

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv přídavku cvrččí mouky na vlastnosti těsta a jakost  
pekařských výrobků**

**Diplomová práce**

**Bc. Žaneta Ferusová**

**Kvalita a zpracování zemědělských produktů**

**doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv přídavku cvrččí mouky na vlastnosti těsta a jakost pekařských výrobků" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9.7.2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především mé vedoucí práce doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., která strávila nad touto prací nespočet času a za její neutuchající trpělivost. Za veškeré odborné rady, názory a konzultace, které byly při tvorbě práce velmi užitečné. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc. za jeho věcné rady ohledně teoretické části věnované přípravě a následnému hodnocení pečiva a za dodání pořízených fotografií. Velké poděkování patří i paní Boženě Riljákové, se kterou jsem spolupracovala při praktické části výroby pečiva a byla mi nápomocná v řešení různých nejasností. K dokončení práce mi pomohla i Ing. Dana Homolková, Ph.D., která mi byla nápomocná při praktickém stanovování aminokyselin a na závěr nesmím ani opomenout Ing. Vladimíra Plachého, Ph.D., bez jehož spoluúčasti na provedení analýzy na kapalinovém chromatografu by měření nebylo dokončeno.

# Vliv přídatku cvrččí mouky na vlastnosti těsta a jakost pekařských výrobků

## Souhrn

V této práci byl výzkum zaměřen na kvalitu těsta po obohacení cvrččí moučkou a následně na konečné vlastnosti produktů a jejich sensorické vnímání. Pozornost byla věnována i potencionálnímu prekurzoru vzniku akrylamidu, tj. kyselině asparagové, jejíž zvýšené množství by mohlo mít neblahý vliv na vznik tohoto potencionálního karcinogenu.

V teoretické části byly shrnuty veškeré informace ohledně nutričních vlastností cvrččí moučky a případných nutričních změn pečiva po jejím začlenění do těsta. Došlo k porovnání poznatků z odborné literatury, které se zabývají reologickými vlastnostmi těst bez a s přídatkem cvrččí mouky v různých množstvích a následnému porovnání rozsahu změn parametrů konečných produktů. Naše pozornost byla taktéž věnována sensorickému vnímání obohacených a neobohacených vzorků hodnotiteli, kde byl potvrzen vliv přídatku na změnu barvy, struktury, chutě, vůně a celkový dojem.

Praktická část byla zaměřena na reologické zhodnocení a porovnání obohacených a neobohacených těst. Těsto bylo obohaceno světlou a tmavou cvrččí moučkou, které se lišily v technologii sušení. Moučka byla do těsta přidána v množství 5, 8 a 10 % a dále byly vlastnosti těsta změřeny na farinografu. Po upečení došlo ke změření parametrů pečiva a jeho následnému sensorickému zhodnocení. U cvrččí moučky zároveň došlo k analýze přítomných aminokyselin.

Z výsledků vyplývá, že obohacené těsto prokazuje signifikantní odlišnosti v reologických vlastnostech oproti těstu vyrobenému pouze z pšeničné mouky. U obohaceného těsta došlo ke zkrácení doby stability těsta a byla zhoršena i konzistence těsta po 12 minutách měření. Po upečení byl vliv přídatku cvrččí moučky potvrzen zmenšením měrného objemu a nižší výškou pečiva.

Na základě sensorického hodnocení byly shledány značné rozdíly mezi obohaceným a neobohaceným pečivem v intenzitě barvy, příjemnosti vůně, tvrdosti, chuti a celkovém hodnocení, což je v souladu s výsledky z předchozích výzkumů. Po analýze aminokyselin v cvrččí moučce byl zjištěn pětinasobně až desetinásobně zvýšený obsah asparagové kyseliny oproti množství, které je přítomné v mouce pšeničné. V případě přídatku cvrččí moučky k pšeničné mouce může dojít ke zvýšení rizika vzniku akrylamidu, který je považován za potencionální karcinogen.

Výsledky naznačují, že obohacení pečiva o cvrččí mouku by mohlo být prospěšné po nutriční stránce, nicméně problematika by měla být podrobena dalšímu výzkumu, aby bylo jasně stanoveno, jak se přídatek cvrččí moučky podepíše na technologických a sensorických vlastnostech finálního výrobku. Největší pozornost by měla být do budoucna věnována přeměně asparagové kyseliny na akrylamid, který může být zdraví velice škodlivý.

**Klíčová slova:** jedlý hmyz, reologické vlastnosti těsta, objem pečiva, sensorická jakost

# **The effect of the addition of cricket flour on the dough properties and the quality of bakery products**

## **Summary**

The research was focused on bakery products quality after enrichment a dough by cricket flour. This work deals with the final products quality and their sensory perception. The attention was paid to aspartic acid which might be a potential precursor of acrylamide formation. The increased amount of aspartic acid could cause raising of this potentail carcinogen.

It was summarized all the informations about nutritional facts of cricket flour in theoretical part and descrabed all the nutritional changes of products after enrichment. It was compared all the informations publicised in a scientific literature about rheological properties of dough without and with addition of cricket powder in a different amount and it was compared a range of changes of final products subsequently. The attention was paid to sensory quality differences between standard and enriched products which was compared by consuments. The differences in colour, structure, taste, smell and overall acceptability caused by cricket addition were confirmed.

The experimental part was focused on a rheological measurement and comparison of quality of wheat and enriched dough. The dough was enriched by two types of cricket flour (light and dark) which were produced by a different type of drying process. The amount of added flour was 5, 8 a 10 % and all the properties were measured by farinograph. All the parameters and sensory quality of products were measured after baking. Next step of the experiment was focused on amino acid composition of cricket flour.

The obtained results suggested the significant rheological difference between the wheat dough and the enriched dough. Decreasing time of dough stability was measured by enriched dough and worsened consistency of dough after 12 minutes of the measurement. The addition of cricket flour caused a lower volume and a smaller height.

The assessors noticed significant difference between wheat products and enriched products in sensory quality. The difference was observed in intensity of colour, acceptability of smell, toughness, taste and overall rating. Our results were entirely in line with the previous research.

Increased amount of aspartic acid was demonstrated by amino acid analysis. The aspartic acid level in cricket flour was five or ten times higher comparing to the wheat flour. The risk of enrichment by cricket flour may therefore result in increasing amount of acrylamide which is an potential carcinogen.

These results suggest that enrichment of bakery products by cricket flour may lead to their better nutritional composition. Nevertheless, the research should aim to minimase the differences between standard and enriched bakery products. The biggest issue is an aspartic acid potential transformation to acrylamide which may represent a risk to public health.

**Keywords:** edible insects, rheological dough properties, volume of bakery products, sensory quality

# Obsah

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Úvod .....</b>                                   | <b>9</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>          | <b>11</b> |
| <b>3</b>   | <b>Literární rešerše.....</b>                       | <b>12</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Nutriční hodnoty hmyzích mouk .....</b>          | <b>12</b> |
| 3.1.1      | Nutriční vlastnosti různých druhů hmyzích mouk..... | 13        |
| <b>3.2</b> | <b>Reologické vlastnosti těsta .....</b>            | <b>13</b> |
| 3.2.1      | Farinograf.....                                     | 13        |
| 3.2.2      | Technologie .....                                   | 14        |
| 3.2.3      | Struktura.....                                      | 14        |
| 3.2.4      | Vaznost vody .....                                  | 15        |
| 3.2.5      | Viskozita a elasticita .....                        | 15        |
| 3.2.6      | Doba vývoje těsta.....                              | 16        |
| 3.2.7      | Pokles konzistence .....                            | 16        |
| <b>3.3</b> | <b>Reologické vlastnosti produktu.....</b>          | <b>17</b> |
| 3.3.1      | Barva.....  | 17        |
| 3.3.2      | Textura.....  | 18        |
| 3.3.3      | Pružnost .....                                      | 18        |
| 3.3.4      | Soudržnost .....                                    | 19        |
| 3.3.5      | Objem a porozita.....                               | 19        |
| 3.3.6      | Vlhkost.....  | 20        |
| <b>3.4</b> | <b>Nutriční složení obohaceného chleba .....</b>    | <b>21</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Senzorická analýza.....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>4</b>   | <b>Materiál a metody .....</b>                      | <b>26</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Příprava pečiva.....</b>                         | <b>26</b> |
| 4.1.1      | Materiál.....                                       | 26        |
| 4.1.2      | Přístroje.....                                      | 26        |
| 4.1.3      | Metodika přípravy pečiva .....                      | 27        |
| 4.1.4      | Senzorické hodnocení pečiva.....                    | 28        |
| <b>4.2</b> | <b>Metodika stanovení hrubého proteinu .....</b>    | <b>28</b> |
| 4.2.1      | Kjelhdalova metoda .....                            | 28        |
| 4.2.1.1    | Materiál .....                                      | 29        |
| 4.2.1.2    | Postup.....   | 29        |
| <b>4.3</b> | <b>Metodika stanovení aminokyselin .....</b>        | <b>30</b> |
| 4.3.1      | Kyselá hydrolýza .....                              | 30        |
| 4.3.1.1    | Materiál .....                                      | 30        |
| 4.3.1.2    | Postup.....   | 30        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>4.4</b> | <b>Statistické vyhodnocení .....</b>                              | <b>31</b> |
| <b>5</b>   | <b>Výsledky .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Výsledky stanovení reologických vlastností těsta.....</b>      | <b>32</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Měrný objem pečiva.....</b>                                    | <b>35</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Výška a šířka pečiva .....</b>                                 | <b>37</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Senzorické hodnocení pečiva.....</b>                           | <b>41</b> |
| 5.4.1      | Intenzita barvy .....   | 41        |
| <b>5.5</b> | <b>Příjemnost vůně.....</b>                                       | <b>43</b> |
| 5.5.1      | Příjemnost textury a drobivost.....                               | 45        |
| 5.5.2      | Tvrдость.....   | 46        |
| 5.5.3      | Celková příjemnost a intenzita chuti .....                        | 47        |
| 5.5.4      | Intenzita sladké, oříškové, kávové, zemité a bobovité chuti ..... | 50        |
| 5.5.5      | Celkové zhodnocení vzorku .....                                   | 52        |
| <b>5.6</b> | <b>Množství asparagové kyseliny.....</b>                          | <b>56</b> |
| <b>6</b>   | <b>Diskuze .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>7</b>   | <b>Závěr.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>8</b>   | <b>Literatura .....</b>   | <b>62</b> |
| <b>9</b>   | <b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>                     | <b>67</b> |
| <b>10</b>  | <b>Samostatné přílohy .....</b>                                   | <b>I</b>  |



# 1 Úvod

Očekává se, že lidská populace dosáhne k roku 2050 počtu 9 miliard lidí (de Oliveira et al. 2017) a je zřejmé, že poptávka po bílkovinách živočišného původu se výrazně zvýší. Pokud má být tato potřeba uspokojena, bude zapotřebí rozšířit stávající tradiční chovy hospodářských zvířat. Tento krok může do budoucna znamenat zvýšenou produkci ekologického odpadu v podobě skleníkových plynů a amoniaku uvolňujících se z výkalů do ovzduší. Zdroj masa v mnoha zemích je omezen kvůli vysokým cenám (Ivanic & Martin 2008) a zároveň nízké reprodukci hospodářských zvířat jako důsledek měnícího se klimatu (Alemu et al. 2016). Zároveň se očekává, že rostoucí příjmy a životní úroveň v rozvojových zemích povede k většímu zájmu o živočišné bílkoviny (Alemu et al. 2016).

Protože živočišná produkce není snadno udržitelným zdrojem bílkovin, neustále se hledá další způsob k pokrytí veškeré poptávky po potravinách s vysokým obsahem tohoto druhu bílkovin (Hertel 2015). Dle FAO se hmyz do budoucna nabízí jako potencionální rovnocenný zdroj energie a živin (Alemu et al. 2016).

Chov jedlého hmyzu pro lidskou spotřebu vyprodukuje mnohem méně skleníkových plynů ve srovnání se ziskem ekvivalentního množství bílkovin z konvenčních zdrojů živočišné výroby (Oonincx et al. 2010; Oonincx & de Boer 2012). Obecně je chov hmyzu levnější než chov dobytka. Hmyz se řadí mezi studenokrevné živočichy, kteří potřebují méně energie, aby si udrželi teplotu, tudíž přeměna potravy v jejich těle je mnohem efektivnější a mohou se mnohem snáze přizpůsobit nevhodným teplotním podmínkám. Zároveň hmyz potřebuje méně potravy, která je zároveň i levnější. Pro jeho chov je zapotřebí méně prostoru a proces rozmnožování taktéž netrvá tak dlouho. Na konci procesu je využita mnohem větší část těla ke konzumaci například oproti skotu (de Oliveira et al. 2017). Hmyz je extrémně ekologický, ke svému životu potřebuje mnohem méně vody a vyžaduje méně půdy (Durst et al. 2003). Nahrazování běžné mouky hmyzí moučkou by mohlo vyřešit problém s neustálým odlesňováním z důvodu zakládání nových ploch k pěstování obilí, což má za následek vliv na životní prostředí a úbytek prospěšného hmyzu (Abbasi & Abbasi 2016).

V reakci na rostoucí zájem spotřebitelů o zdravou výživu, se potravinářský průmysl stále více zaměřuje na rozšiřování sortimentu, který může sloužit nejen jako prostředek k uspokojení hladu, ale může svými vlastnostmi a obsahujícími složkami sloužit i jako zdroj potřebných živin, které mohou být pro tělo prospěšné (Menrad, K. 2003; Niva 2007). Jedním z cílů výrobců potravin je redukovat obsah cukrů ve finálních produktech (Sanz et al. 2009). Tuto situaci lze řešit obohacením potravin proteinem, který zredukuje obsah cukrů, ale zároveň může mít za následek vliv na texturní vlastnosti (Ronda et al. 2005; Mariotti et al. 2009). Jako jedno z možných využití, kde lze sacharidy nahradit, se nabízí chléb. Ten je obvykle bohatý na sacharidy, které představují asi 50 % sušiny, zatímco jeho obsah bílkovin je velmi nízký, tj. kolem 6-8 % (Osimani et al. 2018; Wandersleben et al. 2018). Obohacení cvrččí moučkou by mohlo vést i k vývoji bezlepkového chleba, který se stává trendem dnešní doby a zákazníci jej vyhledávají, ať už z důvodu intolerance lepku či osobního přesvědčení (Machado et al. 2019).

Vysoká nutriční hodnota jedlého hmyzu přitahuje pozornost výzkumných pracovníků pro jeho potencionální využití při přípravě potravin se zvýšenými nutričními vlastnostmi. Hmyz je bohatý zdroj bílkovin a esenciálních aminokyselin (Belluco et al. 2013). Kromě toho lze

využít vysokého obsahu polyenových mastných kyselin, které jsou zdraví prospěšné (Haddad et al. 2012). Kromě toho je hmyz bohatým zdrojem minerálních látek (např. železa, selenu a zinku) a vitamínů (zejména skupiny B) (Rubio Ruiz et al. 1991).

Plno zemí světa, jako například i Keňa, čelí hrozbě malnutrice, což má za následek opožděný vývin a podvýživu tamních dětí (Kenya National Bureau of Statistics 2014). Deficit těchto nutričně významných látek se snaží místní organizace nahrazovat příjmem sušeného mléka, kterého je na místní poměry málo, takže musí být dováženo, což je finančně náročné (Bauserman et al. 2015). Cvrček domácí je naopak bohatý zdroj živin důležitých pro růst a vývoj, který by mohl částečně nahradit sušené mléko a zároveň být i ekonomicky výhodný. Do budoucna by mohl zajistit i příjmy pro místní obyvatelstvo (Homann et al. 2017).

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Vědecká hypotéza práce: Přídavek cvrččí moučky má vliv na reologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost finálního pekařského výrobku.

Cílem práce bylo proměřit reologické vlastnosti těsta bez přídavku a s přídavkem cvrččí moučky. Následně zhodnotit parametry upečeného pečiva a porovnat jeho sensorické vlastnosti.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Nutriční hodnoty hmyzích mouk

Dle komoditní vyhlášky č. 18/2020 je za mouku považován výrobek získaný mletím obilných zrn, pseudoobilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudoobilovin nebo rýže. V rámci této práce si dovoluji ale užívat i termín "cvrččí mouka" z důvodu vycházení z cizojazyčné odborné literatury, kde je tento termín běžně užíván. Poslední dobou se k odlišení těchto dvou komodit začíná užívat termín cvrččí moučka.

Cvrččí mouka může být použita jako přísada bohatá na bílkoviny, která ale zároveň může mít následně vliv na texturní vlastnosti výrobku (Mariotti et al. 2009). Jedná se o levný a snadno dostupný materiál, který může nabídnout skvělé nutriční vlastnosti (Caparros Megido et al. 2016). Vyznačuje se vysokým obsahem bílkovin (60-70 %) a naopak nízkým obsahem sacharidů (Ayieko et al. 2016; Caparros Megido et al. 2016). Je to bezlepková surovina, takže lze ji zařadit do jídelníčku u lidí, kteří trpí celiakií (van Huis 2013). Kromě bílkovin je cvrččí mouka dobrým zdrojem hodnotných sloučenin jako lipidů (zejména polyenových mastných kyselin) a minerálních látek, jako jsou vápník, železo nebo zinek (Ayieko et al. 2016).

K významnému zdroji dusíku z hmyzu by mohl přispívat chitin. Jedná se o polysacharid složený z jednotek N-acetylglukosaminu, který je hlavní složkou exoskeletu hmyzu (Finke 2007). Obsah nebílkovinného dusíku v hmyzu souvisí s přítomností chitinu, nukleových kyselin, fosfolipidů a produktů vylučovaných trávicím traktem (Janssen et al. 2017). Nejvyšší hodnoty chitinu  $4,73 \pm 0,51 \text{ g} \times 10^{-2} \text{ g}$  byly prokázány u potměníka (*Tenebrio molitor*), které se významně statisticky lišily od mouchy (*Hermetia illucens*), kde se hodnoty pohybovaly kolem  $3,52 \pm 0,22 \times 10^{-2} \text{ g}$ . Bylo tomu z důvodu, který objasnil Kaya et al. (2014), že obsah chitinu roste s postupným vývojem. Tudíž hodnoty u dospělce cvrčka (*Acheta domestica*), které byly naměřeny jako nejvyšší se očekávaly.

Nahrazení pšeničné mouky cvrččí moučkou mění nutriční hodnotu produktů, a to díky vysoké kvalitě a stravitelnosti proteinů a obsahu esenciálních aminokyselin (Zielińska et al. 2015). V porovnání s pšeničnou moukou jsou výrazně zastoupeny především aminokyseliny threonin, tyrosin, valin, methionin a lysin. Naopak v množství glutamové kyseliny a prolinu cvrččí mouka za pšeničnou moukou silně zaostává (Osimani et al. 2018).

Tuky obsažené ve cvrččí mouce představují největší část přijaté energie. Obsah tuků se pohybuje kolem  $28,75 \pm 1,89 \%$ , zatímco v pšeničné mouce se hodnoty přítomných tuků pohybují pouze kolem  $1,04 \pm 0,03 \%$ . Tento fakt má silný vliv na nutriční vlastnosti samotného konečného výrobku. Tuky také ovlivňují stabilitu mouky a pečiva během skladování. Mastné kyseliny, které jsou v cvrččí mouce obsaženy, se zdají být potencionálně méně náchylné k oxidaci oproti tukům, které se nacházejí v mouce pšeničné (Osimani et al. 2018).

V porovnání s moukou na bázi obilí obsahuje cvrččí mouka mnohem méně sacharidů. Oproti množství 76 g na 100 g obilné mouky je ve cvrččí mouce pouhých 18 g sacharidů na 100 g. Tato hodnota by mohla napomoci lidem, kteří se potýkají s nadměrným příjmem cukrů skrze vysoký příjem technologicky zpracovaných mouk zbavených klíčků a otrub, a kteří mají sklon k chronickým onemocněním, zejména cukrovce 2. typu nebo obezitě (Evert et al. 2014; Burt et al. 2018).

### 3.1.1 Nutriční vlastnosti různých druhů hmyzích mouk

González et al. (2019) zjistili, že mezi moukami od třech různých hmyzích zdrojů se nacházely významné rozdíly. Nejvyšší obsah proteinů obsahovala mouka z *A. domestica* s obsahem  $56,58 \pm 0,86$  g na 100 g oproti mouce z *H. illucens*, která obsahovala pouze  $45,09 \pm 0,82$  g na 100 g. Mouka z *H. illucens* naopak měla nejvyšší obsah tuků. Se svými  $35,82 \pm 0,66$  g na 100 g se statisticky významně lišila od prášku z *A. domestica*, který obsahoval pouze  $27,08 \pm 0,72$  g tuku. Mouky z larev *H. illucens* a *T. molitor* oproti mouce z dospělce *A. domestica* vykazovaly obecně vyšší obsah sacharidů, který se pohyboval mezi 14,48 % a 16,24 %).

Hodnoty bílkovin, které neměřili Roncolini et al. (2019), se pohybovaly v rozmezí, jako množství bílkovin v mouce z potměníka (*T. molitor*), které dříve popsali González et al. (2019) a hodnot, které zjistil Osimani et al. (2017) u sušeného potměníka brazilského.

Nutriční složení mouk závisí na druhu hmyzu, jeho vývojové fázi a druhu přijímané potravy (Durst et al. 2003). V případě měření hodnot u švábí mouky (*N. cinerea*) stojí za zmínku snížený obsah vlákniny oproti vysokému obsahu bílkovin (de Oliveira et al. 2017). Obdobně jako u jiných hmyzích mouk byly ve švábí mouce hojně zastoupeny esenciální aminokyseliny leucin v množství 3,51 %, lysin s 3,37 % a valin s 2,61 %. Pokud jde o obsah tuků, z celkového obsahu 18,45 %, zaujímaly nenasycené mastné kyseliny 10,94 %. Z nichž byla nejvíce zastoupena olejová kyselina a v menším množství byla nalezena i linolová kyselina (de Oliveira et al. 2017).

## 3.2 Reologické vlastnosti těsta

Reologie je věda, která zkoumá deformovatelnost a odolnost různých látek. Měří se množství využití síly k deformaci, která působí na materiál za určitý čas. Výsledkem tohoto měření jsou hodnoty odpovídající tuhosti, viskozitě, tvrdosti, elasticitě materiálu, aj. Tohoto měření lze využít v mnoha oborech k předvídání, jak se daná látka bude za určitých podmínek chovat (Dobraszczyk & Morgenstern 2003).

V případě posouzení kvality těsta se užívají různé přístroje, např. alveograf, extenzograf, amylograf nebo farinograf (Mirsaeedghazi et al. 2008). Hlavním benefitem těchto přístrojů je stanovení kvalitativních parametrů pšenice, které jsou v pekárenském průmyslu podstatné. Tyto metody lze považovat za finančně a časově méně nákladné oproti přímému pekařskému pokusu. Oproti pekařskému pokusu je rozdíl ten, že stanovování vlastností probíhá během studené fáze výroby, tj. během hnětení a kynutí (Weipert 1992).

### 3.2.1 Farinograf

Mezi nejčastěji užívané přístroje k vyhodnocování kvality mouky a reologických vlastností těsta je Hankóczyho-Brabenderův farinograf. Patří mezi základní vybavení každé obilnářské laboratoře (Dudáš & Pelikán 1992). Jeho funkcí je zaznamenávat odpor těsta neboli změnu konzistence během hnětení za předem stanovených podmínek, tj. velikost hnětačky, počet otáčení lopatek a teplota (Prugar et al. 2008).

Mezi základní součásti farinografu patří hnětací nádoba se dvěma rotujícími lopatkami, které se otáčejí konstantními, ale rozdílnými rychlostmi. Do předem zahřáté hnětací nádoby se vsype mouka, minutu se zahřívá a následně se z byrety přilévá voda vytemperovaná taktéž na 30 °C. Množství vody se přidává tolik, aby konzistence těsta byla 500 FJ (Příhoda et al. 2003). Nedílnou součástí je elektromotor, který je otočně uložen v ložiskách. Jeho pohyb je přenášen vahadlovým ramenem s olejovým tlumičem na ručičku se zapisovačem. Čím vyšší je viskozita těsta, tím větší je výchylka vahadla, jejíž velikost je zaznamenávána zapisovačem (Příhoda et al. 2003).

Na základě množství přidané vody se určuje vaznost mouky. Výstupem zpracování těsta je farinogram, který zaznamenává závislost konzistence těsta na čase. Ze středu širě takto vzniklé křivky lze vyčíst parametry těsta, jako jsou doba vývinu těsta, doba stability těsta a pokles těsta (Dobraszczyk & Morgenstern 2003). Době vývinu těsta odpovídá doba v minutách od počátku hnětení, kdy byla přidána voda do mouky, do doby, kdy křivka dosáhne maximální hodnoty. V tu chvíli těsto dosáhlo maximální konzistence (Příhoda et al. 2003). Ze záznamu farinografické křivky lze vyčíst i další vlastnosti jako stabilitu těsta, která je vyjádřena v minutách a říká nám, po jak dlouhou dobu si těsto uchovává svoji maximální konzistenci od doby vývinu. Poslední vlastnost, která může být z křivky vyčtena, je pokles konzistence těsta, která odpovídá rozdílu mezi 500 FJ a hodnotou, jež udává střed křivky po určité době (Příhoda et al. 2003).

### 3.2.2 Technologie

Při výrobě pečiva představuje množství přidané vody klíčový faktor v tvorbě struktury a síť lepku, čímž se zvyšuje výtěžek konečného produktu. Schopnost vázat vodu je důležitá vlastnost, která má vliv na strukturu, šťavnatost, chuť a zejména trvanlivost pekárenských výrobků (Jideani 2011). Dle měření, které provedli Ettoumi & Chibane (2015) cvrččí mouka vykazuje vyšší vaznost vody oproti rostlinným moukám.

Pareyt et al. (2011) říká, že tuk obsažený ve cvrččí mouce a bezlepkové proteiny mohou mít za následek zhoršené schopnosti tvorby těsta. V případě, kdy byla použita mouka z potměníka, je pravděpodobné, že obsažené proteiny nějakým způsobem nahradily bílkoviny pšeničného lepku, které byly sníženy přidávkem hmyzí mouky. Tato hypotéza je podložena daty, které shromáždili Graça et al. (2018).

### 3.2.3 Struktura

Poměr přítomných bílkovin v těstě, které mají tvořit podobnou strukturu jako lepkové bílkoviny při užití pšeničné mouky, je klíčové pro vytvoření ideální struktury pečiva (Moore et al. 2004). Možnost bílkovin vytvářet strukturu pečiva hraje důležitou roli ve schopnosti těsta zadržovat oxid uhličitý a souvisí s emulgačními, pěnovými vlastnostmi a kynutím (Ziobro et al. 2013). Kromě toho, že lepek má příznivý účinek na strukturu a objem chleba, tak přítomnost bílkovin bezlepkového charakteru způsobená přidávkem cvrččí moučky může naopak hrát důležitou roli v rámci zlepšování nutričních a senzorických vlastností finálního výrobku (Wang et al. 2017).

### 3.2.4 Vaznost vody

Je zajímavé, že Guzmán et al. (2015) na základě svých výsledků tvrdí, že vaznost vody se mezi těstem obsahujícím pouze pšeničnou mouku a těstem obohacným o cvrččí mouku výrazně neliší. Na druhou stranu Rumpold & Schlüter (2013) ve svém tvrzení říkají, že z důvodu náhrady běžné mouky hmyzí moukou a následné absence škrobu byla v hmyzích moukách zjištěna snížená vaznost vody. Tento fakt mohl být taktéž ovlivněn složením aminokyselin v bílkovinách. Je zapotřebí provést další výzkumy, díky nimž lze pochopit povahu chemických složek cvrččí mouky a jejich vliv na vaznost vody během výroby těsta (Guzmán et al. 2015).

V testování, které provedli González et al. (2019), došlo ke změně reologických vlastností těsta díky přidavku hmyzích mouk, což vedlo ke snížení vaznosti vody. Oproti kontrolnímu vzorku, jehož hodnoty vaznosti vody byly  $58,18 \pm 0,12$  %, vzorky s obsahem hmyzích muk vykazovaly hodnoty  $56,90 \pm 0,10$  % a  $57,70 \pm 0,17$  % v pořadí *H. illucens* a *T. molitor*. Pouze v případě užití mouky z cvrčka došlo naopak k nárůstu této hodnoty na  $58,20 \pm 0,15$  %. Obecně přidání mouky s vysokým množstvím hydrofilních proteinů zvyšuje hydrataci a vaznost vody v těstě, což bylo pozorováno i u sójových mouček (Lazo-Vélez et al. 2015).

### 3.2.5 Viskozita a elasticita

Smíchání pšeničné mouky se cvrččí ovlivnilo viskoelastické a míchací vlastnosti těsta. Hodnoty P/L (značící poměr maximálního přetlaku a tažnosti těsta), představují schopnost těsta odolat maximálnímu tlaku potřebnému k vyfouknutí bubliny do těsta a maximální průměr bubliny, než dojde k jejímu prasknutí (Osimani et al. 2018). Čím více bylo přidáno hmyzí mouky, tím vyšší poměr mezi soudržností a pružností byl. To vedlo ke statisticky významným rozdílným hodnotám mezi obohacenými a neobohacenými vzorky těsta (Roncolini et al. 2019).

Nejvyšší střední hodnoty poměru P/L při použití 30 % cvrččí mouky se pohybovaly kolem  $6,22 \pm 0,05$ , zatímco pro pšeničnou mouku se hodnoty pohybovaly pouze kolem  $0,91 \pm 0,01$ . Na druhou stranu hodnoty pevnosti byly nejvyšší pro pšeničnou mouku ( $304,0 \pm 1,00 \times 10^{-4}$  J) a nejnižší pro těsto s 30 % cvrččí náhrady ( $94 \pm 1,00 \times 10^{-4}$  J). Tyto výsledky by mohly být vysvětleny snížením množství lepku v obohaceném těstě a následnými obtížemi při tvorbě glutenové sítě během fáze míchání (Pasqualone et al. 2017).

V případě užití 10 % poterníkové mouky byl poměr mezi soudržností a pružností roven  $1,4 \pm 0,02$ . Tato hodnota je v pořádku, poněvadž aby směs byla vhodná k pečení, musí být hodnoty větší než 0,5, jak navrhli ve svém výzkumu Graça et al. (2018).

Jak uvádí Guzmán et al. (2015), vývoj viskoelastických vlastností lepku je silně ovlivněn vodou, která hraje důležitou roli v chemických reakcích, ke kterým dochází při míchání a pečení těsta. Viskozita těsta může být ovlivněna řadou faktorů, včetně aktivity amylázy a kvality škrobu (Dapcevic et al. 2011). Nejvyšší střední hodnota viskozity byla zaznamenána u těsta na bázi pšeničné mouky ( $1216,0 \pm 1,00$  FJ), zatímco nejnižší, s hodnotou  $441,0 \pm 1,00$  FJ, byla zaznamenána u těsta s 30 % cvrččí mouky (Osimani et al. 2018). V případě přidavku 10 % poterníkové mouky byla hodnota  $1189,0 \pm 2,0$  FJ oproti  $1402,0 \pm 3,0$  FJ kontrolního vzorku (Roncolini et al. 2019).

Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky, které publikovali Osimani et al. (2018), kde naznačuje, že viskozita je ovlivněna tukem obsaženým v hmyzí mouce a nedostatečným nahrazením škrobu.

