



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra agroekosystémů

## Diplomová práce

Reologické vlastnosti směsi pšeničné mouky s přísávkou  
cvrččí mouky

Autorka práce: Bc. Barbora Čedíková

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

České Budějovice

2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorkou této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne.....

.....  
Podpis

## Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na komplexní analýzu reologických vlastností směsi pšeničné mouky s přísávkou cvrččí mouky. Hlavním cílem práce je vyhodnocení dopadů přísávky cvrččí mouky do směsi s moukou pšeničnou na základní parametry pekařské jakosti.

Nejprve bylo vytvořeno celkem šest experimentálních směsí pšeničné mouky s přísávkou cvrččí mouky o různých poměrech. Následovalo stanovení klasických pekařských jakostních analýz, doplněných o komplexní reologický rozbor vzorků na přístroji Mixolab II. Dále byl zrealizován pekařský pokus s cílem zjištění přijatelných hodnot experimentálních směsí pro pekařskou jakost. Nakonec proběhlo kompletní statistické vyhodnocení reologických vlastností směsí za pomoci Tukey HSD testu. Výsledky byly shrnuty do tabulek, znázorněny v grafu a doplněny odbornou diskusí. Z provedených analýz je zřejmé, že přísávek cvrččí mouky ve směsi s moukou pšeničnou má pozitivní vliv na obsah bílkovin. Čím větší přísávek cvrččí mouky byl, tím více bílkovin směs obsahovala. Na druhou stranu, výsledky dále zaznamenávají výrazné zhoršení technologické jakosti při zvyšujícím se podílu cvrččí mouky, na všechny technologické parametry ve vztahu ke kvalitě škrobu.

Závěrem bylo na základě komplexní reologické analýzy a vlastního pekařského experimentu prokázáno, že jako optimální využití pro pekárenské účely se jeví směs s přísávkou cvrččí mouky do 20 %.

**Klíčová slova:** cvrččí mouka, pšenice setá, analýza, reologické vlastnosti, pekařský experiment

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on a comprehensive analysis of the rheological properties of the mixture of wheat flour with the addition of cricket flour. The main objective of the thesis is to evaluate the impact of the addition of cricket flour into the mixture with wheat flour on the basic parameters of bakery quality.

First, six experimental mixtures of wheat flour with the addition of cricket flour of different proportions were created. This step was followed by the determination of classic bakery quality analyses supplemented with comprehensive rheological analyses of samples on Mixolab II device. Subsequently, a bakery experiment was carried out in order to determine acceptable values of experimental mixtures for bakery quality. Eventually, a complete statistical evaluation of the rheological properties of the mixtures was realized, with the help of a Tukey HSD test. The results were summarized in tables, shown in a graph and supplemented by expert discussion. It is obvious from the realized analyses that the addition of cricket flour mixed with wheat flour has a positive effect on the protein content. The larger the addition of cricket flour, the more protein the mixture contained. On the other hand, the results also show a significant deterioration in technological quality with an increasing proportion of cricket flour on all technological parameters in relation to starch quality.

In conclusion, based on a comprehensive rheological analysis and its own bakery experiment, it has been demonstrated that a mixture with the addition of cricket flour up to 20 % appears to be the optimal application for bakery purposes.

**Keywords:** cricket flour, common wheat, analysis, rheological properties, bakery experiment

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Petru Konvalinovi, Ph.D., za odbornou pomoc, věcné připomínky, ochotu a vstřícnost během zpracovávání diplomové práce.

# Obsah

Úvod.....	7
1. Literární přehled.....	8
1.1 Význam pšenice seté pro lidskou výživu.....	8
1.2 Technologická jakost pšenice seté.....	10
1.3 Využívání hmyzu v lidské stravě.....	11
1.4 Jakost hmyzu jako potraviny .....	14
1.4.1 Nutriční jakost hmyzu.....	14
1.4.2 Technologická jakost hmyzu .....	16
1.4.3 Senzorická jakost hmyzu .....	15
1.4.4 Hygienická jakost hmyzu.....	16
1.5 Posouzení rozdílů v nutriční skladbě u běžných potravin a hmyzu.....	17
1.6 Příznivé aspekty uplatnění jedlého hmyzu v potravinářství .....	18
1.6.1 Legislativní ukotvení hmyzu jako potraviny .....	20
1.7 Využití cvrčků v potravinářství .....	21
1.7.1 Životní cyklus cvrčka na specializované cvrččí farmě .....	22
1.8 Aktuální trendy využívání hmyzu v potravinářské výrobě.....	23
1.9 Dopady expanze entomofágie na životní prostředí.....	24
2. Cíle práce.....	27
3. Metodický postup.....	28
3.1 Přístroj Mixolab II (Stanovení vaznosti mouky, ICC 173).....	28
3.2 Klasické pekařské jakostní analýzy .....	29
3.2.1 Obsah mokrého lepku (ICC 137/1).....	29
3.2.2 Gluten index (GI, ICC 155) .....	29
3.2.3 Obsah bílkovin (ICC 105/2) .....	29
3.2.4 Zelený test (Sedimentační test, ICC 116/1).....	29
3.2.5 Číslo poklesu (Falling number, ICC 107/1).....	30

3.3 Pekařský experiment.....	30
3.4 Statistické zpracování dat .....	30
4. Výsledky a diskuse.....	31
4.1 Výsledky pekařského experimentu.....	38
4.1.1 Nekynuté pečivo .....	38
4.1.2 Kynuté pečivo .....	38
Závěr .....	40
Seznam použité literatury .....	41
Seznam obrázků.....	46
Seznam garafů.....	46
Seznam tabulek .....	46
Seznam příloh .....	47

---

## Úvod

Využívání hmyzu v lidské výživě je celosvětově aktuálním tématem. Ve stále se rozšiřující společnosti je otázka hladu závažným problémem. V současnosti se stal hmyz klíčovou součástí stravy u více než 2 miliard lidí. Hmyz je pozoruhodný biologický organismus, který díky své schopnosti udržet rovnováhu v různých ekosystémech, hraje velice významnou roli v přírodě. Některé druhy hmyzu mohou představovat jen součást potravního řetězce, naopak jiní tvoří podstatný zdroj potravy pro širokou škálu druhů zvířat. Mimo jiné z něj také získáváme mnoho užitečných produktů, jakými je například med, hedvábí, nejrůznější vosky či oleje a další.

I když hmyz přináší řadu ekologických služeb důležitých pro přežití lidstva, je často považovaný za obtížný, ba dokonce škodlivý. Dominantní službou hmyzu je opylování rostlin, bez něhož by mohlo lidstvo vyhynout. Další významnou službou, kterou nám hmyz poskytuje, je schopnost rozkládat organickou hmotu v půdě. Živiny se tak stávají pro rostliny přístupnějšími. Dohromady existuje přes 2000 různých druhů jedlého hmyzu, přičemž nejvíce se konzumují cvrčci, kobylky, mouční červi a sarančata. Za nejpoužívanější formu zpracování hmyzu se považuje jejich rozmělnění na hmyzí prášek jako vhodná přísada do sušenek, chipsů nebo běžného pečiva. Čerstvý, či sušený hmyz ve fyzické podobě, je využíván jen zřídka. Hmyz představuje druhově nejbohatší taxon všech zvířat světa. Vykazuje obrovskou biodiverzitu a tvoří v přírodě kolosální biomasu. Vzhledem k tomu, že hmyz nalezneme v podstatě na každé rostlině, na kterou se podíváme, mohli bychom tak tvrdit, že jej vlastně konzumujeme, aniž bychom o tom věděli. Zbytky hmyzu se mohou vyskytovat například v čokoládě, kam se dostaly při jejím zpracování. Tato skutečnost by nás neměla od konzumace odradit, naopak. Hmyz je velice bohatý na bílkoviny, zdravé tuky, vlákninu, železo či vápník, proto se o něm také mluví jako o potravině budoucnosti.

