

Vliv modifikace přípravy těsta na vlastnosti bezlepkového fermentovaného pečiva

Bc. Lucie Tomšíková

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie TOMŠÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T11138**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv modifikace přípravy těsta na vlastnosti
bezlepkového fermentovaného pečiva**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Onemocnění celiakie**
2. **Suroviny pro výrobu bezlepkového pečiva**
3. **Technologie výroby bezlepkového pečiva**

II. Praktická část

1. **Charakteristika bezlepkové mouky**
2. **Popis technologie přípravy těsta**
3. **Diskuse výsledků s literaturou**
4. **Formulace závěru**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] KOHOUT, P. Celiakie víte si rady s bezpečnou dietou, Praha – Forsapí, 2010. ISBN 978-80-87250-09-9

[2] KADLEC, P. Technologie potravin I., Praha, 2008. ISBN 80-7080-509-9

[3] FRANCIS, F.J. Encyklopédia of Food Science and Technology, New York, 2000. ISBN 987-0-471-19285-5

[4] RANKEN, M.D., KILL, R.C., BAKER, C. Food Industries Manual, London, 1997. ISBN 9780751404043

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

16. ledna 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

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 je zpracována na téma „Vliv modifikace přípravy těsta na vlastnosti bezlepkového fermentovaného pečiva“. Zabývá se charakteristikami jednotlivých druhů obilovin používaných pro výrobu bezlepkového fermentovaného pečiva, a dále vhodnou technologií pro jeho výrobu. Praktická část je zaměřena na pekařský pokus, který zkoumá vliv, použití rýžové a pohankové mouky v různých poměrech, na fyzikální vlastnosti fermentovaného bezlepkového pečiva. Dále byla v rámci praktické části provedena sensorická analýza porovnávající vlastnosti mezi pšeničnožitným a bezlepkovým chlebem.

Klíčová slova: celiakie, rýže, pohanka, fermentace

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on the evaluation of dough mixing modification on quality of fermented-gluten-free bread." It deals with the characteristics of each type of cereal used for making fermented gluten-free bread, and appropriate technology for its production. The practical part is focused on the design of baking test for evaluation of various proportion of rice and buckwheat flour in mixtures used fermented gluten-free bread production. The sensory analysis comparing the characteristics between wheat-rye and gluten-free bread was evaluated.

Keywords: celiac disease, rice, buckwheat, fermentation

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní Mgr. Ivě Burešové, Ph. D. za ochotu, věcné rady a připomínky, které mi byly nápomocny k vypracování mé diplomové práce.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 12 |
| 1 ONEMOCNĚNÍ CELIAKIE | 13 |
| 1.1 VÝSKYT CELIAKIE | 13 |
| 1.2 HISTORIE CELIAKIE | 13 |
| 1.3 DĚDIČNOST..... | 14 |
| 1.4 PŘÍZNAKY CELIAKIE..... | 14 |
| 1.5 LÉČBA – BEZLEPKOVÁ DIETA..... | 15 |
| 2 SUROVINY PRO VÝROBU BEZLEPKOVÉHO PEČIVA | 17 |
| 2.1 POHANKA | 17 |
| 2.1.1 Historie pohanky..... | 17 |
| 2.1.2 Využití pohanky..... | 18 |
| 2.1.3 Výživová hodnota pohanky..... | 18 |
| 2.1.4 Pohanková mouka | 19 |
| 2.1.4.1 Technologický postup výroby pohankové mouky..... | 19 |
| 2.2 PROSO | 20 |
| 2.2.1 Historie prosa | 21 |
| 2.2.2 Využití prosa | 21 |
| 2.2.3 Výživová hodnota prosa | 21 |
| 2.2.3.1 Technologický postup výroby jahelné mouky..... | 22 |
| 2.3 KUKUŘICE | 23 |
| 2.3.1 Historie kukuřice | 23 |
| 2.3.2 Využití kukuřice | 24 |
| 2.3.3 Výživová hodnota kukuřice | 24 |
| 2.3.3.1 Technologický postup výroby kukuřičné mouky..... | 24 |
| 2.4 RÝŽE | 26 |
| 2.4.1 Historie rýže | 26 |
| 2.4.2 Využití rýže | 26 |
| 2.4.3 Výživová hodnota rýže | 27 |
| 2.4.3.1 Technologický postup výroby rýžové mouky | 27 |
| 2.5 AMARANT (LASKAVEC)..... | 28 |
| 2.5.1 Historie amarantu | 28 |
| 2.5.2 Využití amarantu | 29 |
| 2.5.3 Výživová hodnota amarantu..... | 29 |
| 2.5.3.1 Technologický postup výroby amarantové mouky..... | 30 |
| 2.6 ČIROK..... | 30 |
| 2.6.1 Historie čiroku..... | 31 |
| 2.6.2 Využití čiroku..... | 31 |
| 2.6.3 Výživová hodnota čiroku | 32 |
| 3 TECHNOLOGIE VÝROBY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA | 33 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1 | VLASTNOSTI LEPKU V PEČIVU | 33 |
| 3.2 | VADY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA | 33 |
| 3.3 | ZÁKLADNÍ SUROVINY PRO VÝROBU BEZLEPKOVÉHO PEČIVA..... | 33 |
| 3.3.1 | Mouka..... | 33 |
| 3.3.2 | Voda | 34 |
| 3.3.3 | Droždí | 34 |
| 3.3.4 | Sůl..... | 34 |
| 3.4 | SUROVINY PRO ZLEPŠENÍ TECHNOLOGICKÉ STRUKTURY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA | 35 |
| 3.4.1 | Gumy a škroby | 35 |
| 3.4.2 | Mléko, mléčné bílkoviny | 35 |
| 3.4.3 | Veje | 36 |
| 3.4.4 | Luštěniny..... | 36 |
| 3.5 | VÝROBA BEZLEPKOVÉHO PEČIVA..... | 36 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST..... | 39 |
| 4 | CHARAKTERISTIKA BEZLEPKOVÉ MOUKY | 40 |
| 4.1 | MATERIÁL | 40 |
| 5 | PŘÍPRAVA TĚSTA..... | 41 |
| 5.1 | METODIKA..... | 41 |
| 5.1.1 | Pekařský pokus..... | 41 |
| 5.1.1.1 | Postup výroby bezlepkového pečiva technologií hnětením..... | 41 |
| 5.1.1.2 | Postup výroby bezlepkového pečiva technologií šleháním..... | 42 |
| 5.1.2 | Stanovení vlhkosti mouky | 43 |
| 5.1.3 | Stanovení vlhkosti chleba..... | 45 |
| 5.1.4 | Proměření objemu bezlepkového pečiva | 45 |
| 5.1.5 | Stanovení textury bezlepkového chleba | 46 |
| 5.1.6 | Statická analýza dat | 46 |
| 5.1.7 | Senzorická analýza bezlepkového chleba..... | 46 |
| 6 | VÝSLEDKY A DISKUZE..... | 48 |
| 6.1 | VLHKOST MOUKY..... | 48 |
| 6.2 | VLHKOST BEZLEPKOVÉHO CHLEBA..... | 50 |
| 6.3 | OBJEM PEČIVA | 51 |
| 6.4 | MĚŘENÍ TEXTURY | 53 |
| 6.4.1 | Pevnost (tvrdost) | 55 |
| 6.4.2 | Elasticita..... | 55 |
| 6.4.3 | Kohezivnost (soudržost) | 56 |
| 6.4.4 | Porovnání výsledků texturní analýzy technologií hnětením s technologií šleháním..... | 57 |
| 6.4.5 | Porovnávání textury bochníků připravených různými metodikami pekařského pokusu | 61 |
| 6.5 | VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ SENZORICKÉ ANALÝZY | 65 |
| 6.5.1 | Vyhodnocení s použitím stupnic..... | 65 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 6.5.2 | Vyhodnocení párové porovnávací zkoušky..... | 65 |
| ZÁVĚR | | 66 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | | 68 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | | 75 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | | 76 |
| SEZNAM TABULEK | | 77 |
| SEZNAM PŘÍLOH | | 78 |

ÚVOD

Pekárenské výrobky jsou nedílnou součástí ve výživě člověka. Představují ideální zdroj energie a snadno využitelných sacharidů. Základní surovinou pro tyto výrobky jsou obiloviny zejména pšenice, žito, ječmen, oves. Existují však lidé trpící onemocněním celiakie, pro které může být konzumace těchto obilovin životu nebezpečná. Vinnu na tom má obilná bílkovina tzv. lepek, kde produkty lepku vyvolávají nepřiměřenou reakci imunitního systému. Jedinou léčbou tohoto onemocnění je dodržování přísné bezlepkové diety. Vlivem genetické zátěže lidstva je počet diagnostikovaných pacientů onemocněním celiakie na vzestupu. V důsledku zvyšujícího se počtu onemocnění narůstá poptávka po bezlepkovém pečivu a kladou se vyšší nároky na texturní a senzorické vlastnosti tohoto pečiva.

Základními obilovinami pro výrobu bezlepkového pečiva jsou proso, kukuřice, rýže, čirok a dále pseudoobiloviny jako je pohanka a amarant. Diplomová práce se zabývá samotnou technologií bezlepkového fermentovaného pečiva, které je z těchto surovin vyráběno.

Praktická část byla zaměřena na pekařský pokus, ve kterém pro výrobu bezlepkového fermentovaného pečiva byly použity směsi rýžové a pohankové mouky v různých poměrech. Cílem práce je zjištění, který poměr mouk má pozitivní účinky na zlepšení texturních a senzorických vlastností. Z jedenácti upečených vzorků byl pro následnou senzorickou analýzu vybrán vzorek s vlastnostmi, které odpovídaly nejbližší pšeničnožitnému chlebu. Výsledky pekařského pokusu a senzorické analýzy jsou uvedeny v kapitole číslo šest.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ONEMOCNĚNÍ CELIAKIE

Onemocnění je charakterizováno trvalou intolerancí na lepek (gluten) konkrétně na jeho frakce α -gliadinu nebo dalších prolaminů, které jsou součástí bílkovin obilovin např. pšenice, žita, ječmene a ovsu. Celiakie patří k autonomním onemocněním, to znamená k nemocem, při kterých tělo vytváří protilátky proti erytrocytům, buňkám sliznice tenkého střeva. [1,2,3,4,5] Dostane-li se lepek do tenkého střeva, aktivuje imunitní systém. Střevní sliznice se zanítí. Povrch sliznice se u dospělého jedince natrvalo poškodí a nemůže se regenerovat, proto organismus nemůže dostatečným způsobem vstřebat výživu. Následkem je pak nedostatek energie a živin. Imunitní systém je neustále aktivní a organismus musí nepřetržitě bojovat s ohniskem zánětu. [6]

1.1 Výskyt celiakie

Onemocnění se může projevit u dětí od prvního zařazení dětských kaší z obilovin obsahujících lepek. Vzhledem k prodloužené době kojení bývá v současnosti celiakie v dětském věku diagnostikována obvykle až ve druhém roce života nebo pak v pozdějším věku dítěte. V pubertě dochází velmi často k uklidnění příznaků, a to i u těch pacientů, kteří se už na celiakii léčili. U dospělých žen a mužů se onemocnění může projevit mezi 30.–50. rokem života. Příznaky jsou nejčastější po prodělaném stresu, operaci, porodu, infekčním onemocnění apod. [1,2]

1.2 Historie celiakie

Nemoc byla poprvé popsána roku 1888 anglickým lékařem, který ji nazval „Coeliac affection“, z čehož je odvozen český název celiakie. Aniž by byla známa příčina nemoci, zkoušely se různé způsoby výživy jako například ovocno-zeleninová dieta. Významným objevem bylo vyloučení mouky z jídelníčku celiakálních dětí. Tento objev prokázal, nechtěným experimentem K. W. Dicke ke konci 2. světové války, když byly děti ohroženy hladem a k jejich stravě se využívaly neobvyklé zdroje potravy. [6]

K zásadní změně v diagnostice celiakie došlo až v posledních 15 letech v důsledku postupného zavedení citlivých a specifických metod stanovení protilátek v krevním séru. [8]

1.3 Dědičnost

Riziko onemocnění celiakií je podmíněno geneticky, ale přesně dosud nebylo objasněno. K náchylnosti na toto onemocnění vede typ nebo kombinace tzv. tkáňových antigenů. Jejich vyšetření je ale velmi komplikované a běžně nedostupné. Genetická náchylnost však bezpodmínečně neznamená, že nemoc skutečně propukne. Nástup celiakie mohou vyvolat faktory vnějšího prostředí. [6,9,10]

1.4 Příznaky celiakie

K hlavním břišním příznakům celiakie patří bolesti břicha zhoršující se po jídle, které vedou pacienta, ke snížení příjmu potravy. Jako další projevy nemoci jsou nadýmání, kručení v břiše, přelévání střevního obsahu, objemná nebo kašovitá stolice. Případné průjmy se mohou vyskytovat i trvale.

K hlavním celkovým příznakům onemocnění patří vznik otoků dolních končetin, únava, slabost, váhový úbytek, osteomalacie a osteoporóza, hypovitaminóza vitaminů B-komplexu, vitamínu A, hypotrombózie, porucha imunologického dozoru, ledvinové kameny s obsahem šťavelanů, žlučové kameny s obsahem cholesterolu. V případě těžké neléčené intolerance se u dětí může vyvolat mentální retardace a u dospělých mužů, dochází ke vzniku neplodnosti. [1,2,7]

Tab. č. 1: Příznaky celiakie [4,6]

| Příznaky celiakie u dospělých | Příznaky celiakie u dětí |
|--|---------------------------------|
| Poruchy trávení | Poruchy růstu |
| Průjem | Všeobecné poruchy vývoje |
| Mastná, hojná stolice | Nadýmání |
| Nadýmání | Nafouklé břicho |
| Nevolnost | Průjmy |
| Únava | Mastná, hojná stolice |
| Vysílení | Bledost |
| Pocit nemoci | Zvracení |
| Deprese | Změny chování |
| Nechutenství | Plačtivost |
| Úbytek váhy | Netečnost |
| Záchvaty šílené chuti na určité jídlo | Nechutenství |
| U mladistvých: - zpomalená puberta - zastavení růstu | Svalová slabost |

1.5 Léčba – bezlepková dieta

Jedinou kauzální léčbou je celoživotní a úplná bezlepková dieta. To znamená, že se jedná o chorobu nevyléčitelnou. Při dodržování přísné bezlepkové diety dochází ke zlepšení příznaků celiakie, prevenci komplikací, případně i ke zlepšení nálezu na sliznici tenkého střeva. Přejchod na bezlepkovou dietu může být v jejím začátku psychicky náročný, neboť je nutné z jídelníčku vyloučit konkrétně bílkoviny z obilovin pšenice (gliadin), žita (secalin), ječmene (hornin) a ovsa (avenin), které mohou vyvolat vznik autoprotilátek. Avenin má prokazatelně menší toxicitu než ostatní bílkoviny, ale nemocným celiakii se nedoporučuje

konzumace výrobků z ovesa, vzhledem k tomu, že ovesné zrno obsahuje aveniny, tj. peptidy s aminokyselinovými sekvencemi podobnými s gliadiny.

Zahájení diety vede k rychlému ústupu subjektivních potíží, slizniční změny ustupují velmi pozvolna, až po řadě měsíců. Medikamentózní terapie má jen podpůrný a dočasný charakter. U těžších forem je na místě aplikace kortikosteroidů a enterální či parenterální výživy. [1,5,9,11]

Bezlepková dieta je bohatá na bílkoviny s nízkým obsahem tuků a polysacharidů. Minerální látky a živiny, které se nedostatečně vstřebávají z potravin, je třeba dodat ve formě potravinových doplňků či medikamentů. Nejčastěji je nutné k dietě přidávat vápník a železo. [2,12]

2 SUROVINY PRO VÝROBU BEZLEPKOVÉHO PEČIVA

2.1 Pohanka

Pohanka, latinsky *Fagopyrum esculenta*, se řadí do čeledi rdesnovité. Rostlina je rozšířena celosvětově především v oblastech mírného pásma a severní polokoule. Pouze několik druhů se vyskytuje v tropech. U nás se pěstuje jen v omezeném rozsahu. V současné době představuje atraktivní plodinu pro své nutriční a dietetické vlastnosti. [13,14]



Obrázek č. 1: Pohanka [15]

2.1.1 Historie pohanky

Přestože není pěstování pohanky rozšířené, jedná se o starou kulturní plodinu. Podle historických údajů pěstovaly národy severní Indie pohanku už před 2500 lety. V Japonsku je písemně zmiňována v roce 772 a v Číně kolem roku 1000 našeho letopočtu. V polovině 19. století prokázaly evropské botanické expedice do Číny výskyt divokých druhů pohanky v jižní Číně. Za místo původu pohanky je na základě rozšíření divokých druhů v současnosti považována oblast jihozápadní Číny. Až v roce 1990 našel Ohnishi v provincii Yunnan možného předka pohanky seté *Fagopyrum esculentum* spp. *Ancestrale*, později i předka pohanky tatarské *Fagopyrum tataricum* spp. *potanini*. Také se rozšířila do Koreje, Japonska a přes Rusko a Ukrajinu i do střední Evropy. Z Evropy a Asie pravděpodobně od 19. století s emigranty pokračovalo její rozšíření i do USA.

