

# Vliv přídavku rýžové instantní kaše na texturní vlastnosti rýžového pečiva

Bc. Monika Augustová

---

Diplomová práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika Augustová**

Osobní číslo: **T16231**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv přídavku rýžové instantní kaše na texturní vlastnosti rýžového pečiva**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část:

1. Význam rýžové mouky při výrobě bezlepkového pečiva.
2. Nutriční a technologické nedostatky rýžového těsta.
3. Možnosti zlepšení reologických vlastností rýžového těsta a pečiva.

### II. Praktická část:

1. Specifikace použitých mouk.
2. Popis použitých laboratorních metod.
3. Popis vazeb mezi přídavkem rýžové instantní kaše a jednotlivými texturními charakteristikami rýžového pečiva.
4. Diskuze výsledků se závěry publikovanými jinými autory.
5. Formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] BUREŠOVÁ, I., TOKÁR, M., MAREČEK, J., HŘIVNA, L., FAMĚRA, O., & ŠOTTNÍKOVÁ, V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread, *Journal of Cereal Science*, 75, 158–164.
- [2] GALLAGHER, E., GORMLEY, T.R., & ARENDT, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products, *Trends in Food Science & Technology*, 15(3), 143–152.
- [3] SCIARINI, L., RIBOTTA, P.D., LEÓN, A.E., & PERÉZ, G.T. (2010). Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality, *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577–585.
- [4] SIVARAMAKRISHNAN, H.P., SENGE, B., & CHATTOPADHYAY, P.K. (2004). Rheological properties of rice dough for making rice bread, *Journal of Food Engineering*, 62(1), 37–45.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**2. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce:

**25. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

*děkan*



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: AUGUSTOVA' MONIKA

Obor: TECHNOLOGIE  
POTRAVIN

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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 15.4.2014

.....  
Augustova

<sup>1)</sup> 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 nevdělečně 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 nahlázení 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.

<sup>2)</sup> 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).

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá přidavkem instantní rýžové kaše v různých poměrech do bezlepkového rýžového pečiva za účelem zlepšení jeho kvality. Vzorky byly upečeny v elektrické peci a poté analyzovány na texturometru. Pro větší objektivitu byly vzorky analyzovány rovněž druhý den. Instantní rýžová kaše má prokazatelný vliv na texturu bezlepkového rýžového pečiva, avšak musí být zvolen správný poměr rýžové mouky a instantní rýžové kaše. Zlepšení kvality bezlepkového pečiva se podařilo dosáhnout přidavkem 40 % instantní rýžové kaše. U tohoto vzorku se druhý den snížila žvýkatelnost a byla zachována tvrdost a pružnost.

Klíčová slova: rýžová mouka, bezlepkové pečivo, lepek, instantní rýžová kaše, textura

## **ABSTRACT**

This diploma thesis is focused on the effect the addition of instant rice porridge in different ratios with rice flour in order to improve rice gluten-free bread quality. Samples were baked in an electric oven and then analyzed on a texture analyzer. For greater objectivity, samples were also analyzed the next day. Instant rice porridge had an improving impact on the texture of gluten-free rice crumb, but raw materials must be blended in the right ratio. Improvement in the quality of gluten-free bread was achieved by the addition of 40% of the instant rice porridge. For this sample, chewiness was reduced on the second day and breads kept their hardness and elasticity.

Keywords: rice flour, gluten-free breads, gluten, instant rice porridge, texture

## Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za trpělivost, ochotu a cenné rady při psaní diplomové práce. Ráda bych také poděkovala paní Ing. Michaele Zacharové za pomoc v praktické části diplomové práce.

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

## OBSAH

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....                                                | <b>10</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....                                   | <b>11</b> |
| <b>1 HISTORIE</b> .....                                          | <b>12</b> |
| <b>2 PROBLEMATICKÉ OBILOVINY</b> .....                           | <b>14</b> |
| 2.1 PŠENICE.....                                                 | 14        |
| 2.2 ŽITO .....                                                   | 14        |
| 2.3 JEČMEN .....                                                 | 15        |
| <b>3 LEPEK (GLUTEN)</b> .....                                    | <b>16</b> |
| 3.1 ÚLOHA LEPKU V TĚSTĚ.....                                     | 17        |
| 3.2 NEDOSTATEK LEPKU V TĚSTĚ.....                                | 18        |
| <b>4 BEZLEPKOVÁ DIETA</b> .....                                  | <b>19</b> |
| 4.1 CELIAKIE.....                                                | 19        |
| 4.1.1 Definice .....                                             | 19        |
| 4.1.2 Reakce těla na lepek.....                                  | 19        |
| 4.1.3 Projevy celiakie .....                                     | 19        |
| 4.1.4 Dostupnost bezlepkových výrobků na trhu.....               | 20        |
| <b>5 ZEMĚDĚLSKÉ PLODINY VHODNÉ PRO BEZLEPKOVOU DIETU</b> .....   | <b>21</b> |
| 5.1 RÝŽE.....                                                    | 21        |
| 5.1.1 Rýže jako surovina .....                                   | 21        |
| 5.1.2 Chemické složení rýžového zrna .....                       | 21        |
| 5.1.3 Rýžová mouka.....                                          | 22        |
| 5.1.4 Používané přídatné látky do rýžového pečiva.....           | 23        |
| 5.2 DALŠÍ ALTERNATIVNÍ ZDROJE VHODNÉ PRO BEZLEPKOVOU DIETU ..... | 24        |
| 5.2.1 Kukuřice .....                                             | 24        |
| 5.2.2 Kaštiny.....                                               | 24        |
| 5.2.3 Čirok.....                                                 | 25        |
| 5.2.4 Quinoa (merlík čilský nebo merlík chilský).....            | 26        |
| 5.2.5 Jáhly .....                                                | 27        |
| 5.2.6 Teff.....                                                  | 28        |
| 5.2.7 Amarant.....                                               | 29        |
| 5.2.8 Pohanka .....                                              | 30        |
| 5.2.9 Žaludy .....                                               | 30        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....                                   | <b>31</b> |
| <b>6 CÍL PRÁCE</b> .....                                         | <b>32</b> |
| <b>7 MATERIÁL A METODY</b> .....                                 | <b>33</b> |
| 7.1 POUŽITÉ MOUKY .....                                          | 33        |
| 7.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....                                         | 33        |
| 7.3 TEXTURNÍ ANALÝZA .....                                       | 34        |
| 7.3.1 Příprava vzorků pro texturní analýzu .....                 | 34        |
| 7.3.2 Analýza vzorků .....                                       | 34        |
| 7.3.3 Statistická analýza dat .....                              | 34        |
| <b>8 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....                                | <b>35</b> |



|     |                                                 |           |
|-----|-------------------------------------------------|-----------|
| 8.1 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA ELASTICITU PEČIVA.....    | 37        |
| 8.2 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA LEPIVOST PEČIVA .....     | 38        |
| 8.3 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA PRUŽNOST PEČIVA.....      | 40        |
| 8.4 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA SOUDRŽNOST PEČIVA .....   | 41        |
| 8.5 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA TVRDOST PEČIVA.....       | 42        |
| 8.6 | VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA ŽVÝKATELNOST PEČIVA ..... | 44        |
|     | <b>ZÁVĚR .....</b>                              | <b>49</b> |
|     | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>           | <b>50</b> |
|     | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     | <b>55</b> |
|     | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                      | <b>56</b> |

## ÚVOD

Chléb patří mezi hlavní pokrm v mnoha částech světa. Nejčastěji produkovaným chlebem je pšeničný popřípadě pšenično-žitný chléb. V posledních letech však stále více dochází k případům, kdy je spouště lidí diagnostikována celiakie. Celiakie je běžná po celém světě a postihuje přibližně 1 ze 100 až 1 z 300 obyvatel. Celiakie je geneticky založená imunitní choroba postihující gastrointestinální systém [1,2].

Jedinou dostupnou léčbou je vyrazení lepku ze stravy. Nesnášenlivost lepku je zapříčiněná nesnášenlivostí prolaminů (v ethanolu rozpustných proteinů) v obilných bílkovinách. U pšenice (gliadin), žita (sekalinu) a ječmene (hordeinu) [3].

Celiakie má rozmanitý klinický obraz, který se pohybuje od jasně rozpoznatelných symptomů (malosorpce, průjem, úbytek hmotnosti, nadýmání, břišní křeče, osteoporóza) až po příznaky, které nejsou na první pohled viditelné (nedostatek železa a kyselina listové, bolest kloubů, únava a břišní potíže) [3].

Z tohoto důvodu se můžeme setkat se stále zvyšujícím se zájmem o bezlepkové potraviny. Je snaha vyrábět bezlepkové potraviny, které se podobají struktuře pšeničných výrobků. Produkce bezlepkových výrobků s totožnými vlastnostmi jako běžné pšeničné pečivo je velmi obtížné. Bezlepkové pečivo má nižší objem, díky nízké schopnosti zadržení plynu během kynutí těsta. Taktéž kvalita střídky těchto výrobků nedosahuje vysoké kvality [2].

Tato diplomová práce se zabývá výrobou bezlepkového pečiva. Byl sledován vliv přídavku instantní rýžové kaše na texturní vlastnosti rýžového pečiva. Vzorky bezlepkového pečiva byly analyzovány na texturometru, na kterém se sledovaly různé vlastnosti (tvrdost, elasticita, lepivost, žvýkatelnost, soudržnost a pružnost). Měření byly vzorky podrobeny taktéž druhý den.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE

Přibližně před 10 000 lety, po skončení doby ledové, se lidé naučili, že lovení zvířat a sbírání divokých bobulí a jiného ovoce nejsou jediné způsoby, jak získat potravu. Zjistili, že když se usadí na jednom místě po dostatečně dlouhou dobu, mohou zasít a později sklídit obilí, např. pšenici. Avšak při konzumaci pšenice se u některých jedinců objevily zažívací potíže. Tehdy ovšem nevěděli, že se jedná o nemoc zvanou celiakie [4].

Již v minulosti byla celiakie považována za vzácnou poruchu, která postihuje většinou evropské děti. Poprvé celiakii popsal slavný starověký lékař Aretaeus z Cappadoiky v druhé polovině 2 století n. l.. Aretaeus používal pro označení celiaků řecký název „koiliakos“, což v překladu znamená „trpící na střeva“. Jeho spisy se zachovaly do dnešní doby. Jsou přeloženy Francísem Adamsem a vytištěny v roce 1856. Původní název jeho spisu - „Náchylnost k celiakii“ – naznačuje, že Aretaeus mohl možná do značné míry celiakii rozumět. Aretaeus také jako první popsal příznaky této nemoci (silný průjem, úbytek hmotnosti, bledost) [4,5].

Další lékařský záznam popsal anglický doktor a pediatr Samuel Gee a to na počátku v 19. století. Ten v roce 1888 publikoval první úplný moderní popis klinického obrazu celiakie. Tento spis zahrnoval nejen projevy celiakie, ale také způsob její léčby a zdůrazňoval, že pokud chce být pacient zcela vyléčen, musí dodržovat přísnou dietu. Na začátku 20. století se nejvíce zasloužili o porozumění celiakie dětští lékaři. Asi proto, že děti mnohem lépe reagovali na léčbu než dospělí celiaci [4].