Hmyz byl v poslední době předmětem pozornosti jako případná ekologicky udržitelná a výživná alternativa k tradičním zdrojům bílkovin. Konzumace hmyzu je považována za budoucí trend a životaschopnou strategii, která by potenciálně mohla přispět ke globálnímu zabezpečení potravin.



---

# 1. Literární přehled

## 1.1 Význam pšenice seté pro lidskou výživu

Obiloviny jsou již několik tisíc let základní složkou lidské výživy celé naší planety. Již od dob neolitické zemědělské revoluce patří obiloviny k nejvýznamnějším plodinám světa. Do Evropy se obiloviny dostaly z jihozápadní Asie a Středomoří. Dnes jsou hojně pěstovány prakticky po celém světě (Gabrovská et al., 2015). Z hlediska botanického zařazení patří obiloviny mezi traviny, přičemž většina z nich náleží do čeledi lipnicovité. Vzájemná podoba obilovin je dána strukturou a tvorbou zrna, chemickým složením nebo zastoupením jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině či mastných kyselin v tukových složkách (Zgažarová, 2010). Dle Bucková (2013) jsou obiloviny nejdůležitější skupinou plodin světa, jejichž celková roční produkce přesahuje 2000 milionů tun. Zgažarová (2010) souhlasně podotýká, že obiloviny hrají významnou roli ve výživové bilanci světové populace. Jsou základní surovinou pro potravinářskou výrobu a krmivářský průmysl. Odhaduje se, že obiloviny pokrývají u průměrného obyvatele asi 40–45 % energetické hodnoty, zajišťují 40 % konzumovaných bílkovin, obsahují asi 55 % sacharidů, 10 % tuku, až 25 % železa či fosforu a průměrně asi 15 % vápníku. Mimo jiné obiloviny obsahují například vitamín E, vitamín B, selen, zinek, měď, hořčík, či komplexní polysacharidy a ochranné složky – fytoestrogeny nebo lignany. Celistvý účinek těchto látek působí pozitivně na lidské zdraví a slouží k ochraně proti nežádoucím onemocněním. Pro lidskou výživu je z obilovin využíváno zejména zrno. Bajerová et. al (2016) konstatuje, že celosvětový podíl obilovin v lidské výživě činí kolem 60–70 %. Obiloviny se osévají na více než 50 % veškeré orné půdy světa (Zgažarová, 2010).

Pšenice setá je tradičním pěstovaným druhem ve všech systémech hospodaření na našem území. Její domestikace započala před deseti tisíci lety v oblasti takzvaného úrodného půlměsíce, tedy na území dnešního Iráku, Íránu, Sýrie a Jordánska (Konvalina et al., 2010). Gabrovská et. al (2015) tvrdí, že pšenice setá v současnosti zaujímá masovou většinu osevní plochy rodu pšenice, a sice asi 80–90 %. Kyseláková (2011) ve své práci uvádí, že pšenice setá má ozimou i jarní formu, přitom ozimá je pěstována většinou, a to až na 94 % osevních ploch. Gabrovská et. al (2015) zmiňuje, že pšenici jako základní obilovinu konzumuje asi 30 % veškeré lidské populace a její spotřeba stále vzrůstá, dokonce již překonala 700 milionů tun/rok.

---

Odhaduje se, že pokud bychom následovali současné trendy, nárůst produkce pšenice by po roce 2050 činil až o 70 % více dnešního objemu. Bajerová et. al (2016) říká, že obiloviny tvoří celkem 56 % veškerých osevních ploch České republiky, přičemž největší podíl tvoří pšenice a sice 62 %. Naproti tomu Vlachová (2012) tvrdí, že je pěstováním obilovin u nás pokryto až 58,4 % osevních ploch. K tomu Bucková (2013) přidává, že pšenice setá zaujímá v České republice, se svými 30 % osevních ploch, dominantní postavení. Konvalina et. al (2010) ve své práci uvádí, že pšenice setá, patří mezi jednu z nejnáročnějších obilnin. Dominuje v oblastech se sušším a teplejším klimatem, kde nejvhodnějšími půdami pro její pěstování jsou černozemě, spraše nebo půdy hlinité. Jelikož má pšenice setá velice nedokonale rozvinutý kořenový systém a pomalý jarní vývoj, snadno tak podléhá zaplevelení, je náročnější na výživu a jiná agrotechnická opatření. Během svého vývoje podléhala pšenice častým změnám a postupně se začala větší měrou přizpůsobovat pěstitelské technologii. Průmyslová revoluce podnítila rozmach šlechtitelských firem spolu s rozvojem šlechtění odrůd, které zahájilo přesun z přirozených polních podmínek do sterilního laboratorního prostředí. Výsledek dal vzniku výnosných konvenčních odrůd, téměř nevhodných pro systém hospodaření se sníženými vstupy. Vlachová (2012) ve své práci uvádí, že během posledního století docházelo k výraznému zvýšení pozornosti o šlechtění pšenice. Hlavním důvodem byl nejen požadavek na zlepšení jejích pekařských, ale i pěstebních vlastností. Mezi nejhojněji pěstované druhy pšenice patří zejména pšenice setá, pšenice tvrdá a pšenice špalda.

Z potravinářského hlediska je na základě práce Bajerové et. al (2016) v dnešní době u pšenice nejvíce sledován obsah dusíkatých látek s obsahem v rozmezí od 10 do 13 %. Tyto dusíkaté látky jsou tvořeny zejména bílkovinami, jejichž základními jednotkami jsou aminokyseliny. U pšenice dochází mechanickým zpracováním mouky nebo šrotu s vodou k propojování peptidových vazeb části bílkovin, tvořících prostorovou strukturu těsta. Výsledná gelovitá hmota je ve vodě nerozpustná a označována jako gluten neboli lepek.

---

## 1.2 Technologická jakost pšenice seté

Technologická jakost dohromady se senzorickými vlastnostmi má zásadní vliv na využití pšeničného zrna pro jednotlivé finální produkty. Technologická jakost zahrnuje jakost mlynářskou, která se projevuje při mletí pšenice a pekařskou jakost pšenice, zřetelnou při následném zpracování mouky (Zigmundová, 2016). Mezi základní faktory ovlivňující technologickou jakost zrna pšenice pro potravinářskou výrobu patří hlavně odrůda (Kyseláková, 2011). Naopak podle autorek Kovaříkové a Netolické (2011) je kvalita pšeničné mouky dána zejména kvalitou zpracovaného zrna. Kyseláková (2011) tvrdí, že množství a vlastnosti lepku patří mezi základní ukazatele pekařské jakosti pšenice. Stanovení takzvaného mokrého lepku se provádí většinou pomocí přístroje Glutomatic, kde vypíraný lepek obsahuje průměrně 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů. Zigmundová (2016) konstatuje, že použitelnost pšeničné mouky pro mlýnsko-pekařské zpracování závisí zejména na obsahu bílkovin v ní obsažených. Nejdůležitějším znakem pekařské kvality pšenice je podle Dvořáček et. al (2012) obsah bílkovin spolu s kvalitou lepku. Dle Gabrovská et. al (2015) je pouze pšeničná mouka vhodnou surovinou pro produkci vláčného a křupavého pečiva s typickou sktrukturou střídy, protože má na rozdíl od ostatních obilovin schopnost tvorby specifické gelovité struktury vyznačující se charakteristickou pružností a tažností. Tato schopnost spočívá ve složení proteinů pšeničného endospermu – gliadinu a gluteninu. Bajerová et. al (2016) doplňuje, že gliadiny a gluteniny jsou obsaženy ve středu endospermu a významně se podílejí na vlastnostech vypracovaného lepku a výsledného pečiva. Gliadiny umožňují tažnost lepku, kdežto gleteniny ovlivňují pružnost lepku. Jejich celkový podíl v mouce je přibližně 80 %. Právě lepek je v současné době často diskutovaným tématem, co se týče vlivu na lidské zdraví. Podle autorky Gabrovské et. al (2015) dochází v současné době v lidské výživě k ústupu od obilovin. Hlavním důvodem jsou zejména choroby a zdravotní potíže, které proteiny endospermu některých obilovin, označované jako lepek, skutečně zapříčinit mohou. Vinkler (2016) ve své práci uvádí, že lepek je pro náš organismus těžko stravitelný bez ohledu na to, jestli trpíme jeho nesnášenlivostí neboli celiakií, či nikoliv. Mezi hlavní lidské orgány, které jsou lepkem primárně ovlivňovány, patří primárně mozek s tenkým střevem, ale také ledviny nebo srdce. Lepek může negativně působit i na funkci imunitního systému. Dále bylo vědecky prokázáno, že na rozvoji obezity se podílí právě konzumace stravy s obsahem lepku.

