 g proseté, kukuřičné mouky hladké a 310 g vody pitné, z toho 129 g roztoku A, průměrná hmotnost těsta byla cca 607 g. Množství a složení těst uvádí (tab. 5). Postup přípravy těst a bochníků proběhl za standardních podmínek s laboratorním vybavením.

Tab. 5. Hmotnost surovin k přípravě těst spařené, nespářené

Složka	Hmotnost v [g] těsto nespářené	Hmotnost v [g] těsto spařené
Kuk. mouka hl.	300	330
Sušené droždí	5,40	5,94
Voda / podíl roztoku A	310/129	346,50/141,90
Chlorid sodný	15	16,50
Sacharóza	15	16,50
Kys. askorbová	0,05	0,055

Výroba vzorků byla rozdělena do šesti fází podle procentuálních podílů spařené a nespářené mouky. Hmotnosti jednotlivých podílů k mísení těst (spařené, nespářené) byly propočteny z 600 g. Pro každé pečení byl připraven čerstvý vzorek obou typů těst, která byla vzájemně smíchána v opačném poměru, např. 80 % spařená, 20 % nespářená a 20 % spařená a 80 % nespářená. Těsta byla navážena a procentuálně rozdělena na spařený a nespářený díl. Tyto odvážené díly byly prohněteny v míse a přidáno v roztoku B reaktivované droždí. Těsto bylo důkladně prohněteno a ručně dotvarováno.

Vzorky byly označené kódem SNXX/YY, kde XX/YY vyjadřuje podíl spařené a nespářené mouky v připraveném těstě. Například SN100/0 označuje vzorek tvoření pouze spařenou moukou, vzorek SN70/30 byl tvořen 70 % spařené

a 30 % nespařené mouky, SN20/80 byl tvořen 20 % spařené mouky a 80 % nespařené mouky.

Jednotlivé fáze přípravy a pečení:

První pečení – vzorek SN100/0 (100 % spařená mouka, hmotnost 600 g). Konzistence těsta vzorku SN100/0 byla po první minutě hnětení sypká, po přidání reaktivovaného droždí bylo těsto nelepivé, pevné. Vzorek SN0/100 (100 % nespařená, hmotnost 600 g). Po smísení suroviny a vody v hnětači bylo těsto spojené, nelepilo se. Konzistence uhněteného těsta byla úplně volná, těsto se nelepilo.

Druhé pečení – vzorek SN90/10 (90 % spařená mouka 540 g, 10 % nespařená mouka 60 g) a vzorek SN10/90 (10 % spařená mouka 60 g, 90 % nespařená mouka 540 g). Do každého vzorku bylo přidáno reaktivované droždí v roztoku B a prohněteno. Vzorek SN 90/10 po první minutě hnětení tvořil hrudky, jeho konečná konzistence byla pevná, nelepivá. Vzorek SN10/90 opačných poměrů obou typů mouk v základním těstě byl po první minutě hnětení drobivý a nelepil. Výsledná konzistence těsta byla volná, těsto nelepilo.

Třetí pečení – vzorek SN80/20 (80 % spařená mouka 480 g, 20 % nespařená mouka 120 g) a vzorek SN20/80 (20 % spařená mouka 120 g, 80 % nespařená mouka 480 g). Vzorek SN80/20 byl po první minutě hnětení drobivý, přidavkem reaktivovaného droždí v roztoku B se jeho konzistence změnila na těsto pevné, lepivé. V první minutě hnětení vzorku SN20/80 bylo drobivé, které nelepilo. Po přidání reaktivovaného droždí se konzistence těsta změnila v lesklé a volné.

Čtvrté pečení – vzorek SN70/30 (70 % spařená mouka 420 g, 30 % nespařená mouka 180 g). Vzorek byl drobivý a tužší, po přidání reaktivovaného droždí se jeho konzistence změnila v těsto lehce tvárné, ale lepivé. Vzorek SN30/70 (30 % spařená mouka 180 g, 70 % nespařená mouka 420 g). Po první minutě hnětení bylo těsto měkké. Přidavkem reaktivovaného droždí byla výsledná konzistence lesklá a volnější.

Páté pečení – vzorek SN60/40 (60 % spařená mouka 360 g, 40 % nespařená mouka 240 g) a vzorek SN40/60 (40 % spařená mouka 240 g, 60 % nespařená mouka 360 g). Do každého vzorku bylo přidáno reaktivované droždí a prohněteno. Vzorek SN60/40 byl po první minutě hnětení drobivý, přidáním reaktivovaného droždí byla konzistence lehce tvárná, plná. Vzorek SN40/60 byl po první minutě hnětení méně drobivý, výsledná konzistence pevná.

Šesté pečení – vzorek SN50/50 (50 % spařená mouka 300 g, 50 % nespářená mouka 300 g). Těsto bylo po první minutě méně drobivé. Přídavkem reaktivovaného droždí a následným hnětením se konzistence změnila v těsto pevné.

Každý vzorek těsta smíšeného s droždím byl vytvarován a rozdělen na tři stejné díly, klonky. Vytvarované bochníky byly volně položeny do kynárny na první kynutí po dobu 30 minut ± 1 minuta, přetučeny, přeloženy do forem na druhé kynutí po dobu 50 minut ± 1 minuta. Těsto před vložením do kynárny bylo zvlhčeno vodou. Kynutí proběhlo v kynárně s relativní vlhkostí 75–85 % při teplotě 30 °C ± 1 °C. Po uplynutí druhé doby kynutí, byla těsta znovu přetučena a ve formách se pekla při teplotě 225 °C ± 5 °C po dobu 40 minut. Bochníky, které byly za standardních podmínek pekařského pokusu upečeny, jsou znázorněny na obrázcích B1–B11 v příloze P I. Po upečení a vychladnutí bylo provedeno do 24 hodin vyhodnocení.

6.2.2 Hodnocení bochníků

Bochníky byly do 24 hodin po upečení hodnoceny v těchto parametrech: vážení celkové hmotnosti a výpočet ztráty pečením [g], měření šířky a výšky [mm], měření objemu s použitím kalibrovaného odměrného válce s plastovými kuličkami, tvarem a objemem připomínajícím řepkové semeno v [cm³].

6.2.3 Analýza textury

Pro hodnocení textury byly připraveny vzorky bochníků, rozkrájením na nářezovém stroji na tloušťku 2 cm a střídka byla upravena kruhovým výkrojem o průměru 3 cm. K analýze textury byl použit přístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK). U všech vzorků bochníků B1–B11 byl proveden test s dvojitou kompresí, kruhovou 50 milimetrovou sondou. K vyhodnocení byl použit software Texture Exponent. Texturometrem byla vyhodnocena tvrdost (hardness), lepivost střídky, elasticita, kohezivnost (soudržnost) a gumovitost.

6.2.4 Statistické vyhodnocení dat – ANOVA

Analýza rozptylu je metodou matematické statistiky, která umožňuje ověřit, zda na hodnotu náhodné veličiny pro určitého jedince má statisticky významný vliv hodnota některého znaku, který se u jedince dá pozorovat. Tento znak musí nabývat jen konečného počtu možných hodnot (nejméně dvou) a slouží k rozdělení jedinců do vzájemně porovnávaných skupin [54].

K hodnocení byla použita jednofaktorová variace rozptylu, která umožňuje vyhodnotit vliv jednoho faktoru (podílu spařené mouky v těstě). Všechny statistické analýzy byly zpracovány pomocí softwaru STATISTICA 9.0 StatSoft, Inc. Průkaznost rozdílů byla testována na hladině $\alpha = 0,05$.

7 VÝSLEDKY A DISKUSE

7.1 Průběh přípravy a hodnocení těst

Průběžné hodnocení vlastností připravovaných těst je popsáno v (tab. 6).