V Evropě je pohanka nejmladší obilovinou. Do středověku ji zde lidé neznali. Na evropskou pevninu se dostala ze severní Číny přes Rusko při nájezdech mongolských,

tureckých a jiných vojsk, které ji využívaly jako dobře skladovatelnou, výživnou a na kaši snadno upravitelnou stravu. [13]

2.1.2 Využití pohanky

Pohanka má všestranné využití nejen jako pseudoobilovina, ale i jako zelenina a krmivo pro hospodářská zvířata. Lze ji využít na zelené hnojení či k získávání fytofarmak. Pohanka je plodina vhodná pro pěstování v ekologickém zemědělství a díky svým vynikajícím nutričním vlastnostem je považována za jednu z nejhodnotnějších plodin. [16]

Vyrábí se z ní pečivo a těstoviny. Pohankové kroupy se uplatňují jako náhražka rýže. Vařené pohankové kroupy navíc obsahují 6 % škrobu odolného vůči působení amylázy, tzv. rezistentního škrobu. Tento škrob má v trávicím traktu podobnou funkci jako vláknina – prodlužuje pocit sytosti. Je též nutričně významný pro diabetiky, neboť omezuje výkyvy hladiny glukózy v krvi. Při fermentaci v tlustém střevě působí rezistentní škrob jako ochranný faktor před vznikem rakoviny. Rezistentní škrob také příznivě ovlivňuje obsah cholesterolu v krvi. [13,16]

2.1.3 Výživová hodnota pohanky

Nažky pohanky mají ve srovnání s běžnými obilovinami optimální zastoupení esenciálních kyselin a vysoký obsah zejména lyzinu, threoninu, tryptofanu, a sírných aminokyselin. Obsah lysinu je ve srovnání s ostatními obilovinami vyšší. Celkový obsah bílkovin dosahuje 10–14 %. Limitující aminokyselinou pohanky je leucin. [13,18]

Tuk se v nažce pohanky nachází hlavně v endospermu. Je zastoupen především fosfolipidy a glykolipidy. Ze zdravotního hlediska je pozitivní obsah vícesytných mastných kyselin, které mají ochrannou funkci proti kardiovaskulárním nemocem a přispívají ke snížení hladiny cholesterolu v krvi. [13]

Ze skupiny flavonoidů, které chrání proti nemocem tím, že rozšiřují působení vitamínu C a působí jako antioxidanty, je nejvíce zastoupenou složkou pohanky rutin, jehož významné množství léčí problémy s cévami, hemoroidy i křečovými žilami. Působí příznivě také na psychicky a fyzicky namáhané osoby. Z těchto důvodů v posledních letech dochází celosvětově ke zvyšování poptávky a spotřeby pohanky. [17,19]

Hlavním sacharidem pohanky je škrob, který se nachází ve středu endospermu. Obsah škrobu v pohance se pohybuje okolo 55–70 %. Škrobová zrna jsou v porovnání s pšenicí, žitem nebo ječmenem malá.

Ve srovnání s jinými obilovinami je pohanka charakterizována spíše nižším obsahem hrubé vlákniny, ale zřetelně vykazuje vyšší podíl rozpustné vlákniny. [13]

Pohanka představuje cenný zdroj minerálních látek. Jejich celkový obsah je průměrně 2,5 %. Více než 50 % se jich nachází v klíčku, další významný podíl obsahují slupky. Hlavní minerální látkou pohanky je hořčík, který podporuje funkci krevního oběhu a současně snižuje krevní tlak. Pohanková mouka je významným zdrojem zinku a mědi, je bohatá na draslík, hořčík, vápník a železo [13,18,19]. V porovnání pohankové mouky s rýžovou moukou obsahuje pohanková mouka 4× více železa, 3× více vápníku, 9× více hořčíku, 6× více draslíku. [20]

Z vitaminů jsou v plodech pohanky zastoupeny především vitaminy B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niacin), a vitamin E. Největší koncentrace vitamínu B₁ je v aleuronové vrstvě, vitamin B₂ se nachází v endospermu okolo klíčku. Na niacin jsou bohaté obalové vrstvy semen. Důležitou složkou vitaminového komplexu je cholin. [13,18]

2.1.4 Pohanková mouka

Trojboká nažka způsobuje potíže při zpracování pohanky na mouku protože, vzniká velký podíl neoloupaných nažek a velký podíl drtě.

2.1.4.1 Technologický postup výroby pohankové mouky

Pohankové zrno určené pro potravinářské účely musí být nejprve důkladně vyčištěno a zbaveno všech minerálních a organických příměsí. Znamená to, že pohankové nažky, které jsou na povrchu obaleny tvrdým tmavým oplodím (plevami), musí být těchto plev zbaveny. V současné době se při loupání pohanky používá dvou technologických postupů - mechanického a termického. Mechanické loupání je založeno na opakovaném obrušování obalových vrstev nažky mezi mlýnskými kameny, nebo rotujícími kotouči s drsným povrchem. Pro dobrou výtěžnost je třeba zpracovávat pohanku tříděnou podle velikosti nažek (kalibrovanou). Technologický proces mechanického loupání pohankových nažek je energeticky méně náročný a zachovává původní chuťové vlastnosti pohanky včetně vysoké dietetické hodnoty. Nevýhodou jsou zvýšené nároky na přesnost dodržování technologického postupu, čímž se značně zvyšují výrobní náklady. Při termickém loupání se nažky napařují horkou párou a následně se prudce usuší. Přitom oplodí praskne a kroupa se pak snadno mechanicky oddělí od oplodí. Výhodou tohoto způsobu je větší výtěžnost krup, nevýhodou energie

tická náročnost a některé chuťové změny. Vysoké teploty při sušení ničí vitaminy, obsažené v pohankovém semenu, a umožňují vznik karcinogenních sloučenin. Základním výrobkem při zpracování pohanky mletím je endosperm, obchodně označovaný jako pohankové krupky celé, případně pohankové krupky lámané (lámanka). Dalšími výrobky jsou pohanková krupice a pohanková mouka. Kromě mlynářských výrobků určených pro potravinářské účely vznikají při vyloupávání pohanky i odpady, které lze použít ke krmení (semenné obaly, plevy, a krmná mouka). [22]



Obrázek č. 2: Pohanková mouka [23]

2.2 Proso

Proso (*Panicum*) patří mezi nejstarší kulturní plodiny a je zařazeno do čeledi prosovité (*Paniccoideae*). Do této čeledi se zařazuje více než 500 druhů, z nichž se mnohé používají jako obiloviny k výživě a krmení. Rostlina má latu s tenkými větvičkami, na nich jsou drobné klásky 3–5 mm dlouhé, dlouze stopkaté se třemi plevami, dolní pleva je pětižilná. Zrno je kulaté, vejčité nebo protáhlé, zcela obalené nesrostlou pluchou a pluškou. Barva obilky je bílá, světle žlutá, šedá, červená, hnědočervená nebo hnědá. [27]



Obrázek č. 3: Proso [24]

2.2.1 Historie prosa

Podle Všesvazového ústavu pěstování rostlin v dnešním Petrohradu proso pochází z asijské i evropské části bývalého SSSR, Persie, Turecka, Afghánistánu a Mongolska, Mandžuska a Číny. Z východní a centrální Asie se přepokládá rozšíření prosa do Koreje a Japonska. Přes Turecko a Řecko do jižní Evropy na Balkán a dále na sever Evropy. Země carského Ruska a bývalého Sovětského svazu patřily k největším producentům prosa. V období carského Ruska v roce 1913 byla osevní plocha až 3,5 mil. ha, za Sovětského svazu asi 8 mil. ha, před začátkem 2. světové války se osevní plocha prosa pohybovala kolem 6 mil. ha. Do USA se proso dostalo s přistěhovalci převážně z Ruska. [13]

2.2.2 Využití prosa

V současné době se zvyšuje poptávka po potravinách obsahujících vyšší podíl vlákniny, některých vitaminů a minerálních látek. K potravinářským účelům se využívají oloupané obilky – jáhly. Jáhly jsou dobře stravitelné a výživné. Mají příznivý poměr živin blízký se doporučenému poměru bílkovin, tuků a sacharidů. Svoji hodnotou se rovnají ovesným vločkám. Proso je možné používat i jako náhražku sladu, ke krmení exotického ptactva nebo jako krmivo pro drůbež, prasata a ryby. [21,25]

2.2.3 Výživová hodnota prosa

Obsah sacharidů se pohybuje v rozsahu 70–73 %, z toho nejvíce je zastoupen škrob (62–66 %). U prosa se vyskytují tzv. waxy odrůdy (se sklovitým endospermem). Škrobová zrna mají tvar šestihranu. Obsah bílkovin se pohybuje mezi 10–14 %. Hlavní frakce bílkovin tvoří prolaminy (více než 50 %) a gluteliny (28 %). Z hlediska aminokyselinového složení jsou bílkoviny prosa deficitní především v obsahu lysinu, threoninu a tryptofanu. Obsah lysi-

nu je však vyšší než u pšenice. Naproti tomu má proso ve svém bílkovinném komplexu největší podíl leucinu, ale i valinu, izoleucinu a fenylalaninu. Tato obilovina neobsahuje lepkové bílkoviny, proto je vhodná k dietě při celiakii. Proso má vyšší podíl esenciálních aminokyselin než pšenice, žito, ječmen i oves. Za esenciální prvky se považují především fosfor a draslík, mangan a hořčík, což jsou všechno minerální látky, které podporují kosterní, svalovou i srdeční soustavu. Proso je významným zdrojem vitaminů skupiny B, které jsou obsaženy hlavně v aleuronové vrstvě. Vitaminy rozpustné v tucích jsou obsaženy především v klíčku. Obsah tuku v semenech prosa je vyšší (3,7–4,6 %) než u pšenice a rýže. Z celkového množství je 24 % soustředěno v klíčku. Podíl nenasycených mastných kyselin tvoří 72–82 %. [13, 26]

2.2.3.1 Technologický postup výroby jahelné mouky

Při mlýnském zpracování prosa se vyrábějí hlavně jáhly. Technologický postup zpracování prosa zahrnuje loupání, třídění produktu po loupání, leštění a třídění krup, vysévání mouky a otrub. Loupání prosa probíhá většinou na loupačkách s dolním běhounem. Loupačka loupe semena ve spáře mezi pevnou a rotující částí loupacího mechanismu. Pro vysokou efektivitu procesu loupání se doporučuje zařadit před loupací stroj proces kalibrace zrn podle velikosti pomocí kalibračního třídiče a za loupačku zařadit aspirační skříň s odsáváním, které odstraní oloupané slupky. Třídění prosa probíhá na síťových třídících. Zrna oloupaná se oddělují od neoloupaných na nárazových třídících stolech. Oloupaná zrna se leští s cílem odstranit z povrchu osemení a klíček na lištových nebo svislých leštičkách. Zrna tak díky leštění získávají lepší vzhled a kvalitu. Konečnou technologickou operací výroby jáhlových krup je odstranění feromagnetických příměsí a roztřídění na několik velikostí na plochém síťovém třídíči podle velikosti (volí se síta o rozměrech 1,5–2,5mm) a jejich závěrečnou úpravou je čištění. [14,25]



Obrázek č. 4: Jahelná mouka [27]

2.3 Kukuřice

Kukuřice (*Zea L.*) je rod jednoděložných rostlin z čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Český název kukuřice patří mezi novotvary vytvořené v 19. století Janem Svatoplukem Preslem. Jedná se o robustní trávy dorůstající výšky nejčastěji 0,5–6 m. Většinou jsou jednoleté, ale některé divoké druhy (*Zea perennis* a *Zea diploperennis*) jsou vytrvalé. [28]



Obrázek č. 5: Kukuřice [29]

2.3.1 Historie kukuřice

Kukuřice pochází ze střední Ameriky, kde byla dávno před příchodem Evropanů pěstována. S pěstováním kukuřice začali Aztékové, Mayové a Inkové před 5 600 lety. Do Evropy ji přivezli Španělé již koncem 15. století, ale teprve v 17. a 18. století se její pěstování rozšířilo i na evropské pevnině. Dnes se pěstuje v celém světě. [30, 31]

2.3.2 Využití kukuřice

Jedná se o ceněnou obilovinu, vyrábí se z ní mouka, krupice, kaše, také škrob, cukr, olej a některé pochutiny (popcorn, lupínky apod.). Z krupice lze připravit polentu jedná se o pokrm rozšířený na Balkáně, Rumunsku a severní Itálii, kde se řadí mezi vyhlášené kulinářské lahůdky. V Portugalsku se vyrábí kukuřice ve formě kukuřičného sirupu. [30] Kukuřičná strouhanka je ideální náhradou běžné strouhanky z pečiva při bezlepkové dietě. Oblíbená je i kukuřice cukrová, která se používá jako zelenina, vařená nebo konzervovaná ve sladkokyselém nálevu, a to buď samotné obilky, nebo celé mladé palice. Z kukuřice pukancové se vyrábí pukance (popcorn). Z kukuřičného zrna se vyrábí škrob, invertní cukr, alkohol a z klíčků se získává kukuřičný olej. Kukuřičnou mouku lze použít na přípravu tortill a placiček zvaných arepas či empanadas. [32]

2.3.3 Výživová hodnota kukuřice

Kukuřičné zrna je významným zdrojem sacharidů. Kukuřice má nejvyšší obsah tuku, ten je soustředěný především v klíčku a jeho obsah se pohybuje mezi 3–6 %. Tuk se skládá převážně z nenasycených mastných kyselin (kyseliny linolové a olejové). V malém množství se v něm nacházejí, také kyselina palmitová a stearová. Minerální látky jsou so středně v klíčku, ale jejich obsah je velice nízký (asi kolem 1,4 %), nejmenší procentuální obsah má vápník. Kukuřice má nízký obsah dusíkatých látek (asi 9–9,5 %). Převažují zásobní bílkoviny zein (prolamin) a gluteniny, které mají nízkou biologickou hodnotu, obsahují málo lysinu a tryptofanu. Obsah hrubé vlákniny je nízký (asi 2 %). Odrůdy se žlutými zrny mají vyšší obsah β -karotenu a obsahují také další žluté pigmenty – xantofyl a zeaxantin. Významný je obsah vitamínu B₁ (thiaminu), B₂ (riboflavinu), B₆ (pyridoxinu). Přesto však je pro svou energetickou hodnotu, snadnou stravitelnost a chutnost ceněna jako potravina i krmivo. [25,31,33]

2.3.3.1 Technologický postup výroby kukuřičné mouky

Pro mlýnské účely se nakupuje kukuřice vhodná pro zpracování na výrobky pro lidskou výživu. Důležitým technologickým ukazatelem je sklovitost, která do jisté míry určuje i možnost použití kukuřice. Dalším vhodným ukazatelem je podíl klíčku. Klíčky obsahují až 35 % tuku a lisuje se z nich jakostní olej, zbylé pokrutiny či extrahované šroty se využívají jako krmivo. Zpracování kukuřice ve mlýnech zahrnuje odloučení příměsí a nečistot, hydro-

termickou úpravou, oddělení klíčků, mletí odklíčkováného endospermu. Odklíčkování kukuřice, které se provádí desintegrací (rozbitím) zrna za sucha. Křehké kukuřičné jádro se poměrně dokonale oddělí od elastického klíčku. Uvolněné kukuřičné klíčky se od ostatních částic endospermu liší pouze nepatrně, proto je třídění náročné. Kukuřičná drť se nejprve rozdělí na 4–5 frakcí a podíly s velkým obsahem klíčků se roztrídí pomocí vzduchového třídění, které odděluje podíl uvolněných obalových vrstev. Teprve potom se drť třídí na speciálních třídících stolech. Na těchto třídících stolech se od sebe oddělují materiály se stejnou velikostí částic a rozdílnými fyzikálními vlastnostmi za pomoci vhodně usměrněného proudu vzduchu. Při třídění se zpravidla postupuje tak, aby první nejlehčí podíl byly čisté klíčky. Střední podíl, který trvale cirkuluje, představuje směs klíčků s endospermem a třetí podíl je čistý odklíčkováný endosperm. Pro mletí odklíčkované drtě se volí zpravidla 6 šrotovacích chodů a 2 vymílací chody. Z prvních dvou šrotovacích chodů lze prvním přepadem získat zbytky klíčků, které nebyly zachyceny v úseku odklíčkování. Procházející zbytky klíčků válcovou stolicí se nedrtí, ale tvoří placičky, které se z prvních dvou šrotovacích chodů odstraní ve vysévačích jako přepad. Druhým přepadem prvních dvou šrotů se může vyrábět velmi hrubá kukuřičná krupice, určená k přípravě kukuřičné kaše. Hrubé a střední krupice ze šrotů a vymílání se čistí strojem na čišťení krupic. [14,25]



Obrázek č. 6: Kukuřičná mouka [34]