Roku 1908 se objevila kniha o dětech – celiacích od Hertera, pediatra, jenž byl považován za autoritu ve svém oboru. O celiakii se dokonce často mluvilo jako o Gee-Herterově chorobě. Jeho nejdůležitějším příspěvkem byl názor, že tuky jsou lépe snášeny než sacharidy. Toto originální pozorování bylo později podpořeno Sirem Frederickem Stillem, dalším proslulým pediatrem, který roku 1918 poprvé poukázal na specifické škodlivé účinky chleba pro celiaky: „Naštěstí jeden druh škrobu, škrobu, který se zdá zvláště zodpovědný za zhoršení příznaků, je v pečivu“. Toto téma bylo dále rozvinuto Howlandem v prozíravém proslavu k Americké pediatričké společnosti v roce 1921 na téma „Dlouhotrvající nesnášenlivost sacharidů“. Jeho tři fáze diety povolovaly sacharidy pouze v poslední fázi, kdy mají být přidány ... „Chléb, obilí a brambory jsou ta poslední jídla, která mohou být povolena“ [4].

O tři roky později americký pediatr Sidney Valentine Haas přišel s tzv. banánovou dietou. Byla to v podstatě dieta omezující konzumaci sacharidů s výjimkou zralých banánů. V pozdějším spise z roku 1938 Haas napsal, že i maličké množství jídla, obsahujících sacharidy, způsobí tučný průjem, i když pacient v jídle téměř žádný tuk nejl. Po 2 světové válce nizozemský pediatr profesor Dick učinil podstatný objev v léčbě celiakie. Jeho objev můžeme nalézt v lékařských tenzích pro Univerzitu v Utrechtu z roku 1950. Ukázal, jak celiakálním dětem dramaticky prospěje, když je pšeničná, žitná a ovesná mouka vyloučena z jejich jídelníčku. Tvrdil, že jakmile jsou tyto složky jídla nahrazeny pšeničným škrobem, kukuřičnou moukou nebo rýžovou moukou, dětem se vrátí chuť k jídlu a jejich schopnost vstřebávat tuk se zlepšit natolik, že tučný průjem zmizí. Tato práce byla rozšířena profesorkou Charlottou Andersonovou a jejími kolegy v Birminghamu, kteří extrahovali škrob a některé další části z pšeničné mouky a shledali, že „výsledná lepková hmota“ je onou škodlivou částí. Od roku 1950 je proto základem léčby celiakie bezlepková dieta [4].

## 2 PROBLEMATICKÉ OBILOVINY

Pekařské výrobky, zejména chléb, tvoří základ pro stravování většiny lidí. Pšeničný a pšenično-žitný chléb patří k nejnámějším pekárenským výrobkům. Charakteristická vůně chleba je tvořena převážně z kyselin, alkoholů, aldehydů, esterů, ketonů, pyrrolů a pyrazinů, ale můžeme zde nalézt také furany, uhlovodíky nebo laktony [6].

### 2.1 Pšenice

Pšenice patří mezi hlavní obilnou plodinu, která je využívána pro výrobu pekárenských výrobků. Díky jejím unikátním viskoelastickým vlastnostem, které jsou dány přítomností lepkových bílkovin, je hojně využívána pro výrobu pečiva. Druh a množství lepkových bílkovin jsou důležité při určování pekárenských vlastností pšeničné mouky [7].

Díky přítomnosti lepku patří pšeničný a pšenično-žitný chléb mezi potraviny nevhodné pro lidi trpící celiakií. Nedostatek lepku při výrobě pečiva má za následek nižší zadržení plynu v těstě, špatnou strukturu, nižší objem pečiva a suchou až drobivou strukturu. Hlavní alternativy pšenice, které se používají pro výrobu bezlepkových produktů je rýže, kukuřice, pohanka nebo proso [6,8].

Pšenice a ostatní obiloviny (ječmen, žito) nezpůsobují potenciálnímu konzumentovi pouze celiakii, ale mohou se také projevit různé projevy alergických reakcí. Tyto alergické reakce jsou zprostředkovány imunoglobulinem E (IgE). Mezi projevy patří otoky a svědění rtů nebo úst, kopřivka, angioedém, chronická bronchiální obstrukce (chronická bronchitida a onemocnění dolních cest dýchacích), nevolnost, bolest břicha nebo ve vážných případech systémová anafylaxe. Pozdní projevy se objevují přibližně 24 hodin po požití pšenice, včetně příznaků gastrointestinálního traktu (jako je nadýmání, průjem, zvracení a zácpa) a zhoršení dermatitidy. Mezi další projevy patří únava, ztráta hmotnosti, bolest kloubů a bolesti hlavy a ve vzácných případech eosinofilní ezofagitida (zánět jícnu). [9].

### 2.2 Žito

Žito (*Secale cereale*) je široce pěstovaná obilovina. Ve srovnání s pšenicí má vyšší obsah vlákniny a nižší obsah bílkovin a tuku. Žito je navíc dobrým zdrojem minerálních látek, vitaminů a arabinoxylanů. Žito je obzvláště bohatým zdrojem fotochemikálií, jako jsou fenolové kyseliny, lignany, alkylnesorcionoly a benzoxyzinoidy. Arabinoxylany mají nutriční hodnotu jako vláknina a mimo jiné jsou také důležitými ukazateli pro kvalitu chleba.

Proteiny žita mají také velký význam. Ty mají vysoký obsah lyzinu, a proto mají vysokou výživovou hodnotu. Nemohou však vytvářet spojitou lepkovou síť, jako pšeničný lepek [10,11].

Žitný chléb je nejčastěji pečený z chlebové žitné mouky tmavé. Méně často může být upečen z celozrnné mouky zkvašené za pomoci mikroorganismů přirozeně se vyskytujících v žitné mouce. Kontinuální fáze v žitném těstě se skládá z matrice proteinu a škrobu. Retenční vlastnosti žitného těsta jsou připisovány arabinoxylanům, které jsou ovšem slabší než v pšeničném těstě. Díky menšímu počtu pórů a většímu počtu velkých částic je struktura žitného chleba mnohem těžší než u pšeničného chleba. [12].

### 2.3 Ječmen

Ječmen (*Hordeum vulgare L.*) se řadí mezi čtvrtou nejčastěji produkovanou obilovinu na celém světě, hned za kukuřicí, pšenicí a rýží. Asi 90 % vypěstovaného ječmene je v současné době používáno k výživě hospodářských zvířat a k výrobě alkoholických nápojů zejména piva. Poptávka po ječmeni se stále zvyšuje, a to díky jeho dobrým výživovým hodnotám, jako je například vysoký podíl  $\beta$ -glukanů (má spoustu nutričních výhod) ve srovnání s pšenicí, kukuřicí a rýží. Hlavní složkou endospermu ječmene je škrob, který zaujímá asi 62 – 77 % celkové hmotnosti zrna. Obsahuje také bílkoviny (8 – 20 %). Ječmen je také dobrým zdrojem tokoferolů a tokotrienolů, o kterých je známo, že snižují LDL cholesterol. [13,14].

### 3 LEPEK (GLUTEN)

Lepek je pšeničná bílkovina, která představuje asi 80 – 85 % celkového obsahu bílkovin. Tyto proteiny poskytují pšeničnému těstu jedinečné viskoelastické vlastnosti. Na základě těchto vlastností jsou bílkoviny lepku klasifikovány. Lepek je tvořen dvěma frakcemi, a to gliadiny a gluteniny. Gliadiny jsou monomerní bílkoviny a přispívají hlavně k viskozitě a pružnosti těsta. Zatímco gluteniny jsou polymerní proteiny, které těstu poskytují pevnost a elasticitu. Pokud dojde k hydrataci a k následnému hnětení, vytvářejí glutenové bílkoviny soudržnou a viskoelastickou síť, která je schopna zadržet plyn v těstě během kynutí a následně zvýšit objem při pečení [15].

Trojrozměrná síť lepku stabilizována pomocí vazebných interakcí, které jsou náchylné k rozpadu s rostoucím napětím. Gluteninová frakce je mnohem silnější, protože jde o komplex vysokomolekulárních proteinů s molekulovou hmotností s rozmezí od 40 000 milionů g/mol v závislosti na extrakční proceduře, které jsou drženy společně velkým počtem mezimolekulárních disulfidických vazeb. Na druhou stranu je známo, že gliadin je minoritní složkou, která dodává viskozitu těsta [16].

#### Pšeničný lepek

Pšeničné gliadiny a gluteniny bobtnají ve vodě pouze omezeně. V přítomnosti vody a při dodání mechanické práce vytváří hydratované pšeničné bílkoviny pevný gel, který nazýváme lepek. Vzhledem k tomu, že pšeničná mouka je v podstatě rozdrcený endosperm, při hnětení pšeničné mouky s vodou dochází právě ke vzniku lepku a ten tvoří vlastní „kostru“ těsta. Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti [17].

Pšeničný lepek je pružný gel. Lze jej z těsta jednoduše izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době zůstává substance, kterou nazýváme „mokrý lepek“. Ten lze poté zbavit přebytečné vody vymačkáním nebo odstředěním. Je tedy potřeba si uvědomit, že v nativním zrně ani v mouce lepek vlastně neexistuje, ale vytváří se až po propojení prostorové sítě pšeničné mouky. Lepek je pak charakteristický tažností, pružností a schopností bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Míra těchto jeho vlastností předurčuje do značné míry vlastnosti těsta. Z ostatních obilovin podobný gel vyprat nelze [17].



Vypraný lepek sestává průměrně z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině. Průmyslově získaný tzv. vitální lepek vykazuje ovšem ještě podstatně větší rozpětí obsahu složek. Tradičně byly za klíčovou složku považovány proteiny dvou frakcí – prolaminů a glutelinů. Jsou zde zastoupeny ve vzájemném poměru přibližně 2:3. Ve struktuře lepku vytvářejí gluteniny nadmolekulární vláknité struktury, supermolekuly, o relativní molekulové hmotnosti řádově  $10^3$  až  $10^6$  miliony g/mol. Existuje řada různých teorií vysvětlujících strukturu lepkového gelu. Faktem však je, že řada aspektů tohoto problému nebyla dosud zcela uspokojivě vyřešena [17].

Kromě pšeničných proteinů stojí za zmínku také žitné prolaminy označované jako sekaliny. Tyto proteiny nejsou schopny vytvořit trojrozměrnou lepkovou síť díky strukturám a kompozičním rozdílům. Vedle toho proteiny ječmene (hordeiny) jsou bohaté na hydrofobní aminokyseliny, což vede k vysoké povrchové hydrofobnosti a silné agregaci bílkovin. Tyto proteiny nejsou tak významné při výrobě pečárenských výrobků jako pšeničné proteiny, ale jsou velice důležité při stabilizaci pěn a emulzí. V pěnové lamelle interagují proteiny ječmene s dalšími složkami konkrétně s hořkými činidly chmele, čímž vzniká matrice, která vede ke stabilní pění v pivu [18].

### 3.1 Úloha lepku v těstě

Lepek hraje zásadní roli při určování vzhledu a struktury pečárenských produktů vyrobených z obilovin. Samotný vysoký obsah bílkovin ještě nemusí zaručit, že pečivo bude mít dostatečný objem. Bílkoviny obilovin hrají hlavní roli v reologii těst. Poměr gliadinu a gluteninu je jedním z rozhodujících faktorů pro reologii těst. Kvalita mouky závisí na specifické rovnováze mezi gliadinem a gluteninem, [7,18].

Proteiny pšeničného lepku (gluteniny a gliadiny) jsou primárně odpovědné za udržení plynu v těstě během kynutí, protože tvoří silné hydrofobní filmy. Během hnětení těsta dochází k hydrataci, která vede ke změnám na molekulární úrovni, včetně interakce mezi gliadinem a gluteninem. Je známo, že viskoelastická síť lepku závisí na těchto intermolekulárních interakcích [16].