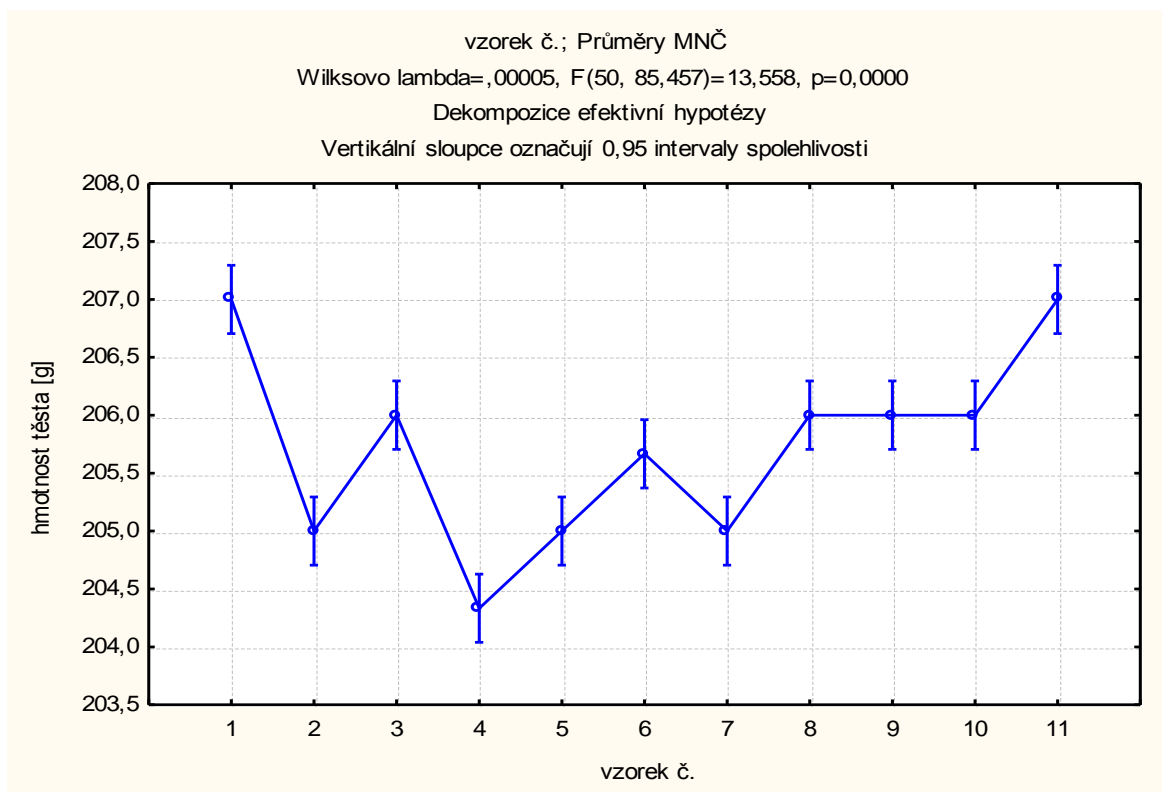
Tab. 6. Popis vlastností jednotlivých vzorků během přípravy těst

Vzorek číslo poměr spařená/nespařená SN v [%]	Hnětení 1 minuta	Hnětení 2 minuty	Přídavek droždí	Hmotnost těsta v [g]
1. SN 100/0	sypké	pevné, nelepí, tažné	nelepí, pevné	622
2. SN 90/10	tvoří hrudky	pevné, nelepí, tažné	nelepí, pevné	615
3. SN 80/20	drobivé	nelepí, soudržné	pevné, lepkavé	610
4. SN 70/30	drobivé, tužší	nelepí, tažné	lehce tvárné, lepkavé	615
5. SN 60/40	drobivé	nelepí, pevné, tažné	lehce tvárné, plné	614
6. SN 50/50	méně drobivé	nelepí, pevné	pevné	619
7. SN 40/60	méně drobivé	nelepí, pevné	pevné	617
8. SN 30/70	měkké	lehce tažné, nelepí	lesklé, volnější	620
9. SN 20/80	drobivé, nelepí	volné, nelepí	lesklé, volné	617
10. SN 10/90	drobivé, nelepí	volné, nelepí	nelepí, volné	618
11. SN 0/100	spojené, nelepí	zcela spojené	nelepí, úplně volné	620

7.2 Vliv podílu spařené mouky na kvalitu bochníků

7.2.1 Hmotnost klonků po kynutí

Hmotnost klonků byla statisticky průkazně nejnižší u vzorku těsta SN70/30 (204,33 g). Vzorky SN90/10, SN60/40, SN40/60 byly v průměru o 1,00 g lehčí, než je průměrná hmotnost vzorků SN80/20, SN30/70, SN20/80, SN10/90, jejichž hodnoty dosáhly shodně 206,00 g. Hmotnost klonku SN50/50 (205,66 g) byla o cca 0,50 g menší než vzorky číslo SN90/10, SN60/40, 40/60 a zároveň o 0,50 g vyšší než hodnoty zjištěné pro vzorky číslo SN80/20, SN50/50, SN30/70, SN20/80, SN10/90. Statisticky průkazně nejvyšší hmotnost měly klonky s poměry SN100/0 a s poměry mouky SN0/100 o hmotnosti 207,00 g. U klonků s vyšším podílem nespárené mouky v základním těstě byl úbytek hmotnosti vyšší (obr. 5).

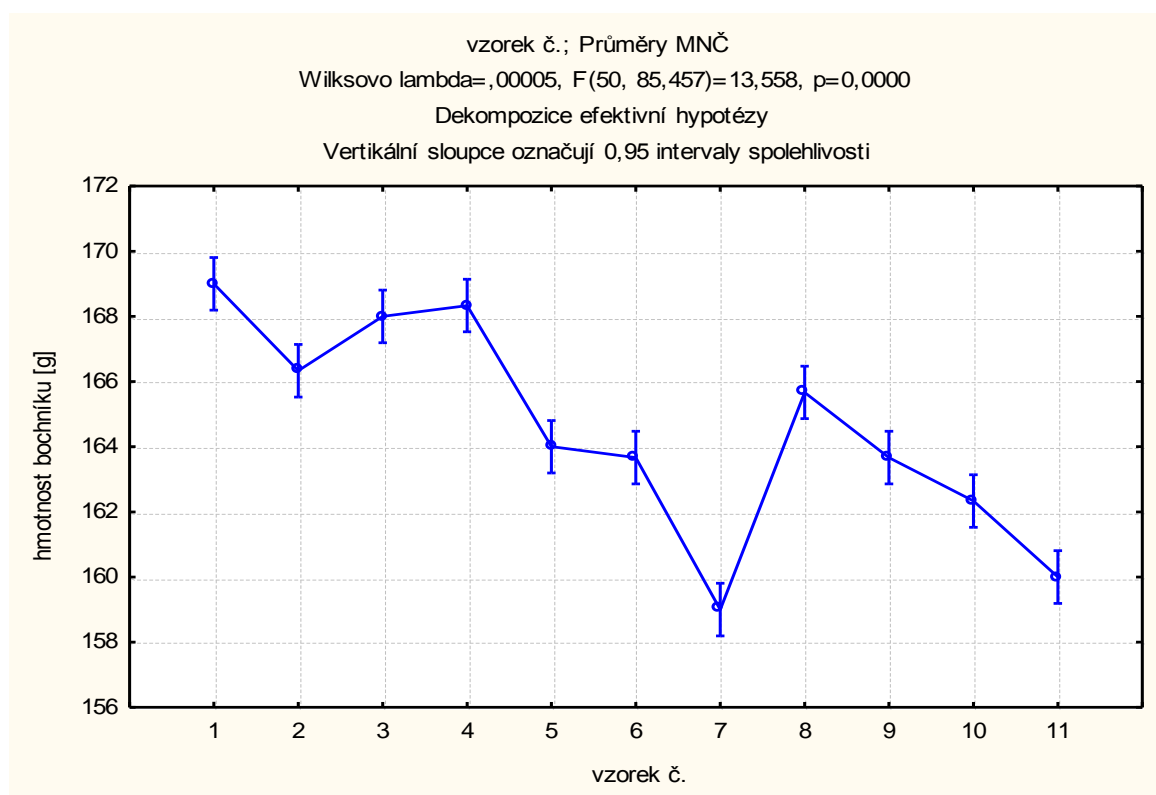


Obr. 5. Průměrné hmotnosti klonků po kynutí

Hmotnost klonků ze 100 % spařené mouky a 100 % nespářené mouky byla shodná. Mezi ostatními klonky byly sice hmotnostní rozdíly, ale ty mohly vzniknout při přípravě těsta odparem a dělením, jak uvádí Hampl et al [46].

7.2.2 Hmotnost bochníků

Statisticky průkazně nejnižší hmotnost měly bochníky SN40/60, SN100/0, (159,00 a 160,00 g). Hmotnost bochníku SN10/90 byla o více než 3,00 g vyšší než vzorek SN40/60 se statisticky průkazně nejnižší hmotností (159,00 g). Vzorky SN60/40, SN50/50, SN20/80 se svými hmotnostmi 163,67–164,00 g byly velmi blízké. Vzorky SN90/10 a 30/70 byly o více než 2,00 g těžší než statisticky průkazně nejtěžší vzorky SN100/0, SN80/20, 70/30. Hmotnost vzorků klesá s rostoucím podílem nespářené mouky v základním těstě (obr. 6).