2.4 Rýže

Rýže latinsky *Oryza sativa* je jednoděložná rostlina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a vyznačuje se květenstvím lata (podobně jako u prosa či ovsa). Rýže je jednoletá či víceletá rostlina. Nejpěstovanější druh rýže setá je jednoletá bylina dorůstající výšky 1–1,8 m. Plo- dem je obilka, která bývá po stranách svažtělá s různě barevným oplodím. Je obalena plu- chou a pluškou. [35,36]



Obrázek č. 7: Rýže setá [37]

2.4.1 Historie rýže

Počátky pěstování rýže jsou dlouho diskutovány a přesný čas a místo jejího prvního vývoje možná nebudou nikdy známy. Zbytky rostlin rýže, z doby 10 000 let před našim letopočtem, byly objeveny v jeskyni Spirit na Thajsko-Myanmar hranici. V Číně existují archeologické důkazy ukazující na řeky střední Yangtze a horní Huai jako na dvě nejstarší místa využívána pro pěstování rýže v zemi. Bylo zde nalezeno zemědělské nářadí související s pěstováním rýže z období 8 000 let před našim letopočtem. [38]

V Evropě se rýže objevila až kolem roku 1 000 našeho letopočtu. V 15. století se rýže rozšířila po celé Itálii, pak ve Francii a posléze v celé Evropě. Do Čech se dostala v 16. století ze Španělska. V chladném středoevropském podnebí nelze rýži pěstovat a do- váží se do České republiky ze subtropických oblastí celého světa. [39]

2.4.2 Využití rýže

V lidské výživě sehrává rýže velmi významnou úlohu. Po pšenici je to druhá nejroz- šířenější obilovina na světě. Podle tvaru obilky se rýže dělí na dlouhozrnnou, se střední děl-

kou zrna a krátkozrnnou (kulatozrnnou). Má široké uplatnění při přípravě pokrmů, zejména jako příloha, ale i pro přípravu hlavních pokrmů, jak slaných, tak sladkých. [40]

Z rýže se vyrábějí i některé další výrobky. Je to rýžová mouka, která slouží jako náhrada pšeničné mouky u pacientů s celiakií. Dále jsou to rýžové otruby zdroj thiaminu, riboflavinu, niacinu, minerálních látek a vlákniny. Existuje také rýžový olej s obsahem fytoosterolů. Dále se vyrábí rýžový škrob, pivo a další nápoje, například tradiční japonský alkoholický nápoj saké. [41]

2.4.3 Výživová hodnota rýže

Dle nutričního složení je značena rýže za velmi vhodnou potravinu jak pro běžnou populaci, tak i pro osoby s vyšší fyzickou aktivitou. V rýžovém zrnu jsou hlavní živinou sacharidy, které tvoří 75–82% suché hmoty. Téměř veškeré sacharidy jsou v podobě škrobu – komplexních polysacharidů. Jednoduché cukry tvoří zanedbatelné procento všech sacharidů. Vedle stravitelných sacharidů obsahuje rýže také nestravitelné škroby a vlákninu. Z běžných zdrojů obsahuje nejvíce vlákniny hnědá rýže Natural. Za to bílá, plně vyčištěná, rýže obsahuje ve 100g pouze 0,2 g vlákniny. Rýže má jako všechny obiloviny nízké množství bílkovin 2–2,5 g ve 100g vařené rýže. Množství tuku v rýži je zanedbatelné (0,2–0,5 g na 100 g vařené rýže). Z mastných kyselin převažují mono a polynenasycené. Dle způsobu zpracování se poměrně značně liší obsah minerálních látek. Rýže Natural a parboiled je dvakrát až třikrát bohatší na draslík, hořčík, zinek a vitaminy především skupiny B a vitamin E. Díky částečné přítomnosti povrchových vrstev obilky obsahuje hnědá rýže kyselinu fytoovou. Ta na sebe váže vápník a železo, čímž dochází k určitým ztrátám ve využití těchto minerálních látek. [39]

2.4.3.1 Technologický postup výroby rýžové mouky

Jako základní surovina pro výrobu rýžové mouky se používá rýže hnědá nebo bílá. V prvním kroku výrobního procesu dochází k odstranění tvrdé slupky rýže. Pod rýžovými slupkami je oplodí a osemení, které chrání a obklopuje zrno. Po vyjmutí zrna z ochranné obalové vrstvy se získá hnědá rýže. Ve druhém kroku se provádí odstranění klíčku a hnědé vrstvy. V dalším kroku pak dochází k frézování. [42] Při procesu frézování dochází k samotnému namletí rýžové mouky a vzniku otrub. Otruby jsou sekundární produkty získané z frézování neloupané rýže. Charakteristická pro rýžové otruby je smetanová

barva, jemná textura, bez zápachu a cizích příměsí. Po operaci mletí dochází k leštění rýže a roztřídění mouky přes rotační síta. Závěrečnou operací je balení rýžové mouky. [43]



Obrázek č. 8: Rýžová mouka [44]

2.5 Amarant (laskavec)

Amarant patří mezi pseudoobiloviny. Na rozdíl od pravých obilovin, které jsou jednoleté trávy, je amarant jednoletá dvouděložná rostlina rozsáhle porostlá listím. Amarant patří do čeledi *Amaranthaceae*. Rod *Amaranthus* zahrnuje více než 60 druhů, z kterých 50 roste na americkém kontinentě, zatímco dalších 15 je možné nalézt v Evropě, Asii, Africe a Austrálii. Většina forem vytváří hluboko pronikající kořen, přímý nebo rozložitý stonek, který může dorůst délky až 2 metry. [45]



Obrázek č. 9: Amarant [46]

2.5.1 Historie amarantu

Pro svou vysokou výživnou hodnotu a nenáročnost při pěstování byl amarant využíván již před 5 – 8 tisíci lety. Starými Mayi, Aztéky a Inky v tropických pásmech Ameriky, kteří ho využívali jako základní potravinu. V období před objevením Ameriky byl

po kukuřici a fazoli třetí nejrozšířenější plodinou ve Střední Americe. Ačkoli kukuřice a fazole se staly nejvýznamnějšími potravinovými plodinami na celém světě, amarant upadl do zapomutí, přestal se pěstovat a využívat. Zachoval se pouze na odlehlejších místech hor Střední a Jižní Ameriky a v drsných podmínkách hornatých oblastí Indie, Nepálu, Tibetu a Číny, kde se některé druhy přizpůsobily kratšímu světelnému dni i nadmořské výšce do 3500 metrů. [47] Optimální teplota pro pěstování se pohybuje v teplotním rozmezí 20–45°C. Migrací obyvatelstva se však adaptovaly na pásma subtropická až mírná. V současné době se amarant pěstuje nejvíce v USA a státech Jižní Ameriky, v Indii, Číně a Rusku. V České republice se pěstují dvě nové potravinářsky použitelné odrůdy Olpir, Koniz od roku 1993. [48,49]

2.5.2 Využití amarantu

Amarantová semena se konzumují různě upravená buď celá, nebo rozemletá na mouku, která se vyrábí výhradně celozrnná. Při výrobě pečiva se většinou používá ve směsi s různými druhy mouky (přídavek do 20 %). Výrobkům dodává příjemnou oříškovou příchut'. Pufované zrno se přidává do cereálních směsí. Ve směsi s kukuřicí nebo rýží je možno amarantovou mouku zpracovávat extruzí. Na trhu existují křupky neochucené, paprikové, vanilkové, kakaové. Lze je použít do jogurtů, cereálních snídaní, ovocných šťáv, do polévek.

Existují amarantové těstoviny v bezvaječné a bezlepkové variantě. Uvařené amarantové zrno se podává jako příloha k zeleninovým pokrmům, do salátů, pomazánek. V zemích s tradicí pěstování této plodiny se konzumují mladé rostliny nebo listy laskavce. V syrovém stavu slouží jako salát nebo po tepelné úpravě jako špenát nebo jiná listová zelenina. V čerstvém stavu listy laskavce obsahují významné množství vitamínu C a karotenoidů, kvercetin, betalain, glykoalkaloidy a chlorofylová barviva. Z listů lze izolovat i pektin. [50]

2.5.3 Výživová hodnota amarantu

Zrna laskavce mají vyšší obsah proteinů než obiloviny. Obsah esenciálních aminokyselin, lyzinu a tryptofanu, je srovnatelný s bílkovinami živočišného původu. Obzvláště prospěšný je pro malé děti a sportovce. U starších lidí podporuje činnost mozku a příznivě ovlivňuje metabolismus. Prospívá nemocným s poruchami trávení, vegetariánům, rekonvalescentům po vážných onemocněních a lidem, kteří trpí potravinovými alergiemi. [53]

Listy a semena laskavce mají vysokou nutriční hodnotu. Zelené části rostlin bohaté na bílkoviny, minerální látky a vitaminy mohou být konzumovány jako zelenina. Amarantové listy a květy patří k nejbohatším rostlinným zdrojům flavonoidů. Limitující aminokyseliny jsou valin, leucin a isoleucin. Největší podíl mastných kyselin tvoří kyselina linolová, olejová a palmitová. Amarantové zrno obsahuje vitaminy řady B, hlavně B₁ (thiamin) a B₂ (riboflavin), dále vitamin E a C. Mimořádný je obsah železa ve srovnání s jinými rostlinami a také vápníku. Dále je bohatě zastoupen hořčík, draslík, fosfor, zinek, měď. [48,51]

2.5.3.1 Technologický postup výroby amarantové mouky

Úkolem mletí je co nejučinněji oddělit slupku od endospermu a rozmělnit endosperm na požadovanou granulaci. Zrnitost je dána velikostí ok v sítu, která se pohybuje mezi 180–250 µm, přičemž propad musí činit 70–75 %. Vlastní proces mletí probíhá v kladívkovém mlýně, odkud se melivo přepravuje pomocí pneumatického dopravníku k třídění a následnému pytlování. [52]



Obrázek č. 10: Amaranthová mouka [53]

2.6 Čirok

Čirok (*Sorghum vulgare*) patří do skupiny vusatkovité (*Andropogoneae*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a podčeledi prosovitých (*Panicoidae*). V pěstování jsou nejvíce rozšířeny čtyři hlavní varianty: čirok obecný, technický, cukrový, súdánský. [54] Čirok je jednoletá bylina s bohatě rozvětveným hluboko kořenícím kořenovým systémem. Tvoří stébla vysoká až 3 metry někdy i více, která jsou bohatě olistěná a vytváří mnoho zelené hmoty. Květenstvím je lata. Zrno je buď úplně pluchaté, nebo částečně obnažené, případně zcela nahé. [55]



Obrázek č. 11: Čirok [56]

2.6.1 Historie čiroku

Čirok je jednou z nejdéle pěstovaných rostlin. Výskyt čiroku byl prokázán ve starém Egyptě, kde jej využívali jako kulturní plodinu. Do severní Afriky a Evropy se dostal prostřednictvím Arabů. V 15. a 16. století byl čirok v Africe všeobecně rozšířen a vzniklo zde mnoho dnešních odrůd čiroku. Čirok se poprvé objevil ve spojených státech v rané fázi 17. století [57]. Celosvětově lze čirok zařadit mezi první desítku pěstovaných obilovin. Světově patří mezi významné plodiny především v oblastech Asie, saharského a subsaharského pásu Afriky. Čirok představuje nejvýznamnější obilovinu schopnou růst i v limitujících podmínkách, kde se již ostatním obilovinám, jako např. kukuřici, nedaří. Mezi významné tradiční pěstitele čiroku patří Indie, kde se také intenzivně pracuje na šlechtění. USA se vyznačuje vysokou produkcí čiroku a je zde docíleno nejvyšších hektarových výnosů. [55]

Do České republiky byl čirok zaveden ve větší míře ve 20. letech minulého století, kdy se využívalo značné množství technického čiroku. Druhá vlna využití následovala v 50. letech, později však došlo k jeho vytlačení kukuřicí, která se zde začala masově využívat. Poslední vlna zvýšeného zájmu o čiroky u nás souvisí především s rozvojem bioplynových stanic, pro které poskytuje velké množství kvalitní hmoty. [54]

2.6.2 Využití čiroku

Možnosti využití čiroku jsou velmi široké. V potravinářském průmyslu je využíván čirok cukrový pro výrobu sirupů, cukrovinek, lihu, lihových nápojů a piva, protože se snadno a rychle zkvašuje. Velmi rozšířená je příprava kaší z mouky a krup v kombinaci s masem

a zeleninou. [56] V podmínkách České republiky se odrůdy a hybridy čiroku využívají především pro krmné účely a na výrobu bioplynu. [59]

2.6.3 Výživová hodnota čiroku

Zrno čiroku má vysokou energetickou hodnotu, nízký obsah dusíkatých látek (asi 10 %), tuku (asi 2,8 %) a vlákniny (asi 3 %). Semena některých odrůd mají vyšší obsah tříslovin, což způsobuje zhoršení využitelnosti potravy. Třísloviny totiž reagují s bílkovinami potravy, trávicími enzymy i bílkovinami střevní sliznice. Mladé rostliny obsahují v zelené hmotě kyanogenní glykosid durrhin. Proto je možné čirok na zeleno sklízet až po dosažení určité výšky, kdy obsah durrhinu klesne a nehrozí už riziko intoxikace. [56] Z biologicky cenných látek v čiroku je ceněný obsah fenolických kyselin, které jsou zastoupené kyselinou protokatechovou, hydroxybenzoovou, vanilovou, kávovou, ferulovou a skořicovou, tyto kyseliny jsou významné pro svoje vysoké antioxidační vlastnosti. Z minerálních látek je v čiroku zajímavý obsah fosforu, hořčíku, železa, zinku, mědi, manganu, molybdenu a chrómu. Vysoký je i obsah esenciálních aminokyselin, zejména lyzinu, který je doporučovaný hlavně v dětském věku, pro správný růst a vývin organismu. Čirok dále obsahuje vitaminy B₁ (thiamin), B₆ (pyridoxin, pyridoxal, pyridoamin), β karoteny, B₉ (folacin) a B₅ (kyselinu pantotenovou), která je důležitá pro metabolické zpracování přijatých živin a nenahraditelná pro syntézu hormonů. [60]

3 TECHNOLOGIE VÝROBY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA

3.1 Vlastnosti lepku v pečivu

Unikátní struktura lepku poskytuje mnoho speciálních fyzikálních vlastností vhodných pro potraviny, jako chléb, těstoviny, atd. Lepek dodává těstu elasticitu a hotovému výrobku texturní vlastnosti. Vytváří v těstě strukturu, která má schopnost zadržovat plyn ve fermentačním procesu. Zadržuje vodu a dodává finálním pečeným výrobkům jejich jedinečnou texturu. Lepek obsahuje 75–86 % proteinu na sušinu, zbytek je tvořen sacharidy a lipidy, které jsou silnými vazbami vázány na proteinovou matici. Proteinové frakce, gliadin a glutenin, které tvoří lepek, mají specifické funkce. Je-li lepek plně hydratován, stává se glutenin tuhou, gumovitou hmotou, zatímco gliadin vytváří tekutou viskózní hmotu. Kombinací těchto dvou komponent získává těsto výjimečné viskoelastické vlastnosti jako např. tažnost, toleranci k hnětení a schopnost zadržovat plyn. [61,62,63]

3.2 Vady bezlepkového pečiva

Substituce lepku se může v pekařských výrobcích projevit různými pachutěmi a změnami aroma, neodpovídající barvou nebo suchou, drobivou texturou. Aby se docílilo úspěšné náhrady lepku, musí se brát v potaz jeho funkční působení v různých druzích pečiva a požadované charakteristiky finálního výrobku jako je objem výrobku, jeho textura, barva, obsah vlhkosti atd. U chleba a dalších fermentačních výrobků, které jsou závislé na funkci lepku, je důležité použít ingredience, nebo kombinace ingrediencí, které simulují schopnost lepku vytvářet strukturu a zadržovat plyny a vlhkost. Lepek se nahrazuje do určité míry přírodními nebo syntetickými surovinami, které mohou výrazně bobtnat ve vodě a tvořit stavební ekvivalent místo lepku. [63,64]

3.3 Základní suroviny pro výrobu bezlepkového pečiva

3.3.1 Mouka

Mouka je univerzální surovina pro výrobu celého pekařského sortimentu, ve většině těst tvoří asi kolem 60 % hmotnosti. Jako základní mouky pro výrobu bezlepkového pečiva se používají mouky pohanková, rýžová, jáhelná, kukuřičná, amarantová. Jednotlivé typy

mouky mohou být vzájemně míchány mezi sebou a vytváří tak společně s dalšími látkami bezlepkové těsto.