### 3.2 Nedostatek lepku v těstě

V nepřítomnosti konstrukčních složek závisí viskozita těst pouze na křehkých intermolekulárních vazbách, které oslabují stabilitu systému bezlepkových výrobků. Díky těmto skutečnostem jsou bezlepková těsta velmi tekutá nebo příliš tuhá. Struktura bochníků je suchá a drobná.[7,19].

## 4 BEZLEPKOVÁ DIETA

### 4.1 Celiakie

#### 4.1.1 Definice

Celiakie je specifickým typem potravinové intolerance. Důvodem nesnášenlivosti je gliadinová frakce lepku v potravinách. Jedná se o onemocnění zažívacího traktu, které vede k poškození tenkého střeva. Taktéž dochází k narušení vstřebávání živin v něm. Nemoc se vyvíjí u geneticky citlivých jedinců v důsledku požití lepkových bílkovin, které se nacházejí v obilovinách, jako je pšenice, žito a ječmen a jejich kříženci. Pokud konzument, trpící celiakií pozře potravinu, obsahující lepek, organismus na přítomnost lepku reaguje a dochází k řadě událostí, které vedou ke zničení klků tenkého střeva [8,18,20].

#### 4.1.2 Reakce těla na lepek

Jedná se o imunologický stav zprostředkovaný T – buňkami. V normálních fyziologických podmínkách enzymy žaludku, pankreatu a tenkého střeva štěpí většinu proteinů na malé peptidy a aminokyseliny. Avšak toxické peptidy, pokud jde o celiakii, mají vysoký obsah glutaminů a prolaminů, a proto jsou odolné vůči trávení. Ty procházejí střevní epitelovou bariérou a vstupují do lamina propia cestou transcelulární nebo paracelulární. V důsledku nevstřebání se fragmenty bohaté na prolin a glutamin hromadí v tenkém střevě. Tyto proteiny se označují jako T buněčné epitopy (toxické/imunogenní peptidy). Patologické stavy spojené s celiakií začínají změnou bariérové funkce střevní sliznice. Glutenové peptidy jsou schopny vyvolat adaptivní a vrozenou imunitní odpověď, zahrnující degradaci matricových proteinů a následnou destrukci sliznice, produkce protilátek proti lepkovým peptidům, tkáňové transglutaminázové a peptidové komplexy tvořené aktivními enzymy. [9,18].

#### 4.1.3 Projevy celiakie

Mezi nejčastější příznaky celiakie patří průjem, zvracení a bolest břicha. Vzhledem k malabsorpci\* živin se mohou objevit stavy, jako jsou nedostatky vitaminů a minerálních látek, anémie, noční slepota a slabost kostí. Kromě toho se uvádí, že celiakie zpomaluje růst dětí a dospívajících a způsobuje problémy v reprodukčním systému žen [18].

\*Malabsorpce (malabsorpční syndrom) – syndrom, který zahrnuje všechny stavy, při nichž dochází k poruchám trávení a vstřebávání základních živin a ke vzniku chorobných stavů z nedostatku těchto látek<sup>5</sup>

Celiakie se stala jednou z nejčastějších celoživotních onemocnění, která postihuje v současné době asi 1 procento populace po celém světě. Jedinou dostupnou léčbou je dodržování přísné bezlepkové diety, která napomáhá k regeneraci střevní sliznice [20].

#### **4.1.4 Dostupnost bezlepkových výrobků na trhu**

Jedním z problémů, s nimiž se osoby trpící celiakií mohou setkat, je nedostatek kvalitních bezlepkových potravin. Pro příklad můžeme uvést špatné vlastnosti střídky, nízký objem pečiva nebo špatný pocit a chuť v ústech. K negativům patří také jejich vysoká cena. Kromě toho komerční bezlepkové chleby jsou vyráběny hlavně na bázi škrobu, což vede k nevyvážené stravě kvůli nedostatku vlákniny, vitaminů a živin při dodržování bezlepkové diety. Zlepšení kvality bezlepkových výrobků je proto pro mnoho výrobců velkou výzvou [20].

## 5 ZEMĚDĚLSKÉ PLODINY VHODNÉ PRO BEZLEPKOVOU DIETU

### 5.1 Rýže

Rýže je v historii jednou z nejdůležitějších potravin a současně jednou z nejrozšířenějších obilovin (9 % celkové pěstované půdy). Rýže živila více lidí než jakákoli jiná plodina v historii. V dnešní době je na rýži závislých asi 2,5 miliard lidí, což činí asi dvě třetiny světové populace. Dnes jsou pro lidskou výživu pěstovány 2 druhy rýže, a to *Oryza sativa* a *Oryza glaberrima*, přičemž existuje dalších 22 divokých kmenů. Rýži lze pěstovat v různých podmínkách, ačkoli roste rychleji ve velmi vlhkém a teplém prostředí. Rýžová zrna mohou být krátká, střední nebo lesklá a nelepivá a mohou být také různé barvy. Barva rýžového zrna se může pohybovat od černé, červené až k hnědé, přičemž některé druhy mohou být dokonce aromatické. [5].

#### 5.1.1 Rýže jako surovina

Rýže patří mezi hlavní potraviny asi pro 50 % světové populace. Tvoří 29 % světové produkce a je srovnatelná s produkcí pšenice nebo kukuřice. Jedná se především o africké a asijské kontinenty. Na obou kontinentech je téměř veškerá rýže produkována na menších farmách. Více než 90 % rýže se produkuje a konzumuje v Asii. Zde se produkce během dvaceti let téměř dvojnásobila. Asi 75 % světové produkce se pěstuje na zaplavených polích. Rýže se považuje za vhodnou náhražku pšenice. Protože je dostupná po celém světě a je méně alergenní [5,21,22].

#### 5.1.2 Chemické složení rýžového zrna

Chemické složení rýžového zrna závisí na řadě faktorů (podmínky pěstování, životní prostředí, zpracování). Rýže je bohatá na složité sacharidy, bílkoviny, minerální látky, vitaminy (zejména skupiny B). Rýže neobsahuje cholesterol. Chemické složení se mění během zpracování, zejména při mletí. Odstraněním vnějších vrstev (otrub) dojde ke ztrátě bílkovin, tuků, vlákniny, vitaminů a minerálních látek. Železo, fosfor, draslík a hořčík jsou nejdůležitějšími minerály v této obilovině [5].

Sacharidy tvoří největší část z hmotnosti zrna. Obsah škrobu činí asi 80 % z celkové hmotnosti. Rýžový škrob je glukózový polymer složený z amylozy a amylopektinu a to v různých poměrech v závislosti na odrůdě, který určuje fyzikální vlastnosti a funkčnost

rýžových zrn. Obsah škrobu se zvyšuje od povrchu k vnitřním částem zrna. Proto rýžová zrna zbavená obalových vrstev jsou velmi bohatá na škrob [5].

Protein je druhou nejvíce zastoupenou složkou bílé rýže. V tomto případě obsah bílkovin klesá od povrchu dovnitř. Proteiny přítomné v rýžovém zrně, jako jsou albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny, jsou u cereálií jedinečně vysokou koncentrací glutelinů a naopak nízkou koncentrací prolaminů. Tato charakteristika je dána vysokým obsahem lyzinu ve srovnání s ostatními obilovinami. Nejběžnějšími esenciálními aminokyselinami jsou kyselina glutamová, kyselina asparagová, leucin, arginin, alanin, valin, fenylalanin a serin [5].

Lipidy patří mezi méně zastoupené složky rýžových zrn, avšak výrazně přispívají k nutričním, sensorickým a funkčním vlastnostem, protože tvoří komplexy s amylózovými řetězci. V rýžovém zrně lze rozdělit na škrobové a neškrobové. Většina lipidů jsou neškrobové lipidy a jsou umístěny ve vrstvě aleuronu (vnější vrstva endospermu) a klíčku. Obsahují neutrální lipidy s malým množstvím glykolipidů a fosfolipidů [5].

### 5.1.3 Rýžová mouka

Rýžová mouka může být získána z celých rýžových zrn, ale častěji se získává z leštěných nebo mletých jader, ačkoli někdy se pro mletí používá hnědá (surová) rýže. Mouka z hnědé rýže obsahuje velké množství vlákniny a vitamínů, které převažují ve vnějších vrstvách endospermu. Tyto sloučeniny dodávají pečeným výrobkům zvláštní organoleptické vlastnosti (barvu, strukturu a chuť). Hnědá rýže má, oproti klasické bílé rýži, mnohem nižší skladovatelnost. Tato skutečnost je způsobena přítomností aktivní lipázy a lipooxygenázy. Taktéž dochází k uvolňování volných mastných kyselin, které jsou samy o sobě hořké, což dodává pečárenským výrobkům hořkou chuť. Stabilitu těchto mouk lze zvýšit snížením teploty a vlhkosti během skladování nebo použitím inertních atmosfér. Tyto úpravy však zvyšují náklady na výsledný produkt. Jako alternativu lze mouku z hnědé rýže získat přidáním mletých otrub ve vhodných množstvích k již pomleté rýži. V tomto případě mohou být otruby chemicky či fyzikálně ošetřeny, aby byla zajištěna jejich stabilita a tím prodloužena jejich životnost [5].

Rýžové otruby jsou často označovány jako levný vedlejší produkt surové rýže. Celková produkce v roce 2014 činila více než 738 milionů tun. Rýžové otruby obsahují bílkoviny a fotochemikálie, které přinášejí lidskému tělu příznivé zdravotní účinky. Používají se hlavně k výživě zvířat. Mimo jiné otruby jsou bohaté na bílkoviny (zejména

esenciální aminokyseliny obsahující lysin), vlákninou (rozpustnou i nerozpustnou), která vykazuje vysokou nutriční hodnotu pro lidskou výživu. Díky těmto vlastnostem jsou rýžové otruby považovány za zdravé funkční potraviny, které mají hypoalergenní, hypocholesterolitické a antioxidační vlastnosti. Rýžové otruby, odtučněné či nikoliv mohou být také použity jako zdroj vlákniny a vitaminů v pšeničných produktech [5,23].

Rýžové mouky se liší především obsahem amylózy, který určuje teplotu mazování a viskoelastické vlastnosti. Fyzikální vlastnosti rýžové mouky jsou také ovlivněny časem uplynulým mezi sklizní a mletím, stejně jako teplotou použitou při sušení a skladování. Proces mletí je velmi důležitý pro výrobu kvalitní rýžové mouky, zejména počet sušících kroků a teploty během zahřívání. Taktéž proces mletí má značný dopad na funkční vlastnosti rýžové mouky. Teplota, vlhkost a obsah lipidů také může významně ovlivnit reologické vlastnosti rýžového těsta [5].

Rýžová mouka je doporučována pro výrobu bezlepkových produktů. Kromě bílé barvy a jemné chuti je dobře stravitelná a je hypoalergenní. Tato mouka je vhodná pro celiakální dietu, avšak absence lepku má za následek technologické a kvalitativní problémy, protože není schopna vytvořit soudržnou strukturu těsta. V tomto případě je velkou výzvou pro výrobce potravin vhodné nahrazení lepkové sítě v různých pekárenských výrobcích. Tohoto se dá dosáhnout za pomoci vhodné receptury s použitím správného množství proteinů, hydrokoloidů a vlhkosti pro dosažení požadované kvality bezlepkových rýžových produktů [24].