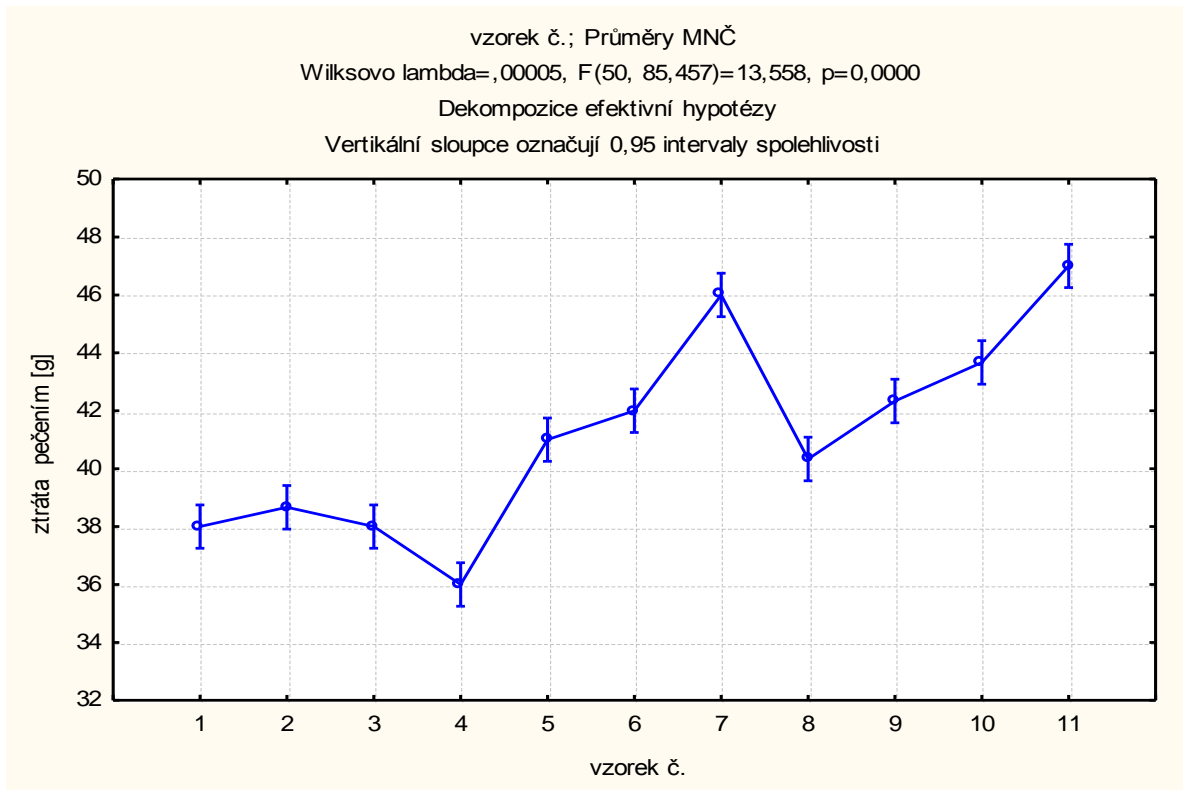


Obr. 6. Hmotnosti bochníků po upečení

Výsledná hmotnost u pečených bochníků s vyšším obsahem spařené mouky (od 70 % do 100 %), byla vyšší než vzorky s nižším podílem spařené mouky v základním těstě (od 40 % do 0 %). Hmotnost bochníků byla závislá na množství spařené mouky v těstě, a tím zvýšeného množství zmazovatělných škrobových zrn, které v procesu mazovatění přijaly větší množství vody, jenž se při pečení udržela v rozvolněných strukturách amylózy a amylopektinu.

7.2.3 Ztráta pečením

Statisticky průkazně nejnižší ztráta pečením (36,00 g) byla zjištěna u vzorku SN70/30. Ztráty pečením u vzorků SN100/0, SN90/10, SN80/20 (38,00–38,66 g) byly o cca 2 g průkazně vyšší než nejnižší ztráta pečením, zjištěná u vzorku SN70/30. U vzorků SN60/40, SN50/50, SN30/70, SN20/80, SN10/90 byly ztráty pečením v rozmezí hodnot 40,33–43,66 g. Statisticky průkazně nejvyšší ztráty pečením byly u vzorků SN40/60 s hmotností 46,00 g a vzorku SN0/100 o hmotnosti 47,00 g. Ztráta hmotnosti pečením byla vyšší u vzorků s vyšším podílem nespářené mouky v základním těstě (obr. 7).



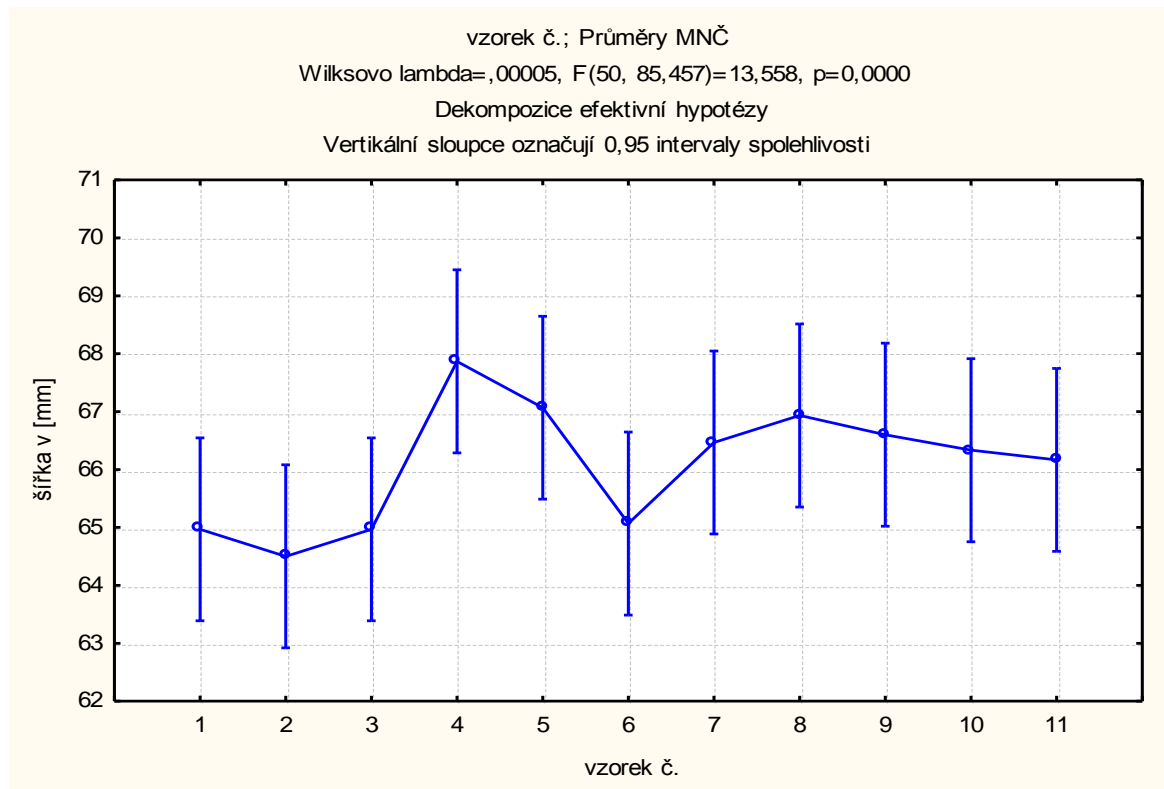
Obr. 7. Vliv spařené mouky na ztráty pečením

Hmotnost ztráty pečením byla nejvyšší u bochníků s nejnižším podílem spařené mouky (od 0 % do 40 %). U těchto vzorků nebylo dostatečné množství mouky s podílem zmazovatělého škrobu, který by udržel vodu uvnitř makromolekulární rozvětvené struktury škrobu. Vzorky s vyšším množstvím spařené mouky od 70 % měly vlivem mazovatění navázanou vodu ve struktuře škrobu a ztráty pečením byly menší. Hmotnostní ztrátu pečením ovlivňuje především výpar vody, ethanolu, unikání oxidu uhličitého a těkavých kyselin. Použití spařeného těsta, jak uvádí Hampl et al., které má vliv na hydrofilnost koloidů, což má vliv na snížení ztrát při pečení, potvrzuje také Lazaridou et al. [37,46].

7.2.4 Šířka bochníků

Statisticky významně nejužší byl vzorek SN90/10 s šířkou 64,50 mm. Vzorky SN100/0, SN80/20 a SN50/50 byly svými šířkami 64,96–65,06 mm cca o 0,50 mm širší než statisticky průkazně nejužší vzorek SN90/10. Vzorky SN40/60, SN20/80, SN10/90 a SN0/10 si byly velmi blízké svou šířkou od 66,16–66,60 mm, průkazně

se mezi sebou nelišily. Vzorky SN60/40 a SN30/70 se lišily od statisticky průkazně nejširšího vzorku SN70/30 šířkou 67,86 mm pouze o 9/10 mm. Vzorky s vyšším podílem nespárené mouky v základním těstě, měly větší šířku bochníků (obr. 8).