3.3.2 Voda

Voda používaná do pekařských pokusů musí splňovat veškeré požadavky na pitnou vodu. Má být mikrobiologicky a chemicky nezávadná, středně tvrdá, bez cizích pachů a příchutí. Voda k výrobě chleba má mít maximálně pH 8, protože vysoká alkalita by snižovala kyselost kvasů, těsta a tím brzdila jejich zrání. Nízká alkalita urychluje průběh zrání a finální výrobek je objemnější. Pro pekaře je důležité správně volit teplotu připravovaných těst. Podle teploty mouky a ostatních surovin volí teplotu tak, aby teplota zamíseného těsta se pohybovala podle druhu těsta v rozmezí 26–30°C. [14,65]

3.3.3 Droždí

Jsou slisované kvasinky čisté kultury druhu *Sacharomyces cerevisiae* Hansen, vyvolávající v těstě etanolové kvašení. Droždí dodává výrobkům větší objem, ovlivňuje senzorycké vlastnosti výrobků a jejich strukturu. Objem těsta zvyšuje oxid uhličitý, který je výsledným produktem fermentace. Během fermentace vznikají i různé aromatické látky (aldehydy, ketony), které vedou ke změně chutě a vůně výrobků. Přidáním droždí se zvyšuje nutriční hodnota výrobků. Zvětšení objemu lze docílit jinými chemickými kypřidly, ale nenahradí typickou vůni a chuť výrobků. [65]

3.3.4 Sůl

Množství soli přidávané do těsta se pohybuje kolem 0,5–2,5 % na hmotnost mouky. Funguje jako chuťová přísada, ale i jako regulátor důležitých technologických procesů. Sůl podporuje přiměřené zbarvení kůrky během pečení. Do těsta se používá sůl jemná, obvykle v roztoku části recepturní vody (velkopekářny mají výrobčíky solanky), k sypání výrobků se používá sůl hrubě zrnitá, která pomaleji vlhne. [14]

3.4 Suroviny pro zlepšení technologické struktury bezlepkového pečiva

3.4.1 Gumy a škroby

Za účelem překonání problémů spojených s nedostatkem viskoelastických vlastností jsou začleněny do bezlepkových fermentovaných receptů guma hydroxypropylmethylcelulosa (HPMC), guarová guma, xantanová guma, agar a škroby (kukuřičné, maniokové a bramborové). Mezi nejpoužívanější hydrokoloidy, se řadí hydroxypropylmethylcelulosa je jednou z nejvíce vhodných surovin do bezlepkového těsta s cílem zvýšit objem a texturu bezlepkových chlebů. [67] Guarová guma je prášková doplňková látka z guarové fazole, která slouží k zahuštění nebo vázání ingrediencí v bezlepkovém pečení. Její nadměrné množství by mohlo způsobit hořkou pachů v bezlepkovém pečivu. Xanthanová guma je prášková přísada. Používá se jako zahušťovadlo nebo pro zajištění poddajnosti a struktury bezlepkových druhů pečiva. Je produkována bakteriální fermentací cukru, obvykle se používá v kombinaci s kukuřičnou moukou. Agar je polysacharid z mořských řas, veganská alternativa k želatině. Má velmi vysoký obsah vlákniny, slouží pro zlepšení struktury bezlepkového pečiva. Nadměrné množství agaru by mohlo způsobit mokvavost bezlepkového pečiva. Kukuřičný škrob se používá jako zahušťovadlo a pojivo. Vytváří povlak na smažených jídlech. Také zajišťuje žvýkatelnost v kombinaci s jinými typy mouky v těstě. Bramborový škrob se používá jako zahušťovadlo a pojivo, zesvětluje bezlepkové pečivo a poskytuje žvýkatelnost. Tapiokový škrob, pochází z maniokového kořene. Tapioka se používá jako bezlepkové zahušťovadlo. Vytváří ostrou krustu na povrchu smažených jídel. [67,68]

3.4.2 Mléko, mléčné bílkoviny

Přidáním mléčných bílkovin do bezlepkového pečiva selepší výživová hodnota výrobků, protože se dvojnásobí obsah bílkovin. Mléčné bílkoviny jsou důležité díky svým funkčním vlastnostem, přispívají ke zlepšení sensorických vlastností zejména chuti. Ovlivňují texturu výrobku, způsobují pevnější a nedrobivou strukturu. Konzumace bezlepkových chlebů s vysokým obsahem laktosu se nedoporučuje celiakům, kteří špatně snášejí laktosu, z důvodu nepřítomnosti enzymu laktasa, která dokáže rozštěpit laktosu v tenkém střevě. [69]

3.4.3 Vejce

Vejce se používají jako nejběžnější pojivo v potravinářském průmyslu. Zlepšují strukturu konečného výrobku a zvyšují výživovou hodnotu bezlepkového pečiva. [70]

3.4.4 Luštěniny

Luštěniny se v bezlepkové technologii využívají zejména pro výživové složení. Obsahují sacharidy, bílkoviny, minerální látky, vitamin B (včetně folátů), železo, vlákninu, jsou bez lepku, bez cholesterolu, s nízkým obsahem nasycených tuků a s nízkým glykemickým indexem. Vysoký obsah lyzinu je vhodným doplňkem stravy na bázi obilovin. Luštěniny je vhodné přidávat do bezlepkových potravin a do potravin, které potřebují zlepšit texturu, plnost, chuť a nutriční hodnotu. [71]

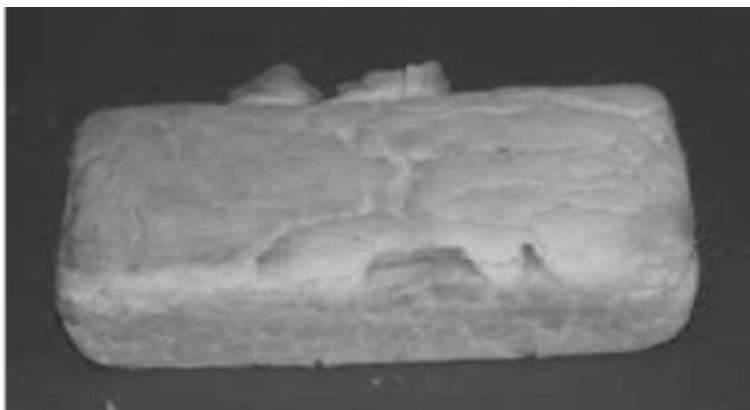
3.5 Výroba bezlepkového pečiva

Na trhu se fementované bezlepkové pečivo téměř nevyrábí. Výrobní proces je zkoumán pouze v laboratorních podmínkách s cílem zlepšit texturní a senzorycké vlastnosti bezlepkových výrobků. Výzkum provedený v Brazílii má za cíl nahradit pšeničnou mouku a vyrobit bezlepkový bílý chléb. Jako alternativní mouky pro výrobu bezlepkového chleba se v tomto výzkumu používají manioková, rýžová a kukuřičná mouka. Celkem jsou tedy provedeny 3 experimenty. V tabulce č. 2 jsou uvedeny veškeré ingredience, které se používají na výrobu bezlepkového těsta. Hodnota G/100 v tabulce vyjadřuje podíl ostatních složek ve vztahu ke 100 % přídatku celkové hmotnosti mouky.

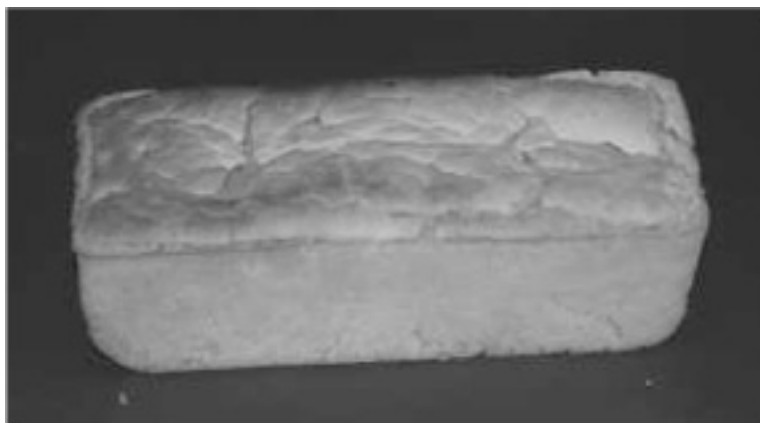
Tabulka č. 2: Základní suroviny pro přípravu bezlepkového chleba

| Ingredience | G /100 g |
|--------------------|-----------------|
| Mouka | 100 |
| Sušené mléko | 15 |
| Cukr | 2 |
| Sůl | 2 |
| Margarin | 3 |
| Prášek do pečiva | 1 |
| Voda | 100–120 |
| Sušené vejce | 10 |
| Xantanová guma | 0,5 |

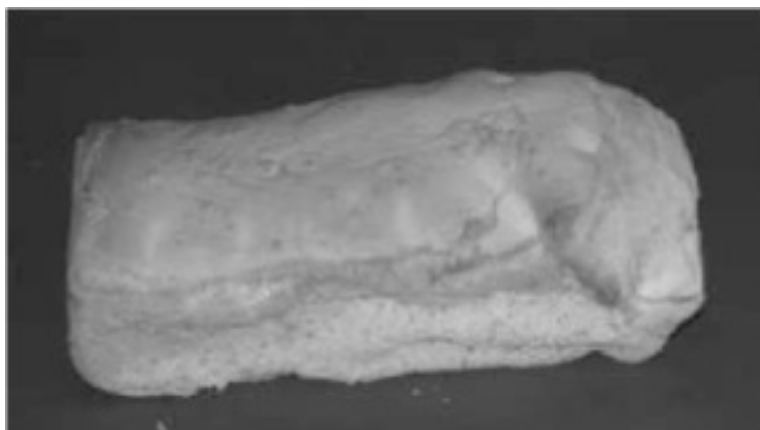
Příprava těsta začíná vážením všech přísad. Suché suroviny se dají do hnětače a hnětají se při nízkých otáčkách po dobu dvou minut, po uplynutí této doby dochází k dalšímu přidání surovin v podobě margarinu, vody a mléka rychlost hnětení se zvyšuje a hnětací proces trvá po dobu 5 minut. Proces hnětení má za úkol vytvořit jemnou texturu bezlepkového těsta. Po dokonalém promíchání všech surovin určených k výrobě bezlepkového chleba se převede chlebové těsto na vymazaný plech a inkubuje při pokojové teplotě a relativní vlhkosti, kde vlhkost se pohybuje okolo 50 %. V době fermentačního procesu dochází ke zvýšení objemu těsta až dvojnásobně. Fermentace se provádí při 40°C po dobu 50 minut. Pečení probíhá v elektrické peci při teplotě 210°C asi dobu 30 minut. Pečené chleby jsou pak ochlazeny na pokojovou teplotu. Po procesu chlazení jsou chleby následně zabaleny do spotřebních obalů. [72]



Obrázek č. 12: Bochník chleba připravený z rýžové mouky



Obrázek č. 13: Bochník chleba připravený z kukuřičné mouky



Obrázek č. 14: Bochník chleba připravený z maniokové mouky [72]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CHARAKTERISTIKA BEZLEPKOVÉ MOUKY

4.1 Materiál

Modelové vzorky bezlepkového pečiva, byly vyrobeny z rýžové a pohankové mouky. Pro výzkum diplomové práce byly použity běžné komerční mouky. Pohanková mouka byla od firmy Šmajstrla s.r.o. v České republice a rýžová mouka byla od firmy Hustopeče s.r.o. v České republice.

5 PŘÍPRAVA TĚSTA

5.1 Metodika

Těsta byla připravena ze směsí pohankové a rýžové mouky v jednotlivých poměrech za použití dvou technologií hnětení a šlehání. Technologií hnětením byly upečeny tři vzorky a technologií šleháním bylo upečeno jedenáct vzorků bezlepkových bochníků chleba. V tabulce č. 3 a 4 jsou znázorněny poměry, ve kterých dochází k míchání mouky a přepočítaná navážka mouky rýžové a pohankové k výrobě bezlepkového pečiva.

5.1.1 Pekařský pokus

5.1.1.1 Postup výroby bezlepkového pečiva technologií hnětením

Roztok A

Roztok A se připravil ve velké kádince smícháním 400 g vody, 15 g sacharosu a 15 g NaCl navážka se pohybovala s přesností na 0,5 g. Dále se do roztoku přidala kyselina askorbová 0,05 g s přesností 0,002 g. V teplé vodě se roztok A lépe rozpustil, ale do těsta se vždy přidával jen vychlazený. Vydatnost roztoku A byla na 3 testy.

Roztok B – cukerný roztok

Cukerný roztok se připravil smícháním 5 g sacharosu a 95 g vody. Vydatnost roztoku B byla na 4 testy. Do těsta se cukerný roztok vždy přidával ohřátý na teplotu 35 °C.

Pracovní postup

Ve 21,6 g roztoku B o teplotě 35 °C bylo suspendováno 5,4 g droždí. Aktivace droždí byla podpořena umístěním na 10 minut do termostatu o teplotě 30 °C. Dále se navážila mouka, dle poměrů v tabulce č. 3 a k ní se přidala navážka roztoku A 129 g a vypočítaný přírůstek vody dle tabulky č. 3. Po uplynutí doby aktivace droždí se smíchaly všechny suroviny do hnětací mísy a daly se hnětat. Pak se rozdělilo uhnětené těsto na 3 klonky a dalo aktivovat do termostatu na 30 °C po dobu 30 minut. Po uplynutí 30 minut se těsto přetužilo a následně se vložilo do formiček a dalo aktivovat do termostatu při 50 °C po do-

bu 50 minut. Po uplynutí této doby se těsto ve formičkách uložilo do trouby a peklo se při 220 °C po dobu asi 30 minut. Po upečení se nechaly vzorky vychlázdnout.

Tabulka č. 3: Poměrové přídatky mouky technologií hnětením

| Číslo vzorku | Poměr v [%] | | Navážka mouky v [g] | Navážka mouky v [g] | | Přídavek vody v [g] |
|--------------|-------------|---------|---------------------|---------------------|-------|---------------------|
| | Rýže | Pohanka | | Pohanka | Rýže | |
| 1. | 90 | 10 | 270 | 30 | 184,9 | |
| 2. | 50 | 50 | 150 | 150 | 190,3 | |
| 3. | 10 | 90 | 30 | 270 | 195,7 | |

5.1.1.2 Postup výroby bezlepkového pečiva technologií šleháním

Roztok A

Roztok A se připravil ve velké kádince smícháním 400 g vody, 15 g sacharosy a 15 g NaCl navážka se pohybovala s přesností na 0,5 g. Dále se do roztoku přidávala kyselina askorbová 0,05 g s přesností 0,002 g. V teplé vodě se roztok A lépe rozpustil, ale do těsta se vždy přidával jen vychlazený. Vydátnost roztoku A byla na 3 testy.

Roztok B – cukerný roztok

Cukerný roztok se připravil smícháním 5 g sacharosy a 95 g vody. Vydátnost roztoku B byla na 4 testy. Do těsta se cukerný roztok vždy přidával ohřátý na teplotu 35°C.

Pracovní postup

Ve 21,6 g roztoku B o teplotě 35 °C bylo suspendováno 5,4 g droždí. Aktivace droždí byla podpořena umístěním na 10 minut do termostatu o teplotě 30 °C. Dále se navážila mouka dle poměrů v tabulce č. 4, k ní se přidala navážka roztoku A 129 g a vypočítaný přídavek vody dle tabulky č. 4. Všechny tři suroviny se smíchaly a daly se šlehat. Po uplynutí 10 minut se do těsta přidávalo aktivované droždí a těsto se opět šlehalo. Poté se těsto vložilo do formiček a vložilo se do termostatu na 30 °C po dobu 20 minut. Po uplynutí doby

fermentace se těsto ve formičkách peklo na 200 °C po dobu asi 30 minut. Formičky se z trouby vyjmuly a nechaly vychládnout.

Tabulka č. 4: Poměrové přídatky mouky technologií šleháním

| Číslo vzorku | Poměr v [%] | | Navážka mouky v [g] | Navážka mouky v [g] | | Přídavek vody v [g] |
|--------------|-------------|---------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|
| | Rýže | Pohanka | | Rýže | Pohanka | |
| 1. | 100 | 0 | 300 | 0 | 183,5 | |
| 2. | 90 | 10 | 270 | 30 | 184,9 | |
| 3. | 80 | 20 | 240 | 60 | 186,2 | |
| 4. | 70 | 30 | 210 | 90 | 187,6 | |
| 5. | 60 | 40 | 180 | 120 | 188,9 | |
| 6. | 50 | 50 | 150 | 150 | 190,3 | |
| 7. | 40 | 60 | 120 | 180 | 191,6 | |
| 8. | 30 | 70 | 90 | 210 | 192,8 | |
| 9. | 20 | 80 | 60 | 240 | 194,3 | |
| 10. | 10 | 90 | 30 | 270 | 195,7 | |
| 11. | 0 | 100 | 0 | 300 | 197,0 | |

5.1.2 Stanovení vlhkosti mouky

Ke stanovení vlhkosti mouky byla použita pohanková a rýžová mouka. Do čisté a zvážené hliníkové misky s víčkem, předem vysušené při teplotě 130 °C, se navázilo 5 g předloženého vzorku mouky. Vzorek se nejprve zvážil na předvážkách a pak se přesná hmotnost zvážila na analytických vahách. Vzorek se rozprostřel do stejnoměrné vrstvy a víčko se vložilo pod misku a spolu s ní se umístilo v sušárně předeřáté na teplotu 130 °C. Vzorek se sušil 90 minut při teplotě 130 °C. Doba sušení se počítala od dosažení teploty 130 °C. Po 60 minutách se miska ještě v sušárně uzavřela víčkem a dala do exsíkátoru. Po vychladnutí se miska opět zvážila na analytických vahách. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení a určení směrodatné odchylky. Stanovení vlhkosti mouky bylo důležité pro zjištění přídatku vody do těsta.