### 3.2.6 Doba vývoje těsta

Doba vývoje těsta a hodnoty stability jsou indikátory síly mouky, kde vyšší hodnoty naznačují silnější těsto (Wang et al. 2002). Výsledky, které zveřejnili Osimani et al. (2018), kde se zaměřili na vliv přídatku 10 % cvrččí mouky na dobu vývoje těsta, statisticky žádné rozdíly neprokázaly. Tyto výsledky se shodovaly s hodnotami při použití 5 % poterníkové mouky, kdy taktéž nebyl zaznamenán vliv na dobu vývoje těsta a jeho stabilitu (Roncolini et al. 2019). V případě přídatku 30 % došlo k prodloužení vývoje těsta na  $8,1 \pm 0,10$  min., ale zároveň ke zhoršení jeho stability (Osimani et al. 2018).

Výzkum, který provedli González et al. (2019), ve kterém bylo použito více druhů mouk z různých druhů hmyzu, byla doba vývoje těsta taktéž mírně zvýšena oproti standardu. V případě zpracování těsta obohaceného o *A. domestica* nebo *H. illucens* bylo zapotřebí  $2,5 \pm 0,2$  min oproti kontrolnímu těstu a těstu s přídatkem *T. molitor*, kde příprava zabrala kolem  $2,0 \pm 0,1$  min.

Následná stabilita těsta je taktéž závislá na množství přídatku hmyzí moučky. Nejvyšší hodnoty ( $16,2 \pm 0,10$  min) byly zaznamenány v těstě s 10% přídatkem oproti  $6,00 \pm 0,10$  min u vzorku, který obsahoval 30 % cvrččí mouky (Osimani et al. 2018). V porovnání hmyzích mouk oproti kontrole byla stabilita těsta mnohem vyšší. V případě přídatku mouky z *A. domestica* se hodnoty šplhaly ke  $4,4 \pm 0,3$  min oproti kontrole, kde byly naměřeny hodnoty  $1,1 \pm 0,2$  min. U mouky obsahující *H. illucens* vzrostla stabilita až na  $7,5 \pm 0,3$  min (González et al. 2019). Vysoká stabilita v případě přídatku *H. illucens* byla původně přičítána vysokému obsahu tuku, ale když došlo k testování odtučněné mouky, nebyly v grafu konzistence pozorovány žádné významné rozdíly. Opět se potvrzuje pravidlo, že za stabilitu těsta by měla odpovídat povaha a složení proteinů (González et al. 2019).

V případě přídatku poterníkové mouky nedošlo k průkaznému vlivu na dobu vývoje těsta a jeho stabilitu (Roncolini et al. 2019). Výsledky jsou podobné těm, které ve svém výzkumu popsal i Osimani et al. (2018), kde se zabývali přídatkem 10 % cvrččí mouky. Malé množství substituce (5 a 10 %) hmyzího prášku nemá pravděpodobně tak silný vliv na tyto dva parametry (Roncolini et al. 2019).

### 3.2.7 Pokles konzistence

Se zvyšujícím se přídatkem cvrččí mouky bylo naměřeno nižší číslo poklesu. Tento parametr se obvykle používá k vyhodnocení kvality pšenice. Čím více je viskózní nebo lepkavá škrobová pasta, tím vyšší je toto číslo. Obvykle pro výrobu chleba je ideální konzistence odpovídající hodnotě 300 až 500 FJ na grafu (Osimani et al. 2018).

Hodnota poklesu konzistence těsta, která je měřena po určitém časovém úseku jako rozdíl mezi 500 FJ a středem grafu, jenž se pohybuje kolem 30 FJ nebo méně, je považována za přijatelnou, zatímco hodnota 50 FJ zdůrazňuje nižší toleranci a častější obtíže při hnětení a zpracování těsta. Těsto má tendenci se rychleji rozpadat po dosažení plného vývoje. Co se týče indexu tolerance míchání po 10 minutách, pšeničné těsto vykazovalo nejvyšší střední



hodnotu ( $23,0 \pm 1,00$  FJ), zatímco těsto s obsahem 10 % cvrččí náhrady bylo charakterizováno nejnižší hodnotou s  $2,0 \pm 1,00$  FJ. Naopak těsto s nejvyšším obsahem cvrččího prášku, tj. 30 %, vykazovalo nejvyšší střední hodnotu ( $62,0 \pm 1,00$  FJ) indexu tolerance míchání po 12 minutách (Osimani et al. 2018).

V případě přídavku 10 % poterníkové mouky byla naměřena tolerance po 10 minutách míchání ve výši  $7,0 \pm 1,0$  FJ. Tolerance míchání po 12 minutách byla nejvyšší pro těsto s přídavkem 5 % poterníkové mouky s hodnotou  $37,0 \pm 2,0$  FJ a nejnižší pro pšeničné těsto s hodnotou  $19,0 \pm 1,0$  FJ (Roncolini et al. 2019). Tyto výsledky byly v rozporu s výzkumem, které provedli Osimani et al. (2018) na cvrččí mouce, kde těsto s přídavkem 10 % cvrččí mouky vykazovalo nejnižší hodnoty. Je pravděpodobné, že různá množství a typy hmyzího prášku mohou mít za následek vliv na toleranci míchání výsledného těsta (Roncolini et al. 2019).

### 3.3 Reologické vlastnosti produktu

Ve svém výzkumu, který provedli Alemu et al. (2017), uvádí, že čím vyšší je hodnota přídavku cvrččí mouky, tím je finální produkt těžší, měkčí a tmavší. Zejména dojde ke zvýšení hmotnosti z důvodu, že cvrččí mouka obsahuje mnohem více tuku než pšeničná mouka, což může vést k menšímu odpařování vody během procesu pečení. González et al. (2019) říká, že obecně přídavek hmyzí mouky nemá nikterak negativní vliv na kynutí, přičemž konečný produkt vykazoval přijatelný objem s otevřenými póry.

#### 3.3.1 Barva

Vzhled a barva jsou klíčovými faktory ve výběru spotřebitelem (D'Egidio & Pagani 1997). Konzumenti shledávají tmavší pečivo jako zdravější. Zvýšený obsah proteinů může přispět ke snadnější tvorbě produktů Maillardovy reakce, které jsou zodpovědné za tmavnutí pečiva (Michalska et al. 2008). Celkově všechny vzorky obohacené o hmyzí mouku jakéhokoli druhu měly větší sklony k neenzymatickému tmavnutí (González et al. 2019).

Střídka i kůra kontrolního vzorku vykazovaly oproti dalším vzorkům nejsvětlejší odstíny, kdy toto zbarvení postupně přecházelo v tmavší odstíny s navyšujícím se obsahem cvrččí mouky a přibývajícím zdrojem bílkovin. Vzorek obsahující 10 % cvrččí mouky měl nejmenší sklony k hnědnutí, čímž pádem se svým zbarvením dost podobal kontrolnímu vzorku. Naopak vzorky, do nichž bylo přidáno 20 % cvrččí mouky, měly sklon k největším barevným změnám směřujícím k tmavým odstínům. Výsledky ukazují, že obohacení tmavými bílkovinnými zdroji, jako je cvrččí mouka, může vést k produktům tmavší barvy (Koletta et al. 2014).

V měření, které provedli Homann et al. (2017) u sušenek, které byly obohaceny o 10 % cvrččí mouky, zaznamenali změnu barvy, kdy vzorky byly následně tmavší oproti kontrolním vzorkům.

Ve výzkumu, kde byly porovnávány rozdíly pečiva mezi kontrolním vzorkem a vzorky s 5% přídavkem cvrččí, poterníkové mouky a mouky z mouchy *H. illucens*, vykazovaly konečné produkty podobný barevný odstín uvnitř pečiva v porovnání s kontrolním neobohaceným vzorkem (González et al. 2019). Rozdíl byl především zaznamenán v barvě kůrky, kde byly zaznamenány různé intenzity zhnědnutí. Před pečením byla změřena barva

mouky, aby se potvrdila možná korelace mezi barvou mouky a výsledným odstínem produktu. Po upečení a změření nebyla potvrzena žádná vzájemná závislost mezi moukou a barvou kůrky. Pouze u mouky z *H. illucens* platila závislost, kdy mouka byla vyhodnocena jako nejtmaší a následně i produkt z ní (González et al. 2019).

Vzorky obohacené o švábí mouku, které testovali de Oliveira et al. (2017) vykazovaly podobné zbarvení kůrky a těsta jako celozrnné pečivo. Světlost kůrky se pohybovala v rozmezí od 64,62 do 59,40, což znamená, že vzorky s 10 a 15 % švábí mouky nevykazují významný rozdíl. Nicméně zvýšení přídavku švábí mouky ovlivňuje ztmavující se odstín kůrky a těsta. Cílem je však získat barvu, která je podobná pšeničnému pečivu (de Oliveira et al. 2017).

### 3.3.2 Textura

Tento parametr je definován jako síla vynaložená ke stlačení a rozmělnění, které je nezbytné před polknutím (Paula & Conti-Silva 2014) Jako hlavní parametry jsou považovány pružnost, soudržnost a objem. Podle Feili (2013) závisí tvrdost pekařských výrobků na obsahu amylopektinu a amylozy v produktech, který byl přídavkem cvrččí mouky snížen. V důsledku snižujícího se obsahu škrobu způsobeného zvýšeným obsahem proteinů je sledováno snížení tvrdosti (Gómez et al. 2003). Rodríguez-García et al. (2014) uvádí, že tvrdost celkově souvisí s celkovým objemem vzduchových pórů a objemem kůrky. Se zvětšujícími se póry uvnitř pečiva, má výrobek měkčí strukturu těsta. Dobře provzdušněné a elastické pečivo s vysokou hodnotou pružnosti je spotřebiteli vnímáno jako čerstvé a kvalitní (Sanz et al. 2009). Stejný trend potvrdili i González et al. (2019), kteří obohatili pečivo o poterníkovou mouku.

Pauter et al. (2018) ve svém výzkumu ukazují, že použití cvrččí mouky jako aditiva způsobilo významné změny v tvrdosti pečiva. Přidání hmyzí mouky mělo za následek snížení hodnot tvrdosti. Vzorky s nejsilnější lepkovou sítí se jevily jako nejvíce tvrdé. Zatímco přídavek proteinu hodnoty tvrdosti snížil z důvodu menšího obsahu lepku a škrobu. Hodnota žvýkavosti se významně snížila, jak se zvýšilo procento přídavku cvrččí mouky (Osimani et al. 2018).

S opačným efektem se setkali de Oliveira et al. (2017 a González et al. (2019), kteří po použití cvrččí mouky jako zdroje proteinů zaznamenali zvýšení tvrdosti a prodlouženou dobu žvýkání ve srovnání s kontrolními vzorky. Stejný efekt byl vyhodnocen u chleba obohaceného moukou z *H. illucens*. Ten vykazoval významné rozdíly ve všech parametrech textury a měl významně zvýšenou tvrdost, sníženou pružnost a soudržnost. Produkt zároveň na základě předchozích parametrů vykazoval nejdlejší žvýkavost. Na texturu mohl mít vliv vysoký obsah tuku, který je v mouce z *H. illucens* signifikantně vyšší než v mouce cvrččí nebo poterníkové (González et al. 2019). Chleby vyrobené s odtučněnou moukou z *H. illucens* měly podobné texturní vlastnosti jako produkty vyrobené z mouky neodtučněné kromě tvrdosti a žvýkavosti. Na tyto parametry mělo užití odtučněné mouky pozitivní vliv a pečivo bylo měkčí, čímž se i snížila doba žvýkání.

### 3.3.3 Pružnost

Tento parametr souvisí s elasticitou, která vypovídá o schopnosti materiálu se vrátit do původního tvaru po vynaloženém tlaku (Cornejo & Rosell 2015). Snížená pružnost je

způsobená nižším obsahem pórů, které způsobují návrat do původního tvaru (Matos & Rosell 2012).

Tento parametr po přidání cvrččí mouky byl hodnocen velice pozitivně, jelikož vzorky obsahující 10 % cvrččí mouky vykazovaly nejvyšší pružnost oproti kontrolním vzorkům (Machado et al. 2019). Obdobné výsledky prezentovali ve své práci i González et al. (2019), kteří měřili vzorky při použití 5 % mouky z cvrčků. Naopak chléb obohacený moukou z *H. illucens* měl sníženou pružnost a zvýšenou tvrdost. Nižší pružnost predikovala vyšší tendenci k rozpadu při krájení, která odráží nízkou soudržnost těsta (Matos & Rosell 2012).

### 3.3.4 Soudržnost

Tento parametr je pro zákazníky velice podstatný, jelikož tato vlastnost pečiva nám říká, jak je náchylné k drobení a jak se během žvýkání rozpadá. Pečivo, které obsahovalo 10 % cvrččí mouky, vykazovalo nejvyšší soudržnost ze všech vzorků (Onyango et al. 2011).

Po použití 5 % potemníkové mouky a dosažení většího objemu oproti standardu byly naměřeny hodnoty pevnosti  $777,87 \pm 45,00$  g, které byly nižší než u kontrolního vzorku, kde hodnoty činily  $1071,06 \pm 122,77$  g. Tímto Roncolini et al. (2019) potvrdil teorii, se kterou přišel de Oliveira et al. (2017), kde uvádějí lineární korelaci mezi specifickým objemem a pevností chleba, kdy chleby s nejnižším specifickým objemem vykazovaly nejvyšší tvrdost. Toto zjištění může být připisováno přidavku tuku, který je součástí potemníkové mouky.

Hodnoty tvrdosti, které byly naměřeny ve studii, kde byl chléb obohacen o švábí mouku, nepředstavovaly významný rozdíl. Hodnoty standardního chleba, s 5 a 10 % přidavku se nikterak významně neodlišovaly od chleba celozrnného. Chléb, do něžž bylo přidáno 5 % švábí mouky, nevykazoval ve srovnání se standardním pšeničným výrazný rozdíl tvrdosti střídky. Naopak tvrdost kůrky se po přidání této hmyzí mouky zvýšila (de Oliveira et al. 2017).

### 3.3.5 Objem a porozita

Obohacení pečárenských výrobků o bílkoviny vede nejen ke snížení obsahu sacharidů ve výrobku, ale také ke zvýšení celkového příjmu bílkovin ve stravě člověka. Produkty, které jsou obohaceny o proteiny, vedou k většímu objemu a výšce díky větší náchylnosti bílkovin k nabobtnání, což napomáhá vytvářet strukturu, která drží plyny. Lze předpokládat, že vyšší měrný objem a nižší porozita svědčí o vysoké kvalitě výrobků (Ziobro et al. 2016).

Přidání cvrččího prášku v množství 10 a 20 % mělo za následek chleby s vyšší porozitou ve srovnání s ostatními, což lze přičíst vysokému obsahu bílkovin a lipidů. Ziobro et al. (2016) taktéž pozorovali zvýšenou pórovitost. Vliv na objem mají pravděpodobně nepolární lipidy, které destabilizují póry, zatímco polární lipidy obsažené v pšenici působí příznivě (Pareyt et al. 2011).

V případě výzkumu, který provedli González et al. (2019), kde se zaměřili na stabilitu, objem a pórovitost chleba po přidavku odtučněných a neodtučněných cvrčků, nebyly prokázány mezi vzorky žádné významné rozdíly. Nicméně v porovnání použití mouky z čočky a cvrččí, byla prokázána tendence zvýšení hustoty pórů s rostoucím obsahem proteinů.

Ve výzkumu, který provedli Osimani et al. (2018), byl po upečení chlebem proveden řez a změřen specifický objem bochníků. Nejvyšší střední hodnoty byly zaznamenány u kontrolního vzorku bez přidavku hmyzí mouky ( $3,49 \pm 0,33$  g.cm<sup>-3</sup>), zatímco nejnižší hodnota

byla zaznamenána u vzorku s kváskem, který byl obohacen o 30 % cvrččí mouky. Jeho hodnoty se pohybovaly kolem  $3,37 \pm 0,03 \text{ g.cm}^{-3}$ . Mezi vzorky chleba kváskového neobohaceného a s přísadkou 10 a 30 % cvrččí mouky nebyl mezi středními hodnotami shledán nikterak významný rozdíl.

Chléb, který byl obohacen o mouku *H. illucens*, vykazoval více uzavřené póry a obecně menší objem (González et al. 2019), kteří zároveň dodávají, že přítomnost hmyzích mouk v chlebech měla za následek výrazně nižší specifický objem oproti čistě kontrolnímu pšeničnému vzorku. Výjimkou byl chléb obsahující mouku z *A. domestica*, který měl podobný specifický objem jako pečivo neobohacené.

Důvodem zmenšení objemu může být vyšší obsah tuku. Avšak po upečení vzorků z odtučněných hmyzích mouk, byl specifický objem obdobný, čímž se zamítl vliv obsahu tuků na objem (González et al. 2019). Zmenšení objemu je přisuzováno snížení roztažnosti a oslabení sítě z lepku v důsledku zmenšení jeho obsahu, snížení hydratace a interakcí s neškrobovými sacharidy a bezlepkovými bílkovinami, což také snižuje schopnost zadržovat plyny (González et al. 2019). Na druhou stranu, jak Pareyt et al. (2011) uvádí, přidané tuky zlepšují zpracovatelnost těsta, zvláčňují a usnadňují vmísení vzduchu do těsta. Následně pak dojde k navázání lipidových krystalů na síť lepku, což vede ke stabilizaci a zpevnění těsta. Navíc tuky, které jsou absorbovány, zvyšují zadržování plynů během kynutí. Roztékající se tuk během pečení má tendenci stabilizovat zvětšující se póry (Pareyt et al. 2011).

Při použití potemníkové mouky, kdy vzorek byl obohacen 5 % oproti standardu, vykazoval chléb významně vyšší hodnoty specifického objemu. Hodnoty,  $3,76 \pm 0,38 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $4,02 \pm 0,36 \text{ g.cm}^{-3}$ , pro kváskový chléb obohacené o potemníkovou mouku byly vyšší než střední hodnoty pro pšeničný chléb ( $2,55 \pm 0,17 \text{ g.cm}^{-3}$ ), které byly nejnižší (Roncolini et al. 2019).

Ve studii, kterou provedli de Oliveira et al. (2017), kde byly vzorky obohaceny o mouku vyrobenou ze švábů, došlo ke značným rozdílům objemu mezi jednotlivými pokusy a s rostoucí koncentrací přísadky švábí mouky se specifický objem snížil. Čím vyšší je koncentrace hmyzí moučky, tím větší je změna tvorby glutenové sítě, díky čemuž se snižuje viskoelastická síla těsta. Ta má následně negativní vliv na tvorbu pórů v konečném produktu, které se obtížně zvětšují a roztahují (de Oliveira et al. 2017).

### 3.3.6 Vlhkost

V rámci vlhkosti bylo porovnání prováděno u chleba obohaceného o mouku cvrččí, potemníkovou a mouku vyrobenou z much *H. illucens*. U posledního z dříve zmíněných vzorků byl naměřen nejvyšší obsah vlhkosti. Ten byl původně přisouzen rozdílné tloušťce kůrky, která byla ale po změření podobně silná jako u ostatních vzorků. Nakonec se došlo k závěru, že za zvýšenou vlhkost může zvýšený obsah tuku, který zabránil odpařování. Tento fakt byl potvrzen ve chvíli, kdy došlo k použití odtučněné formy této mouky a následnému naměření hodnot, které byly obdobné jako u neobohaceného vzorku. Další důvod, proč tomu tak bylo, by se dal přičíst vlivu přítomných tuků, které zabránily odpařování vody během pečení. Tento předpoklad byl vyvrácen ve chvíli, kdy byl pro výrobu použit stejný druh mouky v odtučněné verzi (González et al. 2019).

### 3.4 Nutriční složení obohaceného chleba

Cvrččí mouka je obecně skvělým zdrojem nutričně hodnotných sloučenin jako tuků, bílkovin a jiných mikroživin jako vápníku, železa a zinku (Ayieko et al. 2016). Nahrazení pšeničné mouky hmyzí má za následek změnu nutričních hodnot konečného produktu (Zielińska et al. 2015).

Obsah proteinů v obohaceném pečivu významně vzroste už při náhradě pouhých 5 % obilné mouky. Přidání 10 % cvrččího prášku vedlo ke 40% zvýšení obsahu bílkovin ve srovnání s kontrolními vzorky. Když bylo nahrazeno 20 % obilné mouky cvrččí moukou, množství bílkovin bylo dvojnásobné oproti neobohacenému výrobku (Machado et al. 2019). V důsledku nárůstu obsahu bílkovin došlo následně k poklesu obsahu cukrů. Ačkoli došlo ke změně poměru těchto dvou makroživin, nemělo to vliv na celkovou energetickou hodnotu pečiva (Pauter et al. 2018).

Obecně je pozorována korelace mezi množstvím přidané mouky a obsahem proteinu, tuků a vlákniny (de Oliveira et al. 2017). Použití 10 % cvrččí mouky mělo za následek zvýšení obsahu lipidů o 250 % oproti kontrolnímu vzorku. Zatímco u vzorků s přidávkou 20 % cvrččí mouky se obsah tuků zvýšil hned 3,5x oproti kontrole (Machado et al. 2019). Nejvyšší a střední hodnoty obsahu vlákniny byly naměřeny u pečiva obsahujícího 30 a 10 % cvrččí mouky, což mělo za následek přítomnost od  $2,44 \pm 0,11$  do  $2,00 \pm 0,14$  g vlákniny na 100 g produktu (Osmani et al. 2018), což je pouze o něco méně, než co EFSA označuje za potravinu s vysokým obsahem vlákniny, tj. 3 g na 100 g produktu (EFSA 2010).

V případě mikronutrientů došlo vlivem přidavku cvrččí moučky ke zvýšení obsahu vitamínu B12, železa, zinku a jódu. Naopak vzorky obsahovaly méně vitamínu A oproti vzorku, který byl místo hmyzí moučky obohacen o sušené mléko (Homann et al. 2017). Ten je důležitý pro růst a stimulaci růstového hormonu a je tedy potřeba do budoucna zjistit, zda jsou tyto růstové faktory přítomny i ve cvrčcích a zda mají pozitivní vliv na děti (Michaelsen 2013).

Pečivo připravené se dvěma různými procenty množství cvrččí mouky vykazovalo zvýšení obsahu esenciálních aminokyselin tyrosinu, valinu, methioninu a lysinu, které jsou hojně zastoupeny v cvrččí mouce. Byl ale zároveň pozorován pokles hladiny neesenciálních aminokyselin, tj. prolinu a glutamové kyseliny (Osmani et al. 2018).

V porovnání vlivu na nutriční vlastnosti finálního produktu při užití jiných hmyzích mouk, byl nejvyšší obsah bílkovin potvrzen u výrobku obohaceného o cvrččí mouku, který obecně obsahuje nejvyšší hodnoty této složky. Taktéž došlo k nárůstu obsahu minerálních látek a vlákniny. Ve vzorku, který obsahoval potměnkovou mouku, byl ve srovnání s ostatními vzorky významný rozdíl v množství obsahu nerozpustné vlákniny (González et al. 2019). Množství vlákniny je ovlivněné druhem hmyzu a především vývojovým stádiem (Rumpold & Schlüter 2013).

Užití potměnkové mouky vyvolalo zvýšení obsahu bílkovin v závislosti na rostoucím množství přidané mouky. Průměrný obsah bílkovin v chlebech s 10 % potměnkové moučky se zvýšil o 27 % v porovnání s chlebem obohaceným o 5 %, kde množství bílkovin stoupl o 12 % (Roncolini et al. 2019).

Pokud jde o obsah tuků, byl zjištěn stejný trend. Při přidávku 5 % prášku z potměníka se hodnoty zvýšily z původních  $0,09 \pm 0,02$  % na  $0,48 \pm 0,02$  % a při dvojnásobném množství, tj. 10 % prášku, obsah tuku narostl na  $1,11 \pm 0,04$  %. Výsledky jsou zároveň v souladu se závěry,

kteří uvádí Osimani et al. (2018) a González et al. (2019). Na základě těchto zjištění se do budoucna doporučuje úprava množství obsahu tuku, tj. odtučňování, aby se získal více vyvážený obohacený chléb (de Oliveira et al. 2017).

Pekařský výrobek, který byl obohacen o 5 % švábí mouky, obsahoval 7,88 % bílkovin, v případě přidavku dvojnásobného množství mouky se hodnota vyšplhala na 12,53 %, což znamenalo celkové navýšení bílkovin o 49,16 % oproti kontrolnímu vzorku. V případě 15% přidavku bylo zjištěno 14,67 % bílkovin (de Oliveira et al. 2017).

### 3.5 Senzorická analýza

Výrobek, který je atraktivní svým nutričním složením a svými pozitivními zdravotními účinky, musí být pro zákazníka zároveň přitažlivý pro strážce sensorické (Sun-Waterhouse & Wadhwa 2013). Studie ukázala, že mezi konzumenty existuje psychická bariéra, která brání v konzumaci hmyzu, ale začlenění mouky z něho vyrobené do běžných potravin by mohlo být řešení a následně zvýšit jeho přijetí ze strany spotřebitelů (Ayieko et al. 2016; Hamerman 2016). Obohacení pečiva může s sebou nést krom pozitivních nutričních změn i negativní sensorické, jako jsou změna vzhledu, chuti, barvy, textury nebo vůně, které mohou preference spotřebitelů ovlivňovat (Pambo et al. 2018). Před komercializací potravinářských produktů z cvrččí mouky by mělo být velice pečlivě zváženo optimální množství přidavku z důvodu výrazného vlivu na chuť a celkový dojem finálních produktů. Není cílem přidat co nejvyšší množství cvrččí mouky, ale najít vhodný střed mezi sensorickou atraktivitou a nutriční hodnotou (Alemu et al. 2016).

Cvrččí mouka je produkována z dospělých jedinců, jejichž tělo je tvořeno exoskeletem. Mezi potravu, kterou primárně přijímají, lze zařadit trávu, což má za následek silné luštěninové až zemité aroma, podobné korýšům a středně až tmavě hnědou barvu s viditelnými hrubozrnnými částicemi jako pozůstatky exoskeletu. Oproti tomu mouka, která je vyráběna z larev potemníka, kteří se běžně živí obilnými otrubami, se vyznačuje sladkou, až téměř ořechovou příchutí s ořechovým až kakaovým nádechem. I barva je díky tomu o něco světlejší a pohybuje se mezi světle až středně hnědou barvou (Roncolini et al. 2019). Vzhledem k těmto charakteristikám by mohla být textura, vůně nebo barva produktu obohaceného o cvrččí mouku shledávána jako méně atraktivní (Roncolini et al. 2019).

Netypická příchut' může být způsobena uvolněním aromat v důsledku jiného složení tuků. Obecně jsou potravinářské příchutě spojeny těsněji s lipidy než s proteiny a sacharidy. Například profil mastných kyselin, který byl obsažen v *H. illucens*, obsahoval poměrně vysoký obsah nenasycených mastných kyselin, které mohly být spojeny s nepříjemnými vůněmi během pečení (Sprangers et al. 2017).

V testování, které provedli Pauter et al. (2018), kde se sensoricky ochutnávaly muffiny, se u produktů zaměřili především na hodnocení celkového dojmu, barvy, chutě, vůně a textury. Pšeničná mouka byla v produktech nahrazena 2, 5 a 10 % cvrččí mouky. Veškeré vlastnosti byly zaznamenávány do 9bodového žebříčku hedonické škály. Kontrolní vzorky získaly nejvyšší hodnocení vzhledu v porovnání se vzorky obohacenými. Přidání cvrččí mouky změnilo vzhled a barvu, což spotřebitelé vnímali jako neatraktivní. Avšak na druhou stranu, velice kladně ohodnotili chuť a texturu oproti kontrole. Muffiny s 2, 5 a 10 % cvrččí mouky byly významně měkčí oproti kontrolnímu vzorku, s čímž souvisí i nižší hodnoty vynaloženého

úsilí ke žvýkání, kde byl taktéž potvrzen statisticky významný rozdíl. Stejně tak pozitivně shledávali chuť, kde obohacené vzorky s 2, 5 i 10 % přídavku získaly významně vyšší hodnocení (7,1; 7,0; 6,9) oproti vzorku kontrolnímu, který získal pouze 6,2 bodů. Avšak přídavek mouky se podepsal na vůni, která kazila vnímání celého produktu. Na základě veškerých výsledků by spotřebitelé shledávali vzorek s 2 % přídavku jako akceptovatelný.

Dále se na testování přijatelnosti spotřebiteli zaměřili Homann et al. (2017), kteří pomocí 5bodové hedonické stupnice hodnotili organoleptické vlastnosti, jako jsou vzhled, barva, vůně, chuť, struktura a celkový dojem. V tomto případě byla cvrččí mouka použita u sušenek v množství 10 %, které se porovnávaly vůči kontrolním vzorkům, kde bylo použito 10 % sušeného mléka. Celkový průměr každé organoleptické vlastnosti byl klasifikován nad průměrem u obou typů sušenek. Struktura a vůně byly u sušenek s cvrččí moukou hodnoceny pod 4, zbytek vlastností získal více jak 4 body z 5. Celkové hodnocení a hodnocení vzhledu, vůně a struktury bylo obecně výrazně vyšší u kontrolních sušenek se sušeným mlékem oproti obohaceným kusům.

Oblíbenost produktů obohacených o cvrččí mouku zkoumali i Osimani et al. (2018). Celkový dojem byl zaznamenáván do 9bodového hedonického hodnocení. V pečivu bylo nahrazeno 10 a 30 % pšeničné mouky. Chleby se zároveň lišily použitím kypřidla. U jedné várky bylo použito droždí, u druhých vzorků došlo k užití kypřicího prášku. Nejvyšší výsledky akceptačních testů ze strany spotřebitele, bez ohledu na použité kypřidlo, získaly kontrolní vzorky (7,2). Naopak nejnižší statisticky průkazný výsledek (2,3) získaly vzorky s 30 % přídavku. Chleby obsahující 10 % cvrččí mouky získaly střední průměrné hodnoty sympatií (4,3), které se taktéž statisticky lišily oproti standardu. Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že množství přídavku značně ovlivňuje přijetí produktů spotřebitelem kvůli značné změně chuti.

Dále se sensorickým hodnocením zabývali Burt et al. (2018), kde došlo k hodnocení obohacených muffinů. Výsledky byly zaznamenány na hedonickou stupnici o 5 bodech oblíbenosti. K zamaskování případné rozdílnosti barvy mezi vzorky byla použita čokoláda, která tento znak potlačila. V receptu cvrččí moučka nahradila mouku pšeničnou v plném rozsahu. Recept obohaceného muffinu byl zároveň dopraven tak, aby byl produkt zákazníky shledáván jako co nejatraktivnější. Nakonec v celkovém hodnocení si vzorky vedly poměrně stejně dobře. Celkové hodnocení pro kontrolní vzorky se pohybovalo kolem 3,7, zatímco obohacené vzorky získaly 3,6 bodů. V dotazníku byli spotřebitelé dotazováni na porovnání s dřívější zkušeností, kdy muffiny byly hodnoceny jako srovnatelné a mezi oběma skupinami nebyl statisticky významný rozdíl. Struktura muffinů byla významně výše ohodnocena u vzorků, které byly obohaceny o cvrččí mouku, kdy průměrné skóre bylo 3,8 oproti neobohaceným vzorkům, které získaly pouze 3,2. Účastníci, kteří se podíleli na hodnocení, se zmínili o doznívání chuti, která nebyla nikterak nepříjemná, ale dlouho přetrvávající. Zároveň se shodli, že kusy obohacené o cvrččí mouku byly vlhké a měly celkově lepší strukturu a chuť. I přes to, že cvrččí muffiny byly velmi oblíbené, vyhodnocení výsledků ukázalo vůči nim více negativních ohlasů. Zároveň v této studii byl vzorek s cvrččí moukou prezentován jako „produkt s vysokým obsahem bílkovin“. Takovéto zdravotní tvrzení může ovlivnit vnímání sensorických vlastností (Behrens et al. 2007).