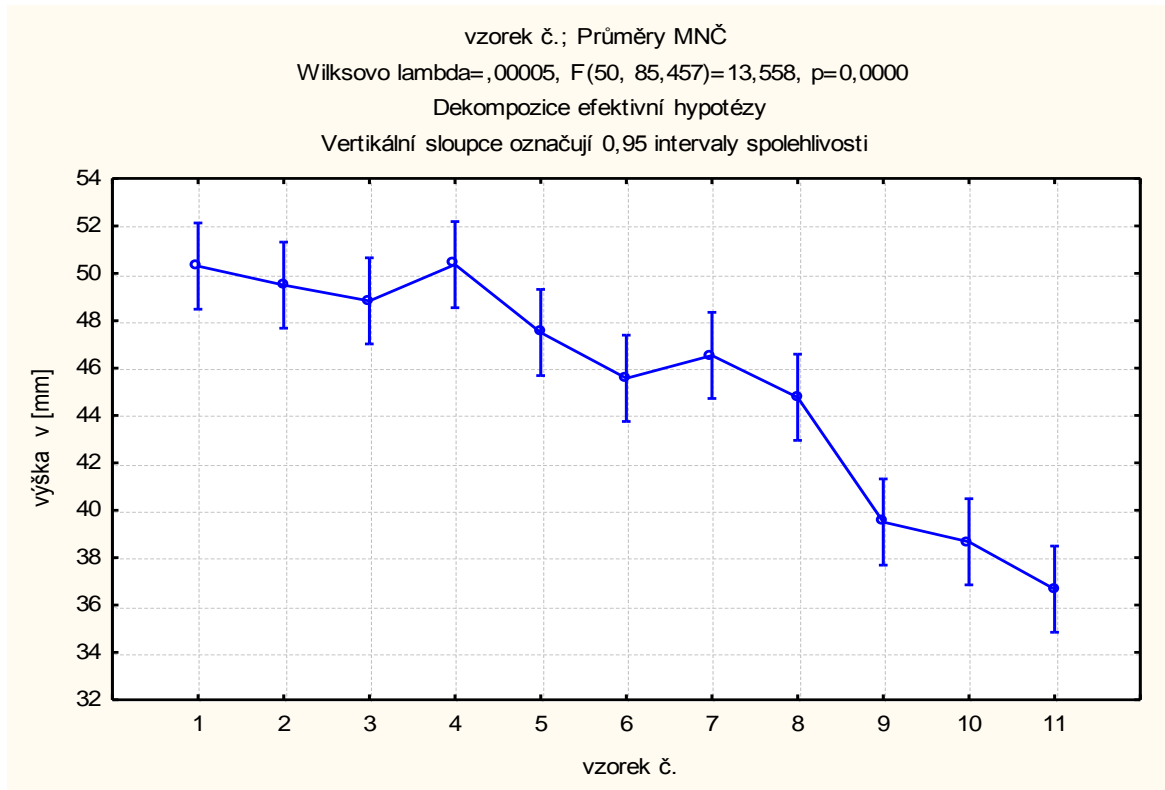
Obr. 8. Vliv množství spařené mouky na šířku bochníků

Šířka bochníků u těst s podílem spařené mouky od 80 % výše byla nejmenší. Zmazovatělý škrob vytvořil s bílkovinami zpevněnou elastickou strukturu, která umožnila vyšší klenbu těsta při kynutí a také v průběhu pečení udržela zakulacený tvar bochníků.

7.2.5 Výška bochníků

Statisticky průkazně nejnižší byla průměrná výška u vzorků SN20/80, SN10/90, SN0/100 (36,66–39,50 mm). Vzorky SN60/40, 50/50, 40/60, 30/70 si byly výškou 44,76–47,50 mm velmi blízké. Statisticky průkazně nejvyšší výška (48,83–50,36 mm)

měly vzorky SN100/0, SN90/10, SN80/20, SN70/30. Výška bochníků se zvyšovala s vyšším podílem spařené mouky v základním těstě (obr. 9).



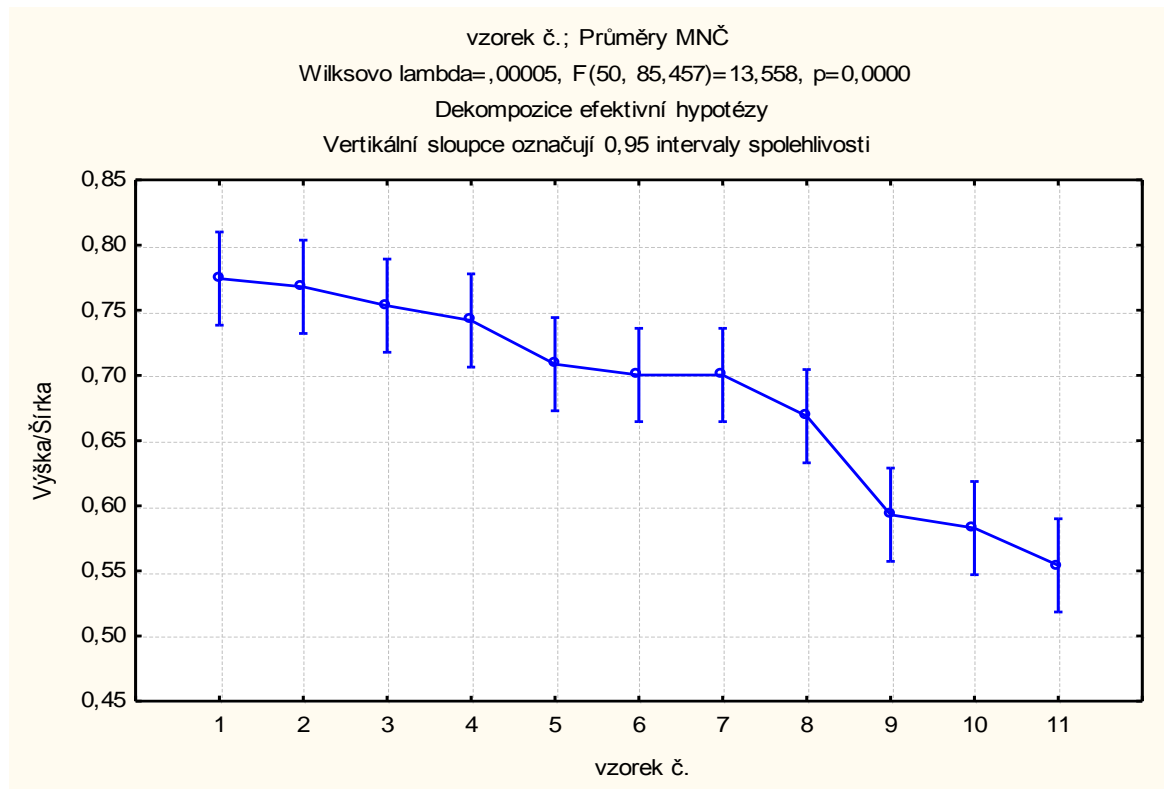
Obr. 9. Vliv podílu spařené mouky na výšku bochníků

Literatura [4] uvádí, že výška bochníků byla dosažena díky vysokému stupni mazovatění škrobu, který v reakci vlastních rozvolněných makromolekulárních struktur a dalších složek těsta udržel v průběhu kynutí a vlastního pečení největší objem kvasných plynů, potvrzuje také Příhoda et al. [38].

7.2.6 Poměr výšky k šířce

Statisticky průkazně proměnné rozdíly výšky k šířce bochníků byly u vzorků SN20/80, SN10/90 a SN0/100 s průměry od 0,55 do 0,59 mm. Hodnoty vzorků SN80/20, SN70/30, SN60/40, SN50/50, SN40/60, SN30/70 s průměrem proměnné výšky k šířce

(od 0,66 do 0,75 mm) nebyly významně rozdílné. Statisticky průkazně nejvyšší proměnné hodnoty (0,76 a 0,77 mm) byly u vzorků SN10/0 a SN90/10. Z grafu je zřejmé, že rozdíl výšky k šířce se zvyšoval s podílem spařené mouky v základním těstě (obr. 10).