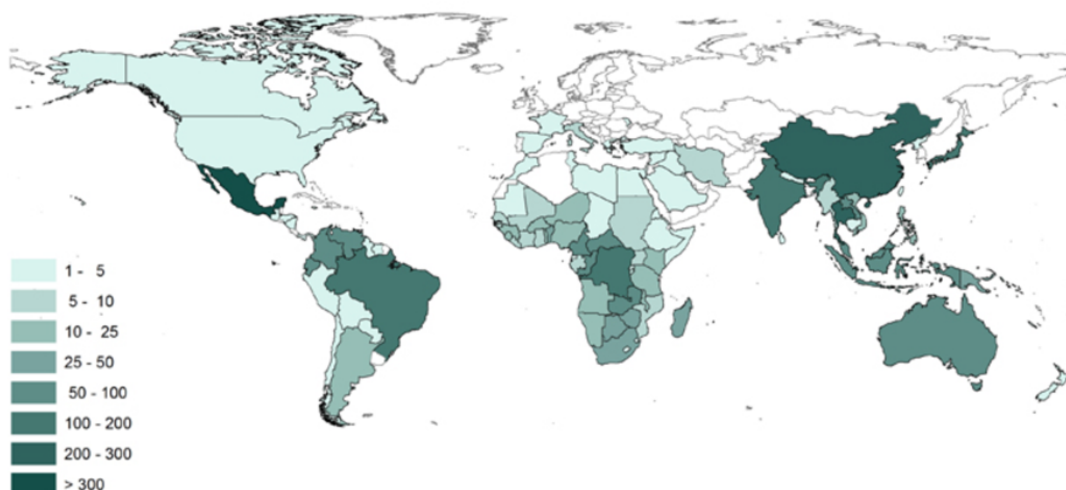
---

Pečivo patří mezi nejčastěji konzumované lepkové potraviny, které způsobují ukládání problematických tuků v těle a výrazně ovlivňují hormonální prostředí. Leptin je hormon, jež má na starosti kontrolu tuků v těle. Vyšší hladina leptinu v těle napomáhá pocitu sytosti. Pokud ale dlouhodobě konzumujeme potraviny s lepem, lidský organismus přepne a začíná přijímat energii z cukrů a zabrání tím využívání tuků jako zdroje energie. Na základě toho je možné tvrdit, že konzumace potravin s lepem vede k nadměrnému přejídání a příjmu výživově podprůměrných kalorií, které souvisejí se vznikem nadváhy či obezity (Vinkler, 2016).

### **1.3 Využívání hmyzu v lidské stravě**

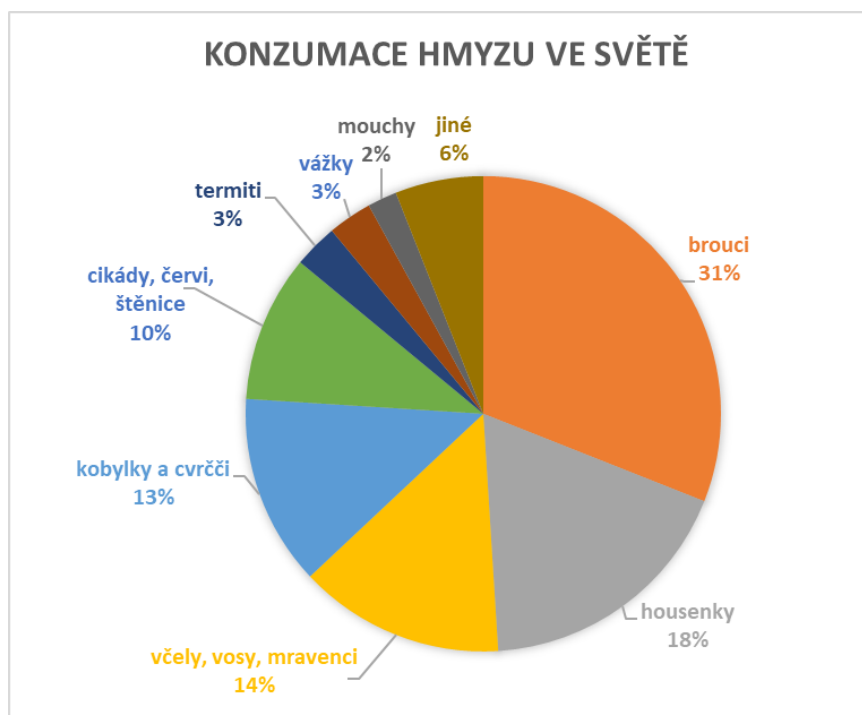
Hmyz je součástí lidské stravy již po mnoho staletí. Chakravorty et. al (2011) zmiňuje, že hmyz představuje kategorii tradičních potravin v mnohých kulturách světa, avšak nejdůležitější roli hrál v Africe, Asii a Latinské Americe. Na základě práce Mlčka (2020) je konzumace hmyzu (odborně entomofágie) hluboko zakořeněná v lidské historii. Z počátku vývoje člověk konzumoval potravu, jež našel volně v přírodě, od kořínků, semen a plodů, až k drobným hlodavcům či hmyzu. Nejčastěji se konzumovali brouci, larvy či kobylky.

Využívání hmyzu jako potraviny v lidské výživě neboli entomofágie, je běžnou záležitostí ve více než 113 zemích světa (van Huis et al., 2013). Dle Magara et al. (2021) je entomofágie s více než 2100 druhy hmyzu, které jsou konzumovány jako potraviny, ve světě běžnou praxí. Oproti tomu Kewuyemi et. al (2020) tvrdí, že bylo na světě zaznamenáno až 2111 druhů jedlého hmyzu, z toho více než 470 druhů je unikátních pro oblast střední Afriky. Na základě práce Kowalczewski et. al (2021) je využívání hmyzu jako potraviny v současnosti běžné zejména v Africe, Latinské Americe a Asii. Kewuyemi et. al (2020) shodně tvrdí, že lidé, kteří hmyz konzumují jako běžnou potravu, jsou z celého světa nejvíce zastoupeni převážně v Africe, Asii a Jižní Americe.