Pambo et al. (2018) použili cvrččí mouku k obohacení typického anglického pečiva „scones“, které lze svou chutí přirovnat k české vánočce. V původním receptu bylo nahrazeno

10 % mouky. 5bodový dotazník hédonického hodnocení organoleptických vlastností byl zaměřen na sladkost, vůni, barvu, texturu, chuť a drobivost. Prostřední hodnota hodnocení byla označována jako „tak akorát“. Tázání vyplňovali dotazník nejprve před ochutnáním pouze na základě vizuálního vnímání a následně po ochutnání, kdy mohlo být zapojeno vnímání skrze hmat, čich a chuť. V závěru došlo k porovnání a vyhodnocení těchto dvou dotazníků. Na základě výsledků vyplývá, že dotazovaní očekávali mnohem větší sensorické změny oproti neobohacenému pečivu. Po ochutnání se hodnocení od spotřebitelů významně lišilo oproti hodnocení na základě očekávání. Strach z nepříjemné vůně byl po ochutnání vyvrácen ziskem průměru 2,92. Mnoho dotázaných překvapila dobrá textura a chuť oproti očekávání, kde došlo k průměrnému zisku 3,11 pro oba atributy. Zároveň ze strany dotázaných došlo i k pozitivnímu ocenění soudržnosti, kde se průměrná hodnota vyšplhala na 3,16 oproti původním 2,76.

V testování, které proběhlo v Keni mezi místním obyvatelstvem, se porovnávaly bulky bez přídavku cvrččí mouky oproti pečivu s nahrazením 5 a 10 % pšeničné mouky. Veškeré vjemy se zaznamenávaly do 9bodové hedonické stupnice, kde se konkrétně dotazovalo na chuť a celkové hodnocení. S největší oblibou se setkaly housky se střední hodnotou přídavku, tj. 5 %. Chuť těchto produktů si získala signifikantně vyšší hodnotu 6,80 oproti 6,32 u neobohaceného pečiva a 6,33 u pečiva s nejvyšší hodnotou přídavku. Celkové hodnocení bylo nejvyšší u housek s přídavkem 5 % cvrččí mouky. Ač se nejednalo o statisticky významný rozdíl, průměrná hodnota pro tento vzorek byla rovna 6,89 oproti 6,31 pro produkt s přídavkem 10 % mouky a 6,65 pro vzorek bez přídavku. Sensorická část experimentu tedy ukázala nejvyšší preferenci u housek se střední hodnotou přídavku, nicméně oblíbenost byla heterogenní. Měštští spotřebitelé ocenili obohacené pečivo mnohem více než venkovské obyvatelstvo z důvodu lepšího přístupu k informacím a vyššího povědomí o konzumaci jedlého hmyzu (Alemu et al. 2017).

Pambo et al. (2018) se ve svém dotazníku zaměřili především na atributy jako sladkost, vůně, barva, měkkost, chuť a drobivost. Testování se zúčastnily 3 skupiny zúčastněných, kdy jedni dostali základní neutrální informace, druhí dostali informace, které mluvily o přínosech konzumace obohaceného pečiva, a poslední skupina dostala informace o vnímaných negativních sensorických vlastnostech. V konečných výsledcích byl potvrzen vliv podaných informací, kdy hodnotitelé s pozitivními informacemi nahlíželi na pečivo mnohem optimističtěji, zatímco hodnocení skupinou, která obdržela negativní informace, bylo statisticky průkazně odlišné. Zajímavé je, ač skupina dostala pozitivní informace a měla ponětí o benefitech, zápach hodnotila hůře než skupina negativní, která k tomu měla předpoklady na základě podaných informací.

V měření, které provedli González et al. (2019), kde porovnávali vliv mouky cvrččí, poterníkové a z much v přídavku 5 %, nejvíce signifikantních rozdílů bylo naměřeno v rámci užití mouky z much. V případě užití cvrččí mouky, nebyl zaznamenán významný rozdíl oproti neobohacenému pečivu v hodnocení objemu, tvrdosti, pružnosti, žvýkavosti ani v odolnosti. Jediné atributy, které byly významně odlišné, byly soudržnost a barva.

Roncolini et al. (2019) použili ve svém výzkumu místo cvrččí mouky poterníkovou, která není až tak tmavá, tak by se nemusela setkat až s takovým odmítnutím kvůli barevné odlišnosti oproti normálu. V tomto dotazníku zajímal autory názor především na celkový dojem. Pšeničná mouka byla nahrazena z 5 a 10 % a ke zhodnocení sensorických vjemů byla použit 9bodový dotazník příjemnosti. Po vyhodnocení všech dotazníků si nejvyšší sympatie



získalo kontrolní pečivo se skóre 7,7. Obohacené pečivo se statisticky lišilo od standardu, avšak rozdílné množství přídavku nemělo vliv na výsledky mezi vzorky s 5 a 10 % přídavku. V případě 5% přídavku bylo pečivo hodnoceno 6,5 a v případě přídavku 10 % si pečivo získalo 6,2. Tyto výsledky byly porovnány s výzkumem, který provedli Osimani et al. (2018), kde použili cvrččí mouku a v porovnání sensorických výsledků chutě, byla vyšší přijatelnost shledána u pečiva, které bylo obohaceno moukou z potměníka. Tento fakt lze vysvětlit rozdílnou chutí těchto dvou mouk, které jsou pravděpodobně spojeny s feromony vyskytujícími se na povrchu těla cvrčka, druhem krmiva nebo přítomností exoskeletu (Kulma et al. 2019).

De Oliveira et al. (2017) ve svém výzkumu obohatili housky o mouku ze švábů. Množství přídavku bylo 5, 10 a 15 %. Účastníci své vjemy zaznamenávali do dotazníku přijatelnosti s 9bodovou škálou a k degustaci jim byl předkládán chléb s 10% přídavkem. Tento produkt byl zvolen z důvodu nejlepších nutričních vlastností a zároveň s nejmenší barevnou odchylkou od celozrnného neobohaceného chleba. V dotazníku se autoři zaměřili na vnímání celkového dojmu, barvy, aroma, flavoru a textury. Index přijatelnosti byl ve všech analyzovaných parametrech vyšší jak 75 %, Jak říkají Spehar & De Barros (2002), aby byl výrobek přijatelný z hlediska sensorických vlastností, musí ve všech atributech získat hodnocení vyšší jak 70 %. Parametr flavor (chuť a vůně) byl shledán jako nejnižší (76 %), ale stále splňující nejnižší hranici. Naopak barva a textura byly hodnoceny velice vysoko, kolem 85 %.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Příprava pečiva

#### 4.1.1 Materiál

K přípravě pečiva obohaceného cvrččí moučkou byla použita pšeničná mouka T530 (GoodMills Česko s.r.o., mlýn Litoměřice) a cvrččí moučka světlá a tmavá. Hmyzí moučky byly škole dodány firmou SENS Food Ltd., které byly vyrobeny namletím cvrčků. Ti byli nejprve usmrceni mrazem, usušení a následně namletí. K výzkumu byly použity dva druhy hmyzích mouček, které se lišily barvou. To bylo způsobeno rozdílnou technologií přípravy. Světlá moučka byla sušena sprejově (cvrčci byli rozemletí s vodou na mokrou kaši a sušení ve sprejovém cyklónu), zatímco tmavá klasicky v sušárně (umytí cvrčků a usušení horkým vzduchem). Bližší podrobnosti bohužel nebyly výrobcem sděleny. Obohacené mouky byly připraveny přidávkem cvrččí moučky v následujícím množství (viz tabulka 1) nahrazením mouky pšeničné.

Tabulka 1 - Složení mouk dle použitých surovin

| Složení                                    | Pšeničná mouka (%) | Cvrččí moučka (%) |
|--|--------------------|-------------------|
| Pšeničná mouka T530                        | 100                | 0                 |
| Pšeničná mouka T530 + světlá cvrččí moučka | 95                 | 5                 |
| Pšeničná mouka T530 + světlá cvrččí moučka | 92                 | 8                 |
| Pšeničná mouka T530 + světlá cvrččí moučka | 90                 | 10                |
| Pšeničná mouka T530 + tmavá cvrččí moučka  | 95                 | 5                 |
| Pšeničná mouka T530 + tmavá cvrččí moučka  | 92                 | 8                 |
| Pšeničná mouka T530 + tmavá cvrččí moučka  | 90                 | 10                |

#### 4.1.2 Přístroje

Pračka (Brabender, Německo)

Farinograf (Brabender, Německo)

Kynárna (Chirana, TER 3, Československo)

Pekárna (Bake Off Italiana, Barbake Maxi, Itálie)

### 4.1.3 Metodika přípravy pečiva

Pečení proběhlo ve dvou experimentech, kdy v prvním byly vytvořeny vzorky se všemi přísadami uvedenými v Tabulce 1. Po zhodnocení velikostních parametrů pečiva se vzorky zamrazily na teplotu -18 °C (nebyl v tu dobu k dispozici sensorický hodnoticí panel) a až po 4 měsících došlo k jejich rozmrazení a sensorickému zhodnocení. Ve druhé etapě došlo k pečení vzorků s koncentrací 8 % cvrččí moučky, kde po vychlazení a zhodnocení parametrů pečiva došlo i k okamžitému sensorickému zhodnocení.

K přípravě vzorků byla použita standardní receptura obsahující 300 g mouky, 12 g droždí, 3 g másla, 4,5 g cukru, 1,5 g Diasty<sup>1</sup> (Enzyrna, Brno) a 5,1 g soli. V případě obohacených vzorků cvrččí moučkou došlo k náhradě procentuální části běžné mouky daným substituentem (Tabulka 1). Příprava obohacené mouky probíhala smícháním těchto mouk a homogenizováním pomocí míchačky sypkých vzorků po dobu 15 minut, kde došlo k dokonalému promísení těchto dvou surovin.

Těsto bylo připraveno z výše uvedené receptury na záraz ze všech surovin. Množství přidané vody bylo zjištěno na základě vaznosti vody, které jsou uvedeny ve výsledcích společně se všemi vlastnostmi těsta. Přidaná voda byla vytemperovaná na 30 °C.

Reologické vlastnosti těsta se stanovovaly dle technické normy ČSN ISO 5530-1, která se zabývá pšeničnou moukou a fyzikálními charakteristikami těst. Kromě vaznosti vody se u těsta pomocí farinografu určoval zároveň vývin těsta, stabilita těsta a pokles konzistence.

Vaznost nám vyjadřuje, jaké množství vody do těsta přidat, aby bylo dosaženo ideální konzistence, a je uváděna v %. Vývin těsta nám říká, za jak dlouhou dobu od přísady vody po minutovém zahřívání mouky na 30 °C dosáhne křivka záznamu z farinografu maximální hodnoty. Tato vlastnost je vyjádřena v minutách. Dále lze z křivky vyčíst stabilitu těsta, která je měřena v minutách od chvíle, kdy graf poprvé a podruhé protne osu s 500 farinografickými jednotkami (FJ). Na závěr lze vyhodnotit pokles konzistence, který je vyjádřen ve farinografických jednotkách a je popsán plochou, která byla naměřena 12 minut po dosažení maxima. Následně se odčítá od osy s 500 FJ do středu vzniklého grafu.

Těsto bylo po vytvoření umístěno na 45 minut do kynárny za teploty 30 °C. Po uplynutí času bylo těsto rozděleno na klonky po 80 g a následně vloženo na 50 minut do kynárny na dokynutí. Teplota kynutí se neměnila. Po uplynutí daného času byly nakynuté klonky přesunuty do pece, která byla vyhřátá na 240 °C. Klonky byly pečeny po dobu 14 minut s přísadou 75 ml destilované vody, aby docházelo ke zvlhčování těsta vzniklou parou. Po upečení byly klonky chlazeny na vzduchu po dobu 90 minut a následně sensoricky zhodnoceny dle standardního postupu hodnocení při pekařském pokusu. U pečiva byl stanoven vedoucí laboratoře za mé asistence objem pečiva, měrný objem a sensorický profil dle formuláře, viz tabulka 2.

---

<sup>1</sup> Sladová moučka získaná ze sladu. Obsahuje diastatické enzymy, které pomáhají rozkvasit silnou mouku s nízkou aktivitou enzymů.

Tabulka 2 – Senzorické hodnocení pečiva

| Znak                          | KD* | 5   | 4  | 3  | 2                                     | 1   |
|-------------------------------|-----|---|--|--|---------------------------------------|---|
| Tvar výrobku                  | 1   | Dobře klenutý                             | Středně klenutý                                | Méně klenutý                                 | Kulatý                                | Velmi nízký, nepravidelný                                   |
| Barva kůrky                   | 1   | Normální<br>Typicky pečivová<br>Lesklá    | Tmavší lesklá                                  | Světlejší lesklá                             | Tmavá matná                           | Velmi světlá matná  |
| Parcelace                     | 1,5 | Velmi dobrá                               | Dobrá  | Méně výrazná                                 | Málo výrazná                          | Neznatelná  |
| Vlastnosti střídky – pružnost | 1,5 | Velmi dobrá<br>Jemná                      | Dobrá<br>Jemná                                 | Dostatečná                                   | Nízká<br>Drolivá střídka              | Nepružná<br>Lepivá  |
| Pórovitost střídky            | 1,5 | Rovnoměrná<br>Jemné stěny<br>Střední póry | Méně rovnoměrná<br>Jemné stěny<br>Střední póry | Nerovnoměrná<br>Hrubší stěny<br>Menší dutiny | Nerovnoměrná<br>Hrubé stěny<br>Dutiny | Nerovnoměrná<br>Hrubé stěny<br>Husté póry<br>Odfouklá kůrka |
| Celkový chuťový vjem          | 2   | Velmi dobrý<br>Typický<br>Pečivový        | Dobrá  | Méně dobrý                                   | Mdlý                                  | Cizí příchut'<br>Cizí pach                                  |
| Technické vlastnosti těsta    | 2   | Velmi pružné<br>Nelepivé                  | Pružné<br>nelepivé                             | Méně pružné                                  | Málo pružné<br>Poněkud lepivé         | Nepružné<br>Lepivé  |

\*koeficient důležitosti

#### 4.1.4 Senzorické hodnocení pečiva

Senzorické hodnocení pečiva s přidavkem cvrččí moučky bylo provedeno ve dvou etapách, kdy prvního hodnocení čerstvě upečených vzorků se zúčastnilo 23 školených hodnotitelů ve věkovém rozmezí 17 až 49 let a druhého hodnocení, kde se posuzovaly rozmrazené vzorky, se zúčastnilo 12 školených hodnotitelů ve věkovém rozmezí 23 až 31 let.

Dotázaní hodnotili vzorky na základě intenzity a příjemnosti metodou senzorického profilu a své vjemy zaznamenávali do formuláře s lineárními nestrukturovanými grafickými stupnicemi. Stupnici představuje 10cm úsečka, u které byla vyznačena její orientace. Výsledek hodnocení byl vyznačen v místě, který dle hodnotitele odpovídal síle vjemu (0 % stupnice = hodnota 0, 100 % stupnice = hodnota 1).

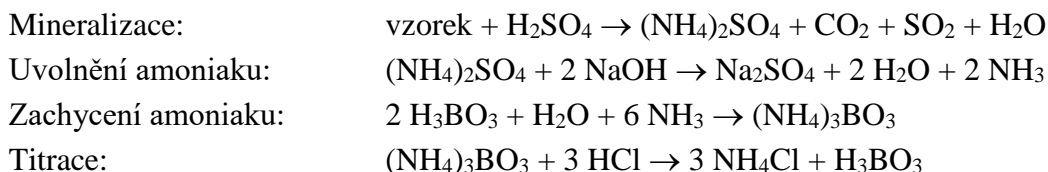
Při senzorickém hodnocení byly hodnoceny tyto atributy: barva, vůně, textura, soudržnost, tvrdost, celková příjemnost chuti, celková intenzita chuti, intenzita sladké, oříškové, kávové, zemité a luštěninové chuti a celkové hodnocení vzorku. Vzor formuláře je uveden v příloze č. 1-8 společně s výsledky senzorického hodnocení všech hodnotitelů.

## 4.2 Metodika stanovení hrubého proteinu

### 4.2.1 Kjeldalova metoda

Principem této metody je stanovení celkového množství dusíku, které odpovídá obsahu látek bílkovinné a nebílkovinné povahy. Vzorek je nejprve mineralizován, kde dojde k převedení organického dusíku pomocí kyseliny sírové na amonnou sůl. Následně po přidavku

hydroxidu sodného dojde během destilace k uvolnění amoniaku, který je jímán kyselinou boritou. Vzniklý boritan amonný se titruje roztokem HCl.



Metoda slouží jako referenční dle ČSN EN ISO 8968-1 (57 0528) a současně jako metoda pro kalibraci přístrojů pro automatické stanovení bílkovin. Množství obsaženého dusíku se vynásobí koeficientem 6,25, což odpovídá 16 % dusíku bílkovinné povahy.

#### 4.2.1.1 Materiál

##### 4.2.1.1.1 Chemikálie

1 Kjeltab tableta (Thompson & Capper Ltd.)

98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Penta s.r.o.)

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Lach-ner s.r.o.)

NaOH (Lach-ner s.r.o.)

0,1M HCl (Lach-Ner)

NaOH (ZMBD Chemik s.r.o.)

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (ZMBD Chemik s.r.o.)

##### 4.2.1.1.2 Přístroje

Spalovací blok (Box 70 E, Foss, Švédsko)

Kjeltec (Kjeltec™ 2400, Foss, Švédsko)

#### 4.2.1.2 Postup

K 0,2 g vzorku byla do mineralizačních tub přidána 1 tableta pro mineralizaci (Kjeltab), 10 ml 98% kyseliny sírové a 10 ml peroxidu vodíku. Následně byly trubice posazeny do plechového stojanu a umístěny do spalovacího bloku. Po nasazení odsávače par bylo spuštěno chlazení pomocí vodní vývěvy.

Mineralizace byla prováděna po dobu 45 min při teplotě 420 °C. Po uplynutí této doby byly tuby vychlazeny a následně, po zbarvení do jasně modré, bylo k zmineralizovaným vzorkům přidáno 10 ml destilované vody.

Přístroj Kjeltec 2400™ byl nejprve zkalibrován pomocí slepého vzorku, následně byly naměřeny jednotlivé vzorky. Zmineralizovaný vzorek po přidavku destilované vody byl smíchán s NaOH, čímž došlo k uvolnění amoniaku. Ten byl následně zachycen přidanou kyselinou boritou za vzniku její soli. Na předchozí krok bylo navázáno titrací, kdy jako titrační roztok byla použita 0,1M kyselina chlorovodíková.

Výsledné hodnoty vycházely z přímo zadaných navážek. Výsledek nám udával množství hrubého proteinu v %.

## 4.3 Metodika stanovení aminokyselin

### 4.3.1 Kyselá hydrolýza

Vázané aminokyseliny je nutné uvolnit z bílkovinného řetězce hydrolýzou pomocí kyseliny chlorovodíkové za zvýšené teploty v inertní atmosféře. Z hydrolyzátu se odstraní kyselina chlorovodíková odpařením.

#### 4.3.1.1 Materiál

##### 4.3.1.1.1 Chemikálie

6M HCl (Lach-ner s.r.o.)

Plynný dusík (Linde Gas, a.s.)

Redestilovaná (demineralizovaná) voda

Ředící pufr (kyseliny citrónová, citronan sodný, thiodiglykol, ZMBD Chemik s.r.o.)

##### 4.3.1.1.2 Přístroje

Sušárna (UFB 500, Memmert, Německo)

Rotační vakuová odparka (Laborota 4000 – Efficient, Heidolph, Německo)

Středotlaký kapalinový chromatograf (Amino Acid Analyzer 400, Ingos, Česká republika)

#### 4.3.1.2 Postup

Byly naváženy 0,2 g vzorku cvrččí moučky, které byly nasypány do teflonových nádob. Moučka byla smáčena etanolem a následně bylo přidáno 50 ml 6M HCl, která byla připravena smícháním destilované vody a 35% HCl v poměru 1:1. Vzorek smíchaný s etanolem a HCl byl probublán plynným dusíkem, aby byl odstraněn přebytečný vzduch. Následně byl vzorek hydrolyzován v sušárně při 110 °C po dobu 23 hodin. Po uplynutí této doby byl vzorek přefiltrován.

Přefiltrovaný vzorek byl nalit do varné baňky. Vzorek byl odpařován na vakuové odparce při 60 °C a 60 otáčkách za minutu po dobu cca 10 minut, dokud nedošlo k zahuštění do sirupovité konzistence. Poté byla 3x přidána destilovaná voda a znovu odpařena. Během tohoto procesu byl vzorek zbaven zbytků HCl. Zahuštěný vzorek byl kvantitativně převeden pomocí pufru do 50ml odměrné baňky a doplněn po rysku. Ředící pufr má zároveň úlohu jako mobilní fáze. Z takto připraveného vzorku byl odebrán 1 ml k analýze na středotlakém kapalinovém chromatografu.

Analýza je založena na metodě iontovýměnné chromatografie s postkolonovou derivatizací ninhydrinem. Jednotlivé aminokyseliny jsou eluovány na základě rozdílných hodnot isoelektrických bodů. Kromě zmíněné “kyselosti” aminokyseliny mají na pořadí jejich eluce z kolony vliv efekty prostorové a hydrofobní. Jednotlivé složky byly detekovány pomocí spektrofotometrického detektoru.

Jako stacionární fáze v koloně byl užit silně kyselý katex (Ingos s.r.o.), tvořený porézními a do jisté míry stlačitelnými kuličkami síťovaného a dodatečného sulfonovaného

polystyrenu<sup>2</sup>. Konkrétně byl použit ionex s označením Ostion Poly8. Jeho velikost částic je 8  $\mu\text{m}$ . Maximální průtok kolony byl 10 ml/min nebo při maximálním tlaku 20 MPa, dle toho, co nastalo dříve po dobu 20 min.

#### 4.4 Statistické vyhodnocení

K vyhodnocení výsledků byl použit program STATISTICA 12 (StatSoft, Inc.). Statistické rozdíly mezi vzorky byly vyhodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s následným zkoumáním existujících rozdílů Tukey-testem při zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Jednotlivé závislosti mezi vlivem přídatku a změnami v těstě a finálním výrobky byl vyhodnoceny korelační analýzou při zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

---

<sup>2</sup> Pryskeřice je kopolymerem styrenu a divinylbenzenu. Nejčastěji používané ionexy pro separaci aminokyselin mají zrnění 5-12  $\mu\text{m}$  a sítění 4-8%.

## 5 Výsledky

### 5.1 Výsledky stanovení reologických vlastností těsta

V Tabulkách č. 3 a 5 jsou uvedeny výsledky farinografického hodnocení těsta z obou etap pečení, kdy těsto bylo připravováno s přídatkem 5, 8 a 10 % cvrččí moučky. V hodnocení těsta jsme se zaměřili na vaznost vody, vývin a stabilitu těsta a následně na pokles konzistence.

Vaznost by se v ideálním případě měla pohybovat mezi 58-60 %. Z výsledků vyplývá, že přídatek cvrččí mouky neměl za následek nikterak významný vliv na tuto vlastnost. Hodnoty se pohybují v téměř stejném rozmezí.

U vývinu těsta můžeme sledovat menší rozdíly. Těsto, do něhož byla přidána cvrččí moučka, vykazovalo kratší dobu vývinu v některých případech až o 1,5 minuty. Největší rozdíl byl pozorován u těsta s přídatkem 8 % světlé cvrččí moučky. Naopak stejný čas, jako u pšeničné mouky, byl naměřen u těsta s přídatkem 5 a 8 % tmavé cvrččí moučky.

Co se stability těsta týče, většina vzorků s obohacenými moukami vykazovala nižší hodnoty oproti vzorku, kde byla použita čistá pšeničná mouka. Stabilita těsta s přídatkem 8 a 10 % cvrččí moučky se pohybovala okolo 3,5-3,75 minuty oproti standardu, kde byla stabilita těsta naměřena okolo 5,5 minuty.

Pokles konzistence byl naměřen vyšší u vzorků, kam byla přidána cvrččí moučka. Oproti 60 FJ u standardu se hodnoty obohacených těst pohybovaly mezi 70-120 FJ. Tyto hodnoty odpovídají faktu, že naopak stabilita byla u obohacených těst kratší.

Tabulka 3 – Farinografické hodnocení těsta – 1. etapa

| FARINOGRAFICKÉ MĚŘENÍ            |                  |                    |                        |                         |
|----------------------------------|------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| vzorek                           | vaznost vody (%) | vývin těsta (min.) | stabilita těsta (min.) | pokles konzistence (FJ) |
| T530                             | 61,5             | 4,5                | 5,5                    | 60                      |
| T530 + 5 % světlé cvrččí moučky  | 61,6             | 4,0                | 5,5                    | 70                      |
| T530 + 8 % světlé cvrččí moučky  | 61,4             | 3,0                | 3,75                   | 100                     |
| T530 + 10 % světlé cvrččí moučky | 61,1             | 3,5                | 3,5                    | 120                     |
| T530 + 5 % tmavé cvrččí moučky   | 61,7             | 4,5                | 5,0                    | 70                      |
| T530 + 8 % tmavé cvrččí moučky   | 61,4             | 4,5                | 3,75                   | 90                      |
| T530 + 10 % tmavé cvrččí moučky  | 61,7             | 4,25               | 3,75                   | 90                      |

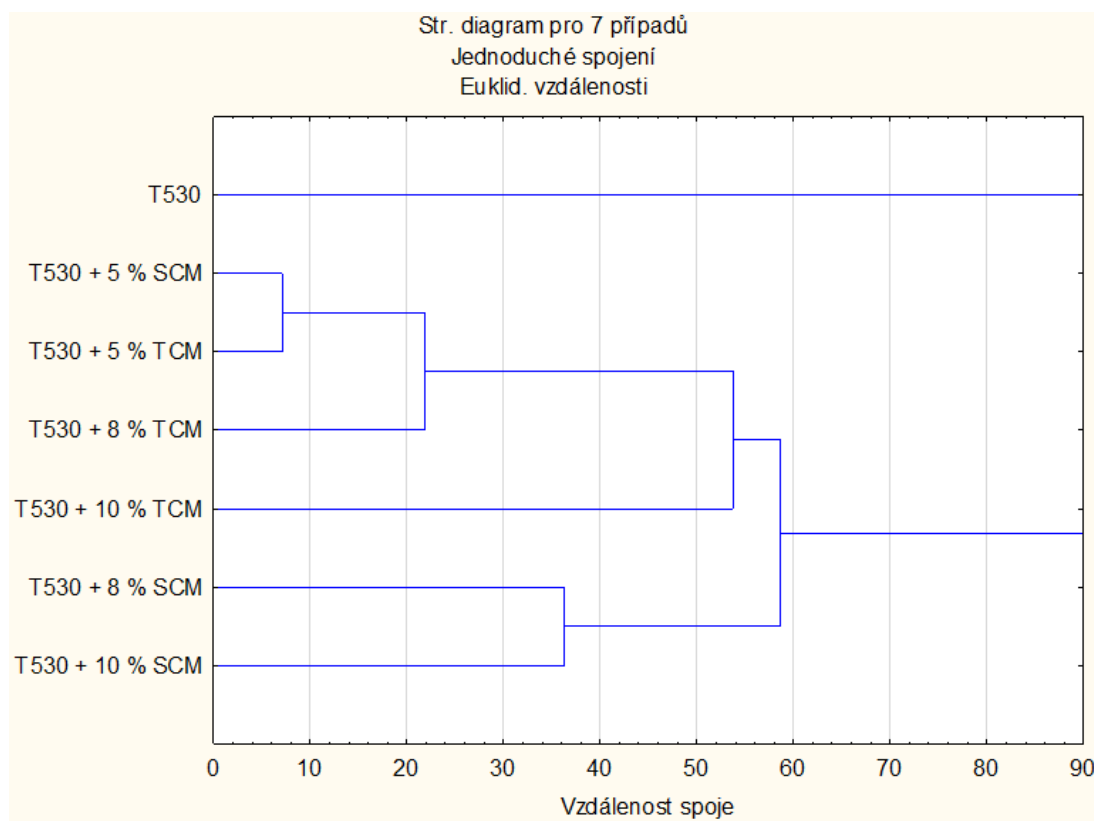


Tabulka 4 – Korelační analýza vlivu množství přidané cvrččí moučky na reologické vlastnosti těsta

| Proměnná                | Korelace (Tabulka 1)  |          |                      |                            |
|-------------------------|---|----------|----------------------|----------------------------|
|                         | Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$<br>N=7 (Celé případy vynechány u ChD) |          |                      |                            |
|                         | Průměry   | Sm.odch. | Množství<br>přídavku | Pokles<br>konzistence (FJ) |
| Množství přídavku       | 6,57143   | 3,55233  | 1,000000             | <b>0,854732</b>            |
| Vaznost vody (%)        | 61,48571  | 0,21157  | -0,319967            | -0,739305                  |
| Vývin těsta (min)       | 4,03571   | 0,58503  | -0,452538            | -0,673318                  |
| Stabilita těsta (min)   | 4,39286   | 0,89974  | <b>-0,890206</b>     | <b>-0,901184</b>           |
| Pokles konzistence (FJ) | 85,71429  | 20,70197 | <b>0,854732</b>      | 1,000000                   |

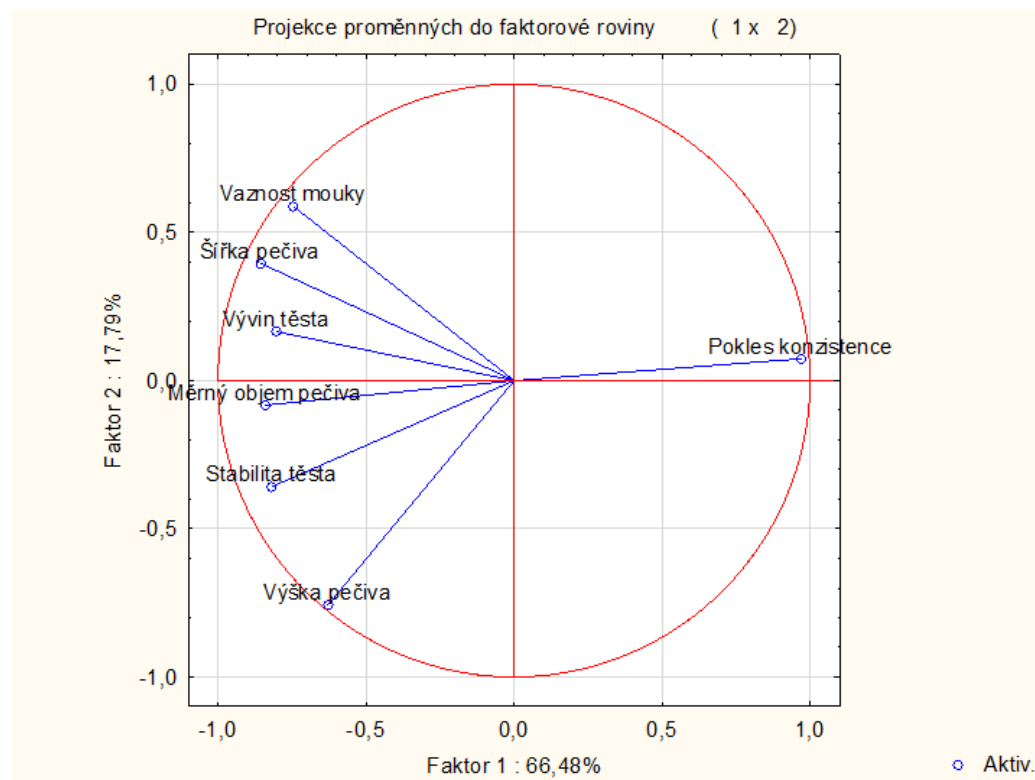
V tabulce 4 můžeme vidět statistické vyhodnocení korelací mezi množstvím přídavku cvrččí moučky a reologickými parametry těsta. Mezi množstvím přídavku a stabilitou těsta, jakožto i následném poklesu konzistence byly zjištěny statisticky významné silné závislosti. S rostoucím přídavkem cvrččí mouky vzrostla hodnota poklesu konzistence, což mělo negativní vliv na stabilitu těsta, která poklesla. U vzorků, které nalezneme v tabulce č. 5 níže, z důvodu menšího počtu vzorků žádná závislost potvrzena nebyla.