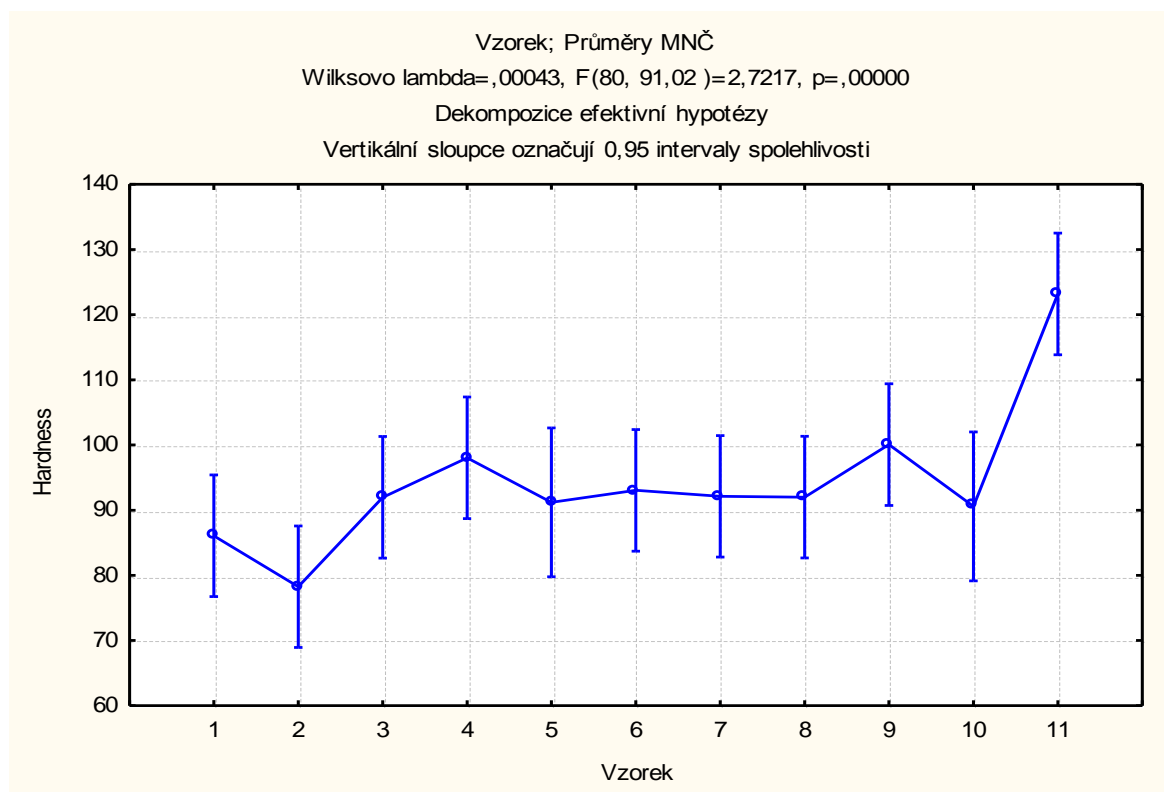
Obr. 10. Vliv podílu spařené mouky proměnné výšky k šířce

Se zvyšujícím se podílem spařené mouky v základním těstě se mění poměry výšky a šířky bočniců. Již od použití 10 % mouky spařené v základním těstě byly zjištěny rozdíly v nárůstu výšky bočniců proti vzorku s nespárenou moukou. Maximálního rozdílu bylo dosaženo mezi vzorky 100% nespárené a 100% spařené mouky, jejichž rozdíl byl cca 0,22 mm.

7.2.7 Tvrdotost

U vzorku SN90/10 byla naměřena statisticky průkazně nejnižší tvrdost (78,26 N). Tvrdotost vzorků SN100/0 a SN80/20 byla o cca 24 N menší než statisticky průkazně

nejtvrďší vzorek SN0/100 (123,18 N). Použití spařené kukuřičné mouky k výrobě bochníků mělo vliv na jejich tvrdost. Bochníky s množstvím spařené mouky 100 % a 90 % vykazovaly nejnižší tvrdost. Bochník s kukuřičnou moukou nespárenou byl vyhodnocen jako nejtvrďší. Rozdíl mezi statisticky průkazně nejměkčím a nejtvrďším vzorkem činil 44,92 N. Z grafu je patrné, že tvrdost byla vyšší u vzorků s nejvyšším podílem nespárené mouky v základním těstě (obr. 11).



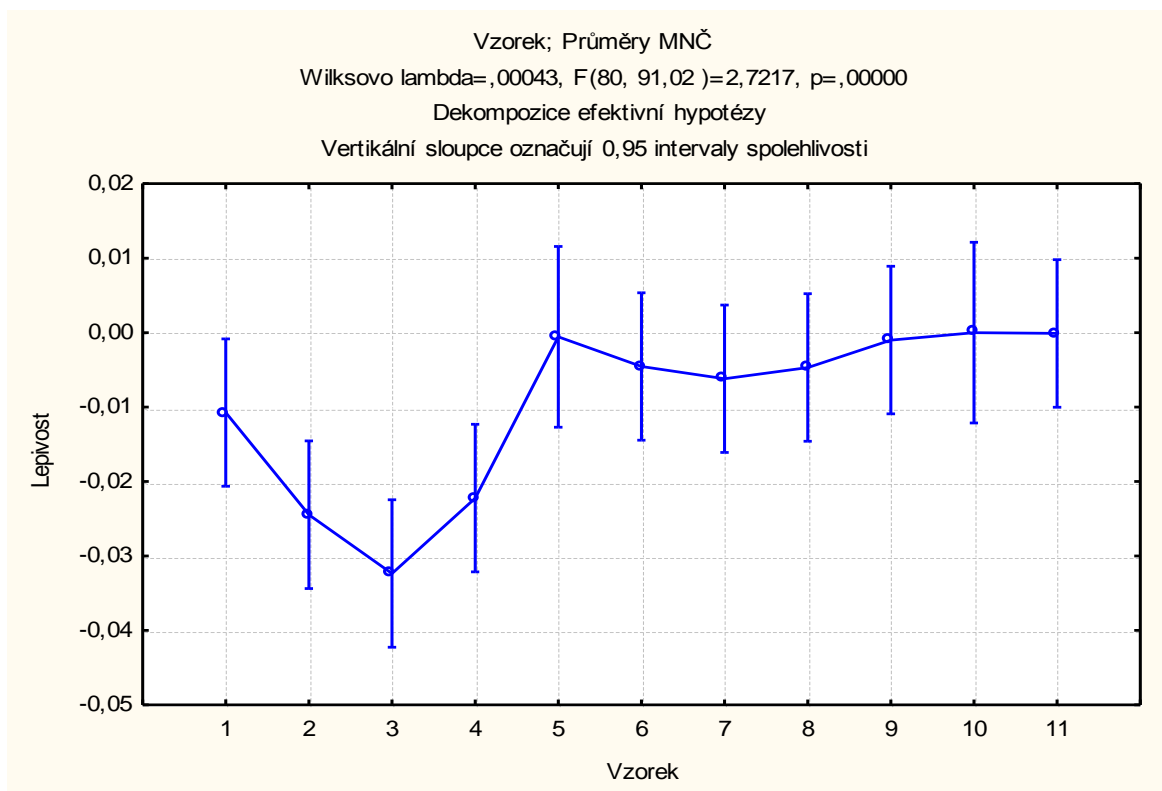
Obr. 11. Vliv spařeného podílu mouky na tvrdost bochníků

Vliv podílu spařené mouky v základním těstě na tvrdost pečiva se potvrdil. Tvrdost se snižovala se zvyšujícím se podílem spařené mouky v základním těstě. Ratnayake et al. uvádí, že tepelná energie absorbovaná škrobovými granulemi usnadnila přesmyk řetězců amylozy a amlopektinu nebo vytvořila nové vazby mezi molekulami škrobu v průběhu mazovatění [55]. Zmazovatělý škrob byl vystaven amylolytickým enzymům a důsledkem vyšší enzymatické aktivity byla vyšší produkce oxidu uhličitého kvasinkami. Tyto plyny

vytvořily póry v těstě a následně ve střídce u pečeného bochníku [1]. Vznikla porézní struktura střídky, která měla nejnižší tvrdost ze všech hodnocených vzorků.

7.2.8 Lepivost

Absolutní hodnoty vzorků SN100/0, SN60/40, SN50/50, SN40/60, SN30/70, SN20/80, SN10/90, SN0100 byly nejnižší a žádný vzorek nebyl výrazně lepidivý ani nelepivý. Vzorky SN90/10 a SN70/30 nebyly statisticky významně odlišné, jejich hodnoty byly (-0,024464 a -0,02225). Ani vzorek SN80/20 s hodnotou (-0,032350) se nijak významně nelišil. Z grafu vyplývá, že vzorky s vyšším podílem spařené mouky v základním těstě dosáhly nižších hodnot lepidivosti (obr. 12).