**Obrázek 1.1: Konzumace hmyzu dle zemí světa (FAO, 2015)**

Z výše uvedeného obrázku je zřetelná hojná koncentrace entomofágie v oblastech tropického a subtropického pásu, jak ve své práci uvádí Kewuyemi et. al (2020). Feng et. al (2018) zaznamenal v Číně přibližně 324 druhů hmyzu vhodných k potravě. Chakravorty et. al (2011) uvádí, že v Mexiku existuje až kolem 535 druhů jedlého hmyzu. Naopak Magara et. al (2021) tvrdí, že z celkového počtu druhů jedlého hmyzu je ho nejvíce, a sice 500 druhů, konzumováno v Africe. K tomu Kewuyemi et. al (2020) konstatuje, že pro střední a jižní Afriku je jedinečných více než 470 druhů hmyzu. Dále okolo 255 druhů jedlého hmyzu zaznamenáváme v Indii a více než 164 druhů je konzumováno v Thajsku (Magara et al., 2021).



**Graf 1.1: Konzumace hmyzu ve světě dle druhů (FAO, 2015, zpracování vlastní)**

Na základě údajů z Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) je brouk s přibližně 31 % člověkem nejvíce konzumovaný hmyz. Druhým nejoblíbenějším hmyzem jsou housenky s 18 %. Celých 14 % představuje požití včel, vos a mravenců. Jak je zřetelné z výše uvedeného grafu 1.1, cvrčči společně s kobylkami zaujímají pouze 13 % z celkové spotřeby hmyzu v lidské obživě. K dalším konzumovaným druhům hmyzu patří například cikády, štěnice, červi (10 %). Zanedbatelně zaznamenáváme spotřebu termitů, vážek či much (van Huis et al., 2013).

---

## 1.4 Jakost hmyzu jako potravin

### 1.4.1 Nutriční jakost hmyzu

Nutriční kvalita jedlého hmyzu je velice uspokojivá. Hmyz je snadno dostupným zdrojem bílkovin, lipidů, sacharidů, četných vitamínů, minerálů, esenciálních aminokyselin a polynenasycených mastných kyselin (Zielińska et al., 2015). Naopak Rumpold a Schlüter (2013) tvrdí, že nutriční hodnota hmyzu je z důvodu velkého množství a variability druhů značně rozmanitá. Na základě studie Mattia et. al (2019) představuje jedlý hmyz z ekologického hlediska vysoce udržitelnou náhradu za maso a živočišné výrobky. Obsahuje zdroj biologicky dostupných, vysoce kvalitních bílkovin, esenciálních aminokyselin a polynenasycených mastných kyselin a četných minerálů. Dobermann et. al (2017) ve své práci uvádí, že úroveň zastoupených bílkovin, tuků a energie se liší dle různých druhů hmyzu. Dále záleží na stupni vývoje, prvotní výživě hmyzu a variabilitě prostředí. Frigerio (2020) konstatuje, že průměrná energetická hladina hmyzu se pohybuje v rozmezí od 400–500 kcal na 100 g sušiny a je srovnatelná s jinými zdroji bílkovin. Zatímco Belluco et. al (2013) tvrdí, že kalorická hodnota se u hmyzu pohybuje v rozmezí od 293 až do 762 kcal /100 g suché hmotnosti, přičemž výsledné hodnoty jsou závislé především na druhu a stravě hmyzu. Na druhé straně Zielińska et. al (2015) prohlašuje, že energetický obsah hmyzu je v celku srovnatelný s energetickým obsahem masa. Rumpold a Schlüter (2013) uvádějí, že energetická hodnota hmyzu závisí na jeho složení a obsahu tuku. Obvykle jsou oproti dospělým jedincům energeticky bohatší larvy či kukly. Nižší obsah energie mají naopak druhy hmyzu s vysokým obsahem bílkovin. Většina autorů se shoduje, co se týče obsahu bílkovin u jedlého hmyzu. Například autorky Kouřimská a Adámková (2016) uvádějí, že obsah bílkovin se liší od 20 % do 76 % sušiny v závislosti na typu a vývojovém stádiu hmyzu. K tomu Carcea (2020) přidává, že dle výzkumu, ve kterém se vyhodnocoval obsah bílkovin ze sta různých druhů hmyzu, se obsah bílkovin pohyboval v rozmezí 13–77 % sušiny. Kdežto Kewuyemi et. al (2020) tvrdí, že se obsah bílkovin v jedlém hmyzu pohybuje od 31 do 71 %. Podle Frigerio et. al (2020) je nejvýznamnější složkou jedlého hmyzu protein. Jeho průměrná hodnota se pohybuje v rozmezí od 30–65 % celkové sušiny. Belluco et. al (2013) tvrdí, že hmyzí proteiny jsou vysoce stravitelné a jejich obsah se u hmyzu pohybuje až okolo 60 % celkové sušiny. Dle Castro et. al (2018) představuje tuk druhou největší část nutričního složení hmyzu, jehož obsah je vyšší v larválním stádiu života hmyzu.

---

Oproti tomu autorky Kouřimská a Adámková (2016) podotýkají, že obsah tuku je u hmyzu velice variabilní, a to v rozmezí od 2–50 % sušiny, zatímco celkový obsah nenasycených mastných kyselin může dosahovat až 70 procent. Belluco et. al (2013) se shoduje a zmínil, že obsah tuku u hmyzu činí přibližně od 7 do 77 g / 100 g suché hmotnosti. Zielińska et. al (2015) tvrdí, že jedlý hmyz zahrnuje v rámci mikroživin pozoruhodný obsah vitamínu B a E, železa, hořčíku a zinku. Castro et. al (2018) shodně poznamenal, že je hmyz velice bohatý na minerály, převážně železo, zinek, draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík, mangan či měď. Mattia et. al (2019) souhlasí, že hmyz pojímá řadu minerálů jako je železo, zinek, draslík, vitamín B a chitin. Belluco et. al (2013) konstatoval, že hmyz je díky vysokému obsahu chitinu, představujícímu asi 10 % celkové sušiny, významným zdrojem vlákniny. Chitin je hned vedle celulózy jedním z nejdůležitějších polysacharidů, který lze primárně extrahovat ze skořápek korýšů. Dle práce Mattia et. al (2019) by hmyz díky své nutriční kvalitě mohl být významnou udržitelnou potravinou budoucnosti.

#### **1.4.3 Senzorická jakost hmyzu**

Senzorické vlastnosti patří mezi důležitá kritéria doprovázející konzumaci jedlého hmyzu. Kouřimská a Adámková (2016) uvádějí, že v četných státech světa je hmyz konzumován bezprostředně po chycení v přírodě. Chuť hmyzu závisí především na prostředí, kde žije a na krmivu, které konzumuje. Za základě toho má každý druh svou specifickou příchut'.

Hmyz se konzumuje v různých životních fázích. Existuje mnoho způsobů přípravy jedlého hmyzu včetně smažení, vaření, pražení a mletí. Hmyz lze konzumovat i v surovém stavu (Dobermann et al., 2017). Tan et. al (2016) uvádí, že na základě různých studií byl prokázán větší zájem uživatelů o používání hmyzu jako přísady k přípravě potravin společně se známými příchutěmi nebo maskování jejich vzhledu v potravinách běžně přijímaných (pečivo). Dle Kooh et. al (2020) lze hmyzí prášek použít jako přísadu do cukrovinek, pečiva či těstovin. Dle Mlčka (2020) kulinární úprava hmyzu, zvláště vaření a smažení, zlepšuje nejen smyslovou kvalitu výsledného pokrmu, ale i tvorbu aromatických látek, žádaných barev a textury.



---

#### 1.4.2 Technologická jakost hmyzu

Hmyz je možné konzumovat vcelku, nebo jej lze zpracovat na mouku, prášek, granule či pastu a začlenit do jiných potravin (Carcea, 2020). Kowalczewski et. al (2021) tvrdí, že nejvhodnější přijatelnou formou konzumace hmyzu se stal hmyzí prášek, jelikož většina spotřebitelů celý surový hmyz odmítá pozřít. Dle Mason et. al (2018) se cvrččí mouka skládá z pražených celých cvrčků rozemletých na prášek. Slouží jako náhražka klasické mouky vyrobené z různých druhů obilovin. Různé přídatné druhy hmyzí moučky by mohly otevřít nové alternativy pro vývoj pekárenských výrobků (Carcea, 2020).