Graf 1 – histogram 7 vzorků (reologické vlastnosti těsta + parametry pečiva)



V grafu 1 je vyobrazen histogram, který byl vyhodnocen na základě získaných dat z reologického měření a finálních parametrů pečiva. Z grafu lze vyčíst největší podobnost mezi vzorky s přidavkem 5 % světlé cvrččí moučky a s přidavkem 5 % tmavé cvrččí moučky. V grafu 1 se nejvíce se odlišoval vzorek bez přidavku cvrččí moučky.

Graf 2 – PCA analýza – 7 vzorků (reologické vlastnosti těsta + parametry pečiva)

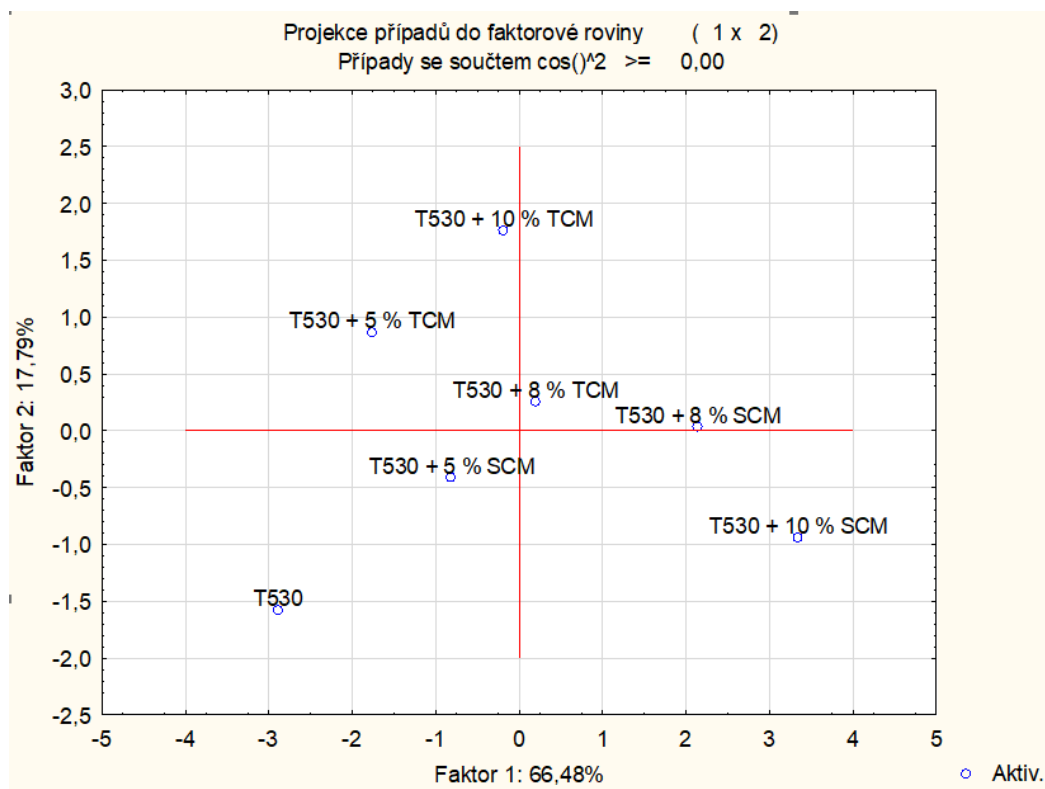


V grafu 2, kde byly pomocí PCA analýzy porovnány reologické vlastnosti těsta a následně naměřené parametry pečiva, můžeme sledovat vzájemný vliv jednotlivých proměnných. Například vyšší pokles konzistence znamenal nižší hodnoty měrného objemu pečiva.

Porovnáním grafu 2 s projekcí případů (graf 3) můžeme například vidět, že největší pokles konzistence byl zaznamenán u vzorků s přidavkem 8 a 10 % světlé cvrččí moučky. Zároveň z grafu lze vyčíst, že u pečiva s přidavkem 5 % tmavé cvrččí moučky byla naměřena nejnižší vaznost vody a následně i nejmenší šířka pečiva. Pečivo bez přidavku cvrččí moučky se projevilo největší výškou pečiva.

Toto statistické porovnání mělo smysl pouze u 1. etapy pečení, kdy lze mezi sebou porovnat vícero druhů pečiva s rozdílným množstvím přidavku a sledovat tak vliv přidavku na farinografické vlastnosti těsta a parametry finálních produktů.

Graf 3 – PCA analýza 7 vzorků (reologické vlastnosti těsta + parametry pečiva)



Tabulka 5 – Farinografické hodnocení těsta – 2. etapa

| FARINOGRAFICKÉ MĚŘENÍ           |                  |                    |                        |                         |
|---------------------------------|------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| vzorek                          | vaznost vody (%) | vývin těsta (min.) | stabilita těsta (min.) | pokles konzistence (FJ) |
| T530                            | 65,6             | 6,0                | 15                     | 20                      |
| T530 + 8 % světlé cvrččí moučky | 64,8             | 6,0                | 11,5                   | 30                      |
| T530 + 8 % tmavé cvrččí moučky  | 65,7             | 8,5                | 10                     | 80                      |

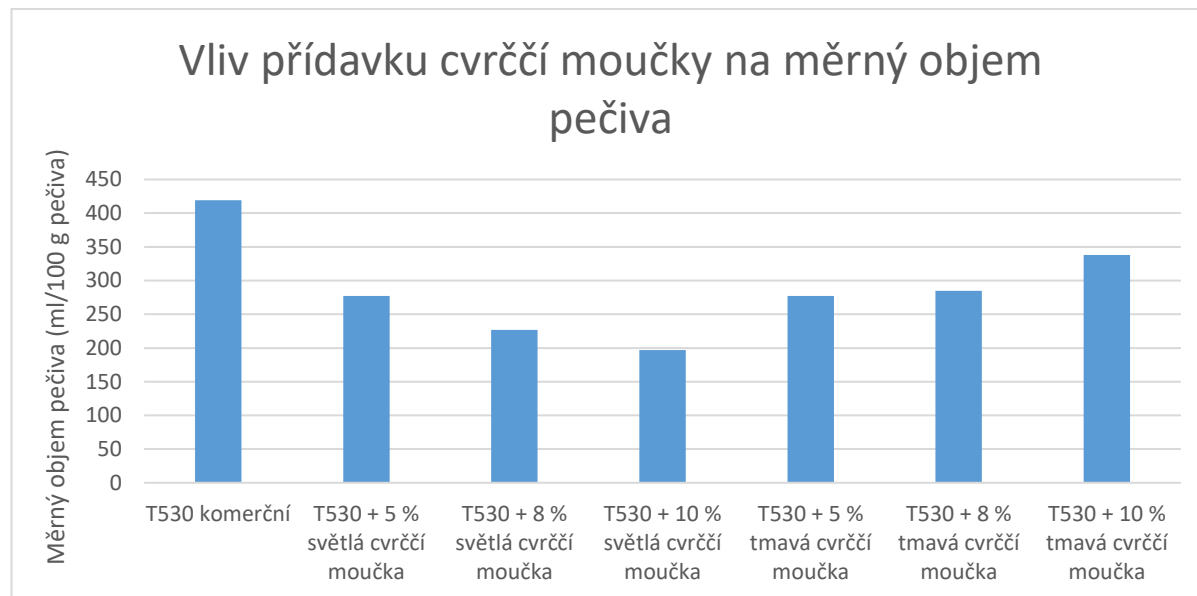
## 5.2 Měrný objem pečiva

Tabulka 6 – Korelační analýza vlivu přidavku cvrččí moučky na objem pečiva

| Proměnná          | Korelace (Tabulka1)   |          |                   |              |
|-------------------|---|----------|-------------------|--------------|
|                   | Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$<br>N=7 (Celé případy vynechány u ChD) |          |                   |              |
|                   | Průměry   | Sm.odch. | Množství přidavku | Objem pečiva |
| Množství přidavku | 6,5714  | 3,5523   | 1,000000          | -0,906572    |
| Objem pečiva      | 568,5714  | 143,5768 | -0,906572         | 1,000000     |

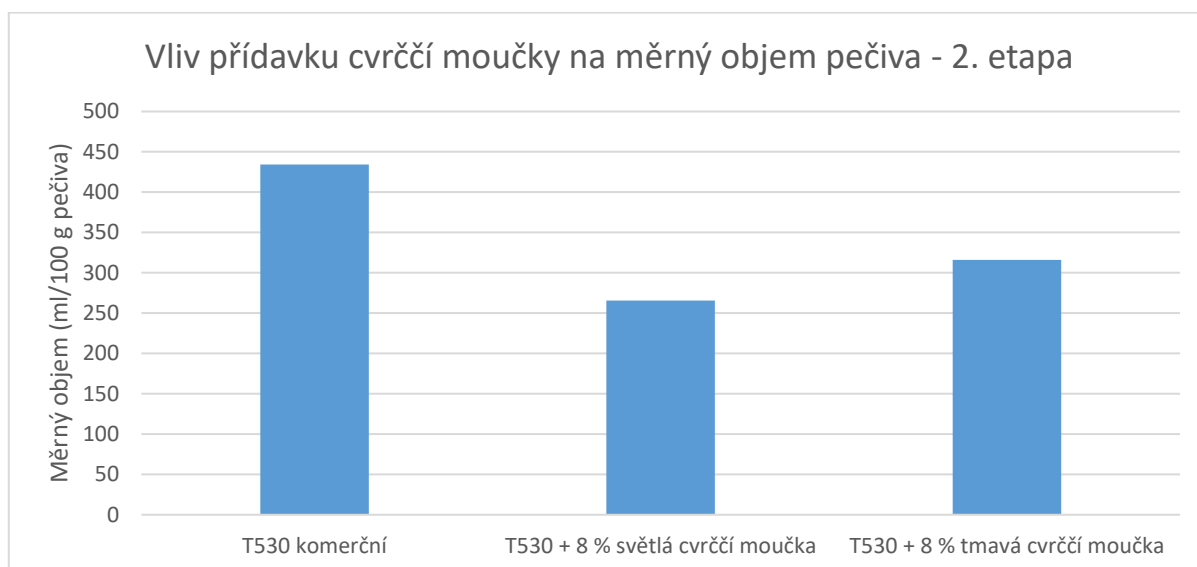
V tabulce 6 lze vidět vyhodnocení korelační analýzy, kde jsme se zabývali vlivem přídavku na objem pečiva. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  byla zjištěna silná negativní korelace mezi těmito dvěma parametry.

Graf 4 - Vliv přídavku cvrččí moučky na měrný objem pečiva



U běžného pečiva je očekáván velký objem z důvodu schopnosti zadržovat plyny během kynutí. Tyto znaky jsou především ovlivněny vlastnostmi mouky, mezi které se řadí schopnost lepku vázat tyto kvasné plyny. Nahrazením určitého procenta pšeničné mouky, která obsahuje hodně lepkových bílkovin, bohužel došlo ke snížení množství lepku, což mělo negativní vliv na měrný objem pečiva, jak lze vidět v grafu 4. Můžeme vidět, že nahrazení určitého procenta mouky cvrččí moučkou mělo za následek snížení objemu z důvodu absence dostatečného množství bílkovin, které nám vytvářejí strukturu těsta a pečiva. V případě světlé moučky docházelo s větším přídavkem k lineárnímu poklesu objemu. Kdežto v případě užití tmavé cvrččí moučky docházelo s rostoucím přídavkem k nárůstu objemu. Zdokumentované rozdíly mezi jednotlivými vzorky pečiva jsou součástí příloh.

Graf 5 – Vliv přídavku cvrččí moučky na měrný objem pečiva – 2. etapa

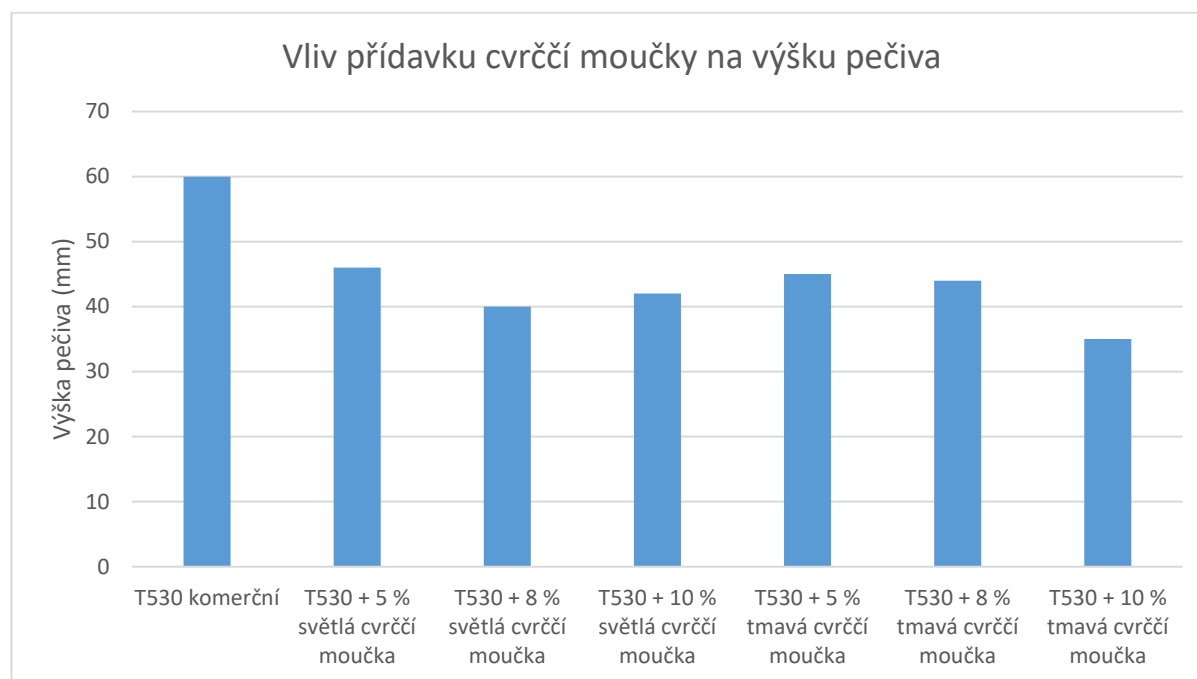


Ač u grafu 5 nelze porovnávat výsledky nějak do hloubky, jelikož byla použita pouze jedna koncentrace cvrččí moučky, lze naměřené hodnoty porovnat s předchozími výsledky. Lze potvrdit fakt, že neobohacené pečivo dosahuje mnohem vyšších hodnot. Zároveň hodnoty pečiva s přídavkem 8 % cvrččí moučky jsou obdobné jako výsledky u první etapy pečení.

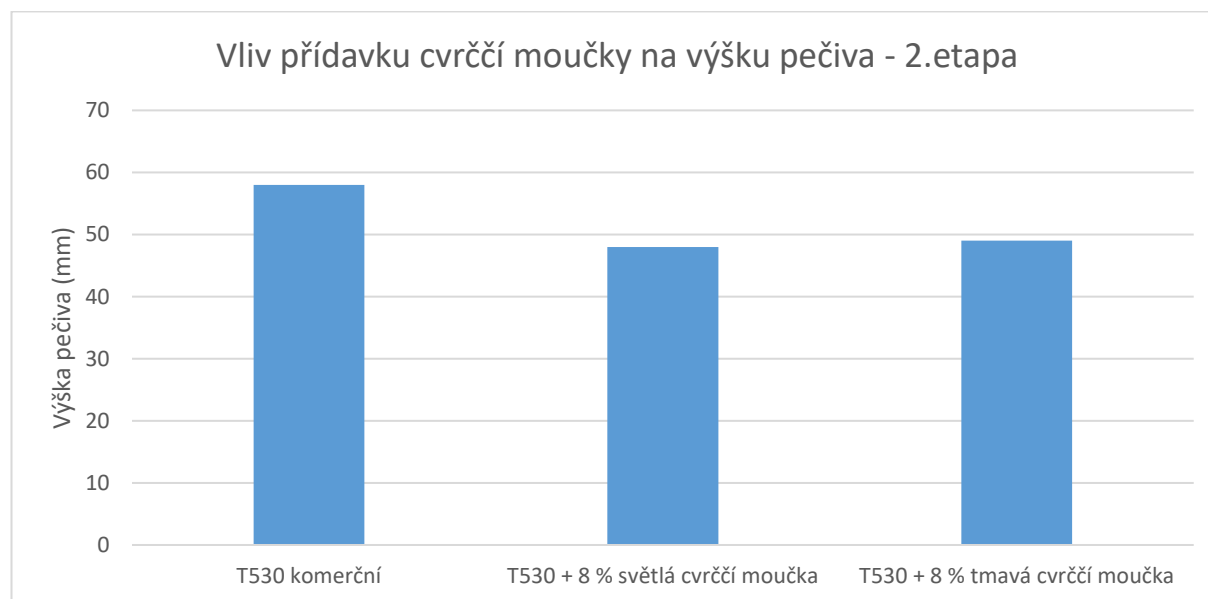
### 5.3 Výška a šířka pečiva

Z důvodu poměrně významných rozdílů mezi měrnými objemy pečiva, jsme se v následujících grafech zaměřili na porovnání výšky a šířky pečiva. Na základě výsledků lze usuzovat, že přídavek cvrččí moučky se podepsal na těchto parametrech. Housky s přídavkem dosahovaly nižší výšky (viz graf 6). V případě tmavé moučky se zvyšujícím se přídavkem docházelo ke snižování výšky pečiva. Lze to přisuzovat menšímu množství lepku, který způsobuje zadržováním plynů kynutí a nárůst pečiva.

Graf 6 – Vliv přidavku cvrččí moučky na výšku pečiva



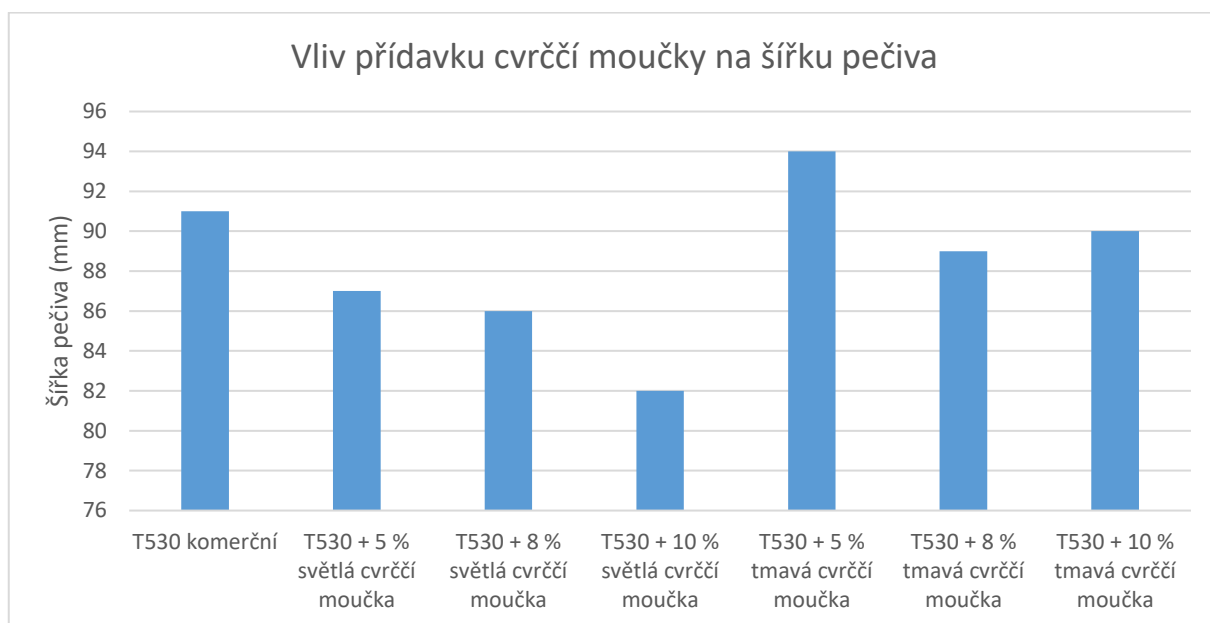
Graf 7 – Vliv přidavku cvrččí moučky na výšku pečiva – 2. etapa



Tento trend byl potvrzen i u 2. etapy pečení, jehož hodnoty lze vidět v grafu 7, kde vzorky vykazují obdobné hodnoty jako vzorky se stejným množstvím přidavku v 1. etapě pečení.

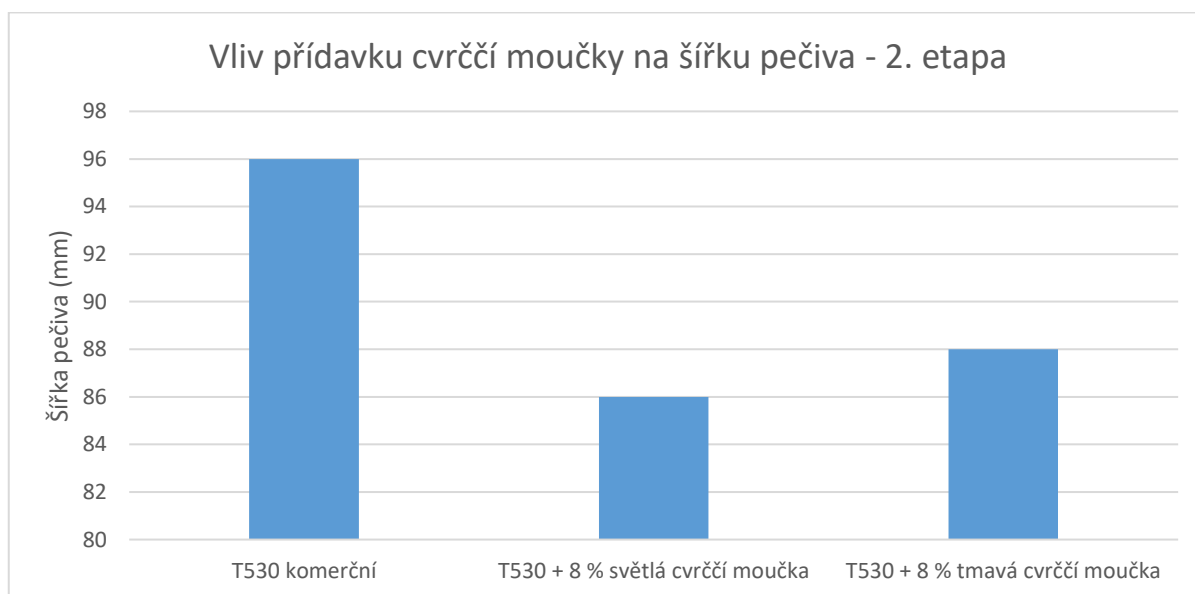
V grafu 8 níže až na jednu výjimku lze potvrdit i trend v poklesu hodnot šířky se zvyšujícím se množstvím přidavku moučky.

Graf 8 – Vliv přidavku cvrččí moučky na šířku pečiva



Trend zmenšující se šířky se potvrdil i v druhé etapě pečení, která je vyobrazena v grafu 9. Naměřené hodnoty se pohybují ve stejných hladinách jako hodnoty z prvního měření. Největší rozměr šířky byl opět potvrzen u standardního vzorku bez přidavku.

Graf 9 – Vliv přidavku cvrččí moučky na šířku pečiva – 2. etapa



Tabulka 7 – Korelační analýza vlivu přidavku cvrččí mouky na parametry pečiva

| Proměnná                | Korelace (Reologie-7 vzorků)<br>Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$<br>N=7 (Celé případy vynechány u ChD) |          |                   |
|-------------------------|---|----------|-------------------|
|                         | Průměry   | Sm.odch. | Množství přidavku |
| Množství přidavku       | 6,5714  | 3,55233  | 1,000000          |
| Vaznost mouky (%)       | 61,4857   | 0,21157  | -0,319967         |
| Vývin těsta (min)       | 4,0357  | 0,58503  | -0,452538         |
| Stabilita těsta (min)   | 4,3929  | 0,89974  | -0,890206         |
| Pokles konzistence (FJ) | 85,7143   | 20,70197 | 0,854732          |
| Výška pečiva            | 44,5714   | 7,74289  | -0,928825         |
| Šířka                   | 88,4286   | 3,86683  | -0,518267         |

V grafech výše (graf 5-9), kde byl vyobrazený vliv přidavku na jednotlivé parametry pečiva, byly znatelné určité rozdíly. V rámci statistického vyhodnocení korelační analýzou jsme zjistily, jak moc přídavek cvrččí moučky byl podstatný a jak moc velký vliv měl na jednotlivé parametry. V tabulce 7 lze vidět, že s rostoucím přídavkem cvrččí moučky statisticky významně klesala stabilita těsta a výška pečiva. To úzce souvisí s faktem, že s rostoucím přídavkem vzrostla hodnota poklesu konzistence.

V tabulce 8 lze vidět určité korelační závislosti mezi šířkou pečiva a vazností mouky ( $r = 0,8236$ ). S klesající vazností klesala i šířka pečiva. Další závislost byla zjištěna mezi šířkou pečiva a vývinem těsta ( $r = 0,7657$ ), kdy s klesající dobou vývinu těsta klesala i šířka konečného výrobku. Na závěr byla zjištěna korelace mezi šířkou pečiva a poklesem konzistence ( $r = -0,7852$ ), kdy se zvyšující hodnotou poklesu konzistence klesala naměřená hodnota šířky pečiva.

Tabulka 8 – Korelační analýza vlivu přidavku cvrččí mouky na parametry pečiva

| Proměnná                | Korelace (Reologie-7 vzorků)<br>Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$<br>N=7 (Celé případy vynechány u ChD) |          |                   |                   |              |                         |
|-------------------------|---|----------|-------------------|-------------------|--------------|-------------------------|
|                         | Průměry   | Sm.odch. | Vaznost mouky (%) | Vývin těsta (min) | Šířka pečiva | Pokles konzistence (FJ) |
| Vaznost mouky (%)       | 61,48571  | 0,21157  | 1,000000          | 0,543420          | 0,823622     | -0,739305               |
| Vývin těsta (min)       | 4,03571   | 0,58503  | 0,543420          | 1,000000          | 0,765683     | -0,673318               |
| Šířka pečiva            | 88,42857  | 3,86683  | 0,823622          | 0,765683          | 1,000000     | -0,785214               |
| Pokles konzistence (FJ) | 85,71429  | 20,70197 | -0,739305         | -0,673318         | -0,785214    | 1,000000                |



## 5.4 Senzorické hodnocení pečiva

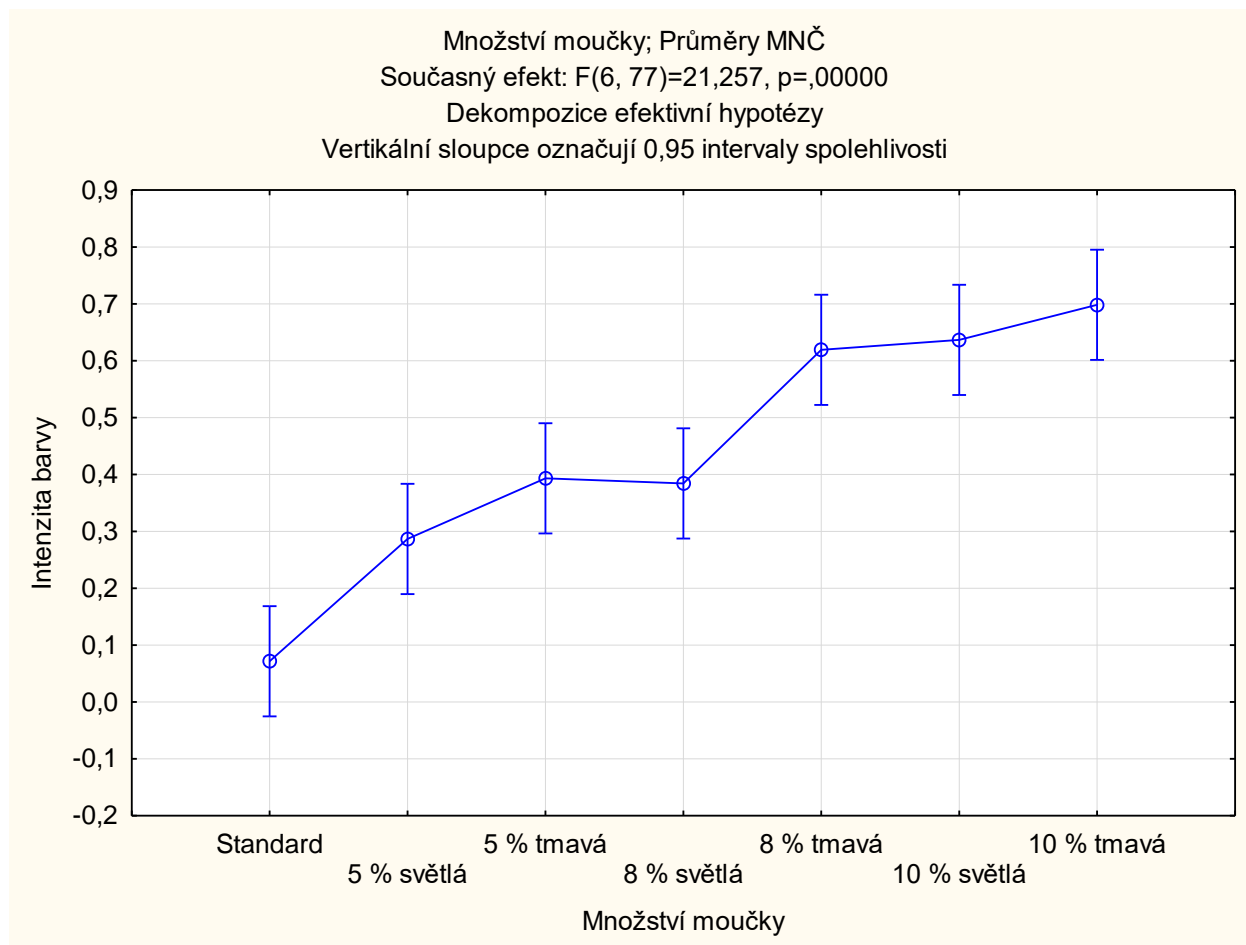
### 5.4.1 Intenzita barvy

První atribut, na který jsme se zaměřili, byla intenzita barvy. Stupnice byla směřována od „velmi světlé“ intenzity barvy až po „velmi tmavou“. Po vyhodnocení výsledků Tukeyho testem byly statisticky významné rozdíly potvrzeny mezi vzorkem č. 1 (standardem) a všemi obohacenými vzorky. Vzorky č. 2, 3 a 4 (tj. přídavek 5 % světlé a tmavé a 8 % světlé moučky) se statisticky lišily oproti vzorkům 5, 6, 7. Veškeré tyto rozdíly lze vidět v tabulce 9 a grafu 10.