#### **5.1.4 Používané přídatné látky do rýžového pečiva**

V dnešní době se poptávka po rýžovém pečivu stále více zvyšuje, proto se vynakládá stále větší úsilí pro výrobu kvalitního bezlepkového rýžového pečiva. Z tohoto důvodu se do bezlepkových pekárenských produktů přidávají různé přídatné látky, mezi něž patří zahušťovadla (rostlinné gummy, hydroxymethylcelulózy, xanthanová guma, hydroxymethyl celulóza), emulgátory (ester kyseliny diacetyl tartarické monoacylglycerolů a lecitin) a glutathion. Díky těmto látkám má bezlepkové pečivo vyšší objem a byla také pozorována lepší stabilita těsta během kynutí [25,26,27].

Kromě výše zmíněných přídatných látek je snaha přidávat i různé potraviny pro zlepšení kvality bezlepkových produktů. Touto potravinou může být sójové mléko, kdy voda, která je v klasické receptuře běžně přítomna, je nahrazena sójovým mlékem. Je dokázáno, že tato záměna má pozitivní účinek na texturu rýžového pečiva. Sacharóza

v sóji stimuluje fermentaci kvasinek během kvašení. Taktéž se zvyšuje objem oxidu uhličitého v těstě během kvašení. Po fermentaci má těsto vyšší objem oproti běžné receptuře (s přidavkem vody). Navíc si při pečení bochník zachoval svůj objem. Tato skutečnost může být jedním z důvodů pro zlepšení kvality bezpečkových výrobků [26].

## 5.2 Další alternativní zdroje vhodné pro bezpečkovou dietu

### 5.2.1 Kukuřice

Kukuřice je plodinou pěstovanou v různých částech světa. Zvláště důležité je její pěstování tam, kde nejsou příznivé podmínky pro pěstování pšenice. Proto se v těchto koutech světa musí přistoupit k alternativním zdrojům. Kukuřice je zdaleka nejdůležitější plodinou pěstovanou v Africe. Zde se vypěstuje až 69,6 miliónů tun ročně. Ovšem zásadní výzvou není její pěstování, nýbrž výroba chleba z ní. Jak je již výše uvedeno, tak nejlepší obilninou pro výrobu chleba je pšenice, resp. pšeničný lepek, který pšenice obsahuje. Právě pšeničnému lepku se přičítají jedinečně viskoelastické vlastnosti, které těstu poskytuje. Výroba bezpečkových potravin jen za použití kukuřičné mouky je velice obtížná. Proto se k jeho výrobě používají různé látky, které přispívají k lepší konzistenci těst a následných hotových výrobků. Mezi tyto látky můžeme zařadit například vaječný nebo kukuřičný škrob, sójovou mouku nebo kyselinu askorbovou. Tyto látky zvyšují cenu konečných výrobků [28].

### 5.2.2 Kaštiny

V posledních letech získává kaštanová mouka stále více pozornosti. Kaštanová mouka neobsahuje lepek, proto je vhodná pro výživu lidí trpících celakii. Kaštanová mouka má vynikající nutriční a zdravotní přínosy. Obsahuje esenciální aminokyseliny (4 – 7 %), vlákninu (4 – 10 %), nízké množství tuku (2 – 4 %). Také vitaminy (B, E) draslík, fosfor a hořčík. Kaštanová mouka zvyšuje obsah vlákniny. V kaštanové mouce se předpokládá antioxidační působení. Ovšem tento fakt nebyl potvrzen. Avšak přidavek kaštanové mouky snižuje obsah vlhkosti, a tím zpomaluje stárnutí pečiva [29].



### 5.2.3 Čirok

Čiroku (obr. 1) existuje několik hybridů, které jsou určeny pro lidskou výživu. Jako atraktivní alternativa pro alergiky na pšenici je čirok stále více začleněn do pekařských výrobků.



Obrázek 1: Semena čiroku [38]

Čirok je komerčně dostupný v bezlepkovém pečivu, těstovinách, sušenkách, obilovinách, pivu, a pekárenských směsí pro pečivo, koláčích a palačinkách. Byl studován v mnoha potravinářských výrobcích včetně chleba. Tepelně zpracovaná mouka má široké využití při výrobě potravin, jako jsou sušenky, dorty, mouky na výrobu oplatků nebo pro různá těsta, polévky, omáčky, kojenecké výživy nebo také zahušťovadla. Tepelné opracování mouky je určeno pro zlepšení kvality pekárenských výrobků. A to ve slabé a nestandardní mouce. Tato mouka se vyrábí za pomoci vysokých teplot. Používá se teplota 100 – 115 °C po dobu 60 minut. Bylo prokázáno, že takto upravená mouka zvyšuje mechanickou odolnost chleba, jeho viskozitu a tuhost. Tyto faktory vedou ke zvýšení elasticity těsta a mají pozitivní vliv na objem pečiva. Mechanismus, tepelného zpracování pro zlepšení kvality mouky, není zcela znám, ale předpokládá se, že během procesu tepelného opracování dochází k denaturaci bílkovin a k částečnému mazovatění škrobových granulí, stejně jako k zvýšení viskozity těsta [3].

#### 5.2.4 Quinoa (merlík čilský nebo merlík chilský)

Quinoa (obr. 2) je endemická plodina Andského regionu. Zrno merlíku čilského je velmi výživné. Obsahuje velmi kvalitní bílkoviny a esenciální mastné kyseliny. Je dokázáno, že obsah esenciálních aminokyselin je vyšší než v pšeničné mouce.



Obrázek 2: Semena quinoa [39]

Quinoa obsahuje dvakrát vyšší množství lysinu než pšeničná mouka. Quinoa obsahuje 14,12 % bílkovin, 6,07 % tuku, 64,16 % sacharidů a 7 % vlákniny. Díky vyváženému podílu aminokyselin a vysokému obsahu bílkovin, vitamínů a minerálních látek patří, jako jedna z mála plodin používaná při vesmírných misích. Kromě dobrého výživového složení neobsahuje lepek a proto je ideální pro lidi trpící celiakií [30].

### 5.2.5 Jáhly

Jáhly (obr. 3) patří mezi velmi výživné obiloviny. Jsou velmi bohaté na bílkoviny, vápník a fenoly. Je známo, že vysoký obsah fenolických látek snižuje cholesterol a reguluje



Obrázek 3: Semena jáhel [40]

hladinu glukózy v krvi tím, že inhibuje aktivitu pankreatické amylázy, střevní  $\alpha$  – amylázy a střevní  $\alpha$  – glukozidázy. Proto je tato obilovina vhodná při léčbě diabetu druhého typu. Z jáhlové mouky je možné vyrábět bezlepkový chléb. Avšak kvalitu bezlepkového jáhlového chleba snižuje nízká schopnost mouky zadržovat kypřící plyn, špatná kvalita střídky a rychlejší stárnutí pečiva. I v tomto případě je snaha přidávat do těchto výrobků různé látky, které zlepšují kvalitu jáhlových výrobků. Používají se hydrokoloidy, škroby, různé enzymy nebo fyzikální ošetření extruzí [31].

Extruze je důležitá hydrotermální úprava, která upravuje funkčnost mouky pomocí želatinace, degradace škrobu, solubilizace\* vlákniny a agregaci bílkovin. V tomto ohledu jsou extrudované mouky zajímavými alternativními zdroji pro výrobu chleba v pekárenském průmyslu [31].

\*SOLUBILIZACE – schopnost rozpouštět látky, které jsou jinak nerozpustné [14]

### 5.2.6 Teff

Teff (obr. 4) patří mezi další alternativní obilovinu, která má stále větší oblíbenost v Evropě. V Etiopii (Východní Afrika) se tato obilná zrna drobného obilí konzumuje jako fermentované placky nazývané injera (anglicky injera). Jednotlivé odrůdy teffu jsou



Obrázek 4: Semena teffu [41]

rozpoznávány a popsány na základě barvy zrn. V obchodních řetězcích je k dostání teff bílý, červený/hnědý nebo smíšený. Teff má příjemnou chuť, která se vyskytuje v různých variantách a to od oříškové a slabě sladké ve světlých odrůdách až po intenzivní oříškovou chuť ve tmavých odrůdách [1].

Teff má vynikající výživové vlastnosti. Oproti ostatním obilovinám obsahuje více železa, zinku a vápníku. Teff se vždy konzumuje jako celé zrno. Produkty odvozené od teffu jsou bohaté na uhlohydráty s pomalým uvolňováním. Má příznivé složení aminokyselin. Obsahuje 8 esenciálních aminokyselin a vysoký obsah hodnotných nenasycených mastných kyselin. Vysoká schopnost adsorpce teffové mouky a gelující vlastnost škrobu činí tuto obilovinu vhodnou pro použití v širokém spektru potravinových aplikací [1].

### 5.2.7 Amaranth

Amarant (obr. 5) je jednou z nejdůležitějších plodin Hispánie (starší název pro Španělsko), také byl součástí stravy Aztéků, Mayů a Inků. Patří do skupiny pseudocereálií, protože má obdobné vlastnosti jako obiloviny, ale botanicky nepatří do této skupiny.



Obrázek 5: Semena amarantu [42]

Rod *Amaranthus* zahrnuje více než 60 druhů, které jsou pěstovány v různých částech světa, jako je střední a jižní Amerika, Indie, Afrika a Čína. V Evropě, USA a v Japonsku poptávka po tomto rodu stále více roste. Většina druhů jsou považovány za plevel a pouze tři z nich, *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* a *Amaranthus hypochondriacus*, jsou běžně konzumována jako semena nebo jako funkční přísada do potravin. Amarantové zrno může být opečené, extrudované nebo mohou být přidány do jiných obilných výrobků, jako je chléb, koláče, muffiny, palačinky, sušenky, knedlíky, nudle nebo krekry [32].

Z hlediska výživy je amarantové zrno kvalitnější než většina obilných zrn, vzhledem k vysokému obsahu bílkovin a vyváženému složení esenciálních aminokyselin. Kromě toho jsou proteiny amarantu bohaté na lysin, se kterým se u jiných plodin v takovém množství neseznamujeme. Také celkový obsah minerálů je vyšší, a to zejména vápníku a hořčíku. Ovšem na druhou stranu obsahuje více vlákniny a tuků než většina obilovin. Obsah škrobu činí 50 až 60 g na 100 gramů zrna [32].

Mimo pekárenské účely je možné z amarantu vyrábět olej. Amaranťový olej má vysokou hladinu tokotrienolů a skvalenu, což jsou přírodní organické sloučeniny, které se podílejí na metabolismu cholesterolu v těle a které mohou hrát důležitou roli při snižování LDL cholesterolu v krvi [32].

### 5.2.8 Pohanka

Pohanka (obr. 6) je další pseudocereální plodina, která má také velmi příznivé nutriční složení. Obsahuje 13,25 % bílkovin, 3,4 % tuku, 71,50 % sacharidů a 10 % vlákniny,



Obrázek 6: Semena pohanky [43]

stejně jako základní vitaminy a minerální látky. Oproti pšeničnému chlebu, tak chléb z pohanky má příjemnější aroma a lepší antioxidační vlastnosti. Výměnou pšeničné mouky se se zvyšujícím množstvím pohankové mouky zvyšuje obsah minerálních látek v chlebu. Zvýší se obsah mědi, železa, draslíku, hořčíku, manganu, fosforu a zinku [30].