#### 1.4.4 Hygienická jakost hmyzu

Na základě potravinového práva Evropské unie musí být všechny potraviny uváděné na trh bezpečné, tedy nesmí být zdraví škodlivé a nevhodné k lidské spotřebě. Vědecký výbor EFSA (2015) upozorňuje na nedostatečné probádání bezpečnosti konzumace hmyzu a jeho jednotlivých rizik, včetně zjištění obsahu těžkých kovů. Zatímco nutriční hodnota jedlého hmyzu je široce dokumentována, další potenciálně prospěšné vlastnosti jedlého hmyzu nad rámec výživy, byly hodnoceny jen zřídka. Doposud pouze několik komplexních klinických studií zkoumalo vliv konzumace hmyzu na lidský mikrobiom. Aby bylo možné předvídat a optimalizovat účinky jedlého hmyzu na člověka, musí být lépe pochopena snášenlivost a bezpečnost jedlého hmyzu jako zdroje potravy, společně s účinky konzumace hmyzu na lidskou mikroflóru, imunitu sliznic a další parametry hostitele.

Na druhé straně Stull et. al (2018) tvrdí, že konzumace cvrčků může zlepšit stav střev, snížit zánět a pozitivně ovlivnit rozvoj střevní mikroflóry. Cvrččí prášek by mohl být vhodným obohacením potravy, a to nejen pro jednotlivce trpícími střevními chorobami, jako je například celiakie. Předpokládá se, že přidáním cvrččího prášku do bezpečkových produktů dojde jednak ke zvýšení jejich nutriční hodnoty a jednak k získání nových velice atraktivních biologických vlastností. Podle Mattia et. al (2019) přínosy jedlého hmyzu zaznamenáváme nejen co se týče jeho nutriční kvality, ale i pro jeho zdravotní účinky. Bylo prokázáno, že jedlý hmyz obsahuje hladinu polyfenolů mezi 0,37–500 mg GAE/100 g. Polyfenoly jsou významné bioaktivní sloučeniny, které jsou důležité pro své antioxidační a protizánětlivé účinky. Nejen, že potlačují riziko rakoviny a metabolických onemocnění, ale zároveň posilují imunitní antioxidační obranný mechanismus (Samodien et al., 2019).

---

Naproti tomu autorky Kouřimská a Adámková (2016) zdůrazňují, že některé druhy jedlého hmyzu mohou obsahovat toxické bioaktivní sloučeniny. Na základě těchto skutečností upřednostňují konzumaci hmyzu chovaného na hmyzích farmách, za určitých kontrolovaných a definovaných hygienických podmínek, namísto sběru hmyzu ve volné přírodě. Dle Kowalczewski et. al (2021) může jedlý hmyz obsahovat i sloučeniny s antioxidační aktivitou, významné v prevenci oxidačního stresu spojeného s mnoha dalšími chorobami.

Mlček (2020) k tomu podotknul, že tepelná úprava hmyzu zajišťuje zlepšenou hygienickou kvalitu pokrmu za pomoci inaktivace některých patogenních mikroorganismů. Mimo jiné také výrazně podporuje stravitelnost hmyzu. Je nutné zmínit, že záhřev může například oxidací mastných kyselin nebo změnou esenciálních aminokyselin způsobit snížení výživové hodnoty potravin.

### **1.5 Posouzení rozdílů v nutriční skladbě u běžných potravin a hmyzu**

Na základě studie Yang et al. (2016) byl zjištěn u jedlého hmyzu a hovězí svíčkové srovnatelný obsah železa, avšak jeho rozpustnost byla významně vyšší u vzorků hmyzu. Ze souhrnných dat je zřejmé, že jedlý hmyz obsahuje podstatně více chemicky dostupných minerálních látek (Ca, Cu, Mg, Mn, Zn), než hovězí svíčková. Latunde-Dada et. al (2016) tvrdí, že hovězí maso zahrnuje asi 27,1 g bílkovin na 100 g, zatímco cvrččí mouka obsahuje až 58,3 g bílkovin na 100 g. Zielińska et. al (2015) prohlašuje, že obsah mastných kyselin u hmyzu je podobný jako u drůbeže či ryb. Lbitoye (2018) ve své studii provedl pokus, kde se snažil vyextrahovat chitin z cvrčka domácího pomocí chemické metody. Výtěžek chitinu z cvrčka se pohyboval v rozmezí 4,3–7,1 % a byl srovnatelný s tím, který byl získán z krevet. Avšak procentuální obsah popela představoval u cvrčka domácího pouze 1 %, tedy mnohem méně než u produktů z krevet. Dá se proto konstatovat, že chitin získaný ze cvrčka domácího je kvalitnější a čistší oproti komerčnímu chitinu z korýšů. Latunde-Dada et. al (2016) poznamenal, že hmyz je bohatší na bílkoviny než některé druhy luštěnin, například fazole, čočka či sója.

---

## 1.6 Příznivé aspekty uplatnění jedlého hmyzu v potravinářství

I přesto, že je konzumace hmyzu u více než 2 miliard lidí na celém světě neodmyslitelnou součástí jídelníčku, v mnoha vyspělých zemích se na entomofágii dívají stále s odporem. Konzumace jedlého hmyzu může být spojována s primitivním chováním lidstva, nedostatkem potravy či strachem z možného přenášení nežádoucích nemocí (van Huis et al., 2013). Entomogáfie byla ve svém vývoji zásadně ovlivněna kulturními zvyklostmi a náboženstvím, které v jistých státech vedly k jejímu následnému potlačení. Proto nalezneme v různých částech světa odlišný pohled na jedlý hmyz (Schouteten et al., 2016). Autorky Kouřimská a Adámková (2016) uvádějí, že hmyz je pro mnoho národů a etnických skupin nepostradatelnou součástí běžné stravy.

V současnosti žije ve světě přibližně 7,8 miliard obyvatel. Dle dat z OSN se má počet obyvatel světa do roku 2050 zvýšit o další téměř 2 miliardy. Celkový počet obyvatel světa by činil kolosálních 9,7 miliard (OSN, 2019). Kvůli zrychlujícímu se růstu počtu obyvatel světa, se v současné době zvýšila i poptávka po potravinách živočišného původu, která se má v následujících padesáti letech až zdvojnásobit. Z toho vyplývá, že celosvětová produkce potravin by se měla zvýšit o 60 %, aby tím splnila požadavky pro rok 2050. Frigerio (2020) se shoduje a předpokládá, že do roku 2050 dojde v důsledku zvyšující se populace k zdvojnásobení objemu výroby globálního potravinového systému. Mason et. al (2018) konstatuje, že populace světa se neustále nekontrolovatelně zvyšuje, a proto je nutné zvýšení produkce pěstovaných plodin. Růst světové populace čelí hrozící krizi, již je prognóza, že odvětví živočišné výroby roste neudržitelným tempem. Jedlý hmyz je ideálním alternativním zdrojem bílkovin, který lze produkovat v životaschopném a udržitelném měřítku (Payne et al., 2016). Kvůli rostoucímu nedostatku orné půdy, zhoršující se změně klimatu, nedostatku vody a chudobě je zapotřebí nový sofistikovaný systém udržitelné výroby potravin. Entomofágie je považována jako přijatelná možnost, jelikož je ekologická, udržitelná a přizpůsobitelná změně klimatu (Magara et al., 2021). Zemědělství je společně s výživou vzájemně propojeno se změnou klimatu. Teplota, srážky a povětrnostní jevy, jsou ovlivňovány klimatickými změnami a mohou mít značný dopad na produkci potravin. Pelletier a Tyedmers (2010) dokonce tvrdí, že do roku 2100 může dojít k zvýšení globální průměrné teploty až o 3°C. Takto extrémní změna klimatu by nesla negativní dopady na ekosystémy, ale i blahobyt člověka.