Tabulka 9 – Statistické vyhodnocení rozdílu intenzity barvy

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Intenzita barvy (Výsledky sensoriky) |         |         |         |         |         |         |         |
|----------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|          | Množství moučky   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       |
|          |   | ,07167  | ,28667  | ,39333  | ,38417  | ,61917  | ,63667  | ,69833  |
| 1        | Standard  |         | 0,03869 | 0,00035 | 0,00050 | 0,00012 | 0,00012 | 0,00012 |
| 2        | 5 % světlá  | 0,03869 |         | 0,71384 | 0,79117 | 0,00025 | 0,00017 | 0,00012 |
| 3        | 5 % tmavá   | 0,00035 | 0,71384 |         | 1,00000 | 0,02501 | 0,01188 | 0,00069 |
| 4        | 8 % světlá  | 0,00050 | 0,79117 | 1,00000 |         | 0,01703 | 0,00787 | 0,00047 |
| 5        | 8 % tmavá   | 0,00012 | 0,00025 | 0,02501 | 0,01703 |         | 0,99997 | 0,91008 |
| 6        | 10 % světlá   | 0,00012 | 0,00017 | 0,01188 | 0,00787 | 0,99997 |         | 0,97215 |
| 7        | 10 % tmavá  | 0,00012 | 0,00012 | 0,00069 | 0,00047 | 0,91008 | 0,97215 |         |

Graf 10 – Grafické vyjádření rozdílnosti intenzity barvy

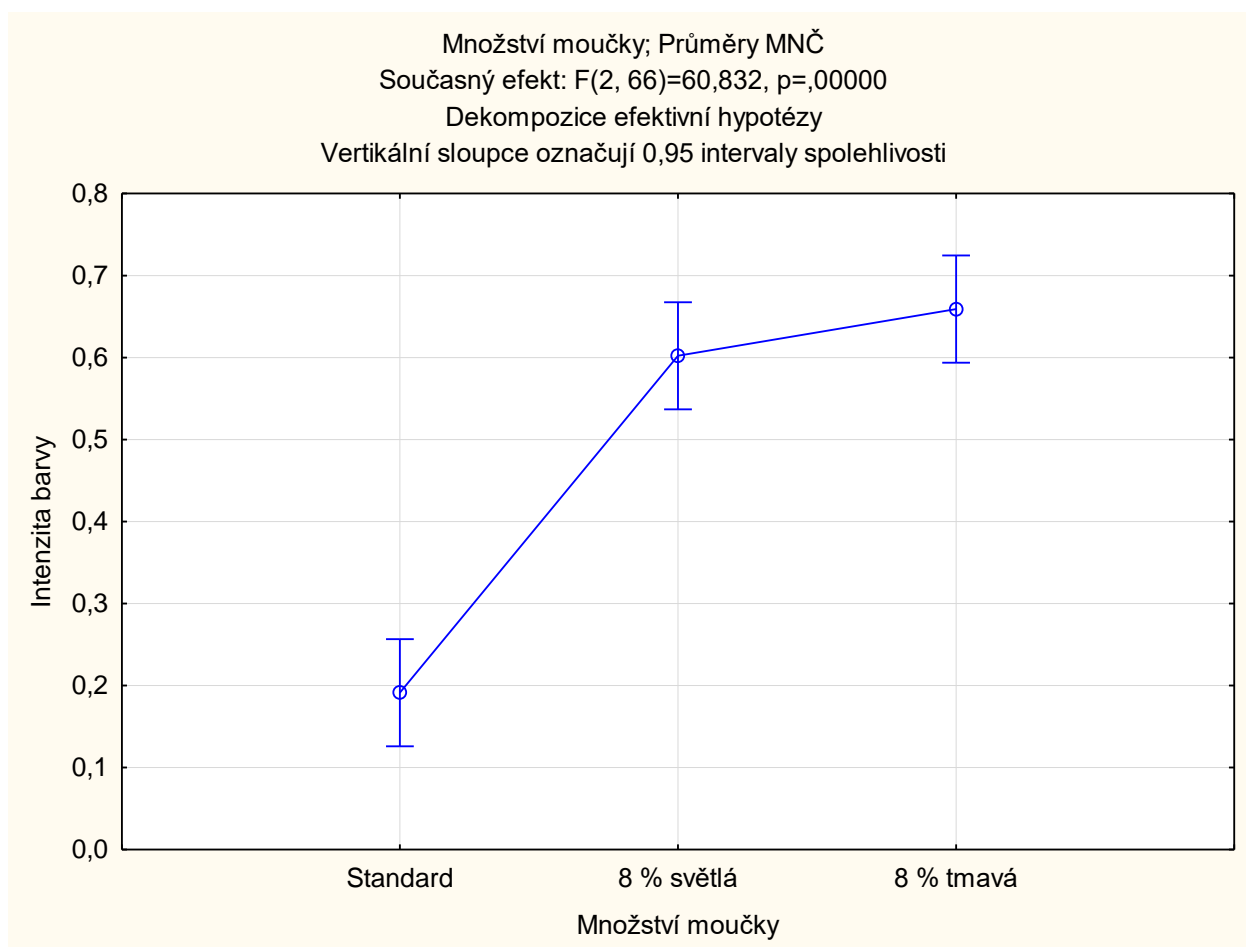


Statisticky významné odlišnosti barvy byly potvrzeny i u měření pečiva, které bylo upečeno ve druhé etapě. Standardní vzorek se odlišuje od obou obohacených vzorků, mezi kterými ale nebyly shledány statisticky průkazné rozdíly (viz tabulka 10, graf 11).

Tabulka 10 – Statistické vyhodnocení rozdílu intenzity barvy – 2. etapa

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Intenzita barvy (Výsledky senzorky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,02463, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
| 1        | Standard  | ,19130   | ,60217   | ,65913   |
| 2        | 8 % světlá  | 0,000113 |          | 0,439621 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,000113 | 0,439621 |          |

Graf 11 – Grafické vyjádření rozdílnosti intenzity barvy – 2. etapa



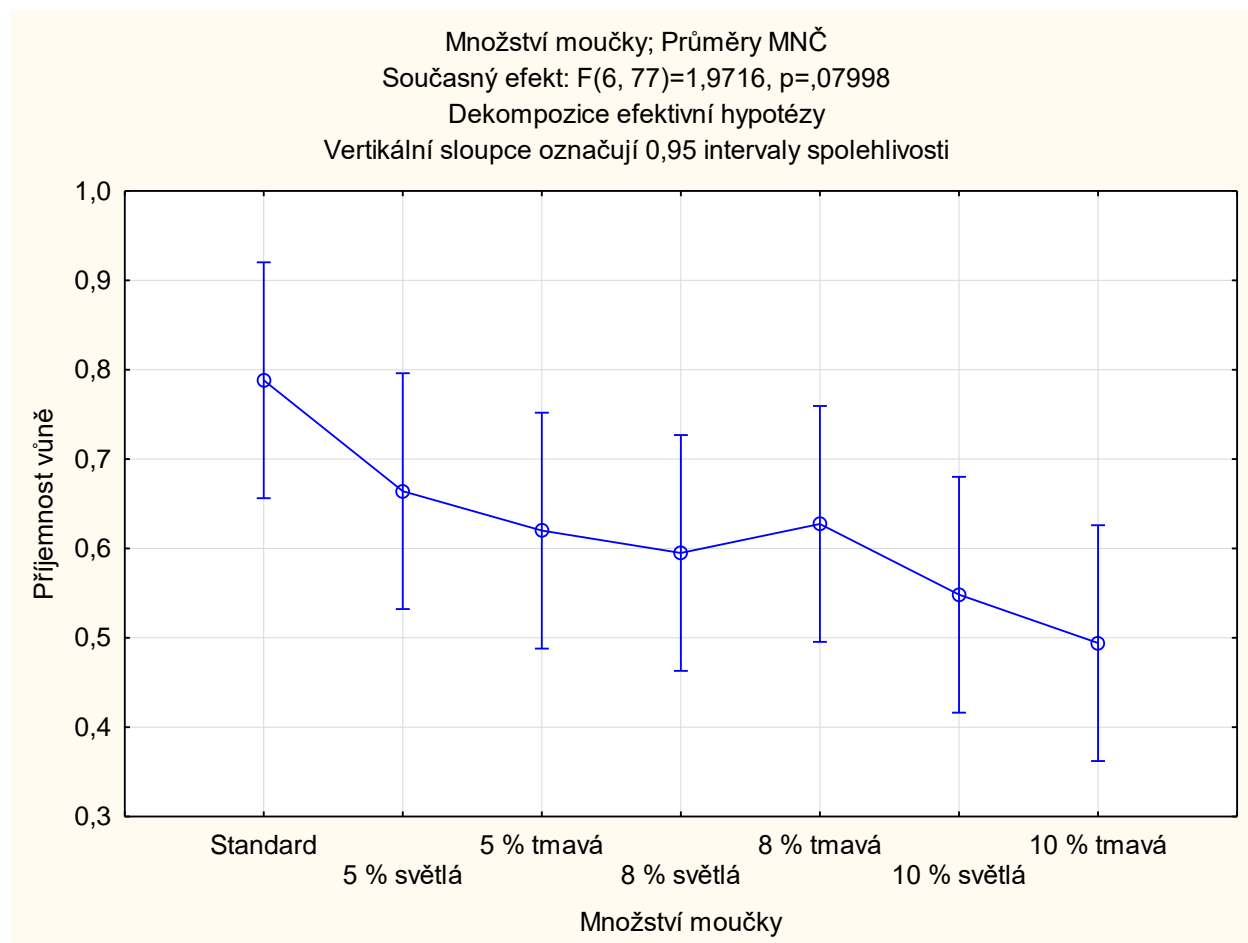
## 5.5 Příjemnost vůně

Tabulka 11 – Statistické vyhodnocení rozdílu příjemnosti vůně

| Tukeyův HSD test; proměnná Příjemnost vůně (Výsledky sensoriky) |                 |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy                   |                 |          |          |          |          |          |          |
| Chyba: meziskup. PČ = ,05269, sv = 77,000                       |                 |          |          |          |          |          |          |
| Množství moučky   | 1               | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |
| 1. Standard   | ,78833          | ,66417   | ,62000   | ,59500   | ,62750   | ,54833   | ,49417   |
| 2. 5 % světlá   | 0,838176        |          | 0,999178 | 0,989751 | 0,999729 | 0,877801 | 0,542866 |
| 3. 5 % tmavá  | 0,554607        | 0,999178 |          | 0,999971 | 1,000000 | 0,987643 | 0,829536 |
| 4. 8 % světlá   | 0,384862        | 0,989751 | 0,999971 |          | 0,999865 | 0,998864 | 0,933309 |
| 5. 8 % tmavá  | 0,607455        | 0,999729 | 1,000000 | 0,999865 |          | 0,979312 | 0,787898 |
| 6. 10 % světlá  | 0,152784        | 0,877801 | 0,987643 | 0,998864 | 0,979312 |          | 0,997306 |
| 7. 10 % tmavá   | <b>0,037172</b> | 0,542866 | 0,829536 | 0,933309 | 0,787898 | 0,997306 |          |

Další atribut, na který by mohl přídavek cvrččí moučky mít vliv, je příjemnost vůně. Extrémy stupnice tohoto atributu byly od „odporné“ až po „vynikající“. V grafu 12 je vyobrazena klesající tendence vnímání příjemnosti vůně v závislosti na rostoucím množství přídavku, po vyhodnocení Tukeyho testem byl statisticky významný rozdíl potvrzen pouze mezi vzorkem 1 a 7, tj. mezi standardem a pečivem s přídavkem 10 % tmavé cvrččí moučky (tabulka 11).

Graf 12 – Grafické vyjádření rozdílnosti příjemnosti vůně

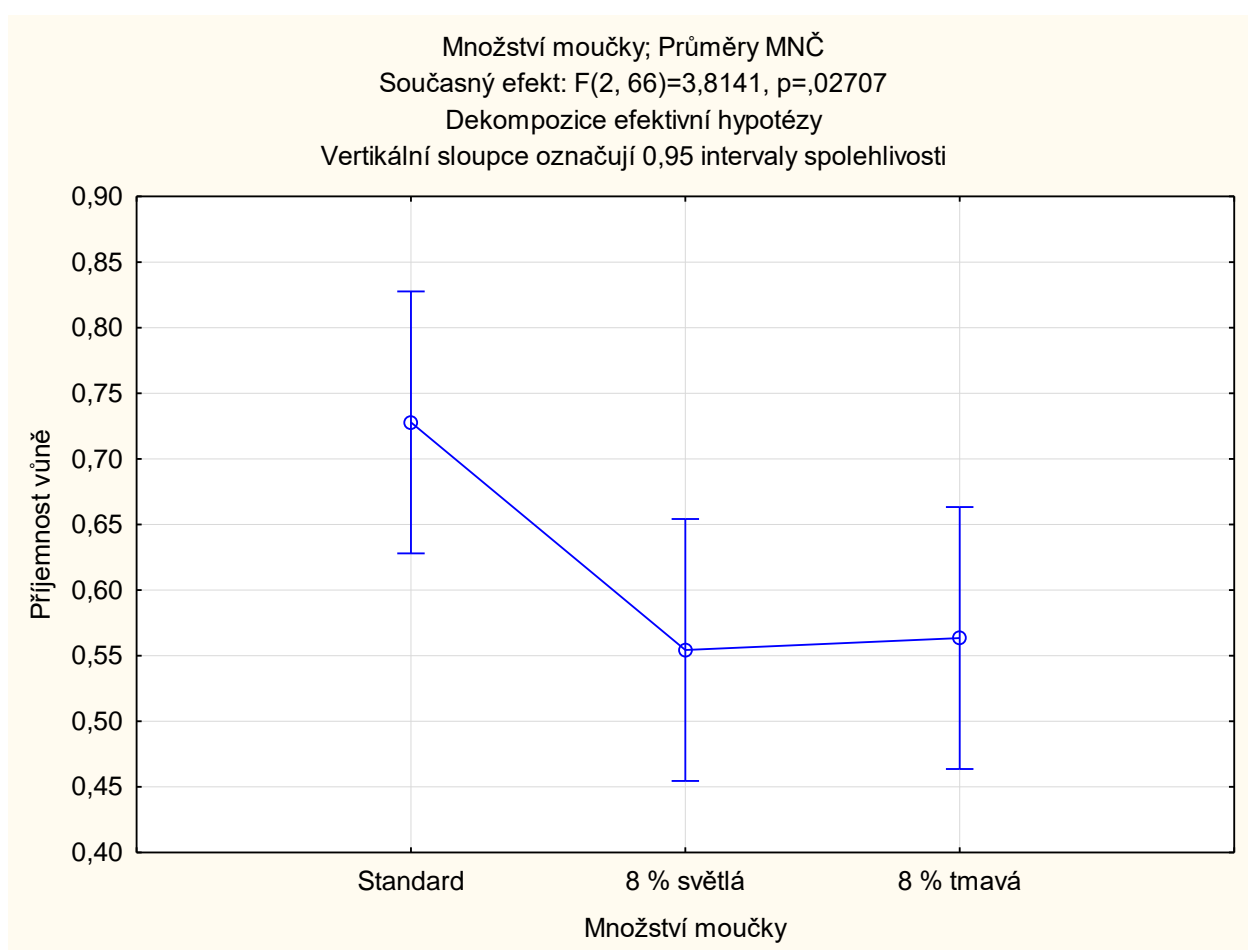


Statisticky významná rozdílnost v příjemnosti vůně byla potvrzena i u vzorku s přídavkem 8 % světlé cvrččí moučky z 2. etapy pečení (viz tabulka 12, Graf 13)

Tabulka 12 – Statistické vyhodnocení rozdílu příjemnosti vůně – 2. etapa

|          |   |             |             |             |
|----------|---|-------------|-------------|-------------|
| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Příjemnost vůně (Výsledky senzorky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,05748, sv = 66,000 |             |             |             |
|          | Množství moučky   | 1<br>,72783 | 2<br>,55435 | 3<br>,56348 |
| 1        | Standard  |             | 0,043809    | 0,059391    |
| 2        | 8 % světlá  | 0,043809    |             | 0,990931    |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,059391    | 0,990931    |             |

Graf 13 – Grafické vyjádření rozdílnosti příjemnosti vůně – 2. etapa



### 5.5.1 Příjemnost textury a drobitivost

Při hodnocení textury a drobitivosti vzorků jak z první, tak z druhé etapy, se názory degustátorů poměrně lišily. Na stupnici textury dotazovaní hodnotili mezi „odporná“ až po „vynikající“ a v rámci hodnocení drobitivosti své vjemy zařazovali mezi „drobitivý“ až po „velmi soudržný“. Ve výsledcích nebyl zaznamenán žádný statistický rozdíl mezi jednotlivými vzorky.

## 5.5.2 Tvrdost

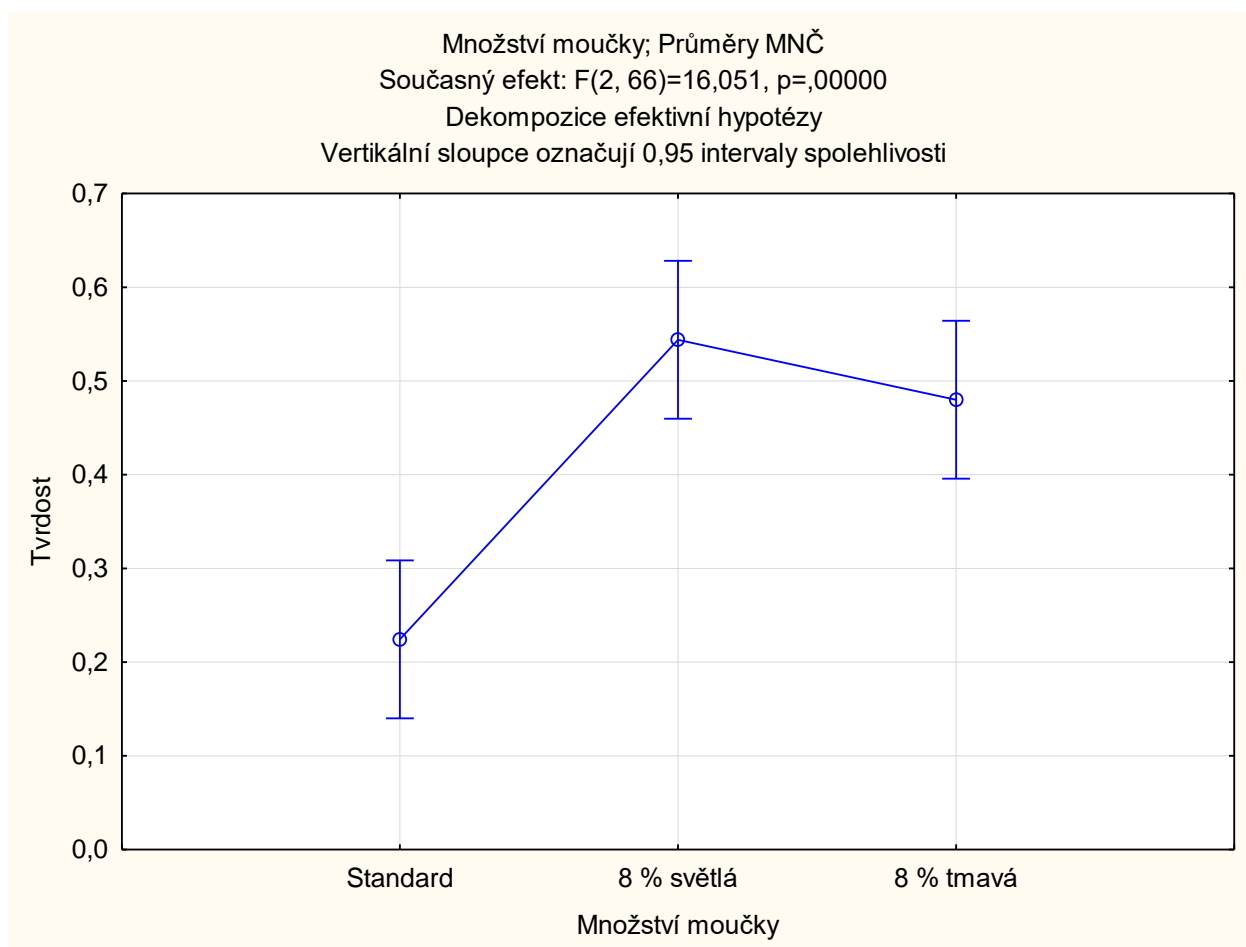
V případě hodnocení 7 vzorků, které byly po určitou dobu před degustací zmrazeny, nebyly po vyhodnocení výsledků zaznamenány žádné statistické rozdíly v tvrdosti. Tento výsledek mohl být ovlivněn procesem rozmrazování.

V případě hodnocení 3 vzorků mohla mít vliv na hodnocení tvrdosti čerstvost vzorků, které byly hodnoceny hned po upečení, kdy kůrka byla ještě pěkně pevná. V rámci tohoto testování byly vyhodnoceny statistické rozdíly mezi standardem a obohacenými vzorky (viz tabulka 13 a graf 14). Hodnotitelé ohodnotili vzorky s přidavkem moučky oproti standardu jako mnohem tvrdší.

Tabulka 13 – Statistické vyhodnocení rozdílu tvrdosti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Tvrdost (Výsledky sensoriky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,04097, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|--|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky  | 1        | 2        | 3        |
| 1        | Standard   | ,22435   | ,54391   | ,48000   |
| 2        | 8 % světlá   | 0,000115 |          | 0,535554 |
| 3        | 8 % tmavá  | 0,000280 | 0,535554 |          |

Graf 14 – Grafické vyjádření rozdílnosti tvrdosti



### 5.5.3 Celková příjemnost a intenzita chuti

V případě hodnocení celkové příjemnosti a intenzity chuti, u 7 vzorků nebyly mezi vzorky zjištěny statisticky průkazné rozdíly. V případě zhodnocení, zda mezi těmito atributy existuje nějaký vztah, byla potvrzena korelace, která je uvedena v tabulce 14. Na základě tohoto výsledku lze tvrdit, že se zvýšenou intenzitou chuti shledávali chuť jako méně příjemnou. Hodnota korelačního koeficientu ukazuje ale pouze na slabou závislost.

Tabulka 14 – Korelace mezi intenzitou a příjemností chuti u 7 vzorků

| Proměnná         | Korelace (Výsledky senzorky_7 vzorků)<br>Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$<br>N=84 (Celé případy vynechány u ChD) |          |                  |                 |
|------------------|---|----------|------------------|-----------------|
|                  | Průměry   | Sm.odch. | Příjemnost chuti | Intenzita chuti |
| Příjemnost chuti | 0,640357  | 0,213058 | 1,000000         | -0,321989       |
| Intenzita chuti  | 0,517500  | 0,208557 | -0,321989        | 1,000000        |

V případě hodnocení 3 vzorků, kdy hodnotitelé volili příjemnost mezi „odporná“ až po „vynikající“, byly vzorky vyhodnoceny jako statisticky rozdílné. V tomto případě žádná vzájemná korelace mezi příjemností a intenzitou chuti potvrzena nebyla.

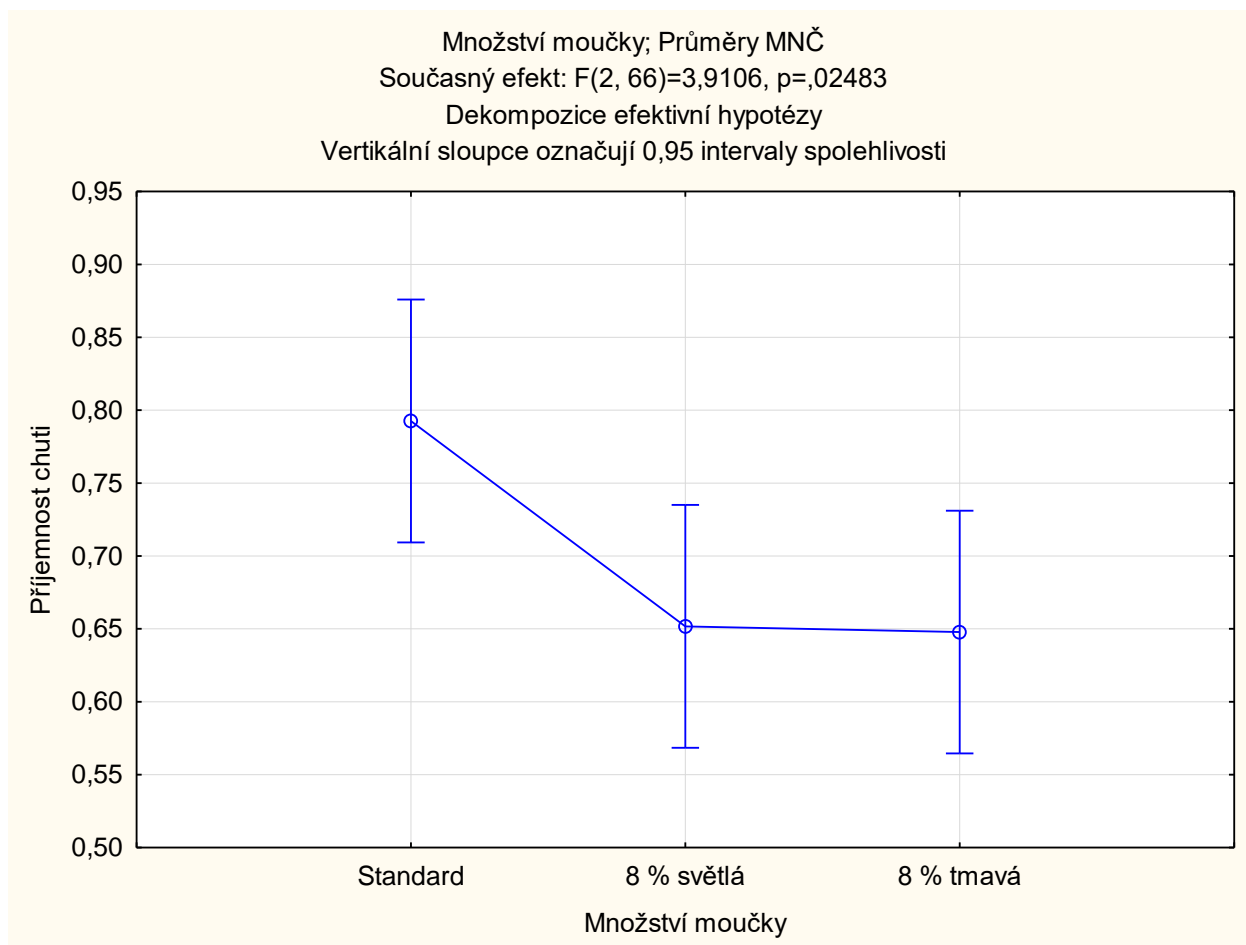
V tabulce 15, kde je statisticky vyhodnocena příjemnost chuti, byl od standardu průkazně odlišný vzorek č. 3 (s přídavkem 8 % tmavé mouky) s P-hodnotou 0,0437. Hodnota P vzorku č. 2 byla pouze o několik tisícín větší než hranice průkaznosti 0,05, čímž nemůže být potvrzen statistický rozdíl mezi tímto vzorkem a standardem. Mezi vzorky 2 a 3 nebyl prokázán rozdíl, z čehož lze usoudit, že rozdílný způsob technologické výroby mouk nemá vliv na příjemnost chuti (viz graf 15).

Tabulka 15 – Statistické vyhodnocení rozdílu příjemnosti chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Příjemnost chuti (Výsledky sensoriky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,04001, sv = 66,000 |                 |          |                 |
|----------|---|-----------------|----------|-----------------|
|          | Množství moučky   | 1               | 2        | 3               |
|          |   | ,79261          | ,65174   | ,64783          |
| 1        | Standard  |                 | 0,051223 | <b>0,043744</b> |
| 2        | 8 % světlá  | 0,051223        |          | 0,997641        |
| 3        | 8 % tmavá   | <b>0,043744</b> | 0,997641 |                 |



Graf 15 – Grafické vyjádření rozdílnosti příjemnosti chuti

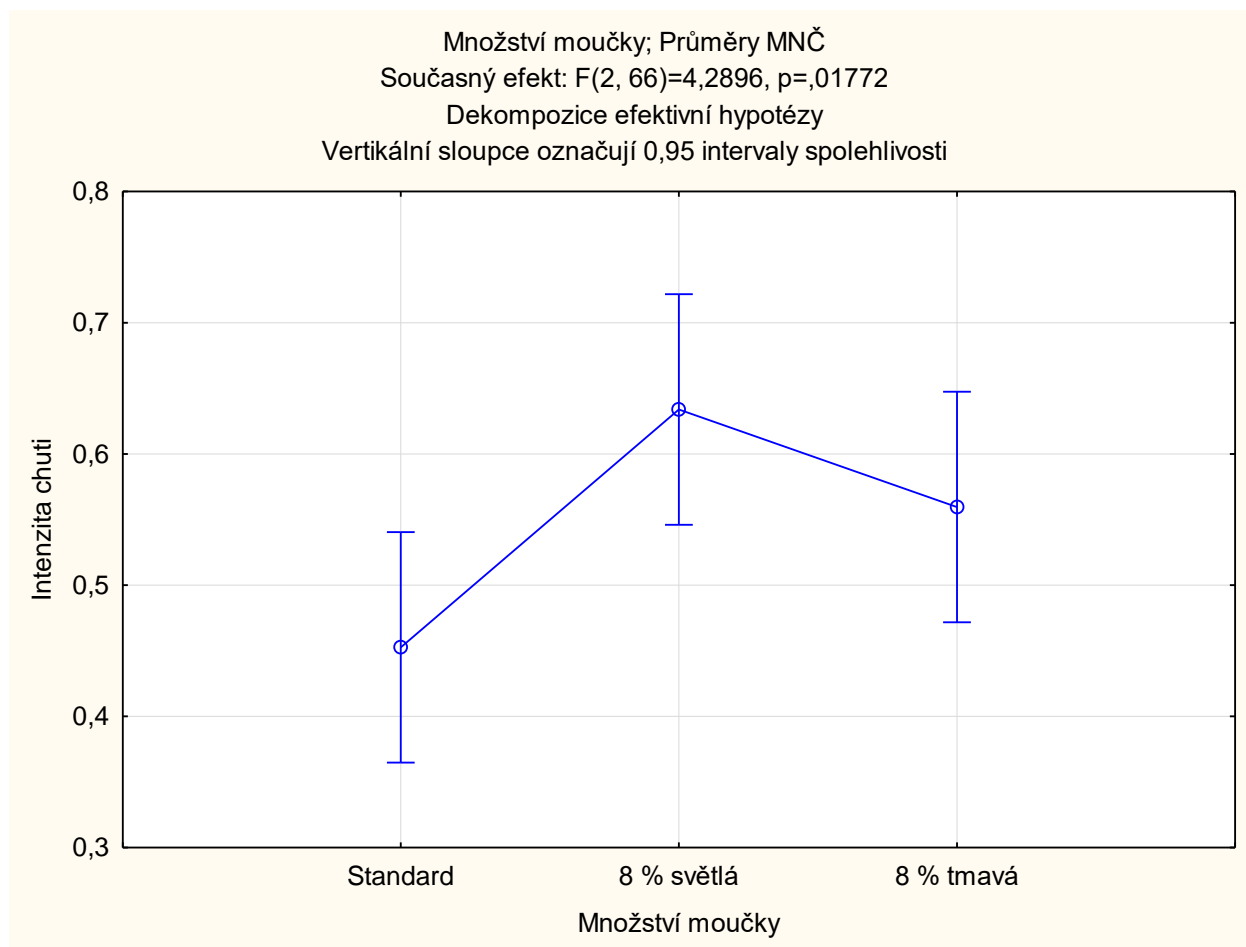


V hodnocení intenzity chuti u 3 vzorků, které lze vidět v tabulce 16 a grafu 16, byl shledán statistický rozdíl mezi vzorkem č. 2 (přídavek 8 % světlé mouky) oproti vzorku č. 1.