### 5.2.9 Žaludy

Žaludová mouka představuje alternativní zdroj pro výrobu bezpečných potravin. Žaludy obsahují vysokou hladinu lipidů a fenolických sloučenin. Fenolické sloučeniny jsou velmi příznivé pro zdraví. Je dokázáno, že snižují riziko řady onemocnění (kardiovaskulární choroby, rakovina, diabetes, zánětlivé onemocnění apod.). Žaludová mouka se jeví jako velmi dobrý zdroj pro výrobu bezpečných produktů, protože by mohla zvýšit nutriční hodnotu konečného produktu [2].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv různých přísad rýžové kaše na kvalitu rýžového pečiva. Kvalita rýžového pečiva byla hodnocena pomocí texturní profilové analýzy.



## 7 MATERIÁL A METODY

### 7.1 Použité mouky

Byla použita rýžová mouka a instantní rýžová mouka. Obě mouky byly dodány společností Extrudo Bečice s.r.o. Týn nad Vltavou. Rýžová mouka byla smíchána s rýžovou kaší v poměrech 0, 10, 20, 30, 40 a 50 %. Instantní rýžová kaše byla připravena extruzí (130 °C) rýžové mouky s vodou (20g/100 g sušiny mouky). Extrudované pelety byly rozemlety v kladívkovém mlýnu a prosety sítím s velikostí 0,5 mm.

Jednotlivé receptury jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Receptura použitá při výrobě jednotlivých vzorků

| <b><u>Receptura</u></b>   | <b>I</b> | <b>II</b> | <b>III</b> | <b>IV</b> | <b>V</b> | <b>VI</b> |
|---------------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
| <b>Rýžová mouka (g)</b>   | 180      | 160       | 140        | 120       | 100      | 200       |
| <b>Instantní kaše (g)</b> | 20       | 40        | 60         | 80        | 100      | 0         |
| <b>Voda (g)</b>           | 220      | 220       | 220        | 220       | 220      | 220       |
| <b>Sůl (g)</b>            | 3        | 3         | 3          | 3         | 3        | 3         |
| <b>Droždí (g)</b>         | 3,6      | 3,6       | 3,6        | 3,6       | 3,6      | 3,6       |
| <b>Cukr (g)</b>           | 3,72     | 3,72      | 3,72       | 3,72      | 3,72     | 3,72      |

### 7.2 Příprava vzorků

#### Příprava jednotlivých vzorků bezlepkového pečiva

Droždí bylo smícháno s cukrem ve vodě a aktivováno  $35 \pm 2$  °C po dobu  $10 \pm 1$  minut. Ostatní ingredience byly naváženy do mísy a k nim bylo přidáno aktivované droždí. Směs byla hnětena elektrickým hnětačem Eta Exclusive Gratus mixer (Eta a.s. Czech Republic) po dobu přibližně  $5 \pm 1$  minut. Po hnětení byl vzorek těsta rozdělen na dva stejné díly do forem na pečení. Formy byly uloženy do kynárny. Těsto kynulo při teplotě  $30 \pm 2$  °C po dobu  $20 \pm 2$  minut. Po kynutí bylo těsto upečeno v elektrické peci MIWE cube (Pekass s.r.o. Plzeň Czech Republic). Pečení probíhalo při teplotě  $180 \pm 5$  °C po dobu  $20 \pm 2$  minut. Poté byly vzorky vychlazeny. Doba chlazení byla přibližně 2 hodiny. Chlazení probíhalo při

pokožkové teplotě. Vzorky byly skladovány po dobu  $24 \pm 1$  hodin při pokojové teplotě a poté bylo měření opakováno.

### **7.3 Texturní analýza**

Texturní analýza je test dvojité komprese, která slouží pro stanovení texturních vlastností převážně potravin. Během testu se jednotlivé vzorky dvakrát za sebou stlačí analyzátořem textury (TA.XT Plus (Stable Micro System Ltd. UK)). Konkrétně tento postup nám umožní vysledovat, jak se vzorky budou chovat během žvýkání v ústech. Struktura každé potraviny je mnohostranná a váže se na smyslové očekávání spotřebitelů. Velkou výhodou u tohoto typu analýzy je, že se může analyzovat více texturních parametrů [33].

#### **7.3.1 Příprava vzorků pro texturní analýzu**

Vzorky byly nakrájeny pomocí kotoučového kráječe na přibližně 0,5 cm plátky. Poté byl z jednotlivých plátek vykrojen vzorek. Vzorek byl umístěn na zkoušecí plochu pro samotnou analýzu.

#### **7.3.2 Analýza vzorků**

Vzorky analyzovány v den výroby a následně druhý den. Vzorky byly analyzovány pomocí texturní analýzy za pomoci textuometru. Na textuometru byly sledovány různé vlastnosti (tvrdost, elasticita, žvýkatelnost, pružnost, soudružnost, lepivost).

#### **7.3.3 Statistická analýza dat**

Průkaznost rozdílů mezi vzorky byla zjišťována analýzou variance (ANOVA) na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  pomocí Fisherova LSD testu. Statistická analýza byla provedena pomocí software Statistica CZ12 (StatSoft, CR. Ltd).

## 8 VÝSLEDKY A DISKUZE

### Výsledky:

Vzorky s různými přídávky rýžové kaše jsou porovnávány se standardem (0 %). Výsledky jednotlivých vzorků z prvního dne jsou vyhodnocovány jednotlivě a rovněž porovnány mezi sebou. Výsledky jednotlivých vzorků z druhého dne byly porovnávány mezi sebou a rovněž porovnány s výsledky prvního dne. Přídavek rýžové kaše měl pozitivní vliv na některé parametry rýžového pečiva. Sledované parametry byly elasticita, lepivost, pružnost, soudržnost, tvrdost a žvýkatelnost. Jednotlivé vzorky byly analyzovány také po 24 hodinách skladování. Přídavek kaše měl pozitivní vliv na elasticitu, lepivost, soudržnost, tvrdost a žvýkatelnost. Bohužel nebyl prokázán vliv kaše na pružnost pečiva. Naproti tomu, byl prokázán vliv kaše na elasticitu pečiva. První den elasticita vzorků značně kolísala. Její vliv se podařil prokázat po 24 hodinách skladování. Ta byla s přibývajícím množstvím snižována, avšak po přidání 30 % rýžové kaše byl její vliv na vlastnosti pečiva změněn, s přibývajícím množstvím byla elasticita vzorků zvyšována. Vliv na lepivost vzorků byla prokázána zejména po 24 hodinách skladování, kdy byla lepivost vzorků s přibývajícím množstvím rýžové kaše snížena. Soudržnost byla s přibývajícím množstvím taktéž zvýšena. Po 24 hodinách skladování byla soudržnost vzorků rovněž zvýšena. Nejprůkaznější byl vliv na tvrdost pečiva. První den byla tvrdost pečiva prokazatelně snižována s přibývajícím množstvím rýžové kaše. Tento efekt byl projeven zejména po 24 hodinách skladování, kdy byla tvrdost snižována s přibývajícím množstvím rýžové kaše. První den byla žvýkatelnost vzorků s přibývajícím množstvím rýžové kaše prokazatelně snižována. Po 24 hodinách skladování bylo snížení žvýkatelnosti výrazněji ovlivněno. Výsledky jednotlivých měření při přípravě vzorků jsou uvedeny v tabulce 2. Výsledky jednotlivých parametrů jsou uvedeny v tabulkách 3, 4, 5, 6, 7 a 8.

Tab. 2: Výsledky měření při přípravě jednotlivých vzorků

| <b>Recep-<br/>tura</b> | <b>Instantní<br/>rýžová<br/>kaše (%)</b> | <b>Den</b> | <b>Hmotnost<br/>těsta (g)</b> | <b>Hmotnost<br/>pečiva (g)</b> | <b>Odpar<br/>vody (g)</b> | <b>Objem<br/>pečiva<br/>(ml)</b> |
|------------------------|------------------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| <b>I</b>               | 10                                       | 1          | 121                           | 97                             | 24                        | 190                              |
| <b>I</b>               | 10                                       | 2          | 122                           | 94                             | 28                        | 206                              |
| <b>II</b>              | 20                                       | 1          | 196                           | 151                            | 45                        | 290                              |
| <b>II</b>              | 20                                       | 2          | 196                           | 155                            | 41                        | 301                              |
| <b>III</b>             | 30                                       | 1          | 182                           | 153                            | 29                        | 265                              |
| <b>III</b>             | 30                                       | 2          | 187                           | 157                            | 30                        | 271                              |
| <b>IV</b>              | 40                                       | 1          | 193                           | 165                            | 28                        | 245                              |
| <b>IV</b>              | 40                                       | 2          | 195                           | 167                            | 28                        | 263                              |
| <b>V</b>               | 50                                       | 1          | 182                           | 155                            | 27                        | 243                              |
| <b>V</b>               | 50                                       | 2          | 186                           | 161                            | 25                        | 236                              |
| <b>VI</b>              | 0                                        | 1          | 160                           | 135                            | 25                        | 208                              |
| <b>VI</b>              | 0                                        | 2          | 161                           | 137                            | 24                        | 210                              |

## 8.1 Vliv přídavku kaše na elasticitu pečiva

První den elasticita kolísala s přibývajícím množstvím instantní rýžové kaše (tab. 3). Přidáním 10 a 20 % rýžové kaše byla elasticita vzorků přibližně stejná (40 – 48), ale rozdíl těchto výsledných hodnot nebyl statisticky průkazný. Při přídavku 30 % (41) byla elasticita výrazně snížena. Zde se podařilo prokázat rozdíl, oproti dvěma předchozím vzorkům. Při přídavku 30 % a výše byla elasticita stále snižována. Přídavek 40 % kaše se neukázal jako statisticky průkazný pro vzorky s přídavkem 30 % kaše. Ale je průkazný rozdíl u vzorků s přídavkem kaše s 0 (47), 10 (46,5), 20 (48) a 50 (33) %. Výraznou statistickou odlišnost můžeme vidět u vzorku s přídavkem kaše 50 %. Zde se prokázalo, že tento vzorek se od ostatních vzorků liší. Jako jediný není podobný se žádným jiným vzorkem. Druhý den byla elasticita vzorků výrazně odlišná. Zatímco u přídavků 0 (42,5), 10 (46) a 20 % (46) byla elasticita nepatrně snížena, tak u přídavků 30 (43), 40 (39) a 50 % (36,5) byla naopak zvýšena.

Tab. 3: Vliv přídavku kaše na elasticitu rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Elasticita (%)          |
|---------------------------|-----|-------------------------|
| 0                         | 1   | 47±6 <sup>fgh</sup>     |
| 10                        | 1   | 46,5±0,9 <sup>fgh</sup> |
| 20                        | 1   | 48±6 <sup>g</sup>       |
| 30                        | 1   | 41±2 <sup>cde</sup>     |
| 40                        | 1   | 38±1 <sup>bc</sup>      |
| 50                        | 1   | 33±4 <sup>a</sup>       |
| 0                         | 2   | 42,5±0,3 <sup>def</sup> |
| 10                        | 2   | 46±2 <sup>fgh</sup>     |
| 20                        | 2   | 46±2 <sup>fgh</sup>     |
| 30                        | 2   | 43±1 <sup>efh</sup>     |
| 40                        | 2   | 39±2 <sup>bcd</sup>     |
| 50                        | 2   | 36,5±0,1 <sup>abc</sup> |

## 8.2 Vliv přídavku kaše na lepivost pečiva

Vzorky s přídavkem rýžové kaše 10 a 20 % byly po rozkrojení, kdy vzorky byly již vychladlé, velmi lepkavé. Lepivost těchto vzorků je patrná také z hodnot -3 a -1, které byly změřeny (tab. 4). Optimálně upečené vzorky byly vzorky s přídavkem kaše 30, 40 a 50 %. První den byla oproti kontrole nižší lepivost u pečiva s obsahem rýžové kaše 20, 30 a 50 %. Naopak vyšší lepivost byla zpozorována u vzorků s obsahem rýžové kaše 10 a 40 %. Průkaznost byla prokázána u vzorků s 20 a 30 % rýžové kaše. Tam, kde rýžová kaše nebyla přidána, byla hodnota lepivosti -2. Po přidání 10 % rýžové kaše vzrostla na hodnotu -3. Po přidání 20 % se lepivost naopak snížila na hodnotu -1. Tato hodnota byla stejná také u přídavku 30 %. Při 40 % se hodnota lepivosti zvýšila na hodnotu -3. A opět se nepatrně snížila po posledním přídavku 50 % na hodnotu -2. Druhý den přítomnost kaše výrazně zlepšila lepivost vzorků. U vzorku bez přídavku rýžové kaše se lepivost oproti prvnímu dni nelišila. Po přidání 10 % se lepivost snížila z hodnoty -3 na -2. Přídavek 20 % rýžové kaše lepivost zvýšil z hodnoty -1 na -2. Přídavek 30 % zvýšil lepivost z -1 na -3. Přídavek 40 % rýžové kaše snížil lepivost z -3 na -2,1. Přídavek 50 % rýžové kaše opět hodnotu lepivosti snížil z -2 na -1. Vzorek s 30 % rýžové kaše byl jako jediný statisticky průkazný.