---

Dle Fanzo et. al (2018) jsou známé důkazy o tom, že změna klimatu ovlivňuje schopnost přesouvat potraviny z výroby na trhy, což může ovlivnit kvalitu a ceny potravin. Omezený přístup k potravinám bohatým na živiny by mohl vést k zhoršení stavu výživy, zejména v komunitách s nízkými příjmy. V současné době žije na světě přibližně 870 milionů podvyživených lidí. Prostřednictvím konzumace jedlého hmyzu by se mohly podporovat potřeby základních složek stravy a zamezit četným problémům s podvýživou, převážně v rozvojových zemích světa. Pro populace vyspělých zemí by hmyz mohl poskytovat doplňkovou stravu (Biró et al., 2020). Kewuyemi et. al (2020) zmiňuje, že dle odhadu FAO byla v Subsaharské Africe zaznamenána 22,8% úroveň podvýživy. Dohromady se jedná o necelých 240 milionů podvyživených jedinců a až 605 milionů lidí trpících nedostatkem potravy. V rozvojových zemích se klade důraz na příjem potravin obohacených o bílkoviny, vitamíny a mikroelementy. Kowalczewski et. al (2021) uvádí, že v některých částech střední Afriky pochází až 50 % veškerých bílkovin ve stravě z hmyzu. Stejně tak i Kewuyemi et. al (2020) tvrdí, že jedlý hmyz poskytuje především důležité živiny mnoha marginalizovaným domácnostem v rozvojových zemích, ale zároveň se v poslední době stává stále více populárním i v západních průmyslových společnostech. Naopak v západním světě stoupá zájem o vysoce kvalitní bílkoviny používané jako doplňky stravy pro sportovce, či jedince se speciální dietou (Meliny a Meliny, 2019). Na základě studie Alston et. al (2009) se proteiny obohacující potraviny vyrábí převážně z rostlinných nebo živočišných zdrojů, které ovšem disponují omezenou udržitelností a jejich zásoby nedostačují na požadavky trhu. Z tohoto důvodu se postupně začínají zkoumat hmyzí produkty jako praktická a efektivní alternativa k proteinům živočišným. Dle Belluco et. al (2013) je vysoká spotřeba živočišných bílkovin, hlavně masa, jednou z příčin zvýšené prevalence nepřenosných nemocí, včetně rakoviny. Vzhledem k neustále se zvyšující spotřebě masa je hlavním cílem udržitelnosti redukce jeho spotřeby a částečná náhrada jinými zdroji živočišných bílkovin, jako je mléko, vejce nebo sýr. Z hlediska snížení zátěže na životní prostředí by bylo žádoucí přejít na konzumaci bílkovin z rostlinné stravy, například z luštěnin. Současné tlaky na globální zajišťování potravin podnítily hledání ekologicky udržitelnějších zdrojů bílkovin. Na základě Stull et. al (2018) je hmyz díky svým příznivým nutričním hodnotám považován za vhodného kandidáta pro poskytování živočišných bílkovin.

---

Mason et. al (2018) také podotknul, že vzhledem k aktuální situaci panující ve světě, kdy bude potřeba nakrmit čím dál tím více obyvatel, se hmyzu, jako možnému alternativnímu zdroji bílkovin, věnuje značná pozornost.

### **1.6.1 Legislativní ukotvení hmyzu jako potravin**

Od 1. 1. 2018 je v EU platné nařízení Evropského parlamentu a Rady 2015/2283 o nových potravinách, které akceptuje hmyz a hmyzí výrobky jako novou potravinu (eAGRI, 2018). Toto nařízení obsahuje přechodné opatření v čl. 35 odstavec 2 nařízení (EU) 2015/2283, na jehož základě jsou v některých členských státech Evropské unie legálně na trhu jisté druhy hmyzu určené k lidské spotřebě. „Jedná se o takové druhy hmyzu, které byly před 1.1.2018 povoleny uvádět na trh na základě národních předpisů jednotlivých členských států. Pokud tyto konkrétní druhy hmyzu nejpozději do 1.1.2019 absolvují schvalovací proces (resp. dojde k podání žádosti o povolení nové potravin), pak jsou naplněny požadavky vyplývající z článku čl. 35 odst. 2 nařízení (EU) 2015/2283. Tento konkrétní druh hmyzu, na které se podaná žádost bude vztahovat, může být tedy nadále uváděn na trh Evropské unie do přijetí rozhodnutí o žádosti (nejpozději však do 2. 1. 2020)“ (SZPI, 2018). Od 21. 9. 2019 zaznamenáváme tyto druhy hmyzu jako nové potraviny: cvrček domácí, cvrček krátkokřídlý, potemník stájový, potemník moučný a saranče stěhovavá (ICBP, 2021). Následně proběhla novela zákona o veterinární péči č. 166/1999 Sb. s účinností od 14. prosince 2019, která umožňuje zakládat a provozovat farmy na chov hmyzu určeného k lidské spotřebě. Tato skutečnost řadí chovaný hmyz na úroveň běžných hospodářských zvířat (Mlček, 2020).

---

## 1.7 Využití cvrčků v potravinářství

Z důvodu rostoucí poptávky po jedlém hmyzu, se postupně začalo ustupovat od divokého sběru hmyzu v přírodě a došlo k rozvoji zařízení pro hromadný odchov (např. cvrččí farmy), kde cvrčci patří mezi nejčastěji chované druhy hmyzu (Dobermann et al., 2017). Cvrček domácí neboli *Acheta domestica* patří zejména na základě jeho vytríbené chuti, mezi nejběžněji chované cvrčky. V současné době se po cvrčcích výrobcích značně zvedla poptávka, a to převážně v Evropě (damesens.cz, 2018). Feng et. al (2018) tvrdí, že například v Číně se cvrčci konzumují jako potravin již více jak 2000 let. Cvrčci jsou schopni vyprodukovat stejné množství proteinu jako skot, přitom spotřebují až 2000x méně vody, 15x méně zemědělské půdy, 12x méně krmiva a vyprodukují 100x méně skleníkových plynů (damesens.cz, 2018). V práci týmu Tan et. al (2016) se uvádí, že cvrček domácí obsahuje více než 65 % bílkovin a až 80 % jejich těla může sloužit k výrobě potravin. Dle Montowska et. al (2019) jsou cvrčci velice cenní, co se týče jejich nutriční hodnoty. Obsah bílkovin u cvrčků se značně liší v závislosti na typu chovu, tedy jestli byli chováni na cvrččí farmě nebo odchyceni ve volné přírodě, v rozmezí od 13 až do více než 77 % sušiny. Latunde-Dada et. al (2016) shledává, že ve srovnání například se špenátem, který je uznávaný pro svůj obsah železa cca 3,6 mg na 100 g, má cvrččí mouka více než 5,9 mg na 100 g. Množství vápníku zahrnutého v mléce je okolo 113 mg na 100 g, kdežto cvrččí mouka ho obsahuje až 170 mg na 100 g. Co se týče vlákniny, tak cvrččí mouka s obsahem 6 g na 100 g vítězí nad luštěninami s 5,3 g vlákniny na 100 g. Cvrččí mouka je také významným zdrojem omega-3 mastných kyselin, jelikož požívá 2–3 g ve 100 g, podobně jako například losos. Dle Montowska et. al (2019) může mít konzumace cvrčků pozitivní dopad na lidské zdraví, protože obsahují nejen značné množství bílkovin a tuků, ale i vitamínů a minerálů. Na základě studie Kowalczewski et. al (2021) bylo zjištěno, že cvrččí prášek je bohatým zdrojem bílkovin a minerálů. Cvrččí prášek by tak mohl být vhodnou přísadou do bezlepkového pečiva, které vykazuje značnou absenci těchto látek. Zielińska et. al (2017) konstatuje, že přidáním hmyzí mouky do pekárenských výrobků bychom zajistili zlepšení obsahu nejen bílkovin, tuků, vlákniny a minerálů, ale i antioxidačního potenciálu pečiva. Používání hmyzí mouky i v zemích, kde hmyz není součástí potravinové tradice, může být způsob, jak podpořit šíření a spotřebu tohoto udržitelného zdroje bílkovin.