Tabulka 16 – Statistické vyhodnocení rozdílů intenzity chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Intenzita chuti (Výsledky senzorky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,04454, sv = 66,000 |                 |                 |          |
|----------|---|-----------------|-----------------|----------|
|          | Množství moučky   | 1               | 2               | 3        |
|          |   | ,45261          | ,63391          | ,55957   |
| 1        | Standard  |                 | <b>0,013441</b> | 0,205954 |
| 2        | 8 % světlá  | <b>0,013441</b> |                 | 0,460603 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,205954        | 0,460603        |          |

Graf 16 – Grafické vyjádření rozdílnosti intenzity chuti



#### 5.5.4 Intenzita sladké, oříškové, kávové, zemité a bobovité chuti

V případě hodnocení těchto atributů mohly mít vliv na výsledek u prvního experimentu vysoký počet najednou posuzovaných vzorků a proces zmrazení. Mohlo dojít k vytěkání různých aromatických a chuťových látek. V případě hodnocení 7 vzorků nebyly tudíž shledány statistické rozdíly ani u jednoho z atributů.

V případě hodnocení 3 vzorků bylo vnímání těchto atributů dosti ovlivněné barvou vzorků a nižším počtem vzorků, takže se hodnotitelé mohli na jednotlivé vzorky více soustředit a lépe je navzájem porovnat. Statistické rozdíly byly shledány u oříškové, kávové, zemité i luštěninové chuti. Vyhodnocení intenzity oříškové chuti lze vidět v tabulce 17. Jako statisticky rozdílný byl vyhodnocen vzorek č. 2 oproti vzorku č. 1.

Tabulka 17 – Statistické vyhodnocení rozdílů intenzity oříškové chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Oříšková chuť (Výsledky senzoričky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,06564, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
|          |   | ,18000   | ,36130   | ,30000   |
| 1        | Standard  |          | 0,049840 | 0,257889 |
| 2        | 8 % světlá  | 0,049840 |          | 0,697397 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,257889 | 0,697397 |          |

V hodnocení intenzity kávové chuti, které je uvedeno v tabulce 18, se konzumentům zdál statisticky odlišný vzorek č. 2 od vzorku č. 1.

Tabulka 18 – Statistické vyhodnocení rozdílů intenzity kávové chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Kávová chuť (Výsledky senzoričky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,06546, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
|          |   | ,13696   | ,37739   | ,29391   |
| 1        | Standard  |          | 0,006243 | 0,101824 |
| 2        | 8 % světlá  | 0,006243 |          | 0,513603 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,101824 | 0,513603 |          |

V rámci statistického šetření rozdílnosti vnímání zemité chuti, byl zhodnocen jako odlišný vzorek č. 3 od vzorku č. 1 (tabulka 19).

Tabulka 19 – Statistické vyhodnocení rozdílů intenzity zemité chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Zemitá chuť (Výsledky senzoričky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,05361, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
|          |   | ,13043   | ,25174   | ,29826   |
| 1        | Standard  |          | 0,185413 | 0,043367 |
| 2        | 8 % světlá  | 0,185413 |          | 0,775217 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,043367 | 0,775217 |          |

V rámci intenzit různých chutí, jsme se zaměřili na zhodnocení vzorků na základě intenzity luštěninové (bobovité) chuti. Jak lze vidět v tabulce 20, dle hodnocení se dotazovaným zdál nejvíce odlišný vzorek č. 2 od vzorku č. 1.

Tabulka 20 – Statistické vyhodnocení rozdílu intenzity bobovité chuti

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Bobovitá chuť (Výsledky senzoričky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,06255, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
|          |   | ,13783   | ,31609   | ,28261   |
| 1        | Standard  |          | 0,047835 | 0,129585 |
| 2        | 8 % světlá  | 0,047835 |          | 0,892897 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,129585 | 0,892897 |          |

### 5.5.5 Celkové zhodnocení vzorku

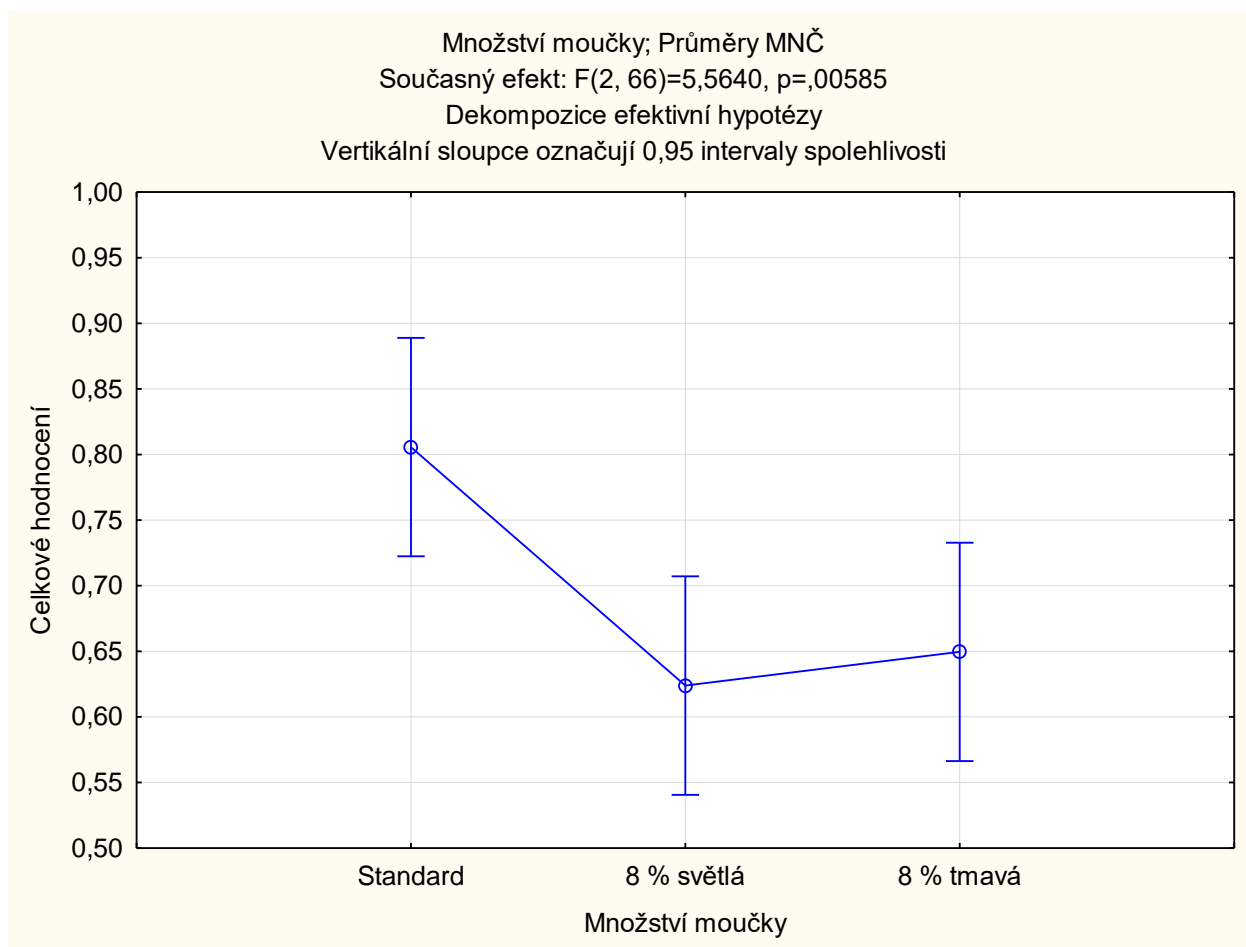
V rámci hodnocení 7 vzorků a jejich celkového dojmu, nebyly stanoveny žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky.

V případě zhodnocení statistické rozdílnosti mezi 3 vzorky, byl shledán významný rozdíl mezi standardem a oběma obohacenými vzorky, viz tabulka 21 a graf 17.

Tabulka 21 – Statistické vyhodnocení rozdílu celkového hodnocení

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná Celkové hodnocení (Výsledky senzoričky_3 vzorky)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PČ = ,03999, sv = 66,000 |          |          |          |
|----------|---|----------|----------|----------|
|          | Množství moučky   | 1        | 2        | 3        |
|          |   | ,80565   | ,62391   | ,64957   |
| 1        | Standard  |          | 0,008433 | 0,027171 |
| 2        | 8 % světlá  | 0,008433 |          | 0,901187 |
| 3        | 8 % tmavá   | 0,027171 | 0,901187 |          |

Graf 17 – Grafické vyjádření rozdílnosti celkového hodnocení



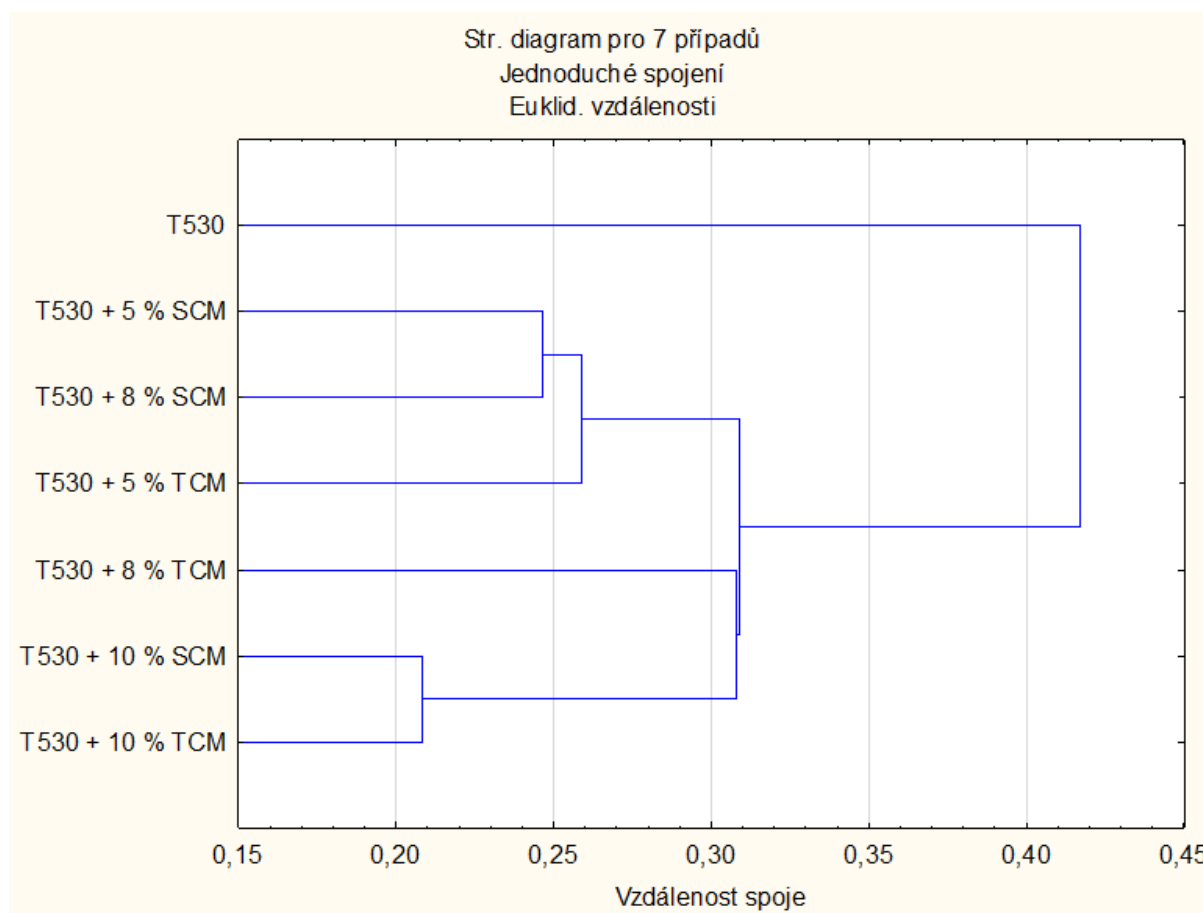
V tabulce 22 můžeme vidět, zda existuje určitá závislost mezi přidavkem cvrččí moučky a jednotlivými sensoricky hodnocenými deskriptory. Závislost byla potvrzena mezi přidavkem a barvou, vůní, tvrdostí příjemností, intenzitou chuti a celkovým hodnocením.

Tabulka 22 – Korelační analýza vlivu přidavku na jednotlivé atributy

|                    | Průměry | Směrodatné odchyly | Množství přidavku |
|--------------------|---------|--------------------|-------------------|
| Množství přidavku  | 6,5714  | 3,3086             | 1,0000            |
| Intenzita barvy    | 0,4414  | 0,2646             | 0,7383            |
| Příjemnost vůně    | 0,6196  | 0,2375             | -0,3455           |
| Příjemnost textury | 0,6549  | 0,1928             | -0,0939           |
| Soudržnost         | 0,5708  | 0,2390             | 0,0651            |
| Tvrdost            | 0,4945  | 0,2614             | 0,2486            |

|                   | Průměry | Směrodatné odchyly | Množství přídavku |
|-------------------|---------|--------------------|-------------------|
| Příjemnost chuti  | 0,6404  | 0,2131             | -0,2738           |
| Intenzita chuti   | 0,5175  | 0,2086             | 0,3469            |
| Sladká chuť       | 0,3494  | 0,2349             | -0,1699           |
| Oříšková chuť     | 0,3104  | 0,2474             | 0,2634            |
| Kávová chuť       | 0,1945  | 0,1943             | 0,2615            |
| Zemitá chuť       | 0,3006  | 0,2582             | 0,2565            |
| Bobovitá chuť     | 0,1829  | 0,2060             | 0,1675            |
| Celkové hodnocení | 0,6325  | 0,2330             | -0,2718           |

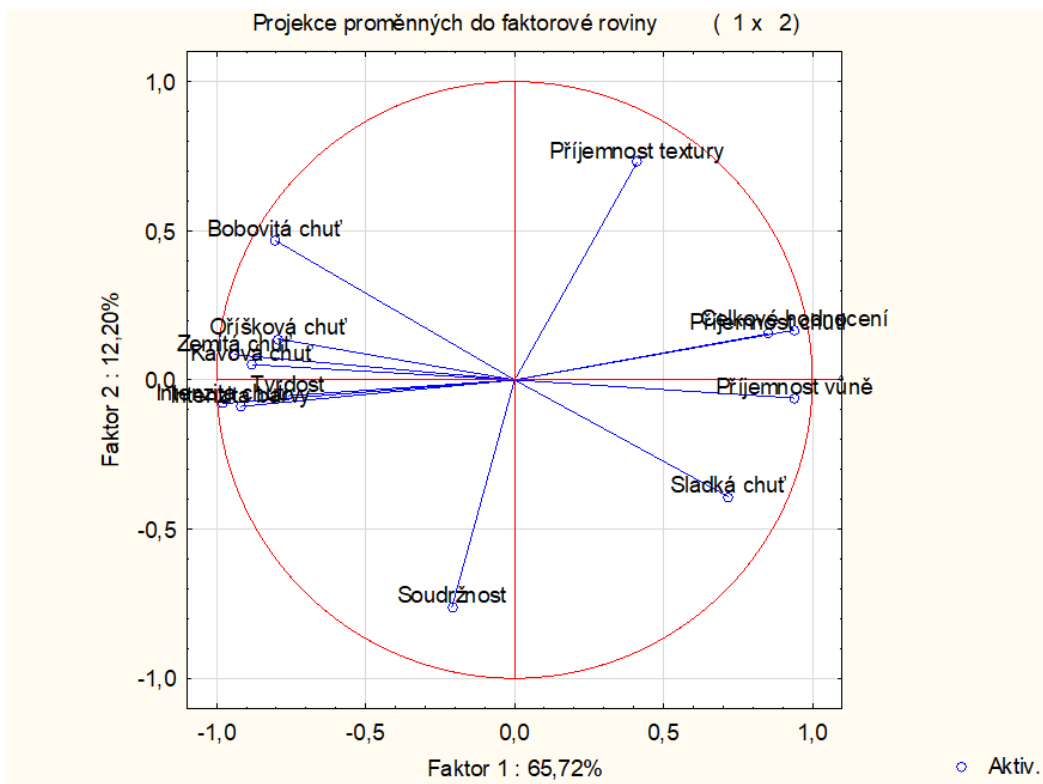
Graf 18 - histogram 7 vzorků (senzoričné hodnocení)



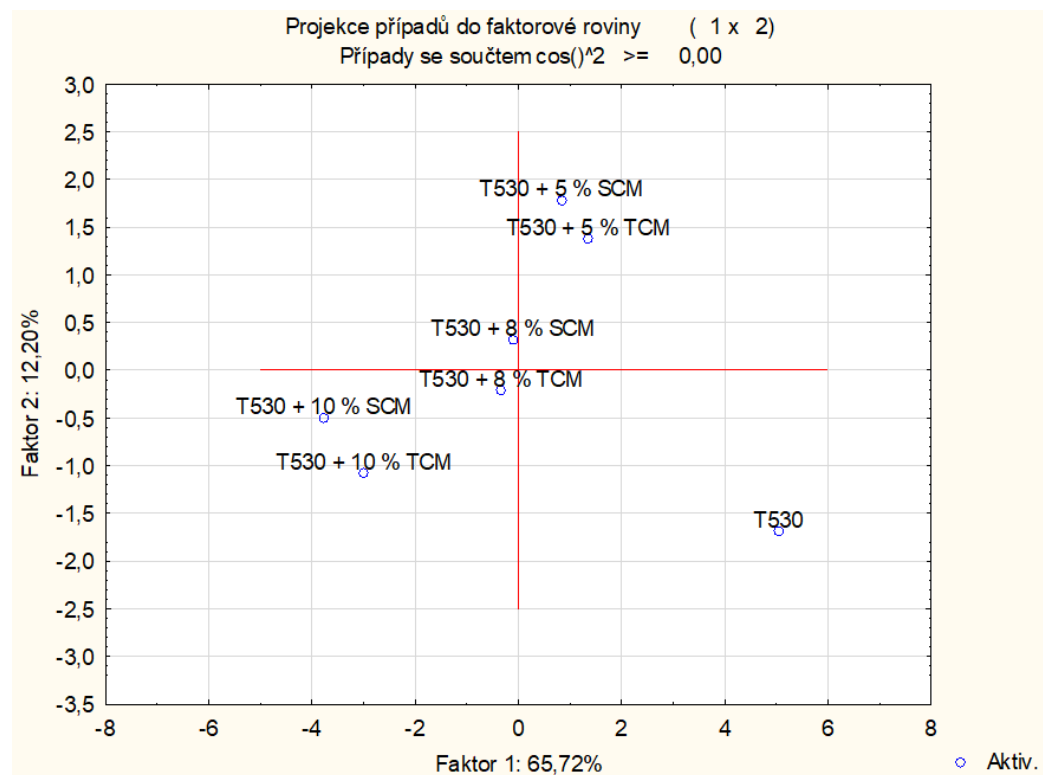
V grafu 18 byly hierarchickým shlukováním statisticky porovnány výsledky senzoričného hodnocení, kde je vidět, že nejvíce odlišný byl vzorek bez přídavku cvrččí

mučky a pak vzorky s 10% přídavkem světlé i tmavé cvrččí moučky a vzorek s 8% přídavkem cvrččí moučky. Nejvíce si byly podobné vzorky s 10% přídavkem světlé a tmavé cvrčí moučky.

Graf 19 - PCA analýza – 7 vzorků (senzoričné hodnocení)



Graf 20 - PCA analýza – 7 vzorků (senzoričné hodnocení)



Porovnáním výsledků z PCA analýzy projekce proměnných a případů (grafy 19 a 20) zjistíme, že hodnotitelé shledávali jako nejsladší vzorek bez přídavku cvrččí moučky. Naopak, u vzorků s přídavkem 8 a 10 % této moučky, byla zaznamenána největší tendence k tvorbě neobvyklých chutí, jako oříškové, zemité či dokonce bobovité. Nejpříjemnější textura byla shledána u vzorků s 5% přídavkem. Přídavek 8 a 10 % mohl naopak způsobit zvýšenou tvrdost.

## 5.6 Množství asparagové kyseliny

Tabulka 23 – Celkové množství asparagové kyseliny

|                | <b>Množství přítomné asparagové kyseliny (g/kg)</b> |                             |                            |
|----------------|---|-----------------------------|----------------------------|
|                | <b>Mouka T530</b>                                   | <b>Světlá cvrččí moučka</b> | <b>Tmavá cvrččí moučka</b> |
|                | 5,2984  | 36,1569                     | 56,1093                    |
|                | 5,1042  | 35,3602                     | 55,7520                    |
|                | 5,0057  | 26,7323                     | 57,4903                    |
|                | 4,9527  | 35,2160                     | 40,5347                    |
| <b>Průměr:</b> | <b>5,0902</b>                                       | <b>33,3664</b>              | <b>52,4716</b>             |

Na základě porovnání výsledků analýzy mouky T530, kterou provedla pí. Riljáková v laboratoři pro jakost obilovin, a výsledků analýz světlé a tmavé cvrččí moučky, která byla provedena, vyplývá, že v tomto druhu mouček je zvýšený obsah asparagové kyseliny oproti běžné mouce (tabulka 23). Asparagová kyselina je jedním z prekurzorů pro vznik akrylamidu, který vzniká při neenzymovém hnědnutí v průběhu pečení. Vzhledem k dostatečnému množství redukujících sacharidů ze škrobu by mohl obsah asparagové kyseliny být limitujícím faktorem pro vznik tohoto procesního kontaminantu, a je třeba se proto na toto nebezpečí do budoucna zaměřit.

V případě nahrazení 5 % mouky moučkou cvrččí světlou, vzroste celkové množství asparagové kyseliny na 6,50 g/kg této směsi mouky s hmyzí moučkou. V případě užití stejného množství cvrččí moučky tmavé vzroste množství na 7,46 g/kg. Jakmile dojde k nahrazení 10 % mouky světlou moučkou cvrččí, hodnota této kyseliny se vyšplhá na 7,92 g/kg. V případě užití cvrččí moučky tmavé, hodnoty asparagové kyseliny budou 9,83 g/kg. V tomto případě dojde téměř ke zdvojnásobení původního množství asparagové kyseliny ve směsi mouky a hmyzí moučky oproti neobohacenému vzorku.



## 6 Diskuze

V důsledku začlenění cvrččí moučky do přípravy těsta pekárenských produktů byly sledovány různé případné odchylky oproti standardním vzorkům. Jisté odlišnosti byly sledovány již při vaznosti mouky, která tím byla ovlivněna. Pareyt et al. (2011) říkají, že tuk obsažený ve cvrččí mouce a bezlepkové proteiny mohou způsobit zhoršení schopností vázat vodu. S tímto tvrzením se ztotožňují i Guzmán et al. (2015) a González et al. (2019), kteří ve svém měření zaznamenali sníženou vaznost v důsledku přidavku, kdežto tomuto tvrzení oponuje Ettoumi & Chibane (2015), kteří tvrdí, že s přidavkem cvrččí moučky vaznost mouky naopak stoupá. Z námi naměřených výsledků nelze potvrdit ani jednu teorii. V případě přidavku světlé cvrččí moučky, bez závislosti na množství, došlo ke snížení vaznosti, naopak v případě užití tmavé cvrččí moučky došlo k jejímu navýšení. Těmto výsledkům by mohla odpovídat teorie, kterou se zabývali Lucas-González et al. (2019), která říká, že rozdílný technologický postup přípravy cvrččí moučky může mít vliv na její fyzikálně-chemické vlastnosti.

Ve zhodnocení dalších reologických vlastností těsta jsme se zaměřili na porovnání výsledků vývoje těsta. V měření vzorku s přidavkem 10 % cvrččí moučky, které provedli Osimani et al. (2018) a Roncolini et al. (2019), nebyl zaznamenán statistický rozdíl v kontrastu s neobohaceným vzorkem. U vzorku, kde přidavek činil 30 % cvrččí moučky, došlo k významnému prodloužení doby vývoje těsta. Na tento parametr se taktéž zaměřili González et al. (2019), kdy po vyhodnocení výsledků došli k závěru, že přidavek cvrččí moučky v množství 5 % měl vliv na prodloužení doby vývinu těsta. Tyto výsledky si rozporují s hodnotami získanými v našem měření, kde v případě obohaceného těsta došlo ke zkrácení doby vývoje.

Na tuto vlastnost těsta navazuje jeho stabilita, která po přidavku 10 % cvrččí moučky v některých měřeních vzrostla až na 16 minut v porovnání se vzorky neobohacenými nebo s 30% množstvím přidavku, kde tento proces trval pouhých 6 minut (Osimani et al. 2018). Tento trend byl potvrzen i v měření, které provedli González et al. (2019) u těsta s přidavkem 5 %. Hodnoty stability těsta vzrostly oproti standardu z 1 minuty na 4 minuty. Ve výsledcích, které zveřejnili Roncolini et al. (2019), se zmiňují o tom, že přidavek cvrččí mouky v množství 5 nebo 10 % nemá vliv na prodloužení stability. Tyto výsledky jsou v rozporu s našimi naměřenými hodnotami, jelikož ve všech případech došlo k naměření stejných nebo nižších časových hodnot.

V reologii je důležité k vyhodnocení kvality těsta zhodnotit taktéž pokles konzistence, kterým se zabývali Osimani et al. (2018). Ti u těsta s přidavkem 10 % cvrččí moučky zaznamenali po 10 minutách pokles konzistence o  $23,0 \pm 1,00$  FJ, což je v souladu s ideálními hodnotami, které by se měly pohybovat kolem 30 FJ. U těsta, do kterého bylo přidáno 30 % moučky z cvrčků, byl zaznamenán mnohem větší pokles konzistence. Po 12 minutách byla naměřena hodnota  $62,0 \pm 1,00$  FJ, která již přesahuje hladinu 50 FJ, kdy práce s těstem je mnohem složitější a má tendenci se rozpadat. V námi naměřených výsledcích byla potvrzena statistická závislost, která nám říká, že obohacení o cvrččí moučku mělo vliv na tuto vlastnost těsta. V našem měření byly zaznamenány hodnoty pohybující se mezi 70 až 120 FJ, což jsou oproti jiným výzkumům hodnoty mnohem vyšší. Zároveň by ale stálo se zamyslet nad obecně vysokou hodnotou poklesu u těsta pouze z pšeničné mouky, kde byly naměřeny hodnoty 60 FJ. Takto vysoké číslo mohlo mít vliv na to, že po přidavku cvrččí moučky došlo pouze

k prohloubení problému. V případě měření druhé etapy byly naměřené hodnoty dosti rozdílné. U neobohaceného těsta byla naměřena hodnota 20 FJ a u těst s přídatkem 8 % se hodnoty pohybovaly mezi 30 až 80 FJ.

Pečivo s přídatkem cvrččí moučky vykazovalo po upečení tmavší odstíny barvy kůrky. Michalska et al. (2008) jsou přesvědčeni o tom, že za změnou barvy stojí zvýšený obsah proteinů, který může vést ke zvýšené produkci produktů Maillardovy reakce. González et al. (2019) po přídatku jakékoli hmyzí moučky obecně zaznamenali ztmavnutí pečiva. Lze to přisuzovat rozdílnému složení aminokyselin oproti pšeničné mouce. Hlavním zdrojem neenzymatického hnědnutí a tvorby akrylamidu bývá kyselina asparagová, na jejíž obsažené množství ve cvrččí mouce jsme se zaměřili v našem testování. V dnešní době převládá trend eliminovat množství akrylamidu jakožto potencionálního karcinogenu, čímž by přídatek látky, která je jeho prekursorem, mohl hodnoty opět navýšit. Hodnoty asparagové kyseliny byly ve cvrččí moučce mnohonásobně vyšší oproti pšeničné mouce, a i malé množství přídatku by mohlo výrazně navýšit celkové hodnoty této přítomné aminokyseliny. Je to nezodpovězená otázka, na kterou by se mělo zaměřit ještě v dalších výzkumech.

Vzorky s 10% přídatkem, se kterými pracovali Koletta et al. (2014), měly menší tendenci k tmavnutí a dosti se podobaly vzorkům neobohaceným, kdežto vzorky, do kterých bylo přidáno 20 %, již vykazovaly statisticky významné rozdíly. Tento fakt potvrdili i Homann et al. (2017), kteří přidali do sušenek 10 % přídatku, a již v tomto množství došlo ke ztmavnutí konečného produktu. Změnu barvy po přídatku cvrččí mouky zaznamenali i González et al. (2019), kteří přidali dokonce pouze 5 %. Největší statistické rozdíly byly zaznamenány v barvě kůrky. I naši hodnotitelé, kteří posuzovali mezi standardem a pečivem s množstvím přídatku 5, 8 a 10 % světlé a tmavé cvrččí mouky, shledali rozdíl ve všech vzorcích v porovnání s neobohaceným vzorkem.

Vliv přídatku se nepodepsal pouze na barvě, ale měl vliv i na celkovou strukturu konečného produktu. Ten se dal předpokládat i po různých reologických odlišnostech, které byly naměřeny během přípravy těsta. Další změny byly naměřeny v rámci tvrdosti konečného produktu. Například Gómez et al. (2003) zjistili, že v důsledku snížení obsahu škrobu zvýšeným obsahem proteinů, byla u pečiva naměřena menší tvrdost. Změna tvrdosti by se dala přičíst nejen změně nutričního složení, ale i změně struktury těsta, kdy obohacené výrobky vykazovaly zvýšenou pórovitost, která u pečiva působí měkčím dojmem (Sanz et al. 2009). Se snížením tvrdosti se ve svém výzkumu setkali i Pauter et al. (2018), kteří taktéž po přídatku zaznamenali významné statistické rozdíly. Na druhou stranu máme zde i výsledky, které hovoří opačně. S tímto jevem se setkali de Oliveira et al. (2017) a González et al. (2019), kteří po přídatku cvrččí moučky zaznamenali spíše tvrdší strukturu pečiva a prodloužení doby žvýkání. Naše měření bylo ovlivněno tím, že vzorky byly před degustací několik měsíců zmrazeny, takže žádné průkazné rozdíly potvrzeny nebyly. Nicméně u vzorků, kde k jejich ohodnocení došlo ihned po vychlazení, se konzumenti shodli, že obohacené kusy jsou oproti normálnímu pečivu tvrdší. Obecné vyhodnocení vztahu mezi přídatkem a následným vlivem na tvrdost potvrdilo statisticky významnou korelaci.

S tvrdostí pečiva souvisí i jeho drobivost. V případě našeho měření hodnotící neshledali žádné rozdíly a ani v případě vyhodnocení vzájemných korelací nebyl potvrzen vliv přídatku na změnu drobivosti. Avšak výzkumy hovoří jinak. V případě hodnocení pečiva, kde bylo nahrazeno 10 % pšeničné mouky cvrččí, došlo ke zvýšení soudržnosti, což znamená, že pečivo

je méně náchylné ke drobitosti (Onyango et al. 2011). Roncolini et al. (2019) a de Oliveira et al. (2017) zastávají názor, že existuje určitá korelace mezi objemem pečiva a jeho drobitostí. Čím nižší je objem, tím vyšší je drobitost. V našem testování nic takového potvrzeno nebylo.