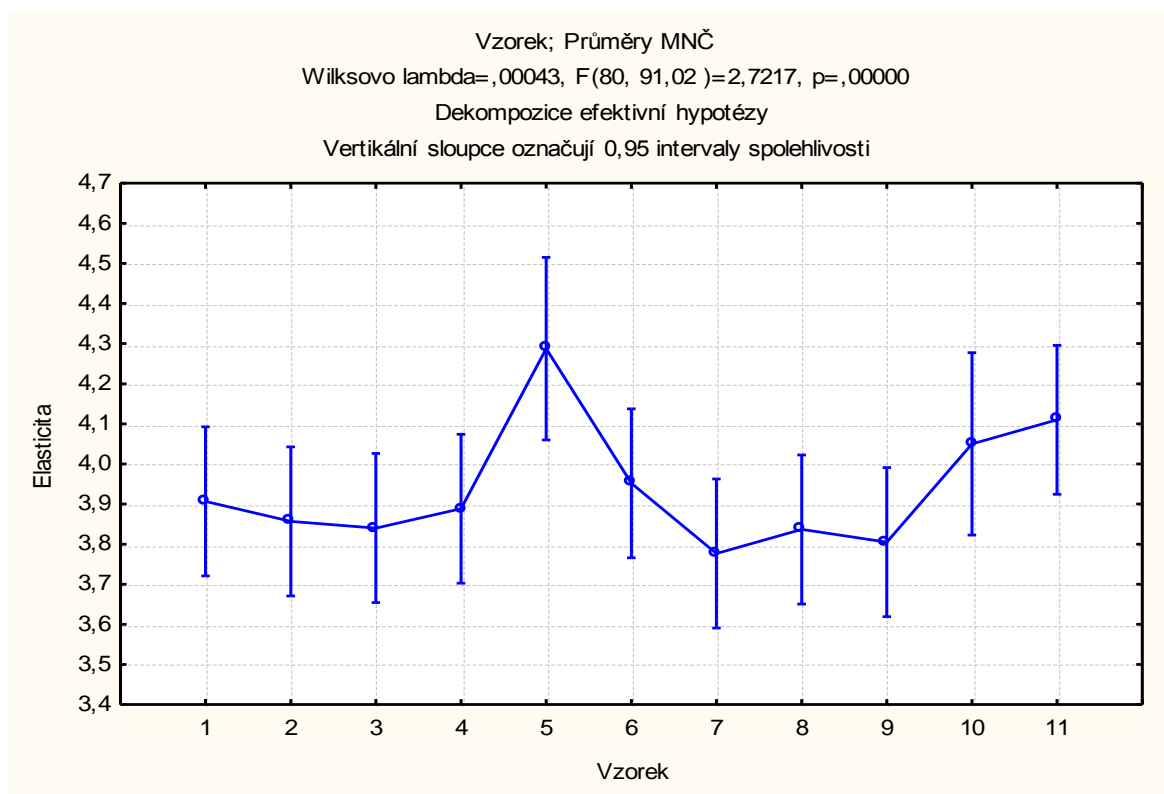
Obr. 12. Vliv spařené mouky na lepidivost bochníků

Bochníky vyrobené z těsta s vyšším podílem spařené mouky, které obsahovalo větší množství zmazovatělého škrobu, neměly v porovnání s bochníky z těsta s vyšší podílem

nespařené mouky významně odlišnou hodnotu lepivosti střídy bochníků. Z minimálních rozdílů naměřených hodnot vyplývá, že lepivost byla zřejmě ovlivněna hydratací škrobu bez ohledu na stupeň jeho zmazovatění.

7.2.9 Elasticita

Statisticky průkazně nejnižší průměrnou hodnotu elasticity měly vzorky SN80/20, SN40/60, SN30/70, SN20/80, jejichž statistické průměry byly v rozmezí 3,77–3,84. Významné rozdíly nebyly mezi vzorky SN100/0, SN90/10, SN70/30 a SN50/50 s hodnotami 3,85–3,95. Statisticky významně nejvyšší hodnotu elasticitu prokázaly vzorky SN60/40, SN10/90, SN0/100 v rozmezí 4,05–4,28 (obr. 13).



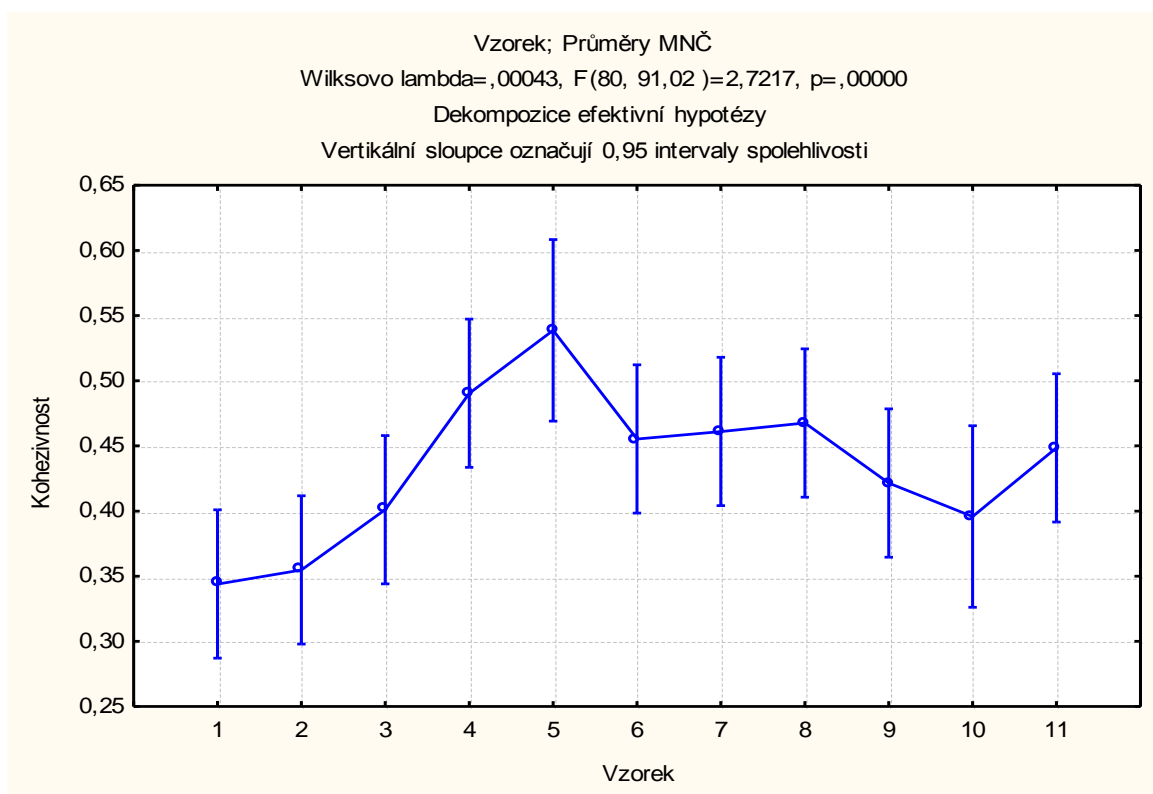
Obr. 13. Vliv spařené mouky na elasticitu bochníků

Z naměřených hodnot elasticity není zřejmá souvislost mezi průměrnou hodnotou elasticity a podílem spařené mouky v základním těstě, i když dvě nejvyšší hodnoty

elasticity byly zjištěny u bochníků s obsahem spařené mouky od 90 do 100 %. Z hodnot ostatních vzorků elasticity je patrná tendence jejich mírného snižování s výjimkou SN60/40, u něhož nelze vyloučit náhodnou chybu.

7.2.10 Kohezivnost

Statisticky průkazně nejnižší hodnoty soudržnosti byly u vzorků SN100/0 a SN90/10, jejichž průměrné výsledky soudržnosti byly 0,3440 a 0,3548. Vzorky SN80/20, SN70/30, SN50/50, SN40/60, SN30/70, SN10/90, SN0/100 se svými průměry od sebe navzájem výrazně neodkláněly. Statisticky průkazně nejvyšší kohezivnost byla u vzorku SN60/50, kde bylo naměřeno 0,538 (obr. 14).



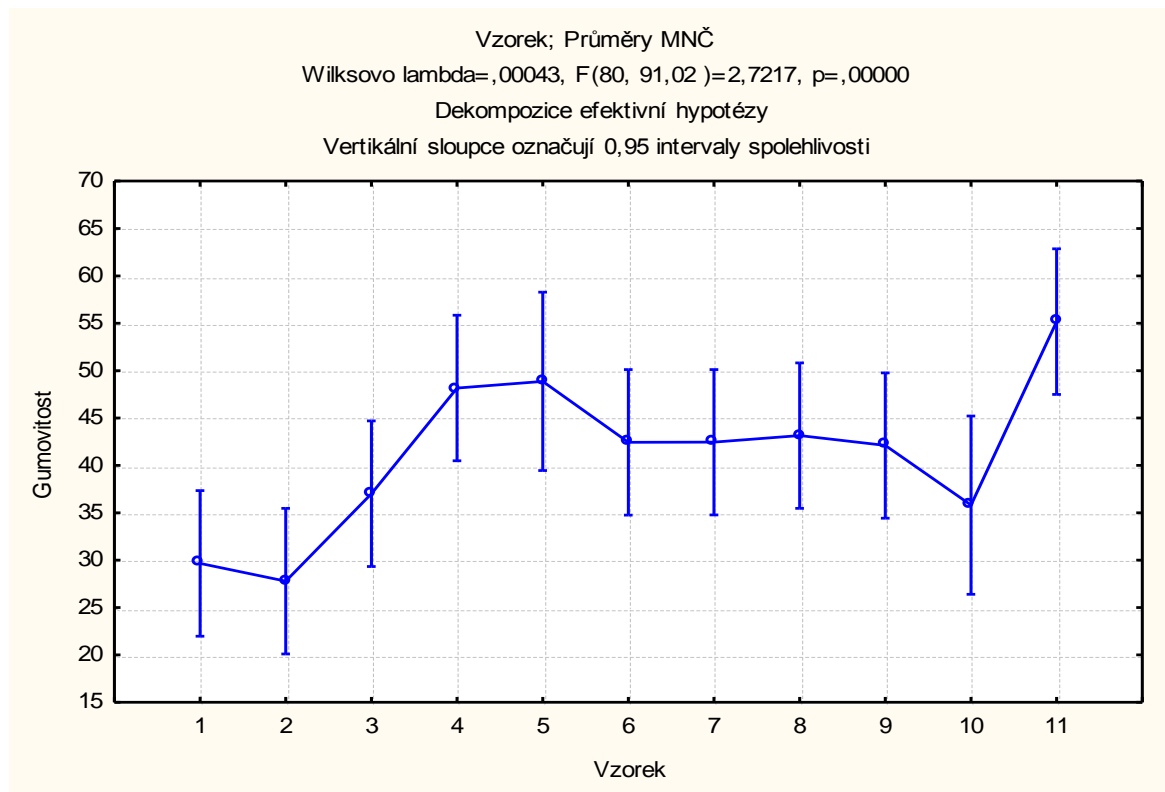
Obr. 14. Vliv spařené mouky na kohezivnost bochníků