---

### 1.7.1 Životní cyklus cvrčka na specializované cvrččí farmě

Život cvrčka začíná vajíčkem. Každé vajíčko stráví asi týden v inkubační místnosti s vhodnými podmínkami pro inkubaci. Ideální teplota pro chov cvrčků je v rozmezí 32–34 °C, přičemž se klade důraz také na přesnou míru vlhkosti a intenzitu proudění vzduchu. Následně je vajíčko přemístěno do líhnoucí místnosti, kde se z něj při pokojové teplotě během 2–3 dní vylíhne cvrček. Ve stáří jednoho dne je cvrček přestěhován do boxu, ve kterém stráví většinu svého života. Má zde k dispozici dostatek potravy i vody. Cvrčci jsou velice citliví na velikost prostoru, při jeho nedostatku hynou. Boxy, ve kterých jsou cvrčci chováni, jsou vybaveny hojným počtem kartonů od vajec, jelikož cvrčci pro své přežití potřebují rozmanité prostředí, kde se mohou volně pohybovat a schovávat (damesens.cz, 2018).

Cvrčci jsou krmeni značně udržitelným krmivem, tedy organickým odpadem z potravinářské výroby, kterého se vyprodukuje celosvětově kolosální množství každý den. Jejich přirozená potrava zahrnuje hnilící rostliny, čerstvé listy či jiný hmyz. V současnosti jsou cvrčci na farmách krmeni především směsí různých obilovin a mouk. Do budoucna je snaha vytvořit krmivo složené výhradně z bioodpadu (damesens.cz, 2018). Na základě toho Parrella a Lundy (2015) prohlašují, že komerční výroba cvrččí mouky závisí na obilných výrobních jako zdroji krmiva pro cvrčky. Strava založená na zrnech může být environmentálním přínosem při pěstování cvrčků jako alternativního zdroje bílkovin, neboť zlepšuje účinnost konverze krmiva obilnin na bílkoviny. Dále bylo zjištěno, že cvrčky lze pěstovat také na postranních tocích organických zbytků, jelikož téměř třetina potravin vyrobených pro lidskou spotřebu, asi 1,3 miliardy tun ročně, je nevyužito (např. rýžové otruby). Cvrčci jsou pouze jedním z mnoha druhů hmyzu s potenciálem zefektivnění přeměny organického odpadu na bílkoviny. Na druhou stranu autorky Kouřimská a Adámková (2016) uvádějí, že se nedoporučuje konzumovat hmyz krmený organickým odpadem, protože dle provedených analýz obsahuje vyšší koncentraci těžkých kovů. Když cvrček dosáhne věku 32 dní, je ideální pro sklizeň. Většina hmyzu nemá nociceptory, tedy nervová zakončení, která obratlovci používají k vysílání signálů bolesti, proto dle odborníků nedokáže vnímat bolest. Když se cvrčci ocitnou v prostředí, které se jim zdá nepříznivé, zejména chlad, uvedou své tělo do stavu hibernace. Farmáři proto před každou porážkou cvrčky zamrazí a eliminují tak zcela šanci na jakoukoli bolest. Cvrčci jsou poté dále zpracováváni na mouku.

---

## 1.8 Aktuální trendy využívání hmyzu v potravinářské výrobě

Dle práce autorů Rumpold a Schlüter (2013) lze podotknout, že se entomofágie stala jedním z nejpobulárnějších trendů ve výživě člověka v tomto století. Kooh et. al (2020) má shodný názor, že ve světě vzrůstá zájem o jedlý hmyz. Mezi nejžádanější druhy podle něj patří právě cvrček domácí, moucha černého vojáka a žlutý moučník. Dobermann et al. (2017) na základě archeologických důkazů zmínil, že požívání hmyzu současným fenoménem není, protože se člověk jako entomofágní druh vyvinul. Belluco et al (2013) poznamenal, že lidé jsou jedineční v tom, že mají přístup k různorodým zdrojům potravy. Zejména ve vyspělých zemích dochází k výběru omezeného množství rostlin a zvířat, které jsou lidé zvyklí pozřít. Globalizací dochází k rozšíření těchto stravovacích návyků i do zemích rozvojových a přináší tak ztrátu rozmanitosti konzumovaných potravin. Způsob této stravy by mohl mít nepříznivý dopad na lidské zdraví, jelikož se spotřebitel řídí spíše ekonomickými a tržními principy namísto toho, aby dodržoval určitou výživovou rovnováhu. Kdežto Looy et. al (2014) tvrdí, že trendy v lidské výživě podléhají četným změnám. Právě tyto často se měnící potravinové módy by mohly podnítit vnímání entomofágie jako novodobý, poněkud exotičtější, potravinový trend. Důležité je cílení tohoto alternativního zdroje obživy do skupin lidí, kteří se tyčí na špici společenských změn. Pokud se u nich vycházející trend jedlého hmyzu osvědčí a sklídí pozitivní ohlasy, zvýší se poptávka a dojde k podpoře udržitelného života. Na základě Poma et al. (2017) je hmyz ve vyspělých zemích brán spíše jako neatraktivní zdroj potravy a konzumuje se velice zřídka. Naopak podle Frigerio (2020) v několika posledních letech vzrostl trend entomofágie i v západním světě. Dle autorů Rumpold a Schlüter (2013) se postoj k jedlému hmyzu jako potravině postupně začal měnit. Podnětem, který vyvolal zvýšený zájem veřejnosti o jedlý hmyz, bylo především pořádání festivalů jídla, kde se lidé mohli seznámit s nejrůznějšími variacemi úprav hmyzu. Jedlý hmyz postupem času pronikl do experimentálních restaurací, nabízen jako gurmánský zážitek s atraktivním vzhledem a chutí a brán jako nová alternativní potravina s vhodným nutričním složením.