Mezi vzorky se nacházely určité rozdílnosti, co se velikosti a objemu týče a například Pareyt et al. (2011) říkají, že za těmito změnami stojí zvýšený obsah bílkovin a tuků, které mají tendence destabilizovat póry. Avšak González et al. (2019) se pokusili ve svých pokusech použít odtučněnou verzi hmyzí moučky, kde výsledný objem obohaceného pečiva se nikterak oproti předchozímu nezměnil. Jako nejvíce pravděpodobné odůvodnění, proč dochází ke zmenšení objemu, je absence lepkových bílkovin, které utváří strukturu a zadržují plyny (González et al. 2019). Osimani et al. (2018) naměřili u neobohaceného pečiva největší objem, který s množstvím přídatku klesal. V našem měření se přídatek cvrččí moučky taktéž projevil zmenšením objemu. Tento fakt byl potvrzen korelační analýzou, kde byla potvrzena závislost. Větší pozornost by měla být do budoucna věnována faktu, že u pečiva, u kterého byla použita tmavá cvrččí moučka (vyrobena sušením cvrčků v sušárně), s rostoucím množstvím přídatku rostl i objem. Naopak u pečiva, kde byla použita světlá moučka (vyráběna sprejovým sušením), měl objem s rostoucím přídatkem klesající tendenci. V tuto chvíli bychom se opět mohli opřít o teorii, kterou uveřejnili Lucas-González et al. (2019), kteří říkají, že rozdílný technologický postup přípravy cvrččí mouky může mít vliv na její fyzikálně-chemické vlastnosti.

Pokud má být takto obohacený výrobek přijatelný ze strany konzumenta, musí být změny vlivem přídatku buď pozitivní, nebo co nejméně znatelné. V případě chuti, která byla hodnocena u muffinů, do nichž bylo přidáno 2, 5 a 10 % cvrččí moučky, byly reakce konzumentů překvapivě pozitivní (Pauter et al. 2018). S oblibou se setkali i Alemu et al. (2017), kteří připravili vzorky s 5 a 10% přídatkem. Významně vyšší ohodnocení si odnesly housky s přídatkem 5 % oproti vzorku neobohacenému a s přídatkem 10 %. V našem případě u prvního hodnocení neshledávali posuzovatelé statisticky významné rozdíly chuti mezi standardem a jednotlivými kusy s množstvím přídatku 5, 8 a 10 %. Avšak byl zaznamenán rozdíl ve druhém sensorickém hodnocení, kde hodnotitelé porovnávali neobohacený vzorek pouze se vzorkem s 8 % přídatku světlé a tmavé cvrččí moučky. Odlišná chuť byla prokázána mezi vzorkem neobohaceným a s 8% přídatkem tmavé cvrččí moučky. Zároveň mezi vzorky existuje závislost mezi intenzitou chuti a její příjemností.

Poslední atribut, na který jsme se dotázaných zeptali, bylo celkové zhodnocení produktu. V rámci hodnocení 7 vzorků s 3 různými koncentracemi a 2 odlišnými moučkami nebyla shledána žádná statistická rozdílnost. Ta byla pouze potvrzena v porovnání standardu a vzorků s 8% přídatkem, kdy hodnotitelé shledávali vzorek obohacený o světlou cvrččí moučku jako odlišný. Se spíše negativním ohlasem se setkali i Homann et al. (2017), kde sušenky obohacené o 10 % cvrččí moučkou získaly mnohem nižší celkové hodnocení oproti sušenkám, které byly obohaceny o sušené mléko. S těmito výsledky se setkali i Osimani et al. (2018) u vzorků obohacených o 30 % cvrččí mouky, kde výsledky byly oproti standardu a vzorku s 10% přídatkem mnohem nižší a statisticky průkazné. Naopak s pozitivní reakcí u pečiva, kde přídatek činil 5 %, se setkali Alemu et al. (2017), kde tyto vzorky získaly signifikantně vyšší hodnocení oproti neobohacenému pečivu a s přídatkem 10 %. V testech, kde Roncolini et al. (2019) použili k náhradě potměnkovou mouku v množství 5 a 10 %, bylo ve výsledku jako nejpříjemnější ohodnoceno neobohacené pečivo. De Oliveira et al. (2017)

zkusili využít švábí mouky, kde nedošlo k porovnání s neobohaceným vzorkem, ale obecnému zhodnocení přijatelnosti. Výsledný index tohoto parametru si získal více jak 75 %, což splnilo obecnou přijatelnost, která musí splňovat minimálně alespoň 70 %.

## 7 Závěr

V této práci bylo zjištěno, že přídavek cvrččí moučky měl vliv na některé reologické vlastnosti těsta. V případě přídavku cvrččí moučky v jakémkoli množství nebyl zaznamenán vliv na vaznost vody. Tyto hodnoty u obohaceného těsta byly dosti podobné jako u těsta bez přídavku. Avšak byl zkrácen vývin těsta v případě přídavku světlé cvrččí moučky, u přídavku tmavé byly hodnoty obdobné. Nicméně přídavek se neprojevil pouze na stabilitě těsta, která byla snížena především u vzorků s 8 a 10 % přídavku, ale i na následném poklesu konzistence, kde u těst s přídavkem byly naměřeny mnohem vyšší hodnoty oproti těstu bez přídavku.

Zvýšený pokles konzistence měl po upečení negativní vliv na měrný objem pečiva, který byl snížen. Obecně byl prokázán vliv přídavku na hodnoty měrného objemu, které se postupně snižovaly s rostoucím množstvím přídavku světlé cvrččí moučky. Zároveň lze tvrdit, že se promítl rozdílný technologický postup přípravy mouček, jelikož v případě zvyšující se dávky tmavé cvrččí moučky rostl i objem pečiva, nicméně byl stále menší než u pečiva neobohaceného.

Na základě výsledků sensorického hodnocení lze tvrdit, že množství přídavku, mělo vliv na barvu výsledného produktu. S rostoucím přídavkem rostla i intenzita hnědého zbarvení. Ač tento jev mohl být způsoben Maillardovou reakcí, která mohla mít následně negativní vliv na chuť, žádné výrazné rozdíly mezi neobohaceným pečivem a pečivem s přídavkem cvrččí moučky shledány nebyly. Pouze u vzorků s 8 a 10% přídavkem byl prokázán sklon ke vzniku ořechových, zemitých až bobovitých příchutí. Čím intenzivnější tyto příchutě byly, tím méně přijatelné vzorky pro hodnotící byly.

V návaznosti na Maillardovu reakci je potřeba říci, že do budoucna by měla být věnována zvýšená pozornost přítomné asparagové kyselině, jejíž množství bylo ve cvrččí moučce mnohonásobně vyšší v porovnání s pšeničnou. Jelikož obohacené pečivo bylo vyhodnoceno jako tmavší, je určitý předpoklad, že mohlo dojít k neenzymatickému hnědnutí z důvodu této chemické reakce a k nárůstu přítomného akrylamidu.

K dosažení ideálních parametrů u fortifikovaného pečiva by bylo do budoucna potřeba řádně prozkoumat bližší charakteristiky a stav bílkovin a tuku v těchto cvrččích moučkách, které se podílejí na vlastnostech těsta během hnětení, kynutí i pečení.

Tímto bylo potvrzena hypotéza, že přídavek cvrččí moučky ovlivní reologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost finálního výrobku. Zároveň došlo i ke změně hodnot parametrů pečiva, které hodnotitelé shledávali spíše jako negativní.

## 8 Literatura

- Abbasi T, Abbasi SA. 2016. Reducing the global environmental impact of livestock production: The minilivestock option. *Journal of Cleaner Production* **112**:1754–1766. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.094>.
- Alemu M, Olsen S, Vedel S, Kinyuru J, Pambo K. 2016. Integrating sensory evaluations in incentivized discrete choice experiments to assess consumer demand for cricket flour buns in Kenya. *IFRO Working Paper* **2**:1–26. Available from [http://okonomi.foi.dk/workingpapers/WPpdf/WP2016/IFRO\\_WP\\_2016\\_02.pdf](http://okonomi.foi.dk/workingpapers/WPpdf/WP2016/IFRO_WP_2016_02.pdf).
- Alemu MH, Olsen SB, Vedel SE, Kinyuru JN, Pambo KO. 2017. Can insects increase food security in developing countries? An analysis of Kenyan consumer preferences and demand for cricket flour buns. *Food Security* **9**:471–484. *Food Security*.
- Ayieko MA, Ogola HJ, Ayieko IA. 2016. Introducing rearing crickets (gryllids) at household levels: Adoption, processing and nutritional values. *Journal of Insects as Food and Feed* **2**:203–211.
- Bauserman M, Lokangaka A, Kodondi KK, Gado J, Viera AJ, Bentley ME, Engmann C, Tshetu A, Bose C. 2015. Caterpillar cereal as a potential complementary feeding product for infants and young children: Nutritional content and acceptability. *Maternal and Child Nutrition* **11**:214–220.
- Behrens JH, Villanueva NDM, Da Silva MAAP. 2007. Effect of nutrition and health claims on the acceptability of soyamilk beverages. *International Journal of Food Science and Technology* **42**:50–56.
- Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **12**:296–313.
- Burt KG, Kotao T, Lopez I, Koeppel J, Goldstein A, Samuel L, Stopler M. 2018. Acceptance of Using Cricket Flour as a Low Carbohydrate, High Protein, Sustainable Substitute for All-Purpose Flour in Muffins. *Journal of Culinary Science and Technology* **00**:1–13. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1563934>.
- Caparros Megido R, Alabi T, Nieuw C, Blecker C, Danthine S, Bogaert J, Haubruge É, Francis F. 2016. Optimisation of a cheap and residential small-scale production of edible crickets with local by-products as an alternative protein-rich human food source in Ratanakiri Province, Cambodia. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **96**:627–632.
- Cornejo F, Rosell CM. 2015. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT - Food Science and Technology* **62**:1203–1210. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.050>.
- D'Egidio MG, Pagani MA. 1997. Effect of the different stages of durum wheat chain on pasta colour **0**:17–20.
- Dapcevic T, Pojic M, Hadnaev M, Torbic A. 2011. The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. *Wide Spectra of Quality Control*.
- de Oliveira LM, da Silva Lucas AJ, Cadaval CL, Mellado MS. 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **44**:30–35. Elsevier. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.015>.
- Dobraszczyk BJ, Morgenstern MP. 2003. Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science* **38**:229–245.
- Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K. 2003. Forest insects as food: humans bite back. *Page Clinical Radiology*.

- EFSA. 2010. Scientific Opinion on establishing Food-Based Dietary Guidelines. *EFSA Journal* **8**:1–42.
- Ettoumi YL, Chibane M. 2015. Some physicochemical and functional properties of pea chickpea and lentil whole flours. *International food research journal* **0**:987–996.
- Evert AB et al. 2014. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care* **37**:120–143.
- Feili R. 2013. Physical and Sensory Analysis of High Fiber Bread Incorporated with Jackfruit Rind Flour. *Food Science and Technology* **1**:30–36.
- Finke MD. 2007. Estimate of Chitin in Raw Whole Insects. *Zoo biology* **26**:93–104.
- Gómez M, Ronda F, Blanco CA, Caballero PA, Apesteguía A. 2003. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology* **216**:51–56.
- González CM, Garzón R, Rosell CM. 2019. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **51**:205–210. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>.
- Graça C, Fradinho P, Sousa I, Raymundo A. 2018. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. *LWT - Food Science and Technology* **89**:466–474. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.024>.
- Guzmán C, Posadas-Romano G, Hernández-Espinosa N, Morales-Dorantes A, Peña RJ. 2015. A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality. *Journal of Cereal Science* **66**:59–65.
- Haddad I, Mozzon M, Frega NG. 2012. Trends in fatty acids positional distribution in human colostrum, transitional, and mature milk. *European Food Research and Technology* **235**:325–332.
- Hamerman EJ. 2016. Cooking and disgust sensitivity influence preference for attending insect-based food events. *Appetite* **96**:319–326. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2015.09.029>.
- Hertel TW. 2015. The challenges of sustainably feeding a growing planet. *Food Security* **7**:185–198.
- Homann AM, Ayieko MA, Konyole SO, Roos N. 2017. Acceptability of biscuits containing 10% cricket (*Acheta domestica*) compared to milk biscuits among 5-10-year-old Kenyan schoolchildren. *Journal of Insects as Food and Feed* **3**:95–103.
- Ivanic M, Martin W. 2008. Implications of higher global food prices for poverty in low-income countries. *Agricultural Economics* **39**:405–416.
- Janssen RH, Vincken JP, Van Den Broek LAM, Fogliano V, Lakemond CMM. 2017. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **65**:2275–2278.
- Jideani VA. 2011. Functional Properties of Soybean Food Ingredients in Food Systems. *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology*.
- Kaya M, Baran T, Erdoğan S, Menteş A, Aşan Özüsallam M, Çakmak YS. 2014. Physicochemical comparison of chitin and chitosan obtained from larvae and adult Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Materials Science and Engineering C* **45**:72–81.
- Koletta P, Irakli M, Papageorgiou M, Skendi A. 2014. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *Journal of Cereal Science* **60**:561–568. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2014.08.003>.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on

- the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:267–272.
- Lazo-Vélez MA, Chuck-Hernandez C, Serna-Saldívar SO. 2015. Evaluation of the functionality of five different soybean proteins in yeast-leavened pan breads. *Journal of Cereal Science* **64**:63–69.
- Lucas-González R, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. 2019. Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domesticus*). *European Food Research and Technology* **245**:1451–1458. Springer Berlin Heidelberg. Available from <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>.
- Machado R, Cruz R, Thys S. 2019. Cricket powder ( *Gryllus assimilis* ) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **56**:102180. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102180>.
- Mariotti M, Lucisano M, Ambrogina Pagani M, Ng PKW. 2009. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International* **42**:963–975. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.04.017>.
- Matos ME, Rosell CM. 2012. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. *European Food Research and Technology* **235**:107–117.
- Menrad, K. K. 2003. Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering* **56**:181–188.
- Michaelsen KF. 2013. Cow's milk in the prevention and treatment of stunting and wasting. *Food and Nutrition Bulletin* **34**:249–251.
- Michalska A, Amigo-Benavent M, Zielinski H, del Castillo MD. 2008. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of Cereal Science* **48**:123–132.
- Mirsaeedghazi H, Emam-Djomeh Z, Mousavi SMA. 2008. Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it. *International Journal of Agriculture and Biology* **10**:112–119.
- Moore MM, Schober TJ, Dockery P, Arendt EK. 2004. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry* **81**:567–575.
- Niva M. 2007. “All foods affect health”: Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite* **48**:384–393.
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT - Food Science and Technology* **44**:681–686. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.006>.
- Oonincx DGAB, de Boer IJM. 2012. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE* **7**:1–5.
- Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA, van Huis A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE* **5**:1–7.
- Osimani A et al. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **48**:150–163.
- Osimani A, Cardinali F, Aquilanti L, Garofalo C, Roncolini A, Milanović V, Pasquini M, Tavoletti S, Clementi F. 2017. Occurrence of transferable antibiotic resistances in commercialized ready-to-eat mealworms (*Tenebrio molitor* L.). *International Journal of Food Microbiology* **263**:38–46.



- Pambo KO, Okello JJ, Mbeche RM, Kinyuru JN, Alemu MH. 2018. The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour-containing buns. *Food Research International* **106**:532–541. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.011>.
- Pareyt B, Finnie SM, Putseys JA, Delcour JA. 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science* **54**:266–279. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.011>.
- Pasqualone A, Laddomada B, Centomani I, Paradiso VM, Minervini D, Caponio F, Summo C. 2017. Bread making aptitude of mixtures of re-milled semolina and selected durum wheat milling by-products. *LWT - Food Science and Technology* **78**:151–159. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.032>.
- Paula AM, Conti-Silva AC. 2014. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering* **121**:9–14. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>.
- Pauter P, Róžańska M, Wiza P, Dworzak S, Grobelna N, Sarbak P, Kowalczewski P. 2018. Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* **17**:227–233.
- Rodríguez-García J, Sahi SS, Hernando I. 2014. Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT - Food Science and Technology* **58**:173–182. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.012>.
- Roncolini A et al. 2019. Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor L.*) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLoS ONE* **14**:1–29.
- Ronda F, Gómez M, Blanco CA, Caballero PA. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry* **90**:549–555.
- Rubio Ruiz J, Giménez García R, Naveiro Rilo J, Salcedo Joven V, Díez Estrada M, Mayoral Gómez A. 1991. Estudio epidemiológico y clínico del melanoma maligno cutáneo en el área sanitaria de León. *Page Medicina Clínica*. Available from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* **57**:802–823.
- Sanz T, Salvador A, Baixauli R, Fiszman SM. 2009. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response. *European Food Research and Technology* **229**:197–204.
- Spehar CR, De Barros RS. 2002. Quinoa BRS Piabiru: Alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **37**:889–893.
- Sprangers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Olyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, Michiels J, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **97**:2594–2600.
- Sun-Waterhouse D, Wadhwa SS. 2013. Industry-Relevant Approaches for Minimising the Bitterness of Bioactive Compounds in Functional Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology* **6**:607–627.
- van Huis A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology* **58**:563–583.
- Wandersleben T, Morales E, Burgos-Díaz C, Barahona T, Labra E, Rubilar M, Salvo-Garrido H. 2018. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine. *LWT - Food Science and Technology* **91**:48–54. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.029>.

- Wang J, Rosell CM, Benedito de Barber C. 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* **79**:221–226.
- Wang K, Lu F, Li Z, Zhao L, Han C. 2017. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: A review. *Food Science and Technology* **37**:1–9.
- Weipert D. 1992. Descriptive and fundamental rheometry in a new light. *Cereal Foods World* **0**:15–24.
- Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International* **77**:460–466.
- Ziobro R, Juszczak L, Witczak M, Korus J. 2016. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. *Journal of Food Science and Technology* **53**:571–580.
- Ziobro R, Witczak T, Juszczak L, Korus J. 2013. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids* **32**:213–220.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

| Zkratka | Význam                         |
|---------|--------------------------------|
| FJ      | Farinografické jednotky        |
| EFSA    | European Food Safety Authority |
| KD      | Koeficient důležitosti         |
| PCA     | Analýza hlavních komponent     |
| ANOVA   | Analýza rozptylu               |



# 10 Samostatné přílohy

Příloha 1 – Dotazník senzoričkého hodnocení – 1. strana

## Senzoričké hodnocení housek s přidavkem cvrččí mouky

Pohlaví:

Datum:

Zdravotní stav:

Věk:

### 1. Intenzita barvy

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Velmi světlá

Velmi tmavá

### 2. Celková příjemnost vůně

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Odporná

Vynikající

### 3. Příjemnost textury

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Odporná

Vynikající

**4. Soudržnost (drobivost)**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Velmi rozpadavý (drobivý)

Velmi soudržný

**5. Tvrdost**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Velmi měkký

Velmi tvrdý

**6. Celková příjemnost chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Odporná

Vynikající

**7. Celková intenzita chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**8. Intenzita sladké chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**9. Intenzita oříškové chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**10. Intenzita kávové chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**11. Intenzita zemité chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**12. Intenzita bobovité (luštěninové) chuti**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Neznatelná

Velmi silná

**13. Celkové hodnocení vzorku**

Vzorek č.:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

Odporný

vynikající



Příloha 5 – Výsledky senzoričké hodnocení – 7 vzorků

| Množství moučky | Intenzita barvy | Příjemnost vůně | Příjemnost textury | Soudržnost | Tvrдост | Příjemnost chuti |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------|---------|------------------|
| Standard        | 0,01            | 0,93            | 0,95               | 0,94       | 0,01    | 0,98             |
| Standard        | 0,04            | 0,91            | 0,54               | 0,53       | 0,41    | 0,81             |
| Standard        | 0,03            | 0,87            | 0,9                | 0,89       | 0,2     | 0,74             |
| Standard        | 0,13            | 0,74            | 0,29               | 0,76       | 0,72    | 0,64             |
| Standard        | 0,07            | 0,95            | 0,49               | 0,18       | 0,89    | 0,5              |
| Standard        | 0,04            | 0,45            | 0,92               | 0,63       | 0,19    | 0,57             |
| Standard        | 0,04            | 0,92            | 0,71               | 0,42       | 0,54    | 0,89             |
| Standard        | 0,02            | 0,72            | 0,43               | 0,9        | 0,91    | 0,86             |
| Standard        | 0,01            | 0,81            | 0,34               | 0,17       | 0,02    | 0,79             |
| Standard        | 0,14            | 0,88            | 0,79               | 0,38       | 0,31    | 0,88             |
| Standard        | 0,1             | 0,77            | 0,45               | 0,32       | 0,27    | 0,64             |
| Standard        | 0,23            | 0,51            | 0,61               | 0,91       | 0,18    | 0,55             |
| 5 % světlá      | 0,17            | 0,85            | 0,87               | 0,79       | 0,1     | 0,96             |
| 5 % světlá      | 0,1             | 0,81            | 0,67               | 0,76       | 0,57    | 0,8              |
| 5 % světlá      | 0,28            | 0,79            | 0,88               | 0,28       | 0,25    | 0,78             |
| 5 % světlá      | 0,45            | 0,53            | 0,24               | 0,53       | 0,23    | 0,78             |
| 5 % světlá      | 0,48            | 0,35            | 1                  | 0,8        | 0,72    | 0,49             |
| 5 % světlá      | 0,16            | 0,59            | 0,78               | 0,21       | 0,44    | 0,53             |
| 5 % světlá      | 0,58            | 0,73            | 0,75               | 0,67       | 0,84    | 0,77             |
| 5 % světlá      | 0,09            | 0,35            | 0,73               | 0,66       | 0,4     | 0,7              |
| 5 % světlá      | 0,13            | 0,88            | 0,42               | 0,25       | 0,57    | 0,81             |
| 5 % světlá      | 0,2             | 0,72            | 0,75               | 0,45       | 0,35    | 0,57             |
| 5 % světlá      | 0,28            | 0,84            | 0,43               | 0,12       | 0,48    | 0,35             |
| 5 % světlá      | 0,52            | 0,53            | 0,63               | 0,31       | 0,6     | 0,59             |
| 5 % tmavá       | 0,31            | 0,66            | 0,85               | 0,49       | 0,55    | 0,58             |
| 5 % tmavá       | 0,27            | 0,81            | 0,95               | 0,9        | 0,68    | 0,83             |
| 5 % tmavá       | 0,43            | 0,79            | 0,53               | 0,23       | 0,29    | 0,75             |
| 5 % tmavá       | 0,57            | 0,07            | 0,61               | 0,29       | 0,59    | 0,86             |
| 5 % tmavá       | 0,48            | 1               | 1                  | 0,48       | 0,09    | 0,5              |
| 5 % tmavá       | 0,22            | 0,7             | 0,8                | 0,82       | 0,82    | 0,56             |
| 5 % tmavá       | 0,58            | 0,66            | 0,8                | 0,77       | 0,29    | 0,88             |
| 5 % tmavá       | 0,4             | 0,21            | 0,6                | 0,78       | 0,21    | 0,32             |
| 5 % tmavá       | 0,33            | 0,81            | 0,68               | 0,11       | 0,2     | 0,86             |
| 5 % tmavá       | 0,26            | 0,69            | 0,83               | 0,33       | 0,17    | 0,72             |
| 5 % tmavá       | 0,36            | 0,49            | 0,87               | 0,51       | 0,32    | 0,23             |
| 5 % tmavá       | 0,51            | 0,55            | 0,71               | 0,61       | 0,82    | 0,56             |
| 8 % světlá      | 0,37            | 0,33            | 0,6                | 0,49       | 0,87    | 0,89             |
| 8 % světlá      | 0,51            | 0,81            | 0,57               | 0,9        | 0,8     | 0,74             |
| 8 % světlá      | 0,47            | 0,49            | 0,42               | 0,76       | 0,84    | 0,65             |
| 8 % světlá      | 0,51            | 0,78            | 0,36               | 0,38       | 0,57    | 0,82             |
| 8 % světlá      | 0,49            | 0,95            | 1                  | 0,81       | 0,73    | 0,99             |

| Množství moučky | Intenzita barvy | Příjemnost vůně | Příjemnost textury | Soudržnost | Tvrdost | Příjemnost chuti |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------|---------|------------------|
| 8 % světlá      | 0,21            | 0,39            | 0,83               | 0,71       | 0,79    | 0,48             |
| 8 % světlá      | 0,5             | 0,16            | 0,81               | 0,07       | 0,25    | 0,72             |
| 8 % světlá      | 0,26            | 0,44            | 0,85               | 0,58       | 0,33    | 0,43             |
| 8 % světlá      | 0,21            | 0,83            | 0,64               | 0,79       | 0,79    | 0,86             |
| 8 % světlá      | 0,26            | 0,7             | 0,72               | 0,45       | 0,23    | 0,66             |
| 8 % světlá      | 0,41            | 0,84            | 0,62               | 0,74       | 0,26    | 0,5              |
| 8 % světlá      | 0,41            | 0,42            | 0,83               | 0,42       | 0,89    | 0,59             |
| 8 % tmavá       | 0,64            | 0,37            | 0,8                | 0,63       | 0,4     | 0,88             |
| 8 % tmavá       | 0,44            | 0,83            | 0,47               | 0,68       | 0,66    | 0,82             |
| 8 % tmavá       | 0,94            | 0,78            | 0,43               | 0,81       | 0,73    | 0,8              |
| 8 % tmavá       | 0,69            | 0,66            | 0,47               | 0,54       | 0,39    | 0,36             |
| 8 % tmavá       | 0,91            | 0,95            | 0,71               | 0,44       | 0,5     | 0,99             |
| 8 % tmavá       | 0,31            | 0,38            | 0,86               | 0,68       | 0,29    | 0,67             |
| 8 % tmavá       | 0,79            | 0,59            | 0,3                | 0,77       | 0,64    | 0,55             |
| 8 % tmavá       | 0,15            | 0,51            | 0,81               | 0,75       | 0,33    | 0,57             |
| 8 % tmavá       | 0,91            | 0,86            | 0,82               | 0,28       | 0,32    | 0,82             |
| 8 % tmavá       | 0,5             | 0,66            | 0,77               | 0,45       | 0,27    | 0,6              |
| 8 % tmavá       | 0,58            | 0,53            | 0,68               | 0,83       | 0,16    | 0,55             |
| 8 % tmavá       | 0,57            | 0,41            | 0,87               | 0,58       | 0,55    | 0,58             |
| 10 % světlá     | 0,74            | 0,18            | 0,45               | 0,71       | 0,8     | 0,24             |
| 10 % světlá     | 0,83            | 0,8             | 0,62               | 0,93       | 0,76    | 0,75             |
| 10 % světlá     | 0,66            | 0,4             | 0,36               | 0,13       | 0,96    | 0,76             |
| 10 % světlá     | 0,66            | 0,89            | 0,35               | 0,5        | 0,48    | 0,87             |
| 10 % světlá     | 0,94            | 0,72            | 0,48               | 0,8        | 0,19    | 0,17             |
| 10 % světlá     | 0,37            | 0,43            | 0,83               | 0,95       | 0,96    | 0,7              |
| 10 % světlá     | 0,79            | 0,51            | 0,59               | 0,36       | 0,23    | 0,18             |
| 10 % světlá     | 0,44            | 0,06            | 0,36               | 0,43       | 0,64    | 0,78             |
| 10 % světlá     | 0,46            | 0,91            | 0,74               | 0,36       | 0,68    | 0,79             |
| 10 % světlá     | 0,41            | 0,76            | 0,71               | 0,41       | 0,38    | 0,83             |
| 10 % světlá     | 0,7             | 0,39            | 0,56               | 0,4        | 0,28    | 0,18             |
| 10 % světlá     | 0,64            | 0,53            | 0,69               | 0,66       | 0,86    | 0,3              |
| 10 % tmavá      | 0,81            | 0,35            | 0,45               | 0,84       | 0,84    | 0,55             |
| 10 % tmavá      | 0,9             | 0,8             | 0,51               | 1          | 0,75    | 0,74             |
| 10 % tmavá      | 0,96            | 0,67            | 0,42               | 0,68       | 0,29    | 0,56             |
| 10 % tmavá      | 0,87            | 0,66            | 0,73               | 0,36       | 0,62    | 0,23             |
| 10 % tmavá      | 0,48            | 0,34            | 0,48               | 0,81       | 0,19    | 0,17             |
| 10 % tmavá      | 0,28            | 0,41            | 0,8                | 0,9        | 0,91    | 0,65             |
| 10 % tmavá      | 0,68            | 0,16            | 0,43               | 0,32       | 0,68    | 0,24             |
| 10 % tmavá      | 0,52            | 0,1             | 0,51               | 0,58       | 0,45    | 0,49             |
| 10 % tmavá      | 0,8             | 0,85            | 0,51               | 0,65       | 0,45    | 0,82             |
| 10 % tmavá      | 0,61            | 0,71            | 0,75               | 0,48       | 0,26    | 0,69             |
| 10 % tmavá      | 0,83            | 0,34            | 0,88               | 0,33       | 0,23    | 0,39             |
| 10 % tmavá      | 0,64            | 0,54            | 0,76               | 0,64       | 0,83    | 0,56             |