- Obsah vlhkosti v % se vypočítá pomocí vzorce [74]

$$V = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

Kde:

m_0 – hmotnost suché prázdné misky [g]

m_1 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g]

m_2 – hmotnost misky se vzorkem po sušení [g]

- Sušina mouky v % se vypočítá pomocí vzorce:

$$S = 100 - v$$

Kde:

v – vlhkost [%]

- Výpočet hmotnosti mouky

$$M = \frac{300 \times S}{(100 - M_v)}$$

Kde:

S – sušina mouky [%]

M_v – vlhkost mouky [%]

- Výpočet přídatku vody

$$D = \frac{M \times \text{vaznost mouky}}{100} - 140,5$$

Kde:

M – hmotnost mouky [g]

5.1.3 Stanovení vlhkosti chleba

Stanovení vlhkosti chleba bylo provedeno u všech typů vzorků mícháním mouky v jednotlivých poměrech. Vzorky byly hodnoceny po dvou hodinách upečení bezlepkových chlebů. Z odebraného vzorku bezlepkového chleba se nožem vyřízla výseč v rozsahu asi $\frac{1}{4}$ celkové hmotnosti. Z výseče se ihned po vyříznutí oddělila střídka ve vzdálenosti 1,5 cm od kůrky. Zbytek střídky se co nejrychleji rozdrobil nebo rozkrájel nožem na malé kousky. Z takto připraveného vzorku se do hliníkové misky ihned odvážilo 5 g s přesností na 0,01 g. Vzorek se rozprostřel do stejnoměrné vrstvy na dno misky a miska s odklopeným víčkem se vložila do sušárny předem vyhřáté na teplotu 130 °C. Miska se ponechala v sušárně přesně 90 minut, počítáno od okamžiku, kdy teplota po vložení misky do sušárny dosáhla opět 130 °C. Po této době se miska ještě v sušárně uzavřela víčkem, vložila do exsikátoru a po vychladnutí na laboratorní teplotu, se zvážíla na analytických vahách. Po vysušení se vzorek umístil do exsikátoru. Po vychladnutí vzorků se misky vyjmuly z exsikátoru a zvážíly na analytických vahách. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení a zjištění směrodatné odchylky.

- Obsah vlhkosti v % se vypočítá pomocí vzorce:[74]

$$V = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

Kde:

m_0 – hmotnost suché prázdné misky [g]

m_1 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g]

m_2 – hmotnost misky se vzorkem po sušení [g]

5.1.4 Proměření objemu bezlepkového pečiva

Měření objemu probíhalo s odstupem 24 hodin po upečení vzorků bezlepkového chleba. Objem pečiva byl změřen v kalibrovaném odměrném válci, který byl naplněný plastovými kuličkami tvarem a objemem podobné řepkovému semenu. Dvakrát byl změřen objem u všech poměrových vzorků bezlepkového pečiva, které byly upečeny. Pro každý vzorek byla z naměřených hodnot vypočítána průměrná hodnota a směrodatná odchylka objemu bochníku.

5.1.5 Stanovení textury bezlepkového chleba

Texturní analýza byla provedena u všech typů vzorků rýžové a pohankové mouky smíchaných v jednotlivých poměrech. Ke stanovení texturních vlastností byl použit texturní analyzátor TA.XT *plus*. Měření je založeno na principu deformace materiálu sondou texturního analyzátoru napojenou na citlivý tenzometr. Pro měření byla použita sonda Stable Micro Systems 50 mm a platforma Stable Micro System Heavy Duty. Na měřený materiál bylo působeno kompresní silou, kde se měřila pevnost (tvrdost) vzorku a dále jeho elasticita a kohezivnost (soudržnost). Tenzometr snímal deformační síly, které obslužný program zaznamenává ve formě souvislé deformační křivky, která slouží jako podklad k dalším výpočtům. Texturní analýza se u vzorků prováděla ve stáří 24 hodin po upečení. K měření texturních vlastností se používala pouze střída z upečených vzorků bezlepkového chleba. Těsně před měřením se střída vykrojila do tvaru kruhu pomocí formy na 2cm široké plátky a každý z nich byl potom umístěn pod sondu. Sonda při měření postupuje dolů a dochází ke zvýšení síly, čím je hodnota síly těžší, tím je vzorek tužší. Každý vzorek byl proměřen dvakrát. Pak následně bylo provedeno statické vyhodnocení do tabulky.

5.1.6 Statická analýza dat

Statická analýza se prováděla u všech změřených ukazatelů vlhkost, objem a textura. Měla za úkol zjistit průkaznost rozdílů mezi kvalitou bochníků připravených technologií šlehání těsta a hnětení těsta byla testována jednosměrnou analýzou rozptylu (ANOVA). Významnost rozdílů byla testována na hladině významnosti 0,05. Dále byl hodnocen prostřednictvím LSD testu vliv poměru mouky ve směsi.

5.1.7 Senzorická analýza bezlepkového chleba

Úkolem sensorické analýzy bylo porovnat vzorky bezlepkového a obyčejného pšeničnožitného chleba a zjistit, který ze dvou chlebů má pro hodnotitele přijatelnější organoleptické vlastnosti. Jako vzorek A byl předkládán bezlepkový chléb s obsahem rýžové mouky 120 g a pohankové mouky 180 g obohacený přísadami soli a kmínu. Jako

vzorek B byl předkládán obyčejný pšeničnožitný chléb. Sensorická analýza byla uskutečněna pomocí sensorického hodnocení s použitím stupnic a pomocí párové porovnávací zkoušky. Sensorické hodnocení probíhalo vždy déle jak 2 hodiny po upečení vzorku chleba. Vzorky k sensorické byly předkládány při pokojové teplotě ve formě plátků chleba, odkrojených z bochníku. Sensorického hodnocení se účastnili studenti 1. ročníku navazujícího studijního programu Chemie a technologie potravin Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Celkem se sensorické analýzy zúčastnilo 28 hodnotitelů.

V případě hodnocení s použitím stupnic byly využity pětibodové ordinální stupnice s charakteristikou každého stupně. Orientace hedonických škál byla volena tak, že 1. stupeň byl vyhrazen úrovni „vynikající“ a 5. stupeň úrovni „nevyhovující“. Takto bylo posuzováno 5 sensorických znaků: vzhled, textura, vůně, chuť celkový vzhled. Pořadovou zkouškou byly sledovány vůně, chuť, pórovitost, přilnavost, pružnost, žvýkatelnost a preference. Protokol pro sensorické vyhodnocení je uveden v příloze č. P I.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Vlhkost mouky

Podle použité metodiky v kapitole č. 5 byla vypočítána vlhkost pohankové a rýžové mouky. U pohankové mouky byla zjištěna vlhkost 13,9 % a rýžová mouka měla vlhkost 12,9 %, což splňuje požadavky vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, příloha č. 2. V této komoditní vyhlášce se uvádí, že vlhkost mouk ze všech druhů obilovin, pohanky a rýže smí být nejvýše 15,0 %. [75]

Na základě zjištěné vlhkosti mouky, uvedené v tabulce č. 5, byl vypočítán přírůstek vody, který je závislý na vaznosti mouky. Vaznost vyjadřuje množství vody, které přijme mouka na zpracování těsta. [14] Hmotnost mouky tedy činila 300 g u obou typů mouk. Následně se ze zjištěných hodnot vypočítal přírůstek vody, který u pohankové mouky činil 63,3 g a u rýžové mouky 60,9 g. V důsledku nízkého přírůstku vody došlo ke vzniku nevzhledného a strukturně neodpovídajícího tvaru bochníku. Proto se přírůstek vody zvýšil až na trojnásobek dosavadní hodnoty. Tím těsto získalo požadovanou strukturu a vynikající tvar a objem bochníku.

Použité metody k přípravě bezlepkového těsta byly metoda hnětení a metoda šlehání. K metodě hnětení byly všechny suroviny do těsta přidány naráz a byl použit hnětací hák, který těsto nerovnoměrně promíchal. Po fermentaci a upečení bochník získal vyšší objem s velkým množstvím pórů a velice měkkou strukturu. V metodě šlehání byly suroviny do těsta přidávány postupně zejména pak přírůstek droždí. Těsto se šlehalo pomocí šlehací metle, která těsto promíchala důkladněji. Po upečení bochník získal požadovaný objem s menším množstvím pórů. Bochník získaný pomocí metody šlehání byl kvalitnější, po rozkrojení se nedrobil a měl tedy pevnější strukturu než bochník získaný metodou hnětení. Autorky Layton a Larsen uvádějí ve své knize „Bezlepkové pečení pro nechápavé“, že je vhodné použít pro výrobu bezlepkového těsta šlehací metle, aby došlo k dokonalému promísení surovin. Doporučují vždy nejdříve smíchat suché přísady a pak přidat mokré přísady. Obvyklá doba šlehání surovin se pohybuje okolo 2 minut. Cílem technologie šlehání je zlepšení konečné struktury výrobku. Výrobek se po rozkrojení stává pevnější. [76]

Výpočet přídatku pohankové mouky

$$M = \frac{300 \times 86}{(100 - M_v)} = \frac{25\,800}{(100 - 13,9)} = 299,65\text{g}$$

Výpočet přídatku vody do těsta s pohankovou moukou

$$D = \frac{M \times \text{vaznost mouky}}{100} - 140,5 = \frac{300 \times 68}{100} - 140,5 = 63,5\text{ g}$$

Výpočet přídatku rýžové mouky

$$M = \frac{300 \times 86}{(100 - M_v)} = \frac{25\,800}{(100 - 12,9)} = 296,21\text{g}$$

Výpočet přídatku vody do těsta s rýžovou moukou

$$D = \frac{M \times \text{vaznost mouky}}{100} - 140,5 = \frac{296,21 \times 68}{100} - 140,5 = 60,9\text{ g}$$

Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty vlhkosti mouky

| Vzorky | Průměrná hodnota[%] | Směrodatná odchylka |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| Pohanková mouka | 13,9 | 0,1 |
| Rýžová mouka | 12,9 | 0,1 |

6.2 Vlhkost bezlepkového chleba

Podle použité metodiky uvedené v kapitole 5. bylo podle vzorce vypočítáno stanovení vlhkosti bezlepkového chleba. U každého vzorku bezlepkového pečiva byly provedeny tři měření a z výsledků byla vypočítána průměrná hodnota. Dále z naměřených hodnot byla stanovena směrodatná odchylka. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty vlhkosti chleba

| Vzorky mouky, Rýžová : pohanková | Průměrná hodnota[%] | Směrodatná odchylka |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Technologie hnětení | | |
| 270 : 30 | 49,3 | 0,1 |
| 150 : 150 | 45,3 | 0,3 |
| 30 : 270 | 43,9 | 0,8 |
| Technologie šlehání | | |
| 300 : 0 | 45,3 | 0,3 |
| 270 : 30 | 45,6 | 0,3 |
| 240 : 60 | 45,7 | 0,5 |
| 210 : 90 | 44,4 | 2,8 |
| 180 : 120 | 47,1 | 0,5 |
| 150 : 150 | 46,1 | 0,2 |
| 120 : 180 | 44,3 | 0,2 |
| 90 : 210 | 44,7 | 0,3 |
| 60 : 240 | 45,1 | 0,4 |
| 30 : 270 | 44,7 | 0,2 |
| 0 : 300 | 44,6 | 0,3 |

Tabulka č. 7: anova vlhkost

| | | | |
|----------|--|----------------|------|
| | LSD test, proměnná vlhkost (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 2,3481, sv = 26,000 | | |
| Č. buňky | Technologie | Vlhkost průměr | 1 |
| 2 | Šlehání | 45,11545 | **** |
| 1 | Hnětení | 46,08333 | **** |

Ze získaných hodnot uvedených v tabulce č. 7 vyplývá, že průměrná vlhkost vzorků technologií šleháním byla 45,12 % a technologií hnětením 46,08 %. Ze zjištěné chyby 2,35 lze konstatovat, že mezi vzorky není statisticky významný rozdíl ve vlhkosti.

Z technologie hnětení je zřejmé, že se zvyšujícím objemem pohankové mouky se snižovala i vlhkost bezlepkového pečiva. Nejvyšší obsah vlhkosti byl stanoven u poměrů rýžové mouky 180 g a pohankové mouky 120 g. Naopak nejnižší vlhkost byla zjištěna u rýžové mouky 120 g a pohankové mouky 180 g. V uvedeném výzkumu „Vztah mezi instrumentálními parametry a senzorickými vlastnostmi v bezlepkovém pečivu“, který byl proveden ve Španělsku vyplývá, že vlhkost bezlepkového pečiva činí v průměru mezi kolem 40 %. Tato vlhkost byla porovnávána na vzorcích bezlepkových výrobků z kukuřičné mouky. [77] Srovnáním vlhkosti bezlepkového pečiva stanovené v tomto výzkumu s hodnotami průzkumu ve Španělsku vyplývá, že vlhkost vzorků bochníků je vyšší v důsledku vyššího přídatku vody přidaného do těsta. Podle potravinářských tabulek by se obsah vody ve střídě měl pohybovat okolo 45–50 %. Vzorky bezlepkového pečiva vyrobené jak metodou hnětení, tak i šlehání tuto hodnotu splňují. [78]

6.3 Objem pečiva

Bochníky pro měření objemu jsou znázorněny na fotografiích v příloze PII. Z upečených bochníků pekařského pokusu bylo provedeno měření objemu a následné zpracování výsledků do tabulky č. 7.

Tabulka č. 8: Naměřené hodnoty objemu bochníků

| Technologie hnětení | | |
|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Rýže : Pohanka | Průměrná hodnota objemu [ml] | Směrodatná odchylka |
| 30 : 270 | 256,3 | 6,3 |
| 150 : 150 | 225,0 | 5,8 |
| 270 : 30 | 208,7 | 4,8 |
| Technologie šlehání | | |
| 300 : 0 | 212,5 | 2,9 |
| 270 : 30 | 216,2 | 4,8 |
| 240 : 60 | 220,0 | 4,1 |
| 210 : 90 | 255,0 | 4,1 |
| 180 : 120 | 265,0 | 4,1 |
| 150 : 150 | 276,3 | 4,8 |
| 120 : 180 | 282,5 | 2,9 |
| 90 : 210 | 285,0 | 4,1 |
| 60 : 240 | 291,3 | 7,5 |
| 30 : 270 | 300,0 | 4,1 |
| 0 : 300 | 310,0 | 5,8 |

Tabulka č. 9: anova objem

| LSD test, proměnná objem (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 1028,6, sv = 26,000 | | | | |
|--|-------------|--------------|------|------|
| Č. buňky | Technologie | Objem průměr | 1 | 2 |
| 1 | Šlehání | 229,1667 | **** | |
| 2 | Hnětení | 264,7727 | | **** |

V tabulce č. 11 výsledky prokázaly statisticky významný rozdíl mezi technologiemi hnětení a šlehání v měřeném objemu, protože vypočtená chyba byla 1028,6. Průměrný objem bochníků technologií šleháním činil 229 ml a technologií hnětením 265 ml.

Z naměřených hodnot vyplývá, že průměrný objem vzorků bezlepkového chleba se snižuje s přidáním vyšší části rýžové mouky. Rýžové proteiny jsou většinou hydrofobní a jsou odolné vůči bobtnání, proto objem těchto bochníků je nižší. [79] K největším rozdílům objemu u použitých směsí rýžové a pohankové mouky tedy dochází u poměrů mouky 270 g rýžové a 30 g pohankové, kde je hodnota nejmenší 216,2 ml a u poměrů mouky 30 g rýžové a 270 g pohankové, kde je hodnota nejvyšší 300,0 ml. Smícháním jednotlivých směsí v poměrech tedy dochází k posílení objemu pečiva díky přidavku pohankové mouky. Ke stejným výsledkům dochází také studie „Kvalita bezlepkových chlebů pohanky a rýže“. [80]

6.4 Měření textury

Z naměřených hodnot vzorků bochníků byla sestavena zátěžová křivka síly deformace na čase. Ze zátěžové křivky byly získány hodnoty pro parametr pevnost, elasticitu a kohezivnost. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 8 a č. 9 dané pro použité technologie, které sloužily k vytvoření grafického znázornění.

Tabulka č. 10: Texturní vlastnosti technologií hnětením

| Poměry mouk Rýže : Pohanka | Pevnost [N] | Elasticita [s] | Kohezivnost |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| 270:30 | 17,838 | 3,375 | 0,716 |
| 150:150 | 14,911 | 2,875 | 0,703 |
| 30:270 | 17,167 | 3,030 | 0,639 |

Tabulka č. 11: Texturní vlastnosti technologií šleháním

| Poměry mouk Rýže : Pohanka | Pevnost [N] | Elasticita [s] | Kohezivnost |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| 300:0 | 15,795 | 3,302 | 0,689 |
| 270:30 | 6,750 | 2,905 | 0,720 |
| 240:60 | 12,141 | 3,149 | 0,721 |
| 210:90 | 18,723 | 2,923 | 0,651 |
| 180:120 | 21,251 | 2,945 | 0,701 |
| 150 : 150 | 20,376 | 2,960 | 0,674 |
| 120:180 | 23,872 | 3,073 | 0,681 |
| 90:210 | 18,179 | 3,063 | 0,675 |
| 60:240 | 25,293 | 2,935 | 0,526 |
| 30:270 | 28,107 | 2,948 | 0,687 |
| 0:300 | 27,471 | 2,918 | 0,678 |

6.4.1 Pevnost (tvrdość)

Mechanická texturní vlastnost, vztahující se k síle, potřebné k dosažení deformace nebo penetrace výrobkem. Tvrdość testovaných vzorků zkoumá schopnost materiálu vrátit se do původního stavu. Všechny měřené směsi vykazují velmi podobnou pevnost.