Tab. 4: Vliv přídatku kaše na lepivost rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Lepivost (%)          |
|---------------------------|-----|-----------------------|
| 0                         | 1   | $-2 \pm 2^{bcd}$      |
| 10                        | 1   | $-3 \pm 2^{ab}$       |
| 20                        | 1   | $-1 \pm 2^{cd}$       |
| 30                        | 1   | $-1 \pm 2^{cd}$       |
| 40                        | 1   | $-3 \pm 2^{abc}$      |
| 50                        | 1   | $-2 \pm 1^{abcd}$     |
| 0                         | 2   | $-2 \pm 1^{bcd}$      |
| 10                        | 2   | $-2 \pm 1^{abcd}$     |
| 20                        | 2   | $-2 \pm 1^{abcd}$     |
| 30                        | 2   | $-3 \pm 1^a$          |
| 40                        | 2   | $-2,1 \pm 0,2^{abcd}$ |
| 50                        | 2   | $-1 \pm 2^{bcd}$      |

### 8.3 Vliv přídavku kaše na pružnost pečiva

První den s přibývajícím množstvím kaše pružnost vzorků kolísala (tab. 5). U vzorku bez přídavku rýžové kaše byla naměřena hodnota 78. Přídavek 10 % rýžové kaše pružnost vzorku zvýšil na hodnotu 91. Po přídavku 20 % byla pružnost snížena na hodnotu 72. Přídavky 30 % (88), 40 % (85) a 50 % (81) rýžové kaše pružnost vzorků naopak zvýšila. Druhý den byly výsledky pružnosti obdobné jako první den. U přídavku 0 % byla hodnota soudržnosti zvýšena z hodnoty 78 na hodnotu 83. Přídavek 10 % rýžové kaše pružnost vzorku snížil z hodnoty 91 na hodnotu 89. Přídavkem 20 % rýžové kaše byla pružnost vzorku naopak zvýšena ze 72 na 87. Přídavek 30 % rýžové kaše pružnost vzorku naopak snížil. U vzorku s 40 % rýžové kaše byla hodnota pružnosti stejná jako první den. Poslední přídavek rýžové kaše 50 % opět zvýšil pružnost vzorku. Nebyl zjištěn vliv rýžové kaše na pružnost vzorků., a to první ani druhý den.

Tab. 5: Vliv přídavku kaše na pružnost rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Pružnost (%)        |
|---------------------------|-----|---------------------|
| 0                         | 1   | 78±27 <sup>ab</sup> |
| 10                        | 1   | 91±3 <sup>b</sup>   |
| 20                        | 1   | 72±28 <sup>a</sup>  |
| 30                        | 1   | 88±2 <sup>ab</sup>  |
| 40                        | 1   | 85±2 <sup>ab</sup>  |
| 50                        | 1   | 81±5 <sup>ab</sup>  |
| 0                         | 2   | 83±2 <sup>ab</sup>  |
| 10                        | 2   | 89±2 <sup>ab</sup>  |
| 20                        | 2   | 87±4 <sup>ab</sup>  |
| 30                        | 2   | 87±3 <sup>ab</sup>  |
| 40                        | 2   | 85±4 <sup>ab</sup>  |
| 50                        | 2   | 84±3 <sup>ab</sup>  |



#### 8.4 Vliv přídavku kaše na soudržnost pečiva

První den byla oproti kontrole vyšší soudržnost pečiva s obsahem rýžové kaše 10 - 50 %, i když průkazný byl jen u vzorku s 20 % přídavkem kaše (tab. 6). Soudržnost vzorku bez přídavku kaše dosáhla hodnoty 83. Po přídavku 10 % byla soudržnost zvýšena na 84. Při přídavku 20 % rýžové kaše dosáhla hodnoty 89. Po přidání 30 % rýžové kaše byla zaznamenána hodnota soudržnosti 85. Po 40 % rýžové kaše byla soudržnost snížena na 84. A poslední přídavek rýžové kaše (50 %) zvýšil soudržnost na 86. Po 24 hodinách skladování byla soudržnost prokazatelně zlepšena oproti kontrole. Pokud ovšem porovnáme vzorky z prvního a druhého dne mezi sebou tak zjistíme, že u jednotlivých vzorků naopak snížena. U vzorku, kde rýžová kaše nebyla přidána, byla soudržnost snížena z 83 na 75. U přídavku 10 % rýžové kaše byla nepatrně snížena z hodnoty 84 na 83. U přídavku rýžové kaše 20 % z 89 na 82, 30 % z 85 na 83 40 % z 84 na 82 a 50 % z 86 na 82 byla soudržnost snížena.

Tab. 6: Vliv přídavku kaše na soudržnost rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Soudržnost (-)     |
|---------------------------|-----|--------------------|
| 0                         | 1   | 83±7 <sup>b</sup>  |
| 10                        | 1   | 84±2 <sup>b</sup>  |
| 20                        | 1   | 89±7 <sup>c</sup>  |
| 30                        | 1   | 85±2 <sup>bc</sup> |
| 40                        | 1   | 84±1 <sup>bc</sup> |
| 50                        | 1   | 86±1 <sup>bc</sup> |
| 0                         | 2   | 75±1 <sup>a</sup>  |
| 10                        | 2   | 83±2 <sup>b</sup>  |
| 20                        | 2   | 82±1 <sup>b</sup>  |
| 30                        | 2   | 83±1 <sup>b</sup>  |
| 40                        | 2   | 82±1 <sup>b</sup>  |
| 50                        | 2   | 82±2 <sup>b</sup>  |

## 8.5 Vliv přídavku kaše na tvrdost pečiva

Přídavek kaše pozitivně snižoval tvrdost pečiva (tab. 7). U vzorku kde rýžová kaše nebyla přidána, byla tvrdost 9. První den tvrdost klesala s rostoucím přídavkem kaše. Při přídavku 10 % rýžové kaše byla hodnota tvrdosti zachována. Přídavkem 20 % rýžové kaše se tvrdost vzorku snížila na hodnotu 5. Přídavek 30 % rýžové kaše tvrdost vzorku opět snížil, a to na hodnotu 4. Přídavek 40 % rýžové kaše tvrdost vzorku nepatrně zvýšil na hodnotu 5. Poslední přídavek 50 % rýžové kaše opět snížil tvrdost vzorku na nejnižší hodnotu 2. Jedná se o nejnižší naměřenou hodnotu. Pozitivní vliv přídavku kaše se projevil především po uplynutí 24 hodin od upečení, kdy výrobky s kaší měly průkazně nižší tvrdost než kontrolní vzorek bez kaše. Tvrdost vzorku bez přídavku kaše byla na druhý den značně zvýšená. Tvrdost u tohoto vzorku stoupla z hodnoty 9 na hodnotu 16. Naproti tomu vzorek s 10 % rýžové kaše si tvrdost zachoval do druhého dne. U vzorku s 20 % rýžové kaše, byla tvrdost snížena na hodnotu 8. Tvrdost s 30 % rýžové kaše byla snížena na hodnotu 6. Vzorek s přídavkem 40 % rýžové kaše si opět tvrdost zachoval i druhý den, a to na hodnotě 5. U posledního vzorku s 50 % rýžové kaše byla tvrdost vzorku opět snížena na hodnotu 4.

Tab. 7: Vliv přidavku kaše na tvrdost rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Tvrdost (N)       |
|---------------------------|-----|-------------------|
| 0                         | 1   | 9±4 <sup>cd</sup> |
| 10                        | 1   | 9±3 <sup>cd</sup> |
| 20                        | 1   | 5±3 <sup>ab</sup> |
| 30                        | 1   | 4±2 <sup>ab</sup> |
| 40                        | 1   | 5±3 <sup>ab</sup> |
| 50                        | 1   | 2±2 <sup>a</sup>  |
| 0                         | 2   | 16±2 <sup>e</sup> |
| 10                        | 2   | 9±1 <sup>cd</sup> |
| 20                        | 2   | 8±1 <sup>cd</sup> |
| 30                        | 2   | 6±1 <sup>bc</sup> |
| 40                        | 2   | 5±2 <sup>ab</sup> |
| 50                        | 2   | 4±1 <sup>ab</sup> |

## 8.6 Vliv přídavku kaše na žvýkatelnost pečiva

Přídavkem rýžové kaše pozitivně snížil žvýkatelnost vzorků (tab. 8). Žvýkatelnost byla prokazatelně snížena u vzorku s 10 % přídavkem rýžové kaše. Hodnota žvýkatelnost vzorku bez přídavku rýžové kaše byla 593. Přídavek 10 % snížil žvýkatelnost na hodnotu 646. Při přídavku 20 % rýžové kaše byla hodnota snížena na 334. Přídavek 30 % snížil hodnotu žvýkatelnosti na 327. Přídavek 40 % rýžové kaše mírně žvýkatelnost zvýšil a to na hodnotu 328. Poslední přídavek 50 % rýžové kaše opět žvýkatelnost vzorku snížil na hodnotu 153. S porovnání se standardem byla žvýkatelnost více projevována po 24 hodinách skladování. Ovšem pokud porovnáme první a druhý den zjistíme, že se žvýkatelnost byla u jednotlivých vzorků opět snížena, ale ne tak významně jako v porovnání se standardem z druhého dne. U vzorku, kde rýžová kaše nebyla přidána, byla hodnota žvýkatelnosti 973. Přídavek 10 % (646 → 640) rýžové kaše mírně snížil žvýkatelnost vzorků. Vzorek s 20 % rýžové kaše zvýšil žvýkatelnost z hodnoty 334 na hodnotu 559. Přídavek 30 % rýžové kaše zvýšil hodnotu žvýkatelnosti z hodnoty 327 na hodnotu 449. U vzorku 40 % rýžové kaše se žvýkatelnost snížila z hodnoty 328 na hodnotu 316. Přídavek 50 % rýžové kaše zvýšil žvýkatelnost z hodnoty 153 na hodnotu 272.