Příloha 6 – Výsledky senzoričkého hodnocení – 7 vzorků

| Množství moučky | Intenzita chuti | Sladká chuť | Oříšková chuť | Kávová chuť | Zemitá chuť | Bobovitá chuť | Celkové hodnocení |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|
| Standard        | 0,19            | 0,16        | 0,01          | 0           | 0,02        | 0             | 1                 |
| Standard        | 0,4             | 0,9         | 0,14          | 0,23        | 0,38        | 0,18          | 0,51              |
| Standard        | 0,28            | 0,48        | 0,12          | 0,07        | 0,06        | 0,06          | 0,61              |
| Standard        | 0,51            | 0,73        | 0,25          | 0,22        | 0,36        | 0,3           | 0,68              |
| Standard        | 0,13            | 0,19        | 0             | 0           | 0           | 0             | 0,45              |
| Standard        | 0,12            | 0,3         | 0,42          | 0,06        | 0,08        | 0,15          | 0,95              |
| Standard        | 0,8             | 0,69        | 0,35          | 0,11        | 0,49        | 0,24          | 0,89              |
| Standard        | 0,91            | 0,93        | 0,03          | 0,03        | 0,03        | 0,03          | 0,86              |
| Standard        | 0,25            | 0,04        | 0,05          | 0,09        | 0           | 0             | 0,51              |
| Standard        | 0,52            | 0,54        | 0,04          | 0,04        | 0,05        | 0,03          | 0,93              |
| Standard        | 0,24            | 0,37        | 0,34          | 0,11        | 0,18        | 0,07          | 0,83              |
| Standard        | 0,34            | 0,18        | 0,21          | 0,15        | 0,39        | 0,05          | 0,58              |
| 5 % světlá      | 0,57            | 0,02        | 0             | 0,01        | 0,01        | 0             | 0,7               |
| 5 % světlá      | 0,47            | 0,8         | 0,59          | 0,22        | 0,68        | 0,21          | 0,71              |
| 5 % světlá      | 0,53            | 0,55        | 0,11          | 0,06        | 0,06        | 0,53          | 0,74              |
| 5 % světlá      | 0,46            | 0,54        | 0,17          | 0,18        | 0,42        | 0,23          | 0,64              |
| 5 % světlá      | 0,13            | 0           | 0,16          | 0           | 0           | 0             | 0,46              |
| 5 % světlá      | 0,4             | 0,36        | 0,46          | 0,03        | 0,31        | 0,22          | 0,93              |
| 5 % světlá      | 0,79            | 0,36        | 0,22          | 0,56        | 0,69        | 0,8           | 0,83              |
| 5 % světlá      | 0,52            | 0,17        | 0,03          | 0,03        | 0,59        | 0,03          | 0,77              |
| 5 % světlá      | 0,12            | 0,1         | 0,09          | 0,3         | 0           | 0,14          | 0,6               |
| 5 % světlá      | 0,66            | 0,23        | 0,1           | 0,2         | 0,48        | 0,09          | 0,71              |
| 5 % světlá      | 0,76            | 0,44        | 0,52          | 0,41        | 0,31        | 0,1           | 0,46              |
| 5 % světlá      | 0,54            | 0,11        | 0,24          | 0,19        | 0,29        | 0,29          | 0,44              |
| 5 % tmavá       | 0,51            | 0,01        | 0,07          | 0,01        | 0,02        | 0             | 0,7               |
| 5 % tmavá       | 0,63            | 0,69        | 0,68          | 0,26        | 0,8         | 0,14          | 0,92              |
| 5 % tmavá       | 0,29            | 0,48        | 0,13          | 0,05        | 0,14        | 0,22          | 0,63              |
| 5 % tmavá       | 0,32            | 0,32        | 0,31          | 0,08        | 0,28        | 0,19          | 0,67              |
| 5 % tmavá       | 0,41            | 0,37        | 0,92          | 0           | 0           | 0             | 0,46              |
| 5 % tmavá       | 0,44            | 0,35        | 0,57          | 0,03        | 0,22        | 0,2           | 0,92              |
| 5 % tmavá       | 0,57            | 0,84        | 0,68          | 0,17        | 0,62        | 0,7           | 0,79              |
| 5 % tmavá       | 0,24            | 0,51        | 0,03          | 0,03        | 0,19        | 0,03          | 0,25              |
| 5 % tmavá       | 0,29            | 0,12        | 0,35          | 0,45        | 0           | 0,01          | 0,81              |
| 5 % tmavá       | 0,55            | 0,24        | 0,05          | 0,32        | 0,11        | 0,06          | 0,89              |
| 5 % tmavá       | 0,68            | 0,4         | 0,44          | 0,35        | 0,25        | 0,13          | 0,48              |
| 5 % tmavá       | 0,49            | 0,08        | 0,33          | 0,23        | 0,23        | 0,25          | 0,46              |
| 8 % světlá      | 0,59            | 0,01        | 0,01          | 0,01        | 0,01        | 0             | 0,69              |
| 8 % světlá      | 0,73            | 0,62        | 0,85          | 0,29        | 0,76        | 0,2           | 0,87              |
| 8 % světlá      | 0,57            | 0,25        | 0,07          | 0,05        | 0,35        | 0,46          | 0,45              |
| 8 % světlá      | 0,62            | 0,6         | 0,42          | 0,13        | 0,23        | 0,19          | 0,76              |
| 8 % světlá      | 0,41            | 0,36        | 0             | 0           | 0           | 0             | 1                 |
| 8 % světlá      | 0,36            | 0,34        | 0,57          | 0,04        | 0,2         | 0,16          | 0,92              |

| Množství moučky | Intenzita chuti | Sladká chuť | Oříšková chuť | Kávová chuť | Zemitá chuť | Bobovitá chuť | Celkové hodnocení |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|
| 8 % světlá      | 0,71            | 0,56        | 0,41          | 0,36        | 0,59        | 0,7           | 0,54              |
| 8 % světlá      | 0,26            | 0,45        | 0,03          | 0,03        | 0,03        | 0,03          | 0,33              |
| 8 % světlá      | 0,34            | 0,01        | 0,03          | 0,4         | 0           | 0,03          | 0,55              |
| 8 % světlá      | 0,7             | 0,26        | 0,42          | 0,29        | 0,56        | 0,17          | 0,69              |
| 8 % světlá      | 0,5             | 0,63        | 0,69          | 0,23        | 0,37        | 0,17          | 0,62              |
| 8 % světlá      | 0,61            | 0,09        | 0,27          | 0,21        | 0,4         | 0,4           | 0,45              |
| 8 % tmavá       | 0,43            | 0,03        | 0,02          | 0,01        | 0,02        | 0             | 0,92              |
| 8 % tmavá       | 0,55            | 0,71        | 0,8           | 0,28        | 0,65        | 0,14          | 0,62              |
| 8 % tmavá       | 0,53            | 0,38        | 0,22          | 0,12        | 0,07        | 0,25          | 0,64              |
| 8 % tmavá       | 0,47            | 0,39        | 0,15          | 0,34        | 0,49        | 0,24          | 0,34              |
| 8 % tmavá       | 0,41            | 0,36        | 0,14          | 0           | 0           | 0             | 1                 |
| 8 % tmavá       | 0,29            | 0,33        | 0,44          | 0,05        | 0,17        | 0,19          | 0,91              |
| 8 % tmavá       | 0,89            | 0,48        | 0,48          | 0,64        | 0,84        | 0,75          | 0,28              |
| 8 % tmavá       | 0,54            | 0,17        | 0,03          | 0,03        | 0,03        | 0,03          | 0,59              |
| 8 % tmavá       | 0,35            | 0,08        | 0,3           | 0,19        | 0           | 0,01          | 0,78              |
| 8 % tmavá       | 0,66            | 0,26        | 0,61          | 0,78        | 0,63        | 0,22          | 0,65              |
| 8 % tmavá       | 0,63            | 0,5         | 0,61          | 0,33        | 0,44        | 0,25          | 0,69              |
| 8 % tmavá       | 0,56            | 0,15        | 0,25          | 0,25        | 0,4         | 0,03          | 0,56              |
| 10 % světlá     | 0,74            | 0           | 0,03          | 0,03        | 0,1         | 0             | 0,48              |
| 10 % světlá     | 0,64            | 0,55        | 0,78          | 0,25        | 0,88        | 0,18          | 0,91              |
| 10 % světlá     | 0,85            | 0,52        | 0,52          | 0,78        | 0,8         | 0,75          | 0,22              |
| 10 % světlá     | 0,58            | 0,72        | 0,46          | 0,32        | 0,18        | 0,1           | 0,73              |
| 10 % světlá     | 0,99            | 0,25        | 0,6           | 0           | 0           | 0             | 0,08              |
| 10 % světlá     | 0,44            | 0,41        | 0,38          | 0,04        | 0,42        | 0,21          | 0,88              |
| 10 % světlá     | 0,83            | 0,38        | 0,16          | 0,62        | 0,75        | 0,76          | 0,21              |
| 10 % světlá     | 0,24            | 0,41        | 0,03          | 0,03        | 0,15        | 0,03          | 0,7               |
| 10 % světlá     | 0,23            | 0,1         | 0,14          | 0           | 0,3         | 0,05          | 0,03              |
| 10 % světlá     | 0,59            | 0,23        | 0,51          | 0,63        | 0,56        | 0,19          | 0,67              |
| 10 % světlá     | 0,78            | 0,67        | 0,79          | 0,47        | 0,63        | 0,43          | 0,75              |
| 10 % světlá     | 0,73            | 0,05        | 0,29          | 0,3         | 0,36        | 0,07          | 0,41              |
| 10 % tmavá      | 0,63            | 0,01        | 0,2           | 0,03        | 0,01        | 0             | 0,44              |
| 10 % tmavá      | 0,73            | 0,5         | 0,78          | 0,17        | 0,82        | 0,19          | 0,95              |
| 10 % tmavá      | 0,67            | 0,43        | 0,49          | 0,51        | 0,56        | 0,53          | 0,43              |
| 10 % tmavá      | 0,68            | 0,18        | 0,17          | 0,14        | 0,35        | 0,4           | 0,23              |
| 10 % tmavá      | 0,99            | 0,26        | 0,59          | 0           | 0           | 0             | 0,09              |
| 10 % tmavá      | 0,43            | 0,38        | 0,46          | 0,04        | 0,4         | 0,21          | 0,8               |
| 10 % tmavá      | 0,83            | 0,63        | 0,26          | 0,09        | 0,28        | 0,48          | 0,26              |
| 10 % tmavá      | 0,5             | 0,22        | 0,03          | 0,03        | 0,44        | 0,03          | 0,45              |
| 10 % tmavá      | 0,11            | 0,04        | 0,39          | 0,42        | 0,18        | 0,03          | 0,68              |
| 10 % tmavá      | 0,52            | 0,18        | 0,05          | 0,26        | 0,19        | 0,05          | 0,85              |
| 10 % tmavá      | 0,45            | 0,48        | 0,58          | 0,53        | 0,57        | 0,35          | 0,7               |
| 10 % tmavá      | 0,52            | 0,13        | 0,35          | 0,31        | 0,34        | 0,02          | 0,56              |

Příloha 7 – Výsledky senzoričkého hodnocení – 3 vzorky

| Množství moučky | Intenzita barvy | Příjemnost vůně | Příjemnost textury | Soudržnost | Tvrdost | Příjemnost chuti |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------|---------|------------------|
| Standard        | 0,2             | 0,39            | 0,35               | 0,3        | 0,52    | 0,73             |
| Standard        | 0,22            | 0,58            | 0,64               | 0,18       | 0,04    | 0,57             |
| Standard        | 0,02            | 0,78            | 0,9                | 1          | 0,05    | 0,86             |
| Standard        | 0,12            | 0,59            | 0,83               | 0,83       | 0,03    | 0,91             |
| Standard        | 0,21            | 0,8             | 0,82               | 0,45       | 0,23    | 0,78             |
| Standard        | 0,18            | 0,9             | 0,92               | 0,5        | 0,05    | 0,9              |
| Standard        | 0,04            | 0,67            | 0,63               | 0,78       | 0,29    | 0,81             |
| Standard        | 0,13            | 0,44            | 0,72               | 0,74       | 0,28    | 0,78             |
| Standard        | 0,22            | 0,53            | 0,99               | 0          | 0,01    | 0,99             |
| Standard        | 0,22            | 0,95            | 0,95               | 0,83       | 0,13    | 0,77             |
| Standard        | 0,25            | 0,91            | 0,86               | 0,5        | 0,06    | 0,88             |
| Standard        | 0,51            | 0,67            | 0,8                | 0,98       | 0,53    | 0,85             |
| Standard        | 0,28            | 0,92            | 0,68               | 0,79       | 0,34    | 0,85             |
| Standard        | 0,48            | 0,53            | 0,82               | 0,3        | 0,74    | 0,48             |
| Standard        | 0,15            | 0,78            | 0,76               | 0,89       | 0,32    | 0,64             |
| Standard        | 0,22            | 1               | 1                  | 0,62       | 0,41    | 1                |
| Standard        | 0,08            | 0,61            | 0,57               | 0,89       | 0,21    | 0,67             |
| Standard        | 0,17            | 0,48            | 0,55               | 0,44       | 0,23    | 0,78             |
| Standard        | 0,2             | 0,92            | 0,96               | 0,94       | 0,2     | 0,95             |
| Standard        | 0,19            | 0,69            | 0,68               | 0,84       | 0,16    | 0,25             |
| Standard        | 0,02            | 0,62            | 0,58               | 0,55       | 0,24    | 0,82             |
| Standard        | 0,14            | 0,98            | 0,95               | 0,44       | 0,09    | 0,96             |
| Standard        | 0,15            | 1               | 1                  | 0,2        | 0       | 1                |
| 8 % světlá      | 0,48            | 0,73            | 0,8                | 0,54       | 0,55    | 0,77             |
| 8 % světlá      | 0,56            | 0,71            | 0,93               | 0,82       | 0,11    | 0,78             |
| 8 % světlá      | 0,43            | 0,78            | 0,78               | 0,75       | 0,16    | 0,63             |
| 8 % světlá      | 0,55            | 0,38            | 0,43               | 0,81       | 0,42    | 0,46             |
| 8 % světlá      | 0,46            | 0,79            | 0,49               | 0,75       | 0,4     | 0,7              |
| 8 % světlá      | 0,6             | 0,6             | 0,42               | 0,32       | 0,56    | 0,8              |
| 8 % světlá      | 0,52            | 0,19            | 0,66               | 0,68       | 0,83    | 0,72             |
| 8 % světlá      | 0,45            | 0,43            | 0,54               | 0,88       | 0,66    | 0,49             |
| 8 % světlá      | 0,1             | 0,99            | 0,32               | 0,8        | 0,43    | 0,83             |
| 8 % světlá      | 0,4             | 0,31            | 0,99               | 0,83       | 0,85    | 0,47             |
| 8 % světlá      | 0,77            | 0,61            | 0,86               | 0,36       | 0,48    | 0,76             |
| 8 % světlá      | 0,61            | 0,46            | 0,77               | 0,98       | 0,53    | 0,68             |
| 8 % světlá      | 0,77            | 0,73            | 0,77               | 0,73       | 0,29    | 0,67             |
| 8 % světlá      | 0,83            | 0,97            | 0,83               | 0,79       | 0,47    | 0,71             |
| 8 % světlá      | 0,57            | 0,66            | 0,67               | 0,85       | 0,55    | 0,57             |
| 8 % světlá      | 0,68            | 0,15            | 0,86               | 1          | 0,57    | 0,92             |
| 8 % světlá      | 0,83            | 0,23            | 0,9                | 0,87       | 0,33    | 0,76             |
| 8 % světlá      | 0,69            | 0,86            | 0,82               | 0,6        | 0,75    | 0,6              |

| 8 % světlá      | 0,78            | 0,17            | 0,15               | 0,87       | 0,75    | 0,53             |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------|---------|------------------|
| Množství moučky | Intenzita barvy | Příjemnost vůně | Příjemnost textury | Soudržnost | Tvrdost | Příjemnost chuti |
| 8 % světlá      | 0,76            | 0,3             | 0,15               | 0,29       | 0,87    | 0,11             |
| 8 % světlá      | 0,77            | 0,51            | 0,49               | 0,38       | 0,48    | 0,72             |
| 8 % světlá      | 0,78            | 0,26            | 0,45               | 1          | 0,64    | 0,31             |
| 8 % světlá      | 0,46            | 0,93            | 0,5                | 0,81       | 0,83    | 1                |
| 8 % tmavá       | 0,76            | 0,52            | 0,6                | 0,6        | 0,74    | 0,57             |
| 8 % tmavá       | 0,64            | 0,44            | 0,86               | 0,68       | 0,1     | 0,43             |
| 8 % tmavá       | 0,43            | 0,78            | 0,8                | 0,64       | 0,04    | 0,66             |
| 8 % tmavá       | 0,45            | 0,2             | 0,47               | 0,79       | 0,33    | 0,68             |
| 8 % tmavá       | 0,46            | 0,81            | 0,5                | 0,75       | 0,39    | 0,97             |
| 8 % tmavá       | 0,85            | 0,1             | 0,28               | 0,08       | 0,67    | 0,2              |
| 8 % tmavá       | 0,68            | 0,57            | 0,35               | 0,29       | 0,56    | 0,53             |
| 8 % tmavá       | 0,55            | 0,44            | 0,58               | 0,84       | 0,61    | 0,4              |
| 8 % tmavá       | 0,5             | 0,21            | 0,99               | 0,59       | 0,86    | 0,99             |
| 8 % tmavá       | 0,69            | 0,92            | 0,99               | 0,83       | 0,33    | 0,9              |
| 8 % tmavá       | 0,78            | 0,76            | 0,86               | 0,4        | 0,41    | 0,87             |
| 8 % tmavá       | 0,6             | 0,58            | 0,76               | 0,98       | 0,53    | 0,8              |
| 8 % tmavá       | 0,88            | 0,49            | 0,91               | 0,86       | 0,46    | 0,46             |
| 8 % tmavá       | 1               | 0,81            | 0,83               | 0,98       | 0,23    | 0,71             |
| 8 % tmavá       | 0,37            | 0,75            | 0,73               | 0,87       | 0,42    | 0,6              |
| 8 % tmavá       | 0,7             | 0,76            | 1                  | 0,62       | 0,49    | 0,87             |
| 8 % tmavá       | 0,58            | 0,74            | 0,72               | 0,81       | 0,28    | 0,59             |
| 8 % tmavá       | 0,69            | 0,56            | 0,82               | 0,59       | 0,49    | 0,66             |
| 8 % tmavá       | 0,73            | 0,11            | 0,21               | 0,65       | 0,64    | 0,65             |
| 8 % tmavá       | 0,68            | 0,47            | 0,32               | 0,29       | 0,78    | 0,32             |
| 8 % tmavá       | 0,89            | 0,59            | 0,53               | 0,25       | 0,65    | 0,66             |
| 8 % tmavá       | 0,79            | 0,39            | 0,66               | 0,95       | 0,53    | 0,38             |
| 8 % tmavá       | 0,46            | 0,96            | 0,73               | 0,2        | 0,5     | 1                |

Příloha 8 – Výsledky senzoričké hodnocení – 3 vzorky

| Množství moučky | Intenzita chuti | Sladká chuť | Oříšková chuť | Kávová chuť | Zemitá chuť | Bobovitá chuť | Celkové hodnocení |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|
| Standard        | 0,55            | 0,2         | 0,24          | 0,23        | 0,22        | 0,18          | 0,49              |
| Standard        | 0,29            | 0,11        | 0,01          | 0,5         | 0           | 0             | 0,6               |
| Standard        | 0,5             | 0,52        | 0             | 0           | 0           | 0             | 0,88              |
| Standard        | 0,14            | 0,11        | 0,03          | 0,1         | 0,11        | 0,02          | 0,91              |
| Standard        | 0,45            | 0,16        | 0,31          | 0,43        | 0,57        | 0,58          | 0,8               |
| Standard        | 0,71            | 0,72        | 0,15          | 0,03        | 0,03        | 0,05          | 1                 |
| Standard        | 0,68            | 0,64        | 0,16          | 0,06        | 0,06        | 0,05          | 0,68              |
| Standard        | 0,34            | 0,68        | 0,37          | 0,53        | 0,43        | 0,39          | 0,71              |
| Standard        | 0,09            | 0           | 0             | 0,01        | 0,01        | 0,5           | 0,8               |
| Standard        | 0,19            | 0,18        | 0,02          | 0,03        | 0,04        | 0,03          | 0,58              |
| Standard        | 0,61            | 0,24        | 0,04          | 0,02        | 0,04        | 0,06          | 0,9               |
| Standard        | 0,56            | 0,27        | 0,05          | 0,01        | 0           | 0,01          | 0,98              |
| Standard        | 0,79            | 0,8         | 0,34          | 0,08        | 0,04        | 0,06          | 0,86              |
| Standard        | 0,24            | 0,52        | 0,4           | 0,27        | 0,19        | 0,33          | 0,7               |
| Standard        | 0,43            | 0,72        | 0,67          | 0,48        | 0,32        | 0,61          | 0,86              |
| Standard        | 0,55            | 0,51        | 0,25          | 0           | 0           | 0             | 1                 |
| Standard        | 0,23            | 0,25        | 0,32          | 0,02        | 0,09        | 0,06          | 0,56              |
| Standard        | 0,56            | 0,5         | 0,48          | 0,11        | 0,65        | 0,09          | 0,91              |
| Standard        | 0,61            | 0,67        | 0,04          | 0           | 0,07        | 0,03          | 0,91              |
| Standard        | 0,35            | 0,27        | 0,06          | 0,08        | 0,12        | 0,11          | 0,65              |
| Standard        | 0,5             | 0,01        | 0,2           | 0,12        | 0,01        | 0,01          | 0,75              |
| Standard        | 0,51            | 0,07        | 0             | 0,04        | 0           | 0             | 1                 |
| Standard        | 0,53            | 1           | 0             | 0           | 0           | 0             | 1                 |
| 8 % světlá      | 0,69            | 0,21        | 0,25          | 0,24        | 0,22        | 0,19          | 0,68              |
| 8 % světlá      | 0,74            | 0,28        | 0,47          | 0,67        | 0,11        | 0,27          | 0,75              |
| 8 % světlá      | 0,64            | 0,49        | 0             | 0           | 0           | 0,38          | 0,59              |
| 8 % světlá      | 0,2             | 0,28        | 0,05          | 0,27        | 0,14        | 0,05          | 0,68              |
| 8 % světlá      | 0,45            | 0,16        | 0,84          | 0,84        | 0,13        | 0,17          | 0,95              |
| 8 % světlá      | 0,79            | 0,61        | 0,31          | 0,51        | 0,1         | 0,79          | 0,69              |
| 8 % světlá      | 0,55            | 0,78        | 0,26          | 0,04        | 0,5         | 0,2           | 0,42              |
| 8 % světlá      | 0,34            | 0,61        | 0,49          | 0,51        | 0,55        | 0,7           | 0,48              |
| 8 % světlá      | 0,86            | 0,12        | 0             | 0,5         | 0,2         | 0,18          | 1                 |
| 8 % světlá      | 0,82            | 0,18        | 0,35          | 0,78        | 0,19        | 0,17          | 0,3               |
| 8 % světlá      | 0,75            | 0,07        | 0,04          | 0,82        | 0,04        | 0,06          | 0,69              |
| 8 % světlá      | 0,56            | 0,27        | 0,16          | 0,01        | 0,06        | 0,02          | 0,86              |
| 8 % světlá      | 0,89            | 0,5         | 0,46          | 0,49        | 0,36        | 0,06          | 0,76              |
| 8 % světlá      | 0,76            | 0,68        | 0,82          | 0,51        | 0,86        | 0,6           | 0,49              |
| 8 % světlá      | 0,66            | 0,49        | 0,6           | 0,62        | 0,76        | 0,59          | 0,63              |
| 8 % světlá      | 0,83            | 0,72        | 0,49          | 0           | 0           | 0,76          | 0,39              |
| 8 % světlá      | 0,27            | 0,35        | 0,54          | 0,05        | 0,4         | 0,31          | 0,87              |
| 8 % světlá      | 0,75            | 0,3         | 0,9           | 0,74        | 0,49        | 0,91          | 0,6               |

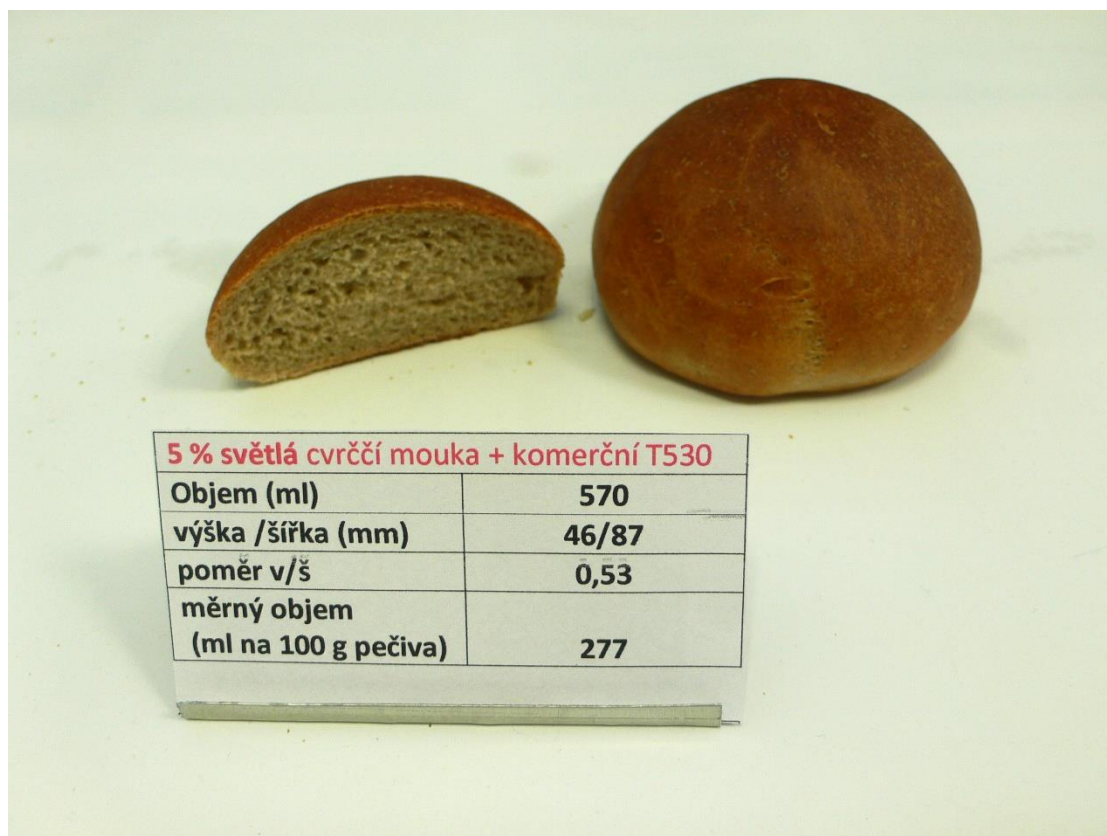
| Množství moučky | Intenzita chuti | Sladká chuť | Oříšková chuť | Kávová chuť | Zemité chuť | Bobovité chuť | Celkové hodnocení |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------------|
| 8 % světlá      | 0,47            | 0,18        | 0             | 0,6         | 0,19        | 0,09          | 0,24              |
| 8 % světlá      | 0,75            | 0,06        | 0,04          | 0,07        | 0,3         | 0,29          | 0,27              |
| 8 % světlá      | 0,65            | 0,02        | 0,69          | 0,12        | 0,19        | 0,23          | 0,71              |
| 8 % světlá      | 0,16            | 0,07        | 0,55          | 0,29        | 0           | 0             | 0,57              |
| 8 % světlá      | 1               | 0,18        | 0             | 0           | 0           | 0,25          | 0,73              |
| 8 % tmavá       | 0,76            | 0,23        | 0,26          | 0,24        | 0,23        | 0,2           | 0,57              |
| 8 % tmavá       | 0,52            | 0,07        | 0,29          | 0,86        | 0           | 0             | 0,46              |
| 8 % tmavá       | 0,65            | 0,49        | 0             | 0           | 0,23        | 0,09          | 0,73              |
| 8 % tmavá       | 0,16            | 0,12        | 0,05          | 0,15        | 0,12        | 0,11          | 0,79              |
| 8 % tmavá       | 0,45            | 0,11        | 0,57          | 0,23        | 0,21        | 0,32          | 0,87              |
| 8 % tmavá       | 0,89            | 0,31        | 0,79          | 0,24        | 0,03        | 0,41          | 0,5               |
| 8 % tmavá       | 0,7             | 0,74        | 0,39          | 0,05        | 0,35        | 0,13          | 0,73              |
| 8 % tmavá       | 0,45            | 0,43        | 0,38          | 0,49        | 0,57        | 0,76          | 0,26              |
| 8 % tmavá       | 0,8             | 0,99        | 0             | 0,69        | 0,65        | 0,7           | 0,3               |
| 8 % tmavá       | 0,24            | 0,18        | 0,3           | 0,54        | 0,11        | 0,04          | 0,83              |
| 8 % tmavá       | 0,42            | 0,07        | 0,04          | 0,1         | 0,17        | 0,06          | 0,91              |
| 8 % tmavá       | 0,56            | 0,27        | 0,05          | 0,01        | 0,03        | 0,01          | 0,92              |
| 8 % tmavá       | 0,69            | 0,42        | 0,25          | 0,16        | 0,48        | 0,04          | 0,47              |
| 8 % tmavá       | 0,5             | 0,86        | 0,83          | 0,89        | 0,72        | 0,89          | 0,95              |
| 8 % tmavá       | 0,56            | 0,6         | 0,58          | 0,55        | 0,53        | 0,61          | 0,66              |
| 8 % tmavá       | 0,32            | 0,51        | 0,41          | 0           | 0           | 0,15          | 1                 |
| 8 % tmavá       | 0,16            | 0,38        | 0,43          | 0,07        | 0,33        | 0,43          | 0,84              |
| 8 % tmavá       | 0,74            | 0,21        | 0,75          | 0,3         | 0,95        | 0,64          | 0,76              |
| 8 % tmavá       | 0,51            | 0,13        | 0             | 0,45        | 0,18        | 0,08          | 0,31              |
| 8 % tmavá       | 0,67            | 0,16        | 0,05          | 0,07        | 0,19        | 0,18          | 0,39              |
| 8 % tmavá       | 0,83            | 0,03        | 0,48          | 0,12        | 0,28        | 0,45          | 0,48              |
| 8 % tmavá       | 0,4             | 0,3         | 0             | 0,04        | 0           | 0,2           | 0,74              |
| 8 % tmavá       | 0,89            | 0,18        | 0             | 0,51        | 0,5         | 0             | 0,47              |



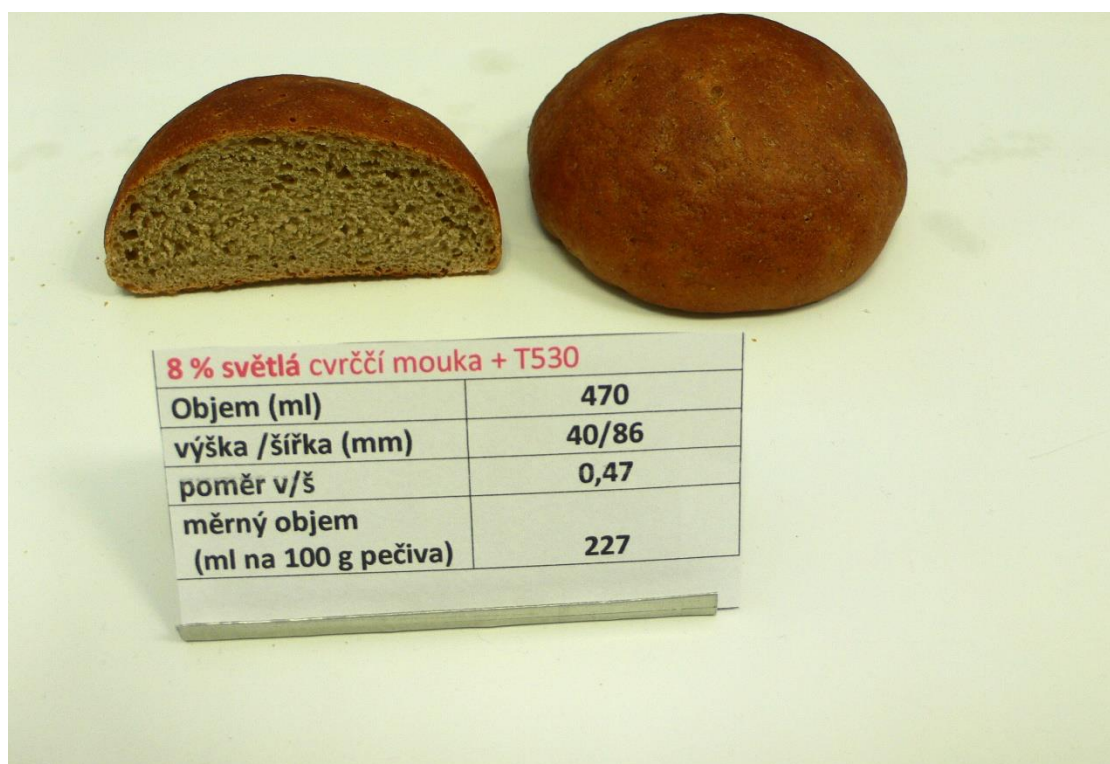
Obrázek 1- Vzorek pečiva bez přídavku cvrččí moučky



Obrázek 2 – Vzorek pečiva s přídavkem 5 % světlé cvrččí moučky



Obrázek 3 – Vzorek pečiva s přidavkem 8 % světlé cvrččí moučky



Obrázek 4 – Vzorek pečiva s přidavkem 10 % světlé cvrččí moučky





Obrázek 5 – Vzorek pečiva s přidavkem 5 % tmavé cvrččí moučky



Obrázek 6 – Vzorek pečiva s přidavkem 8 % tmavé cvrččí moučky



Obrázek 7 – Vzorek pečiva s přidavkem 10 % tmavé cvrččí moučky