U bochníku z těst 90 % a 100 % spařené mouky byly naměřeny nejnižší průměrné hodnoty soudržnosti, byly tedy nejvíce rozpadavé. Dle Hampla et al., vyšší podíl spařené

mouky způsobil, že v těstě došlo k dokonalejšímu rozvětvení amylozy a amylopektinu a jejich následnému štěpení na základní jednotky, které umožnily vyšší produkci kvasných plynů. Těsto si udrželo metabolity kvasinek, které způsobily rozsáhlejší vznik pórů, což dokazuje poréznost střídky bochníků a jejich soudržnost [46].

7.2.11 Gumovitost

Statisticky průkazně nejnižší gumovitost vykazovaly vzorky SN100/0, SN90/10 s průměrnou hodnotou (27,78–29,65). Velmi blízké byly výsledky průměrů od (35,80–43,13) vzorků SN80/20, SN50/50, SN40/60, SN30/70, SN20/80, SN10/90. Vzorky SN70/30 a SN60/40 si byly velmi podobné svým nízkým rozdílem o 7/10. Statisticky průkazně nejvyšší hodnota pro gumovitost (55,17) byla u vzorku SN0/100. Bochníky s velmi vysokým podílem spařené mouky v základním těstě (od 90 %) měly statisticky průkazně nejnižší naměřené hodnoty gumovitosti (obr. 15).



Obr. 15. Vliv spařené mouky na gumovitost bochníků

Gumovitost lze definovat také jako hustotu materiálu a ze zjištěných průměrných hodnot gumovitosti vyplývá zřejmý vztah mezi zkeypřením těsta a gumovitostí. Bochníky vyrobené z těsta s podílem 90 % a 100 % spařené mouky dosáhly nejnižších hodnot gumovitosti.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv modifikace pekařského pokusu, zejména podílu spařené kukuřičné mouky na kvalitu kukuřičného pečiva.

Hypotéza o vlivu podílu spařené a nespářené mouky v základním těstě na hmotnost klonků nebyla potvrzena. Hypotéza o vlivu množství spařené mouky na hmotnost bochníků se potvrdila. Se zvyšujícím se podílem spařené mouky v základním těstě se zvyšovala hmotnost bochníků. Rovněž byla potvrzena hypotéza o vlivu množství spařené kukuřičné mouky v základním těstě na hmotnostní ztráty pečením. Vyšší podíl spařené mouky v základním těstě se projevil nižší ztrátou hmotnosti upečeného bochníku. Šířka bochníků se zmenšovala se zvyšujícím se podílem spařené mouky v základním těstě, také výška bochníků byla pozitivně ovlivněna zvyšujícím se podílem spařené mouky v základním těstě. Hypotéza o vlivu podílu spařené mouky v základním těstě na poměr výšky k šířce byla potvrzena. Bochníky s vyšším podílem spařené mouky dosáhly vyšších hodnot v poměru výšky k šířce. Hypotéza o vlivu podílu spařené kukuřičné mouky na tvrdost bochníků se potvrdila. Nejvyšších hodnot tvrdosti dosáhly bochníky s nejnižším podílem spařené mouky v základním těstě. Vliv podílu spařené mouky v základním těstě na lepivost se nepotvrdil. Nejvyšší hodnoty u elasticity byly naměřeny u bochníků s nejnižšími podíly spařené mouky v základním těstě. Vyšší podíl spařené mouky v základním těstě hodnotu elasticity snižoval. Předpoklad, že vyšší podíl spařené mouky v základním těstě bude snižovat hodnotu kohezivnosti, byl potvrzen. Také hodnoty gumovitosti byly prokazatelně nižší u bochníků s nejvyššími podíly spařené mouky v základním těstě.

Stabilizace pórů ve stříde u pšeničného pečiva je zajištěna elasticitou bílkovině-lepkové sítě. Bílkoviny kukuřičné mouky tuto elastickou síť netvoří. Bylo prokázáno podstatné zvýšení elasticity bezlepkového kukuřičného těsta po jeho spaření. Vyšší viskozita spařeného těsta byla způsobena zesítním zmazovatělých makromolekul škrobu a částečně denaturovaných bílkovin. Zmazovatělý škrob byl zpřístupněn amylolytickým enzymům, což v důsledku vedlo ke zvýšené tvorbě kvasných plynů.

Zvýšená elasticita těsta způsobená zesítnou strukturou zmazovatělého škrobu umožnila tyto plyny udržet při kynutí a následně umožnila jejich expanzi a vznik pórů ve stříde bochníků při pečení. Bylo prokázáno podstatné zlepšení textury kukuřičného pečiva při použití spařené kukuřičné mouky. Pečivo vyrobené s vysokým podílem spařené

mouky v základním těstě bylo kvalitativně přijatelné a mohlo by vhodně doplnit omezené možnosti pekárenského zpracování bezlepkových surovin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zea mays L. [online]. ©2011 [cit. 2011-11-03]. Dostupné z: <http://www.botanika.upol.cz/atlas/atomie/atomieCR25.pdf>.
- [2] PRUGAR, J. (Ed.) *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008, 327 s. ISBN 978-808-6576-282.
- [3] PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. *Fyziologie rostlin*. 1. vyd. Praha: Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
- [4] GALLAGHER, E. *Gluten-free food science and technology*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009, 246 s. ISBN 14-051-5915-4.
- [5] GLOSER, J. *Fyziologie rostlin*. 1. vyd. Brno: Vydavatelství Masarykovy univerzity, 1995, 157 s. ISBN 80-210-1062-2.
- [6] VRZAL, J., NOVÁK, D., PROCHÁZKA O. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995, 32 s. ISBN 80-710-5097-0.
- [7] ŠAŠKOVÁ, D. *Trávy a obilí*. 1. vyd. Praha: Granit, 1993, 64 s. ISBN 80-858-0503-0.
- [8] HESS, D. et al. *Fyziologie rostlin*. 1. vyd. Praha: Academia, 1983, 341 s.
- [9] DIVIŠOVÁ, E., KŮST, F., POTMĚŠILOVÁ, J. Situační a výhledová zpráva obiloviny. [online]. MZe. ČR. Praha, ©2011 [cit. 2012-02-11]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/140964/OBILOVINY_12_2011__k_umisteni_na_web.pdf.
- [10] KOPÁČKOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. [online]. ICBP ©2007 [cit. 2011-3-15]. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf.
- [11] ŽAJOVÁ, A., PORUBSKÁ, M. *Obiloviny vo výžive zdravých i chorých ľudí*. Piešťany: VÚRV, 1997. 400 s.
- [12] DELCOUR, J. A., HOSENEY, R. *Principles of cereal science and technology*. 3.vyd. St. Paul, Minn.: International, 2010, 270 s. ISBN 978-189-1127-632.
- [13] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.