Graf č. 1: Pevnost vzorků technologií šleháním

Z uvedeného grafu je parné, že pevnost vzorků bezlepkového chleba roste s přidávkem pohankové mouky ve směsi. Všechny měřené směsi vykazují velmi podobné vlastnosti tvrdości. K největším rozdílům dochází u vzorků R 270 : P 30 a R 30 : P 270. Kdy vzorek s poměrem 270 g rýžové mouky a 30 g pohankové mouky vykazuje nejnižší pevnost. Naopak vzorek s opačným poměrem vykazuje nejvyšší pevnost. Tyto závěry jsou ve shodě se studií „Kvalita bezlepkových chlebů pohanky a rýže“, ze kterého vyplývá, že s vyšším přidávkem rýžové mouky se snižuje pevnost výrobku. [80]

6.4.2 Elasticita

Doba v sekundách potřebná ke stlačení vzorků bezlepkového pečiva.



Graf č. 2: Elasticita vzorků technologií šleháním

Z uvedeného grafického znázornění pro elasticitu vyplývá, že doba potřebná ke stlačení vzorku je u všech hodnocených vzorků téměř shodná. Naměřené hodnoty u vzorků činily cca 3 sekundy nutné ke stlačení vzorku. V publikované studii v roce 2013 je podobné grafické znázornění elasticity, jako v této diplomové práci. Tudíž práce dochází ke stejným závěrům. [80]

6.4.3 Kohezivnost (soudržost)

Je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu. Tento parametr je dán poměrem plochy třetího píku k ploše prvního píku.

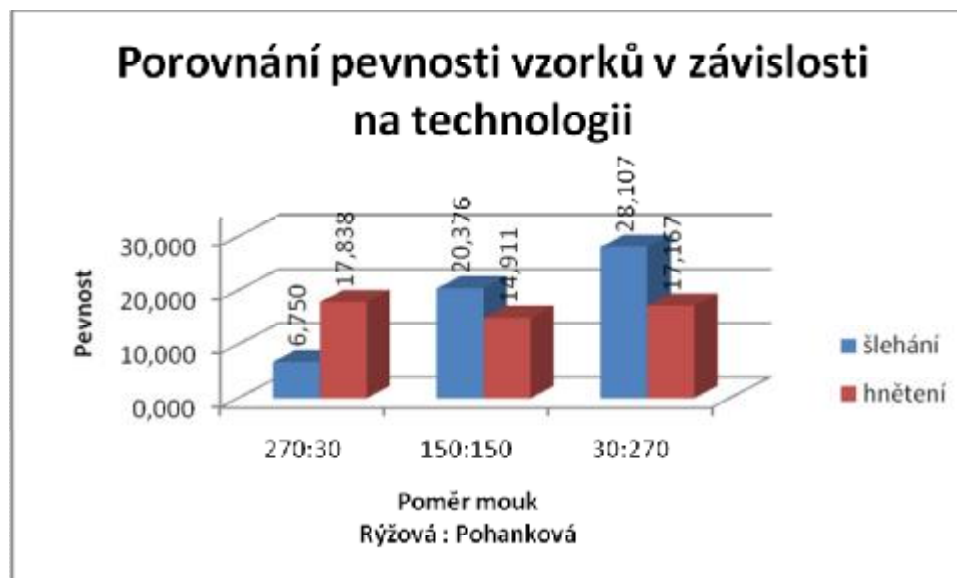


Graf č. 3: Kohezivnost vzorků technologií šleháním

Grafické znázornění ukazuje, že téměř všechny vzorky jsou soudržné a tvoří ucelenou strukturu bezlepkového pečiva. Naměřené hodnoty jsou bezrozměrné a pohybovaly se v rozmezí 0,53–0,72. Podobné měření kohezivnosti u vzorků bezlepkového pečiva z kukuřičné mouky bylo provedeno ve výzkumu ve Španělsku, ve kterém bylo dosaženo shodných hodnot u zkoumaných vzorků. Kohezivnost vzorků se zde pohybovala v rozmezí 0,40–0,82. [77]

6.4.4 Porovnání výsledků texturní analýzy technologií hnětením s technologií šleháním

V grafickém znázornění je uvedeno porovnání technologie hnětením s technologií šleháním. V závislosti na texturních vlastnostech vzorků bezlepkového pečiva.



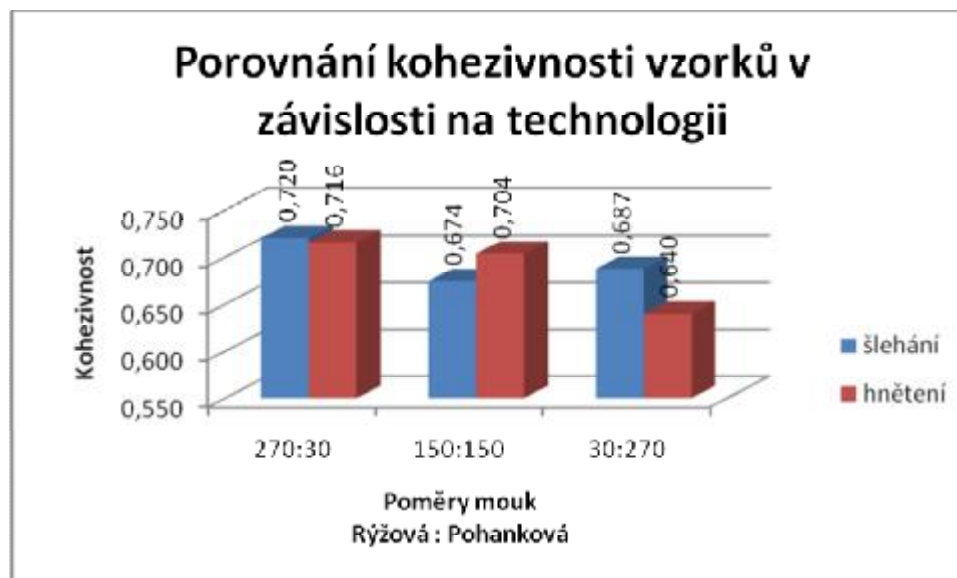
Graf č. 4: Porovnání pevnosti vzorků

Tabulka č. 12: anova pevnost

| | | | |
|----------|--|----------------|------|
| | LSD test, proměnná pevnost (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 37,306, sv = 26,000 | | |
| Č. buňky | Technologie | Pevnost průměr | 1 |
| 2 | Šlehání | 16,55283 | **** |
| 1 | Hnětení | 19,65918 | **** |

Vzhledem k vypočtené chybě 37,306 v tabulce č. 12 nebyl mezi technologiemi hnětení a šlehání statisticky významný rozdíl v pevnosti vzorků. Technologie šlehání měla průměrnou pevnost 16,55 N a technologie hnětení 19,66 N.

Z uvedeného grafického znázornění č. 4 vyplývá, že použitá technologie šlehání zvyšuje pevnost vzorků bezlepkového pečiva, což je ve shodě s autorkami knihy Layton a Larsen, které uvádějí, že technologií šleháním se zvyšuje pevnost vzorků bezlepkového pečiva. [76] Pokud srovnáme použité poměry mouk ve směsi, z grafu je zřejmé, že s vyšším přídatkem rýžové mouky klesá pevnost vzorku zhotoveného metodou šlehání. Pokud ale zvolíme opačný poměr (R 30 : P 270), pevnost zhotoveného vzorku metodou šlehání se zřetelně zvýšila. Obecně lze říci, že pevnost vzorků se zvyšuje přidáním pohankové mouky do směsi.



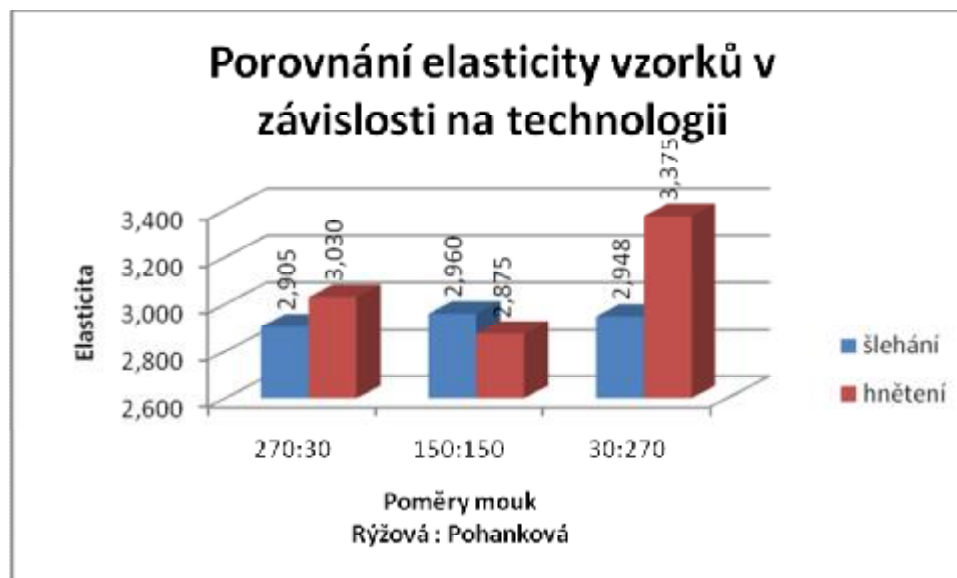
Graf č. 5: Porovnání kohezivnosti vzorků

Tabulka č. 13: anova kohezivnost

| | | | |
|----------|---|--------------------|------|
| | LSD test, proměnná kohezivnost (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 0,00087, sv = 26,000 | | |
| Č. buňky | Technologie | Kohezivnost průměr | 1 |
| 2 | Šlehání | 0,686955 | **** |
| 1 | Hnětení | 0,691167 | **** |

Podle vypočítané chyby 0,00087 v tabulce č. 14 nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v kohezivnosti mezi technologiemi hnětení a šlehání. Průměrná hodnota technologií šleháním byla 0,687 a technologií hnětením 0,691.

Z uvedeného grafického znázornění je patrné, že soudržnost vyrobených vzorků je ideální při použití směsi mouk v poměru 270 g rýžové a 30 g pohankové. Zřejmě asi, proto, že rýžová mouka se považuje za vhodnou náhradu pšenice díky svým gelovým vlastnostem.[73] Obecně lze ale říci, že s vyšším přídatkem pohankové mouky kohezivnost klesá. Proto je vhodné volit poměry mouk ve směsi s nižším přídatkem pohankové mouky. V porovnávání znaku kohezivnost je technologie hnětení téměř shodná s technologií šleháním.



Graf č. 6: Porovnání elasticity vzorků

Tabulka č. 14: anova elasticita

| LSD test, proměnná elasticita (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 0,03778, sv = 26,000 | | | |
|--|-------------|-------------------|------|
| Č. buňky | Technologie | Elasticita průměr | 1 |
| 2 | Šlehání | 2,984591 | **** |
| 1 | Hnětení | 3,093333 | **** |

Z výsledků v tabulce č. 13, vyplývá, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi technologií hnětením a šleháním ve sledovaném znaku elasticity. Vypočtená chyba byla 0,038. Průměrná hodnota elasticity technologií šleháním byla 2,98 s a technologií hnětením 3,09 s.

Z uvedeného grafu č. 6 je zřejmé, že jednotlivé druhy technologií neovlivňují elasticitu vzorků, jelikož čas potřebný na stlačení vzorku je téměř shodný. Mírně se pouze liší technologie hnětení u vzorku 30 g rýžové a 270 g pohankové mouky. Může to být způsobeno vyšším poměrem pohankové mouky, která zvyšuje pevnost vzorku, což je prokázáno ve studii o „Kvalitě bezpečných potravin z pohanky a rýže“, kde se zvyšujícím se množstvím pohankové mouky roste pevnost vzorků.[80]

6.4.5 Porovnávání textury bochníků připravených různými metodikami pekařského pokusu

Při přesném dodržování pracovního postupu byl bezlepkový chléb pečen po dobu 20 minut. Po ukončení pečení měl chléb na povrchu světlehnědou barvu, proto byl považován za upečený, ale po procesu chlazení se chléb rozkrojil a zjistilo se, že uprostřed je lepivý tedy nedopečený. Proto byl upraven technologický postup pro výrobu bezlepkového chleba a zvýšena doba pečení na 30 minut, tak aby jednotlivé vzorky byly upečeny i uprostřed formy. V grafickém znázornění je porovnán bezlepkový chléb upečený a nedopečený.



Graf č. 7: Porovnání pevnosti vzorků

Ve sledovaném texturním znaku pevnost vykazoval nedopečený bezlepkový chléb nízkou pevnost (tvrdost). Proto je důležité dodržovat vhodný technologický postup a dobu potřebnou k pečení vzorků.



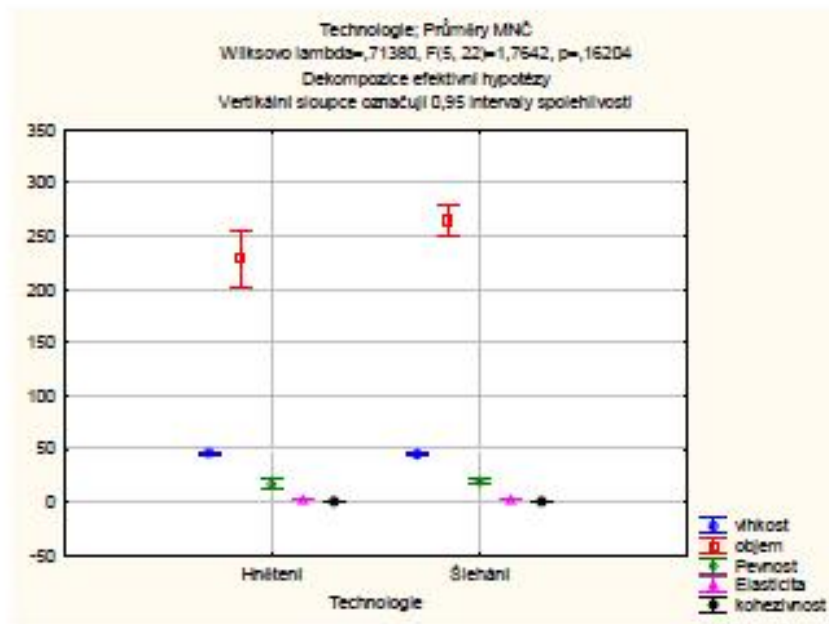
Graf č. 8: Porovnání kohezivnosti vzorků

Ve sledovaném texturním znaku kohezivnost byla u nedopečených chlebů nízká soudržnost. Po vychlazení byly vzorky krájeny na texturní analýzu. Při tomto procesu krájení byla patrná rozdrobená struktura nedopečených vzorků.



Graf č. 9: Porovnání elasticity vzorků

Ve sledovaném texturním znaku elasticity se neprojevil významný rozdíl mezi vzorky upečenými a nedopečenými. Čas, který byl potřebný na dobu stlačení vzorků, je téměř u všech shodný.



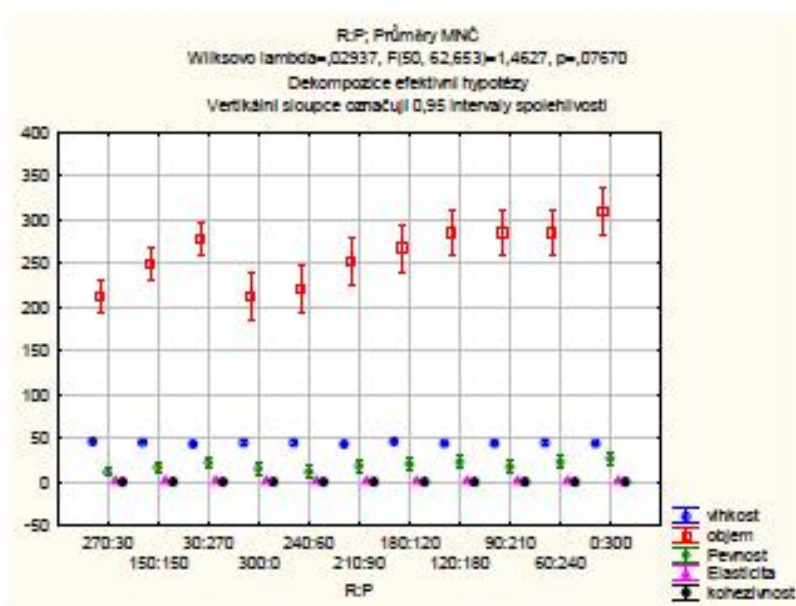
Graf č. 10: Vliv technologie přípravy těsta na jeho vlastnosti

Graf č. 10 znázorňuje vliv technologie přípravy těsta na jeho vlastnosti. Lze zde pozorovat, že k největším rozdílům mezi technologiemi hnětení a šlehání dochází u objemu. Kde bochníky připravené technologií hnětením mají vyšší objem než bochníky připravené technologií šleháním. Stejně výsledky lze vyčíst z tabulky č. 8 průměrné naměřené hodnoty objemu bochníku technologií šleháním jsou vyšší než hodnoty naměřené technologií hnětením. Z uvedeného obrázku vyplývá, že rozdíly mezi technologií hnětením a šleháním nejsou v ostatních vlastnostech zřetelně rozdílné, mají velmi podobné hodnoty.