Tab. 8: Vliv přídatku kaše na žvýkatelnost rýžového pečiva

| Instantní rýžová kaše (%) | Den | Žvýkatelnost (N)       |
|---------------------------|-----|------------------------|
| 0                         | 1   | 593±367 <sup>de</sup>  |
| 10                        | 1   | 646±150 <sup>e</sup>   |
| 20                        | 1   | 334±233 <sup>ab</sup>  |
| 30                        | 1   | 327±71 <sup>ab</sup>   |
| 40                        | 1   | 328±151 <sup>abc</sup> |
| 50                        | 1   | 153±81 <sup>a</sup>    |
| 0                         | 2   | 973±83 <sup>f</sup>    |
| 10                        | 2   | 640±49 <sup>e</sup>    |
| 20                        | 2   | 559±34 <sup>cde</sup>  |
| 30                        | 2   | 449±62 <sup>bcde</sup> |
| 40                        | 2   | 316±98 <sup>ab</sup>   |
| 50                        | 2   | 272±39 <sup>ab</sup>   |

### Diskuze:

Tato diplomová práce se zabývá různým procentem přídavku instantní rýžové kaše do rýžového pečiva a to v koncentracích 0 (standard), 10, 20, 30, 40 a 50 % (tab. 1). Bylo prokázáno, že přídavek rýžové kaše má vliv na vlastnosti rýžového pečiva. Výsledné hodnoty vzorků s přídavkem 10 a 20 % rýžové kaše bylo snižováno vysokou lepivostí střídy tohoto pečiva. Daleko lépe dopadly receptury, které obsahovaly 30, 40 a 50 % rýžové kaše. Jejich střídka na rozdíl od dvou předchozích byla požadované jakosti. Obecně lze říct, že žádná receptura nebyla optimální. Neoptimálnější vzorky byly vzorky s přídavky kaše 30, 40 a 50 %. U těchto vzorků byla v porovnání se standardem, zjištěna nižší elasticita, tvrdost a žvýkatelnost. Naopak byla zvýšená elasticita a soudržnost vzorků. Po 24 hodinách skladování v porovnání se standardem byla u těchto vzorků zjištěna vyšší elasticita a nižší soudržnost. Ostatní parametry byly u jednotlivých vzorků odlišně. Vzorek, který obsahoval 30 % rýžové kaše, měl nižší lepivost a pružnost a vyšší tvrdost a žvýkatelnost. Vzorky s 40 a 50 % rýžové kaše měly vyšší lepivost, pružnost a tvrdost a nižší žvýkatelnost. Pro lepší orientaci v jednotlivých výsledcích byly vytvořeny tabulky, které shrnují jednotlivé výsledky. Orientační srovnání vzorků prvního dne znázorňuje tabulka 3. Orientační srovnání vzorků mezi prvním a druhým dnem znázorňuje tabulka 4. V těchto tabulkám můžeme vidět, jak se sledované parametry u jednotlivých vzorků mění.

Jak je výše zmíněno, rýžová kaše působí pozitivně na vlastnosti bezlepkového pečiva. Mezi faktory, které způsobují lepší vlastnosti, jsou škrob a bílkoviny. Škrobové granule bývají běžně poškozeny během úpravy mechanickým poškozením, například při mletí. Těmito procesy je výrazně ovlivněna struktura škrobových granulí. Takto poškozené škrobové granule mají vyšší schopnost vázat vodu (také se stávají náchylnější k různým enzymům, například hydrolázám) [42]. Rýžová kaše se vyrábí extruzí proto je její škrob zmazovatělý a bílkoviny zdenaturované. Již zmazovatělý škrob naváže velké množství vody, kterou zadrží. Tato zadržená voda pak pozitivně prodlužuje trvanlivost pečiva. Pečivo má díky ní i po 24 hodinách nižší tvrdost, lepivost, žvýkatelnost a naopak vyšší elasticitu. Pokud se zaměříme na škrobové granule v nativní rýžové mouce, tak ty jsou v převážné míře nepoškozené a bílkoviny také nejsou zdenaturované. V průběhu hnětení těsta se voda váže na bílkoviny a poškozené škrobové granule. Po začátku pečení bílkoviny zdenaturují a uvolní vodu. Část vody se spotřebuje na zmazování škrobu, ale část ji zůstane nevyužita a tato voda pak způsobuje lepivost střídy bez kaše a s malým přídavkem kaše. Určitou souvislost s kvalitou pečiva má také viskozita jednotlivých vzorků, která závisí na stupni

zmazovatění škrobových granulí a rozsahu jejich poškození. Viskozita výrobků s rýžovou kaší bývá mnohem nižší než viskozita vzorků s rýžovou moukou. Existuje spousta odborných článků zabývajících se studiiemi přísadků různých surovin do bezlepkových výrobků, za účelem zlepšení kvality. Mezi takové patří i studie, která se zabývá různým přísadkem bramborové mouky do bezlepkových výrobků. Bylo zjištěno, že pokud přidáme bramborovou mouku, a to v množství zhruba 5 %, do bezlepkových výrobků, zvýší se podstatně jejich lepivost. Tento nárůst může být až 100 %. Při použití rýžové mouky může docházet i k částečnému zmazovatění škrobu. K tomuto jevu pravděpodobně dochází díky molekulárnímu rozrušení škrobových granulí [36]. Nesporný vliv na kvalitu bezlepkových výrobků má také množství vody. Při pokojové teplotě a v dostatečném množství vody škrobové granule absorbují až 50 % své sušiny. Každá receptura sice obsahovala stejné množství vody, ale množství rýžové mouky a rýžové kaše se lišilo. Nižší tvrdosti výrobku jsme mohly dosáhnout díky vyššímu přísadku rýžové kaše, která absorbovala více vody během přípravy těsta [34,35].

K mazovatění škrobových granulí a denaturaci bílkovin dochází také během pečení těsta [37]. Oba procesy jsou spojeny s difúzí vody, jejím uvolňováním a absorpcí. Tyto procesy probíhají současně při teplotním intervalu 60 – 85 °C a také přispívají ke změně těsta na pečivo. Vyšší teploty povrchu těsta a transport tepla směrem ke středu těsta vede k nárůstu obsahu vlhkosti ve středu výrobku, způsobeného odpařením a následnou kondenzací. Zkondenzovaná voda může být dalším faktorem, který přispívá k vyšší lepivosti výrobků.

Díky rýžové kaši se nám podařilo zlepšit kvalitu bezlepkových výrobků. Díky jejím unikátním vlastnostem byla snížena tvrdost, lepivost a žvýkatelnost. Naproti tomu byla zvýšena elasticita a soudržnost výrobků.

Pro přehlednost byly vytvořeny tabulky hodnot (tab. 9 a 10), které jsou uvedené níže. Tyto tabulky slouží pouze pro orientační srovnání. Poukazují na to, jak byly sledované parametry ovlivněny přidavkem rýžové kaše.

Tab. 9: Orientační srovnání výsledků vlivu instantní rýžové kaše na texturu rýžového pečiva (porovnání prvního dne)

|                                    |    | Elasticita   | Lepivost      | Pružnost     | Soudržnost   | Tvrdot        | Žvýkatelnost   |
|------------------------------------|----|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Přídavek instantní rýžové kaše (%) | 0  | 47±6         | -2±2          | 78±27        | <b>83±7</b>  | <b>9±4</b>    | <b>593±367</b> |
|                                    | 10 | Nižší        | <b>Nižší</b>  | <b>Vyšší</b> | <b>Vyšší</b> | <b>Stejná</b> | <b>Vyšší</b>   |
|                                    | 20 | Vyšší        | <b>Vyšší</b>  | <u>Nižší</u> | <b>Vyšší</b> | <u>Nižší</u>  | <u>Nižší</u>   |
|                                    | 30 | <b>Nižší</b> | <b>Vyšší</b>  | Vyšší        | <b>Vyšší</b> | <u>Nižší</u>  | <u>Nižší</u>   |
|                                    | 40 | <b>Nižší</b> | <b>Nižší</b>  | Vyšší        | <b>Vyšší</b> | <u>Nižší</u>  | <u>Nižší</u>   |
|                                    | 50 | <u>Nižší</u> | <b>Stejná</b> | Vyšší        | <b>Vyšší</b> | <u>Nižší</u>  | <u>Nižší</u>   |

\*Tučně jsou zvýrazněny statisticky průkazné rozdíly

Tab. 10: Orientační srovnání výsledků vlivu instantní rýžové kaše na texturu rýžového pečiva (porovnání prvního a druhého dne)

|                                    |    | Elasticita   | Lepivost     | Pružnost | Soudržnost   | Tvrdot       | Žvýkatelnost |
|------------------------------------|----|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Přídavek instantní rýžové kaše (%) | 0  | Nižší        | Stejná       | Vyšší    | <u>Nižší</u> | <u>Vyšší</u> | <u>Vyšší</u> |
|                                    | 10 | Stejná       | Vyšší        | Vyšší    | Nižší        | Stejná       | Nižší        |
|                                    | 20 | Nižší        | Nižší        | Vyšší    | Nižší        | <u>Vyšší</u> | <u>Vyšší</u> |
|                                    | 30 | <u>Vyšší</u> | <u>Nižší</u> | Nižší    | Nižší        | Vyšší        | Vyšší        |
|                                    | 40 | Vyšší        | Vyšší        | Stejná   | Nižší        | Stejná       | Nižší        |
|                                    | 50 | Vyšší        | Vyšší        | Vyšší    | Nižší        | Vyšší        | Vyšší        |

\*Tučně jsou zvýrazněné statisticky průkazné rozdíly



## ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá vlivem přídavku instantní rýžové kaše na texturní vlastnosti rýžového pečiva. Bylo vytvořeno celkem šest receptur s různými procenty přídavku rýžové kaše. Bylo přidáno 0 % (standard), 10, 20, 30, 40 a 50 % rýžové kaše. Jednotlivé vzorky byly upečeny a následně analyzovány na texturometru. Bylo sledováno šest parametrů (elasticita, lepivost, pružnost, soudržnost, tvrdost, žvýkatelnost). Vzorky byly porovnávány se standardem (0 % rýžové kaše), byly porovnávány vzorky z prvního dne jednotlivě i mezi sebou. Taktéž byly porovnány vzorky z prvního a druhého mezi sebou. Vzorky s 10 a 20 % rýžové kaše nebyly po upečení optimální. Střídka těchto vzorků byla velmi lepkavá. Daleko lépe dopadly vzorky, které ve své receptuře obsahovaly 30, 40 a 50 % rýžové kaše. Tyto vzorky měly po rozkrojení standardní vzhled. Žádný ze vzorků nebyl optimální. U všech tří vzorků byla zjištěná vyšší pružnost a soudržnost a naopak nižší elasticita, tvrdost a žvýkatelnost. U vzorku s 30 % přídavkem instantní rýžové kaše byla zjištěná vyšší tvrdost a u vzorku s přídavkem 40 % rýžové kaše naopak tvrdost nižší. U vzorku s přídavkem 50 % rýžové kaše byla tvrdost vzorku totožná se standardem. Druhý den se některé parametry u jednotlivých vzorků změnily. U všech tří vzorků byla zjištěna, oproti prvnímu dnu, vyšší elasticita a nižší soudržnost. U vzorku s 30 % rýžové kaše byla zjištěna nižší lepivost a pružnost a vyšší tvrdost a žvýkatelnost. U vzorku s 40 % rýžové kaše byla zjištěna vyšší lepivost a nižší žvýkatelnost. Pružnost a tvrdost byly nezměněné. U vzorku s 50 % rýžové kaše byla zjištěna vyšší lepivost, pružnost, tvrdost a žvýkatelnost. Naopak byla zjištěna nižší elasticita a soudržnost.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Cellejo, M.J., Benavente, E., Ezpeleta, J.I., Laguna, M.J., Carrillo, J.M., Rodriguez-Quijano, M.: Influence of teff variety and wheat flour strength on breadmaking properties of healthier teff-based breads, *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 68, p. 38 – 45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.11.005>
- [2] Skendi, A., Mouselemidou, P., Papageorgiou, M., Papastergiadis, E.: Effect of acorn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread, *Food Chemistry*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.144>
- [3] Marston, K., Khouryieh, H., Aramouni, F.: Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake, *LTW – Food Science and Technology*, 2016, vol. 65, p. 637 – 644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.063>
- [4] STEWARD, S. James. History of the Coeliac Condition, 2008 [cit. 2018-02-21] [online]
- [5] Elke, A., Bello, F.: *The science of gluten-free foods and beverages: proceedings of the first International Conference of Gluten-free Cereal Products and Beverages*. St. Paul, Minn.: AACCC International, c2009. ISBN 1891127675.
- [6] Pacynski, M., Wojtasiak, R., Mildner-Szkudlarz, S.: Improving the aroma of gluten-free bread, *LTW- Food Science and Technology*, 2015, vol. 63, issue 1, p. 706 – 713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.032>
- [7] Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B.S.: Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties, *LTW – Food Science and Technology*, 2013, vol. 51, issue 1, p. 211 -217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.011>
- [8] Ozturk, O. K., Mert, B.: The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads, *Food Research International*, 2018, vol. 105, p. 782 – 792. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.008>
- [9] Henggeler, J.C., Verissimo, M., Ramos, F.: Non-coeliac gluten sensitivity: A review of the literature, *Trends in Food Science & Technology*, 2017, vol. 66, p. 84 – 92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.018>