- [14] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [15] SKOUPIL, J. *Suroviny na výrobu pečiva*. Pardubice: Kora, 1994, 211 s. ISBN 80-856-4407-X.
- [16] DENDY, D., DOBRASZCZYK, B. J. *Cereals and cereal products: chemistry and technology*. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, 2001, 429 s. ISBN 08-342-1767-8.
- [17] PELIKÁN, M. *Zpracování obilovin a olejnin*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 148 s. ISBN 80-715-7525-9.
- [18] PŘÍHODA, J. *Cereální chemie a technologie I*: 1. vyd. 1. Praha: VŠCHT, 2003, 202 s. ISBN 80-708-0530-7.
- [19] COLLADO, S. L., CORKE, M. *Starch properties and functionalities*: KALETUNC. New York: Basel, 2003, s. 473–500.
- [20] KASAPIS, S., NORTON, T., UBBINK, J. B. *Modern Biopolymer Science* Academic Press, 2009, 640 s. ISBN 978-0-12374-195-0.
- [21] BELLO, F., ELKE, K. A. *Gluten-free cereal products and beverages*. 1. vyd. Amsterdam: Academic, 2008, 464 s. ISBN 01-237-3739-7.
- [22] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 168 s. ISBN 978-80-7318-295-3.
- [23] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., BUDINSKÝ, P. *Potravinářská biochemie II*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 104 s. ISBN 80-731-8395-1.
- [24] HAMPL, P. *Cereální chemie a technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1970.
- [25] MÜLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. *Zpracování mouky. Technologie pro 4. ročník SPŠPT*. Praha: SNTL, 1988.
- [26] MÜLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. *Zpracování mouky II pro 2. Ročník SOU*. Praha: SNTL, 1985.
- [27] MUCHOVÁ, Z. *Technológia spracovania cereálií*. 2. vyd. Nitra: SPU, 2007, 194 s. ISBN 978-80-8069-980-2.
- [28] PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. *Mlynářská technologie* Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 2007, 187 s. ISBN 978-80-239-9475-9.
- [29] Bühler. *Grain milling - head millers*. Uzvil: AG, ©2012, 230 s.

- [30] HRABĚ, J., ROP, O. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*: 1.vyd. Zlín: Academica centrum UTB ve Zlíně, 2008, 178 s. ISBN 978-807-3183-721.
- [31] RAUSCH, K. D., BELYEA R. L. The Future of Coproducts From Corn Processing. *Applied Biochemistry and Biotechnology* [online]. ©2006, roč. 128, č. 1, s. 047-086 [cit. 2012-07-17]. ISSN 0273-2289. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article>.
- [32] PROCHÁZKA, M. *Mlynářství II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985.
- [33] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002, 300 s. ISBN 80-708-0509-9.
- [34] RUJNER, J., CICHÁŇSKA, B. A. *Bezlepková a bezmléčná dieta*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2006, 108 s. ISBN 80-251-0775-2.
- [35] ROBERTS, A. G. *Gluten-Free Baking Classics*. 2. vyd. Evanston: Agate Publishing, 2008, 211 s. ISBN 978-1-57284-099-7.
- [36] OZOLA, L., STRAUMITE, E., GALOBURDA, R., KLAVA, D. *Application of Extruded Maize Flour in*. In: [online]. World Academy of Science, Engineering and Technology ©2011 [cit. 2012-02-01]. Dostupné z: <http://www.waset.org/journals/waset/v64/v64-168.pdf>.
- [37] LAZARIDOU, A., DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M. N., BILIADERIS, C. G. *Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations*. ©2007, č. 79, s. 1033-1047. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406003025>.
- [38] PŘÍHODA, J., NOVOTNÁ, D., HUMPOLÍKOVÁ, P. *Základy pekárenské technologie*. 1. vyd. Praha: Pekař a cukrář, 2003, 363 s. ISBN 80-902-9221-6.
- [39] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Celiakie: dieta bezlepková*. Čestlice: P. Momčilová, 1995, 120 s. ISBN 80-901-1376-1.
- [40] ČESKO. Vyhláška č. 333 ze dne 12. 12. 1997 pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. [online]. MZe ©2011 [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <http://www.haccp.estranky.cz/clanky/provadecci-vyhlasky-k-zakonu-o-potravinach---komoditni-pozadavky.html>.
- [41] CARVER, B. F. *Wheat*: New York: Wiley, 2009, 569 s. ISBN 978-0-81382-024-8.

- [42] ČESKO. Zákon č. 110 ze dne 1. 9. 1997 o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [online]. MZe ©2009-2011 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/legislativa/zakon-o-potravinach/>.
- [43] DUNCAN, M. J. R. *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*. 3. vyd. Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing, 2000, 480 s. ISBN 978-1-85573-532-3.
- [44] WHITEHURST, R. J., VAN OORT, M. *Enzymes in Food Technology*. 2. vyd. New York: Wiley, 2009. ISBN 978-1-40548-366-6.
- [45] MÜLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. *Technologie pro 3. ročník SPŠPT*. Praha: SNTL, 1988.
- [46] HAMPL, J., PŘÍHODA, J. *Cereální chemie a technologie II. Pekárenství*. Praha: SNTL, 1985.
- [47] ČESKO. Vyhláška č. 367 ze dne 1. 1. 2001 požadavky na pitnou vodu a četnost její kontroly [online]. Ministerstvo zdravotnictví ©1996-2012 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00376&cd=76&typ=r>
- [48] HARRISON, A. H. *Yeasts*. 2.přepřac. vyd. London: Academic P, 1993, 127 s. ISBN 01-259-6415-3.
- [49] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [50] SKOUPIL, J. *Suroviny a polotovary pro cukrářskou výrobu*. Brno: Společenstvo cukrářů České republiky, 2005, 367 s. ISBN 80-239-6061-X.
- [51] PLISKOVÁ, V., PLISKA, V. *Suroviny pro 1. a 2. ročník SOU*. Praha: SNTL, 1984.
- [52] MOMČILOVÁ, P. *Pečeme z celozrnného kynutého těsta*. Čestlice: Medica Publishing, 2003, 61 s. ISBN 80-859-3645-3.
- [53] MÜLLEROVÁ, M., CHROUST, F. *Pečeme moderně v malých i větších pekárnách*: Pardubice: Kora, 1993, 201 s. ISBN 80-856-4403-7.
- [54] Analýza rozptylu: Wikipedie: the free encyklopedia [online]. ©2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Anal%C3%BDza_rozptylu.

- [55] RATNAYAKE, W., JACKSON, D. Gelatinization and Solubility of Corn Starch during Heating in Excess Water: New. *Faculty Publications in Food Science and Technology*. ©2006, s. 118. Dostupné z: <http://digitalcommons.unl.edu/foodsciefacpub/118>.
- [56] PAVELKOVÁ, K. Celiakie bezlepková dieta. [online]. Brno: Státní zemědělská a potravinářská inspekce, ©2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1000147&docType=ART&nid=11325>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

μm	Mikrometr
$^{\circ}\text{C}$	Stupně celsia
g	Gram
kg	Kilogram
kJ	Kilojoul
CO_2	Oxid uhličitý
SN	Spařená/nepařená

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Anatomické složení kukuřičného zrna [1].....	15
Obr. 2. Optický třídíč SORTEX společnosti Bühler [29].....	21
Obr. 3. Schéma mlecího procesu suchého zpracování kukuřičného zrna [31].....	22
Obr. 4. Pracovní schéma odklíčkovacího stroje MHXM fy. Bühler [29].....	23
Obr. 5. Průměrné hmotnosti klonků po kynutí	40
Obr. 6. Hmotnosti bochníků po upečení	41
Obr. 7. Vliv spařené mouky na ztráty pečením	43
Obr. 8. Vliv množství spařené mouky na šířku bochníků	44
Obr. 9. Vliv podílu spařené mouky na výšku bochníků	45
Obr. 10. Vliv podílu spařené mouky proměnné výšky k šířce	46
Obr. 11. Vliv spařeného podílu mouky na tvrdost bochníků.....	47
Obr. 12. Vliv spařené mouky na lepivost bochníků	48
Obr. 13. Vliv spařené mouky na elasticitu bochníků.....	49
Obr. 14. Vliv spařené mouky na kohezivnost bochníků.....	50
Obr. 15. Vliv spařené mouky na gumovitost bochníků	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah škrobu a jeho složení ve významných zdrojích – upraveno [14]	17
Tab. 2. Bílkoviny obilovin a jejich složení [14]	18
Tab. 3. Obsah základních složek vybraných mouk – upraveno [56]	24
Tab. 4. Kvalitativní parametry kukuřičné mouky hladké	34
Tab. 5. Hmotnost surovin k přípravě těst spařené, nespářené	35
Tab. 6. Popis vlastností jednotlivých vzorků během přípravy těst	39

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I. Fotografie bochníků B1-B11, podle podílu spařené a nespářené mouky

Příloha P I:



B-1

100 % spařená mouka a 0 % nespářená mouka



B-2

90 % spařená mouka a 10 % nespářená mouka



B-3

80 % spařená mouka a 20 % nespářená mouka



B-4

70 % spařená mouka a 30 % nespářená mouka



B-5

60 % spařené mouka a 40 % nespářená mouka



B-6

50 % spařená mouka a 50 % nespářená mouka



B-7

40 % spařená mouka a 60 % nespařená mouka



B-8

30 % spařená mouka a 70 % nespařená mouka



B-9

20 % spařená mouka a 80 % nespářená mouka



B-10

10 % spařená mouka a 90 % nespářená mouka



B-11

0 % spařená mouka a 100 % nespářená mouka