Tabulka č. 15: Vliv poměru mouky ve směsi

| LSD test, proměnná vlhkost (13-výsledky) Homogenní skupiny, alfa = 0,05000 Chyba: meziskup. PČ = 1,7310, sv = 17,000 | | | | | |
|--|---------|----------------|------|------|------|
| Č. buňky | R:P | Vlhkost průměr | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 210:90 | 43,62500 | **** | | |
| 3 | 30:270 | 43,23000 | **** | | |
| 8 | 120:180 | 44,44000 | **** | **** | |
| 11 | 0:300 | 44,44000 | **** | **** | |
| 9 | 90:210 | 44,64500 | **** | **** | |
| 10 | 60:240 | 45,04500 | **** | **** | **** |
| 4 | 300:0 | 45,42000 | **** | **** | **** |
| 5 | 240:60 | 45,51500 | **** | **** | **** |
| 2 | 150:150 | 45,72000 | **** | **** | **** |
| 7 | 180:120 | 46,87000 | | **** | **** |
| 1 | 270:30 | 47,31000 | | | **** |

Na základě provedení LSD testu byl posouzen vliv poměru mouky ve směsi u sledovaného znaku vlhkosti. Z uvedených výsledků vyplývá, že jako poměr s největší procentuální vlhkostí byl vzorek připravený technologií šleháním 270 g rýžové mouky a 30 g pohankové mouky. A jako vzorek s nejmenší procentuální vlhkostí byl vzorek 210 g rýžové mouky a 90 g pohankové mouky.



Graf č. 11: Vliv poměrů rýžové a pohankové mouky na vlastnosti pečiva

Na uvedeném grafu č. 11 je znázorněn vliv jednotlivých poměrů rýžové a pohankové mouky na vlastnosti bezlepkového pečiva. K největším změnám dochází u objemu, kde s přidavkem pohankové mouky do směsi roste objem bezlepkového pečiva. Z obrázku je dále patrné, že s přidavkem pohankové mouky do směsi roste také pevnost bochníků. Z naměřených hodnot vlhkosti, elasticity a kohezivnosti nelze u jednotlivých poměrů rozpoznat rozdíl.

6.5 Vyhodnocení výsledků senzorické analýzy

6.5.1 Vyhodnocení s použitím stupnic

Senzorická analýza s použitím stupnic byla vyhodnocena pomocí Wilcoxonova jednostranného testu na hladině významnosti 5 % u všech kategorií. U předkládaných vzorků se hodnotily kategorie vzhled, textura, vůně, chuť a celkový vzhled. Protokol pro vyplnění senzorické analýzy je přiložen v příloze č. PI. Vzorek A byl u sledovaného senzorického znaku vzhled hodnocen jako méně intenzivní nebo horší ve srovnání se vzorkem B. U sledovaných znaků textura, vůně a chuť nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi vzorky A a B. V poslední kategorii celkového vzhledu výrobku byl výrobek A méně intenzivní nebo horší než výrobek B.

6.5.2 Vyhodnocení párové porovnávací zkoušky

Párová porovnávací zkouška byla hodnocena pomocí jednostranného testu na hladině významnosti 5 %. U předkládaných vzorků odpovídalo 28 hodnotitelů na otázky. Z výsledku vyhodnocení jednostranného testu byl prokazatelně výrobek A intenzivnější v aroma i chuti než výrobek B. Za více pórovitý a pružný vzorek považovali hodnotitelé vzorek B. U kategorie žvýkatelnosti nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi vzorky. Provedením senzorické analýzy vyplývá, že u hodnotitelů je preferovanější tradiční pšeničnožitný chléb.

ZÁVĚR

Jedinou neúčinnější léčbou celiakie je dodržování přísné bezlepkové diety. Lepek tedy musí být zcela vyloučen ze stravy. Nesmí se konzumovat potraviny obsahující mouku a výrobky z obilovin např. pšenice, žito, ječmene. Jako náhradní potraviny se používají jiné druhy obilovin a pseudoobilovin, které neobsahují lepek. Technologie bezlepkových výrobků zahrnuje mnoho komplikací, produkty s nedostatkem lepku jsou typické horší technologickou kvalitou, nízkým objemem, vysokou tvrdostí a krátkou dobou použitelnosti. Nabídka bezlepkových výrobků na našem trhu je nízká. Diplomová práce se zabývá výzkumem bezlepkových směsí připravených z rýžové a pohankové mouky s cílem zlepšit kvalitu bezlepkového pečiva. Jednotlivé směsi byly připraveny v různých poměrech s odstupem 10 %. Vlivem rozdílného množství těchto složek se měnila kvalita bezlepkového pečiva. U každého poměru byla hodnocena vlhkost, objem a textura a naměřená data byly porovnány jednostranným testem ANOVA.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na porovnání technologie hnětení s technologií šleháním. Bezlepkové těsto vyrobené technologií hnětením nebylo důkladně promíseno, tudíž mělo hrubší strukturu než těsto vyrobené technologií šleháním, které mělo výrazně jemnější strukturu. Bylo prokázáno, že kratší doba fermentačního procesu u technologie šlehání významně ovlivňuje konečný vzhled výrobku. Bochníky zhotoveny technologií šleháním mají po upečení nižší objem, menší póry a více pevnější strukturu než bochníky upečené technologií hnětením.

U stanovení vlhkosti se prokázal jako nejlépe hodnocený poměr technologií šleháním 180 g rýžové a 120 g pohankové mouky. Ze statistické analýzy ANOVA, ale vyplývá jako nejlépe hodnocený vzorek vlhkosti 270 g rýžové a 30 g pohankové mouky. Při měření objemu se prokázalo, že se zvyšujícím se poměrem pohankové mouky do směsi se zvyšuje konečný objem bezlepkových bochníků, jak u technologie hnětení, tak u technologie šlehání. Kde nejvyššího objemu bylo dosaženo u poměru 30 g rýžové a 270 g pohankové mouky ke stejným výsledkům také dochází grafické znázornění uvedené v grafu č. 11. Texturní analýza se měřila na texturním analyzátoru, který sestavil ze zkoušených vzorků zátěžovou křivku, ze které byly stanoveny hodnoty pevnosti, elasticity a kohezivnosti. Všechna provedená měření platí, jak pro technologii hnětení, tak pro technologii šlehání. Bylo zjištěno, že se zvyšujícím se poměrem pohankové mouky ve směsi roste pevnost vzorků bezlepkového

pečiva, což je ve shodě s grafem č. 11 vytvořeným v systému ANOVA. Zároveň se zvyšujícím se poměrem, pohankové mouky klesá kohezivnost, proto je vhodné nepoužívat pro výrobu bezlepkového pečiva úplně nejvyšší poměry rýžové a pohankové mouky. Dále se prostřednictvím měření elasticity zjistilo, že čas potřebný ke stlačení vzorku činí v průměru 3 sekundy u každého vzorku.

Vědeckým výzkumem provedeným v laboratoři bylo zjištěno, že vzájemný vliv rýžové a pohankové mouky ovlivňuje kvalitu bezlepkových bochníků upečených dle pracovního postupu v kapitole č. 5.

Cílem provedení sensorické analýzy bylo tedy zjistit, zda bezlepkový chléb může mít stejné nebo podobné vlastnosti jako pšeničnožitný chléb. Vzorek R 120 : P 180 připravený pro sensorickou analýzu byl obohacen přísadami soli a kmínu a předložen 28 hodnotitelům z řad studentů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Z výsledků sensorické analýzy bylo zjištěno, že bezlepkový chléb má mnohem lepší aroma a chuť. I přesto hodnotitelé zvolili za preferovanější pšeničnožitný chléb, což může být způsobeno tím, že spotřebitelé nejčastěji volí ke konzumaci právě pšeničnožitný chléb. Pouze jedna třetina hodnotitelů by zvolila za preferovanější bezlepkový chléb.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Otázky kolem celiakie, víte si rady s bezlepkovou dietou*. 1. vyd. Praha: 2010. 7 s, 24 s, 26 s. ISBN 978-80-87250-09-9.
- [2] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Celiakie a bezlepková dieta*. 3. vyd. MAXDORF: 2006. 23s, 24s, 27s, 28s, ISBN 80-7345-070-4.
- [3] KOBÍKOVÁ, Z. *Bezlepková kuchařka*. 3. vyd. Brno: 2011. 9 s. ISBN 978-80-260-0180-5.
- [4] DISCLAIMER, A. *Lékařská encyklopedie, Celiac disease – sprue*. [online] [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0001280/>
- [5] KING, J. E., HAUSER, S. C. *Mayo Clinic on Digestive Health*. Tall Stacks 3 vyd. 2000, s. 159–168.
- [6] MARQUARDT, T., LANZENBERGER, B. *Vaříme zdravě bez lepku*. 2. vyd. Praha: Jan Vašut spol. s r. o. 2010. 128 s. ISBN 978-80-7236-696-5.
- [7] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, P. *Celiakie: dieta bezlepková*. 1. sv. Česlice: Pavla Momčilová 1995. 120 s. ISBN 80-901137-6-1.
- [8] BUŠINOVÁ, I. *Bezlepková kuchařka*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a. s., 2005. 104 s. ISBN 80-247-0867-1.
- [9] POZLER, O. *Diety při onemocnění celiakií (nesnášenlivost lepku)*. Praha: Sdružení MAC, spol. s r. o. 1999. 31 s. ISBN 80-86015-44-0.
- [10] FRÚHAUF, P. *Celiakie v dětském věku*. 1. vyd. Olomouc: Solen Print, s r. o: 2009. 48 s. ISBN 978-80-87290-00-2.
- [11] LUKÁŠ, K. *Gastroenterologie a hematologie pro zdravotní sestry*. 1. vyd. Grada Publishing, a. s.: 2005. 288 s. ISBN 80-247-1283-0.
- [12] MOŽNÁ, L. *Bezlepkářům od A do Z: příručka pro celiaky*. Ostrava: Tiskárna Rigggen Print, 2006. 186 s. ISBN 40-566-9107-4.
- [13] MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., PETR, J., MICHALOVÁ, A. *Pohanka a proso*. 1. vyd. Praha: 2005. 20 s, 26 s, 35 s, 36 s, 37 s. ISBN 80-7271-162-8.

- [14] PELIKÁN, M. *Zpracování obilovin a olejnin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 2001. 85 s, 86 s, 87 s, 88 s. ISBN 80-7157525-9.
- [15] HRUBÝ, D. *Obrázek pohanky*, [online] [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://www.gastroplus.cz/gastrotemata/kuchyne/zdrava-vyziva/pohanka-nova-dimenze-v-kuchyni/>
- [16] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvečním zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby: 2008. 3 s. ISBN: 978-80-7427-000-0.
- [17] BEDNÁROVÁ, Z. *Rostliny Pohanka obecná*, [online] [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://www.garten.cz/a/cz/7152-fagopyrum-esculentum-pohanka-obecna/>
- [18] GRUSS, T., *How to use Buckwheat in Gluten-Free Recipes* [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://glutenfreecooking.about.com/od/glutenfreeingredien2/p/buckwheatisgf.html>
- [19] MATELJAN, G., *Buckwhea*, [online] [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=11>
- [20] GRUSS, T., *Buckwheat is an excellent source of minerals*, [online] [cit. 2013-31-01]. Dostupný z WWW: <http://glutenfreecooking.about.com/od/glutenfreeingredien2/p/buckwheatisgf.htm>
- [21] ŠMAJSTRLA, Z. *Pohanka ve mlýně a kuchyni*. 2. vyd., Rožnov Pod Radhoštěm: 2000. 97 s, 98 s. ISBN 80-238-5383-X.
- [22] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. *Metodika pěstování prosa obecné v ekologickém a konvečním zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby: 2008. 3 s. ISBN: 978-80-87011-99-7.
- [23] ŠMAJSTRLA, Z. *Obrázek pohanková mouka*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.pohankovymlyn.com/sortiment.php>
- [24] COOLINARIKA. *Obrázek proso*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.coolinarika.com/namirnica/proso/>

- [25] MALEŘ, J. *Zpracování obilovin*. Praha: 1993, 21 s, 22 s, 23 s, 24 s. ISBN: 80-7105-073-3.
- [26] MICHALOVÁ, A. Proso seté, *Výživa a potraviny*, 1999, roč. 54, č. 2, s. 44-45.
- [27] BIO POTRAVINY, *Obrázek jáhelná mouka*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.bioletnany.cz/sortiment/lusteniny-bio/mouky-krupice-kroupy-obiloviny/mouky/jahelna-mouka/>
- [28] ILTIS, H., H. *Zea L.*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: http://www.herbarium.usu.edu/treatments/Zea.htm#Zea_perennis
- [29] PROFARM, *Obrázek kukuřice*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.profarm.cz/prodej/kukurice-zrno-pro-kone-25-kg-pytel-10787>
- [30] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Kukuřice*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://vfú-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/kukurice.html>
- [31] RYCHLÍK, J. A. *Strava jako lék*. Vizovice: Lípa 2004. 84 s. ISBN: 80-86093-78-6.
- [32] FAO- FOOD AND NUTRITION SERIES. *Maize in Human Nutrition* [online] [cit. 2013-17-03]. Dostupný z WWW: <http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm#Contents>
- [33] AGRO CONSULT. *Kukuřice setá*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Kukurice_seta.htm
- [34] BOHDALÍN, D. V. *Obrázek kukuřičná mouka*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.jezkuv-statek.cz/kolonial-mouka-c250/kukuricna-mouka-hladka-400g-i1630/>
- [35] JIŘIČKA, J. *Rýže setá*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://aktualne.centrum.cz/ekonomika/domaci-ekonomika/clanek.phtml?id=608582>
- [36] HOMOLA, J. *Pěstování rýže*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.klubhanoi.cz/view.php?cislocclanku=2006101601>

- [37]FRÁNEK, T. *Obrázek rýže*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://aktualne.centrum.cz/ekonomika/domaci-ekonomika/clanek.phtml?id=608582>
- [38]IRRI – INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *A brief history of rice*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=9081&lang=en
- [39]URBÁNKOVÁ, P. *Čím je pro nás rýže výhodná*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://petraurbankova.webnode.cz/ryze/>
- [40]PŘÍHODA J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M. *Cereální chemie a technologie I*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha: 2004. 21 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [41]DOSTÁLOVÁ, J. *Rýže, Výživa a potraviny*, 2000, roč. 55, č. 6, s. 91-92.
- [42] RICEGROWERS' ASSOCIATION OF AUSTRALIA. *Rice cultivation and production process*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: http://www.abourrice.com/downloads/rice_growing.pdf
- [43]KAMPHAENGPHEET EXPORT. CO. *Production process*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: http://www.abourrice.com/downloads/rice_growing.pdf <http://www.ke-rice.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538768557&Ntype=3>
- [44]BIO POTRAVINY. *Obrázek rýžové mouky*, [online] [cit. 2013-16-03]. Dostupný z WWW: <http://www.bioletnany.cz/sortiment/lusteniny-bio/mouky-krupice-kroupy-obiloviny/mouky/ryzova-mouka>
- [45]JAROŠOVÁ, J., MICHALOVÁ, A., VAVREINOVÁ, S., MOUDRÝ, J. *Pěstování a využití amarantu*. 3. vyd. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha: 1999. 10 s, 11 s. ISBN: 80-7271-042-7.
- [46]TEPLÍKOVÁ, J. *Obrázek amarantu*, [online] [cit. 2013-21-03]. Dostupný z WWW: <http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/amarant-nejen-pri-bezlepkove-diete-navod-na-pestovani-i-kolacky/>