- [10] Pihlava, J., Hellström, J., Kurtelius, T., Mattila, P.: Flavonoids, anthocyanins, phenolamides, benzoxazinoids, ligans and alkylresorcinols in rye (*Secale cereale*) and some rye products, *Journal of Cereal Science*, 2018, vol. 79, p. 183 – 192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.009>
- [11] Drakos, A., Malindretu, K., Mandala, I., Evangeliou, V.: Protein isolation from jet millet rye flours differing in perticle size, *LWT*, 2017, vol. 104, p. 13 – 18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.04.004>
- [12] Pentikäinen, S., Sozer, N., Närväinen, J. a kol.: Effect of wheat and rye bread structure on mastication proces and bolus properties, *Food Research International*, 2014, vol. 66, p. 356 – 364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.034>
- [13] Yu, W., Zou, W., Dhital, S., Wu, P., Gidley, M.J., Fox, G.P., Gillbert, R.G.: The adsorption of  $\alpha$ -amylase on barely proteins affects the in vitro digestion of starch in barely flour, *Food Chemistry*, 2018, vol. 241, p. 493 – 501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.021>
- [14] Lachman, J., Hejtmánková, A., Orsák, M., Popov, M., Martinek, P.: Tocotrienols and tocopherols in colored-grain wheat, tritordeum and barely, *Food chemistry*, 2018, vol. 240, p. 725 – 735. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.123>
- [15] Espinosa-Ramírez, J., Garzon, R., Serna-Saldívar, S., Rossel, C.: Mimicking gluten functionaly with  $\beta$ -conglycin concentrate: Evaluation in gluten free yeast-leavened breads, *LWT*, 2018, vol. 106, p. 64 – 70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.055>
- [16] Yazar, G., Duvarci, O.C., Tavman, S., Kokini, J.L.: LAOS behavior of the two main gluten fractions: Gliadin and glutenin, *Journal of Cereal Science*, 2017, vol. 77, p. 201 – 210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.014>
- [17] Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M.: *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2004. Str. 121. ISBN 80-7080-530-7
- [18] Malalgoda, M., Simsek, S.: Celiac disease and cereal proteins, *Food hydrocolloids*, 2017, vol. 68, p. 108 – 113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.024>
- [19] Morreale, F., Garzón, R., Rossel, C.M.: Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration on developing gluten-free bread. A study with hydroxypropylmethylcellulose, *Food hydrocolloids*, 2018, vol. 77, p. 629 – 635. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.004>

- [20] Hera, E., Martinez, M., Gómez, M.: Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread, *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 54, issue 1, p. 199 – 206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.019>
- [21] Jan, S., Karde, V., Ghoroi, C., Saxena, D.C.: Effect of particle and surface properties on flowability of rice flours, *Food Bioscience*. DOI: <https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1016/j.fbio.2018.03.001>
- [22] Maraseni, T.N., Deo, R.C., Qu, J., Gentle, P., Neupane, P.R.: An international comparison of rice consumption behaviours and greenhouse gas emission from rice production, *Journal of Cleaner Production*, vol. 172, p. 2288-2300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.182>
- [23] Rafe, A., Sadeghian, A.: Stabilization of Tarom and Domesiah cultivars rice bran: Physicochemical, functional and nutritional properties, *Journal of Cereal Science*, 2017, vol. 74. p. 64 – 71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.01.019>
- [24] Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., Homthawornchoo, W., Rawdkuen, S.: Effect of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta, *LWT*, 2017, vol. 80, p. 378 – 385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.044>
- [25] Yano, H., Fukui, A., Kajiwara, K., Kobayashi, I., Yoza, K., Satake, A., Villeneuve, M.: Development of gluten-free rice bread: Pickering stabilization as a possible batter-swelling mechanism, *LTW – Food Science and Technology*, 2017, vol. 79, p. 632 – 639. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.086>
- [26] Nozawa, M., Ito, S., Arai, E.: Effect of ovalbumin on the quality of gluten-free rice flour bread made with soymilk, *LTW – Food Science and Technology*, 2016, vol. 66, p. 598 – 605. DOI: [MasaakiNozawa°SeikoIto°EikoArai°](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.086)
- [27] Hatta, E., Matsumoto, K., Honda, Y.: Bacillolysins, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread, *Journal of Cereal Science*, vol. 61, p. 41 – 47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.004>
- [28] Falade, A., Emmambux, N., Buys, E., Taylor, J.: Improvement of maize bread quality through modification of dough rheological properties by lactic acid bacteria fermentation, *Journal of Cereal Science*, 2014, vol. 60, issue 3, p. 471 – 476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.08.010>

- [29] Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E.: Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation, *Food chemistry*, 2017, vol. 224, p. 144 – 152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.055>
- [30] Turkut, G., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S.: Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality, *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 69, p. 174 – 181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>
- [31] Patil, S., Rudra, S., Varghese, E., Kaur, C.: Effect of extruded finger millet (*Eleusine coracana* L.) on textural properties and sensory acceptability of composite bread, *Food Bioscience*, 2016, vol. 14, p. 62 – 69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.04.001>
- [32] Sanz-Penella, J.M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Haros, M.: Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value, *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 50, issue 2, p. 679 – 685. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>
- [33] Texture profile analysis, Texture technologies. Texture Technologies: Texture Analysis Instrument for Foods, Pharmaceuticals, Adhesives, Cosmetics and more, Texture Technologies [online] 2018 Texture Technologies Corp. and Stable Micro Systems, Ltd. Dostupné z: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>
- [34] Ezekiel, R., Singh, N.: Four and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention, *Elsevier Science*, 2011. ISBN 9780123808875 DOI: <https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1016/B978-0-12-380886-8.10023-6>
- [35] Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M., Rossel, C.: Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours, *LTW – Food Science and Technology*, 2016, vol. 73, p. 342 – 350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.032>
- [36] Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W., Courtin, C., Gebruers, K., Delcour, J.: Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality, *Trends in Food Science & Technology*, 2005, vol. 16, p. 12 – 30. DOI: [doi:10.1016/j.tifs.2004.02.011](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011)
- [37] Mondal, A., Datta, A.: Bread baking – A review, *Journal of Food Engineering*, 2008, vol. 86, p. 465 – 474. DOI: [doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014)

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ OBRÁZKŮ**

- [38] Protizánětlivý čirok – neprávem opomíjená obilnina – Histaminová Kašulka. *Histaminová Kašulka – Blog o tom, jak se projít ke zdraví!* [cit. 2018-03-21] [online]. Dostupné z: <https://histaminovakasulka.com/2014/04/03/protizanetlivy-cirok-nepravem-opomijena-obilnina/>
- [39] Organic white quinoa royal. *Yupik.ca* [online]. Copyright © Copyright 2016 Yupik [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.yupik.ca/en/organic-white-quinoa.html>
- [40] Jáhly – vynikající nejen pro diabetiky – SpravneHubnuti.cz [online]. Copyright © 2018 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.spravnehubnuti.cz/clanky/jahly-hubnuti/>
- [41] Health benefits of teff grain. *Collection og Best Home Remedy and Natural Cures* [online]. Copyright © Copyright 2016 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.homenaturalcures.com/health-benefits-teff-grain/>
- [42] POTRAVINY | Amarant zrno 300 g | ZDRAVÁ VÝŽIVAN BYSTRIC. *ZDRAVÁ VÝŽIVA BYSTRIC* [cit. 2018-03-21]. [online]. Dostupné z: <http://www.vebafood.cz/Amarant-zrno-300g-d1690.htm>
- [43] Pohánka – Prikrmy.sk Příkrmy pre bábätká – Prikrmy.sk [online]. Copyright © 2013 Prikrmy.sk [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://prikrmy.sk/o-potravinach/81-pohanka.html>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Obrázek 1: Semena čiroku .....   | 25 |
| Obrázek 2: Semena quinoa .....   | 26 |
| Obrázek 3: Semena jáhel .....    | 27 |
| Obrázek 4: Semena teffu .....    | 28 |
| Obrázek 5: Semena amarantu ..... | 29 |
| Obrázek 6: Semena pohanky .....  | 30 |

**SEZNAM TABULEK**

|                                                                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TABULKA 1: RECEPTURA POUŽITÁ PŘI VÝROBĚ JEDNOTLIVÝCH</b><br>.....                                                                              | <b>33</b> |
| <b>TABULKA 2: VÝSLEDKY MĚŘENÍ PŘI PŘÍPRAVĚ JEDNOTLIVÝCH</b><br>.....                                                                              | <b>36</b> |
| <b>TABULKA 3: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA ELASTICITU RÝŽOVÉHO PEČIVA</b><br>.....                                                                       | <b>37</b> |
| <b>TABULKA 4: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA LEPIVOST RÝŽOVÉHO PEČIVA ...</b>                                                                              | <b>39</b> |
| <b>TABULKA 5: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA PRUŽNOST RÝŽOVÉHO PEČIVA ..</b>                                                                               | <b>40</b> |
| <b>TABULKA 6: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA SOUDRŽNOST RÝŽOVÉHO PEČIVA</b><br>.....                                                                       | <b>41</b> |
| <b>TABULKA 7: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA TVRDOST RÝŽOVÉHO PEČIVA ....</b>                                                                              | <b>43</b> |
| <b>TABULKA 8: VLIV PŘÍDAVKU KAŠE NA ŽVYKATELNOST RÝŽOVÉHO PEČIVA</b><br>.....                                                                     | <b>45</b> |
| <b>TABULKA 9: ORIENTAČNÍ SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VLIVU INSTANTNÍ RÝŽOVÉ KAŠE NA TEXTURU RÝŽOVÉHO PEČIVA (POROVNÁNÍ PRVNÍHO</b><br>.....                 | <b>48</b> |
| <b>TABULKA 10: ORIENTAČNÍ SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VLIVU INSTANTNÍ RÝŽOVÉ KAŠE NA TEXTURU RÝŽOVÉHO PEČIVA (POROVNÁNÍ PRVNÍHO A DRUHÉHO DNE)</b><br>..... | <b>48</b> |