- [47] SAUER, J. D. The grain amaranths: A survey of their history a classification. *Annals of The Missouri Botanical Garden*, 37, 561.
- [48] MICHALOVÁ, A. Laskavec (*Amaranthus L.*) *Výživa a potraviny*, 1999, roč. 54, č. 1, s. 13, s. 14.
- [49] MOUDRÝ J., PEJCHA J., PETERKA J. Vliv genotypu a agrotechniky na výnos laskavce (*Amaranthus sp.*). *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice, Series for Crop Sciences*, 1999, s 93–98.
- [50] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Amaranth vaříme a pečeme z pokladů starých Inků*. 1. vyd. Čestlice nakl. Pavla Momčilová-Medica publishing: 2000. 64 s. ISBN 80-85936-34-8.
- [51] RYSOVÁ, J., DOSTÁLOVÁ, J. Využití laskavce v potravinách, *Výživa a potraviny*, 2004, roč. 59, č. 2, s. 52, s. 53.
- [52] SLAVOTÍNKOVÁ, M. *Aplikace amarantu pro zvýšení ekologických vlastností různých produktů*. Zlín: Univerzita Tomáše bati ve Zlíně. Technologická fakulta. Ústav potravinářského inženýrství a chemie, 2006. 20s, Vedoucí diplomové práce Karel Kolomazník
- [53] RACIO VÝŽIVA, *Obrázek amarantová mouka*, [online] [cit. 2013-21-03]. Dostupný z WWW: <http://www.raciovyziva.cz/produkt/obiloviny-lusteniny-mouky/amarantova-mouka-300g/>
- [54] HERMUTH, J., JANOVKÁ, D., STRAŠIL, Z., UST'AK, S., HÝSEK, J.. *Čirok obecný Sorghum bicolor (L.) moench možnosti využití v podmínkách ČR*, 1 vyd. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha: 2012. 10 s, 20 s. ISBN:978-80-7427-093-2.
- [55] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. *Pěstování alternativních plodin učební texty*. Jihočeská univerzita Zemědělská fakulta. České Budějovice: 1999, 26 s
- [56] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Obrázek čiroku*, [online] [cit. 2013-23-03]. Dostupný z WWW: <http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/cirok.htm>
- [57] ARMAH-AGYEMAN, G., LOILAND, J., KAROW, R., PAYNE, W.A. TROSTLE, C., BEAN, B. *Grain Sorghum*, [online] [cit. 2013-23-03]. Dostupný z

WWW:<http://extension.oregonstate.edu/umatilla/sites/default/files/cereals/Publications/em8794-e.pdf>

- [58] HERMUTH, J. Čirok Znovu vzkříšená plodina v ČR, *Agromanuál*, 2010, roč. 5, č. 2, s. 62-65.
- [59] PODRÁBSKÝ M., Nový hybrid čiroku se súdánskou trávou, *Agromanuál*, 2008, roč. 5, č. 3, s. 36-37.
- [60] IVANIŠOVÁ, E. Biologicky cenné složky obilnín a pseudoobilnín. *Agromagazín*, 2009, č. 10, s. 18-22.
- [61] CUQ, B., GONTARD, N. A GUILBERT, S. *Proteiny jako zemědělské polymery pro výrobu obalů*, *Cereal Chemistry*: 1998, s 1–9.
- [62] EVANS, T. J. [online] [cit. 2013-27-03]. Dostupný z WWW: <http://www.answers.com/topic/gluten>
- [63] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*, ÚZPI, 2006, s. 22, s. 23, s. 24.
- [64] GAMBUS, H., SIKORA, M., ZIOBRO, R. *The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread*, Zemědělská univerzita v Krakově: 2007, č. 6, s. 61–74.
- [65] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář s.r.o., 2003. ISBN 80-902922-16.
- [66] MARCO, C., ROSSEL, C. M. Breadmaking performance of protein enriched gluten free breads, *Cereal Group*, Institute of Agrochemistry and Food Technology, 2005, s. 3.
- [67] RUSELL, L. *Gums and starches*, [online] [cit. 2013-27-03]. Dostupný z WWW: <http://www.laurabrussell.com/ingredients/gums-and-starches/>
- [68] LAYTON, J. M., LARSEN, L. *Ingredients that add structure to gluten-free baked good*, [online] [cit. 2013-27-03]. Dostupný z WWW: <http://www.dummies.com/how-to/content/ingredients-that-add-structure-to-glutenfree-baked.html>
- [69] GALAGHER, E., GORMLEY, T. R., ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereals-based products, *Trends in Food Science & Technology*, 2004, č. 15, s. 143–152.

- [70] WATSON, F., STONE, M., BUNNING, M. *Gluten-free*, [online] [cit. 2013-27-03]. Dostupný z WWW: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/foodnut/09376.html>
- [71] PATTERSON, C. A., MASKUS, H., BASSETT, M. C. *Cereal Foods World*, 55, 2010, č. 2, s. 56-62.
- [72] LÓPEZ, A. C. B., PEREIRA, A. J. G., JUNQUEIRA, *Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread*, Brazílie: 2004. 63–70 s. ISSN: 1516-8913.
- [73] DEMIRKESEN, I., MERT, B., SUMNU, G., SERPIL, S. Reologické vlastnosti 2010. bezlepkové pečivo formulace. V časopisu *Journal of Food Engineering*, roč. 96, s. 295-303.
- [74] ČSN 46 1011 *Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin*, část 20, 1988.
- [75] EAGRI.CZ, *Vyhláška č. 333/1997 sb.* [online] [cit. 2013-19-04]. Dostupný z WWW: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100055915.html>
- [76] LAYTON, J. M., LARSON. *Gluten-free baking*, USA, 2011. ISBN: 978-1-1180-7773-3
- [77] MATOS, M. E., ROSSEL, C. M. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads, Institute of Agrochemistry and Food Technology. Valencia. Španělsko.
- [78] ŽÁČEK, Z. *Potravinářské tabulky*. 1 vyd. Praha, 1994. ISBN 80-04-24457-2.
- [79] ROBINSON, M. G., THIBODEAUX, D. P., PEPPERMAN A. B. Texture and other Physicochemical Properties of Whole Rice Bread, *Journal of Food Science*, 2001, č. 7, s. 940–944.
- [80] DVOŘÁKOVÁ, P., BUREŠOVÁ, I., KRÁČMAR, S. Quality of gluten-free buckwheat-rice bread, *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences, Special issue on BQRMF*, 2013, s. 2125–2135

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Vitamin B₁ - thiamin

Vitamin B₂ – riboflavin

Vitamin B₃ – niacin

Vitamin B₅ – kyselina pantotenová

Vitamin B₆ – pyridoxin

Vitamin C – kyselina askorbová

Vitamin A – retinol

Vitamin E – tokoferol

HPMC – hydroxypropylmethylcelulosa

m_0 – hmotnost suché prázdné misky [g]

m_1 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g]

m_2 – hmotnost misky se vzorkem po sušení [g]

v – vlhkost [%]

S – sušina mouky [%]

M_v – vlhkost mouky [%]

M – hmotnost mouky [g]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Pohanka

Obrázek č. 2: Pohanková mouka

Obrázek č. 3: Proso

Obrázek č. 4: Jáhelná mouka

Obrázek č. 5: Kukuřice

Obrázek č. 6: Kukuřičná mouka

Obrázek č. 7: Rýže setá

Obrázek č. 8: Rýžová mouka

Obrázek č. 9: Amarant

Obrázek č. 10: Amarantová mouka

Obrázek č. 11: Čirok

Obrázek č. 12: Bochník chleba připravený z rýžové mouky

Obrázek č. 13: Bochník chleba připravený z kukuřičné mouky

Obrázek č. 14: Bochník chleba připravený z maniokové mouky

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Příznaky celiakie

Tabulka č. 2: Základní suroviny pro přípravu bezlepkového chleba

Tabulka č. 3: Poměry bezlepkových mouk technologií hnětením

Tabulka č. 4: Poměry bezlepkových mouk technologií šleháním

Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty vlhkosti

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty vlhkosti chleba

Tabulka č. 7: Anova vlhkost

Tabulka č. 8: Naměřené hodnoty objemu bochníků

Tabulka č. 9: Anova objem

Tabulka č. 10: Texturní vlastnosti technologií hnětením

Tabulka č. 11: Texturní vlastnosti technologií šleháním

Tabulka č. 12: Anova pevnost

Tabulka č. 13: Anova kohezivnost

Tabulka č. 14: Anova elasticita

Tabulka č. 15: Vliv poměru mouky ve směsi

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Protokol pro sensorické hodnocení vzorků pečeného chleba

Příloha P II: Fotografie bochníků technologií hnětením

Příloha P III: Fotografie bochníků technologií šleháním

PŘÍLOHA P I: PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ VZORKŮ PEČENÉHO CHLEBA

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

Protokol pro sensorické hodnocení vzorků pečeného chleba

Datum:

Čas:

Jméno:

Párová porovnávací zkouška

| | | |
|--|---|---|
| Který z předložených vzorků má intenzivnější aroma? | A | B |
| Který z předložených vzorků má více intenzivní chuť? | A | B |
| Který z předložených vzorků má větší pórovitost? | A | B |
| Který z předložených vzorků má horší přilnavost? | A | B |
| Který z předložených vzorků je více pružný? | A | B |
| Který z předložených vzorků je hůře žvýkatelný? | A | B |
| Který z předložených vzorků preferujete? | A | B |

Senzorické hodnocení s použitím stupnic

| Vzorek | Ukazatel | | | | Celkový vzhled |
|--------|----------|---------|------|-------|-------------------|
| | Vzhled | Textura | Vůně | Chut' | |
| A | | | | | |
| B | | | | | |

Hodnocení vzhledu

1 – vynikající – atraktivní, pravidelně formovaný, klenutý, na povrchu kůrka čistá zlatohnědé barvy bez cizích odstínů

2 – velmi dobrá - méně atraktivní, mírné odchylky od pravidelného tvaru, zlatohnědá barva bez cizích odstínů

3 – dobrá – ještě přijatelný, odchylka od pravidelného tvaru, kůrka puchýřovitá odfouklá (oddělení kůrky od střídy chleba)

4 – ještě přijatelná – nevzhledný, velmi nepravidelný tvar výrobku, ušpiněná kůrka od pečícího plechu

5 – nevyhovující - velmi nepravidelný deformovaný tvar výrobku, připálená kůrka, nedopečená příliš bledá kůrka

Hodnocení textury

1 – vynikající – kyprá, pružná, pórovitá, vláčná na skusu, stejnorodá, dobře propečená, velmi dobře polykatelná

2 – velmi dobrá – kyprá, méně pružná, pórovitá, vláčná, dobře propečená, dobře polykatelná, měkká, homogenní

3 – dobrá – méně kyprá, méně pružná, vláčná, nestejnorodá, dobře polykatelná, měkká, homogenní, mírně tužší kůrka

4 – ještě přijatelná – nepružná, suchá, drobivá nebo naopak mazlavá, nestejnorodá, střída špatně propečená, hůře polykatelná, slabě rozpadavá, tvrdá kůrka

5 – nevyhovující – suchá, rozpadavá nebo naopak silně mazlavá, lepivá, nestejnorodá, nepropečená, vlhké jádro, těžko polykatelná, gumovitá, případně jiné vady

Hodnocení vůně

1 – vynikající – příjemná, chlebová, charakteristická pro druh výrobku, dostatečně výrazná, bez cizích pachů

2 – velmi dobrá – čistá, chlebová, méně výrazná, bez cizích pachů

3 – dobrá – málo výrazná, málo harmonická, bez cizích pachů

4 – ještě přijatelná, nevýrazná, neurčitá, neharmonická, případně mírně znatelné cizí pachy

5 – nevyhovující – cizí, netypická, například sladová, nažluklá, zatuchlá, pach staré nebo špatně skladované mouky, po plísni a jiné vady

Hodnocení chuti

1 – vynikající – charakteristická chlebová, příjemně navinulá s jemným pocitem vlhkosti, dostatečně výrazná, bez cizích příchutí

2 – velmi dobrá – čistá, chlebová, méně výrazná, bez cizích příchutí

3 – dobrá – málo výrazná, prázdná, málo harmonická, bez cizích příchutí

4 – ještě přijatelná – mdlá, nevýrazná, neharmonická, případně mírně znatelné cizí pachuti – kyselejší, slanější, připálená

5 – nevyhovující – cizí, netypická, například sladová, nažluklá, neslaná nebo přesolená, příliš kyselá, kvasničná a jiné vady

Hodnocení celkového vzhledu

1 – výborný

2 – uspokojivý

3 – přijatelný

4 – nevyhovující

5 – zcela nevyhovující

PŘÍLOHA P II: FOTOGRAFIE BOCHNÍKŮ TECHNOLOGIÍ HNĚTENÍM



Obrázek č. 1: technologie hnětení R 30 : P 270



Obrázek č. 2: technologie hnětení R 30 : P 270



Obrázek č. 3: technologie hnětení R 30 : P 270



Obrázek č. 4: technologie hnětení R 150 : P 150



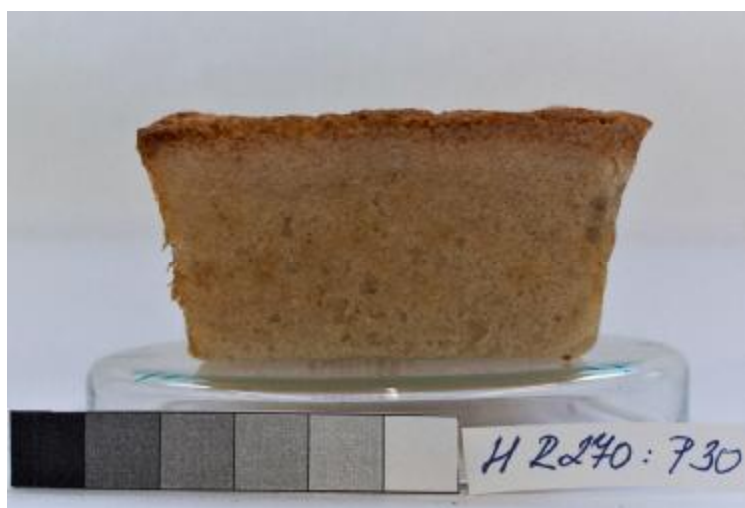
Obrázek č. 5: technologie hnětení R 150 : P 150



Obrázek č. 6: technologie hnětení R 150 : P 150



Obrázek č. 7: technologie hnětení R 270 : P 30



Obrázek č. 8: technologie hnětení R 270 : P 30



Obrázek č. 9: technologie hnětení R 270 : P 30

PŘÍLOHA P III: FOTOGRAFIE BOCHNÍKŮ TECHNOLOGIÍ ŠLEHÁNÍM



Obrázek č. 10: technologie šlehání R 0 : P 300



Obrázek č. 11: technologie šlehání R 0 : P 300



Obrázek č. 12: technologie šlehání R 0 : P 300



Obrázek č. 13: technologie šlehání R 30 : P 270



Obrázek č. 14: technologie šlehání R 30 : P 270



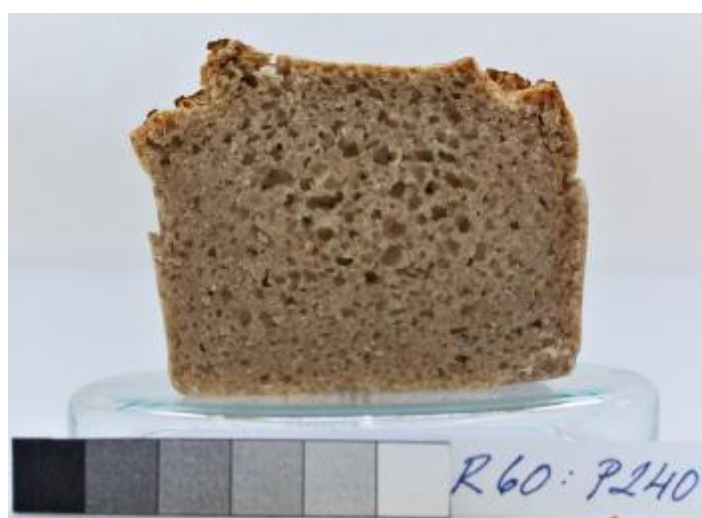
Obrázek č. 15: technologie šlehání R 30 : P 270



Obrázek č. 16: technologie šlehání R 60 : P 240



Obrázek č. 17: technologie šlehání R 60 : P 240



Obrázek č. 18: technologie šlehání R 60 : P 240



Obrázek č. 19: technologie šlehání R 90 : P 210



Obrázek č. 20: technologie šlehání R 90 : P 210



Obrázek č. 21: technologie šlehání R 90 : P 210



Obrázek č. 22: technologie šlehání R 120 : P 180



Obrázek č. 23: technologie šlehání R 120 : P 180



Obrázek č. 24: technologie šlehání R 120 : P 180



Obrázek č. 25: technologie šlehání R 150 : P 150



Obrázek č. 26: technologie šlehání R 150 : P 150



Obrázek č. 27: technologie šlehání R 150 : P 150



Obrázek č. 28: technologie šlehání R 180 : P 120



Obrázek č. 29: technologie šlehání R 180 : P 120



Obrázek č. 30: technologie šlehání R 180 : P 120



Obrázek č. 31: technologie šlehání R 210 : P 90



Obrázek č. 32: technologie šlehání R 210 : P 90



Obrázek č. 33: technologie šlehání R 210 : P 90



Obrázek č. 34: technologie šlehání R 240 : P 60



Obrázek č. 35: technologie šlehání R 240 : P 60



Obrázek č. 36: technologie šlehání R 240 : P 60



Obrázek č. 37: technologie šlehání R 270 : P 30



Obrázek č. 38: technologie šlehání R 270 : P 30



Obrázek č. 39: technologie šlehání R 270 : P 30



Obrázek č. 40: technologie šlehání R 300 : P 0



Obrázek č. 41: technologie šlehání R 300 : P 0



Obrázek č. 42: technologie šlehání R 300 : P 0