---

## 1.9 Dopady expanze entomofágie na životní prostředí

Globální zájem o entomofáгии vychází z bezprostřední nezbytnosti zachování zemědělských zdrojů a radikálního snížení ekologického dopadu živočišných potravin na naši planetu (Mattia et al., 2019). Za základě toho autoři Jansson a Berggren (2015) zmiňují, že vzestup živočišné výroby vytváří značný tlak nejen na životní prostředí, ale i biologickou rozmanitost. Dle Buchtová (2015) je entomofágie považována za budoucnost lidstva. Na naší planetě existuje omezené množství zdrojů, které se v budoucnu s narůstajícím počtem obyvatelstva budou stále větší měrou vyčerpávat. Uspokojení obyvatel prostřednictvím produkce živočišných bílkovin bude čím dál, tím více náročné. Hmyz se nabízí jako součást stravy bohatá na proteiny a jako vhodná alternativa k masu. K tomu Mlček (2020) konstatuje, že konvenční zdroje proteinů mohou být v budoucnu nedostačující. Proto bude nezbytné se zaměřit na alternativní zdroje, jako například jedlý hmyz. Meliny a Meliny (2019) ve své práci konstatují, že v současnosti je k zemědělské produkci potravin využíváno asi 40 % zemské půdy. Tyto plochy jsou však při neustále se zvyšujícím počtu obyvatel nedostatečné a můžeme tak očekávat stěžejní problémy s uspokojováním poptávek po potravinách. Vzhledem k těmto skutečnostem je zřejmé, že musíme začít čelit těmto nesnázím pomocí nových, účinnějších a udržitelnějších metod hospodaření. Množství orné půdy důsledkem novodobých demografických trendů, eroze či působením klimatických podmínek klesá. Aktuálně dochází k hledání nových potravinových zdrojů, které jsou šetrnější k našim omezeným zdrojům půdy a vody a nezatěžují tak atmosféru (Mason et al., 2018). Sapíková (2014) podotýká, že prudký nárůst poptávky o živočišné výrobky by mohl do budoucna představovat obrovský tlak nejen na světové zásoby vody, ale i její kvalitu. Průměrná vodní stopa, tedy celkové množství vody, které je použito pro výrobu určitého produktu, je u hovězího masa asi dvacetkrát větší než u obilovin. Biró et. al (2020) souhlasně prohlašuje, že množství spotřebované vody při produkci hmyzího proteinu je pouze fragmentem množství vody využívané pro chov hospodářských zvířat. Příznivá je i skutečnost, že krméním pro hmyz mohou být rostlinné zbytky vzniklé ze zemědělského, průmyslového či domácího odpadu. Dle Payne et. al (2016) patří mezi hlavní výhody chovu hmyzu relativně nízké ekonomické a environmentální náklady. Jedlý hmyz průměrně využije až o 50–90 % méně půdy na kg bílkovin, spotřebuje o 40–80 % méně krmiva na kg stravitelné hmotnosti a produkuje o cca 1000–2700 g méně emisí skleníkových plynů na kg hmotnostního přírůstku než běžná hospodářská zvířata.

---

Také Ghosh et. al (2017) shledává, že hmyz má oproti chovu hospodářských zvířat schopnost vysoké konverze krmiva. Chov hmyzu může být ekologický, čímž snižuje zátěž životního prostředí a oproti hospodářským zvířatům vyprodukuje pouze zanedbatelné množství skleníkových plynů a amoniaku.

Gerber (2013) apeluje, že živočišná výroba vyprodukuje okolo 14,5 % veškerých emisí antropogenních skleníkových plynů. Naopak jedlý hmyz emituje daleko méně skleníkových plynů a vyžaduje zřetelně méně půdy, vody i krmiva než tradiční hospodářská zvířata, čímž představuje výrazně nižší dopad na životní prostředí (Stull et al., 2018). Podle Biró et. al (2020) již početné studie prokázaly, že chov jedlého hmyzu představuje ve srovnání s chovem ostatních hospodářských zvířat daleko menší dopad na životní prostředí. Zatímco tradiční hospodářská zvířata pro svůj chov zabírají obrovské množství půdy, hmyz je vhodný pro halové či vertikální zemědělství, a tak dochází k efektivnějšímu využívání volného prostoru. Kooh et. al (2020) souhlasně podotknul, že chov hmyzu bude mít, ve srovnání s chovem hospodářských zvířat, příznivější vliv na životní prostředí. Stejně tak Poma et al. (2017) se shoduje s tím, konzumace hmyzu může kompenzovat rostoucí poptávku po bílkovinách živočišného původu a tím omezit odlesňování za účelem získání plochy pro pastvu dobytka.

Dle (van Huis et al., 2013) je zřejmé, že bude nezbytné na výrobu potravin pokrývající spotřebu světové populace zajistit nové strategie, které by snížily enormní spotřebu masa. Navrhovaná řešení mají přejít na udržitelné produkční systémy, pokusit se změnit stávající stravovací návyky lidí a přeorientovat se na ty potraviny, jejichž výroba vyžaduje méně zdrojů a snižuje tak zátěž na životní prostředí. Jednou z hlavních životaschopných strategií je chov a produkce hmyzu, který by se mohl proměnit v potravu budoucnosti jak pro lidi, tak pro zvířata. Inovativním řešením této situace by mohlo být na základě Urbánková (2019) přijetí jedlého hmyzu do našich jídelniček a tím poskytnou úlevu životnímu prostředí. Jedlý hmyz, jako zdroj potravy, má vyšší míru konverze krmiva, produkuje méně skleníkových plynů a čpavku, nespotřebuje takové množství vody a nezabírá tak značnou část půdy, jako tomu je u běžných hospodářských zvířat. V práci Poma et. al (2017) je uvedeno, že po celém světě jsou již stovky druhů hmyzu spotřebovávány lidmi jako potrava. Pro jedlý hmyz tak nastává obrovská příležitost kompenzovat rostoucí poptávku po masu a rybích výrobcích.

---

Payna et. al (2016) poznamenal, že vzhledem k rostoucím obavám o budoucnost světové potravinové bezpečnosti, je hmyz zdůrazňován za udržitelný zdroj potravy, jež by mohl napomáhat k řešení současných problémů životního prostředí, ekonomiky či lidského zdraví. Kooh et. al (2020) se shoduje a zmiňuje, že by jedlý hmyz, prostřednictvím zajištění potravinové bezpečnosti obyvatel světa, mohl představovat strategickou alternativu v budoucnosti lidské stravy. Otázka, zda by globální přijetí entomofágie mohlo podpořit redukci rostoucího tlaku na produkci potravin na životní prostředí a snížit podvýživu v rozvinutých i rozvojových zemích, je předmětem rozsáhlé debaty (Dobermann et al., 2017).

---

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je vyhodnocení dopadů přídavku cvrččí mouky do směsi s pšeničnou moukou na základní parametry pekařské jakosti a reologických vlastností výsledných směsí o různých poměrech.

### **Pracovní hypotézy:**

- Je možné určit podíl cvrččí mouky ve směsi s pšenicí setou, který bude z technologického hlediska akceptovatelný.
- Směs s podílem cvrččí mouky je analyzovatelná běžně používanými metodami pro hodnocení pekařské jakosti pšenice seté.
- Ze směsi s podílem cvrččí mouky je možné připravit klasické pečivo.

---

### 3. Metodický postup

V laboratořích Katedry agroekosystémů Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích byla za pomoci odborného personálu provedena komplexní analýza reologických vlastností pšeničné mouky s přísávkou cvrččí mouky, lišících se v různých poměrech. Samotnému výzkumu předcházelo studium doporučené literatury a zpracování literární rešerše. Následovalo zajištění vzorků pšenice seté a cvrččí mouky pro laboratorní rozbor. Pšenice setá (odrůda Pexeso) byla poskytnuta univerzitní laboratoři, zatímco cvrččí mouka byla zakoupena v online obchodě, a sice celkem 1 kg cvrččí moučky značky SENS. Struktura experimentálních směsí pšeničné mouky s přísávkou cvrččí mouky se stanovila v poměru znázorněném v tabulce 3.1 níže, kde k vytvoření každého vzorku bylo použito 400 gramů mouky.

**Tabulka 3.1: Poměr pšenice seté a cvrččí mouky u jednotlivých vzorků směsí**

Vzorky	Pšenice setá /cvrččí mouka (poměr)	Přepočet na gramy
č. 1	100/0	400/0
č. 2	90/10	360/40
č. 3	80/20	320/80
č. 4	70/30	280/120
č. 5	60/40	240/160
č. 6	50/50	200/200

Nejprve byly samostatnými metodami provedeny klasické pekařské jakostní analýzy, a sice obsah mokrého lepku, gluten index, obsah bílkovin, Zelený test a číslo poklesu. Všechny analýzy byly provedeny ve dvou opakováních, za účelem dosažení relevantních výsledků. Následovala komplexní reologická analýza vzorků na přístroji Mixolab II, taktéž ve dvou opakováních. Dle metodik jednotlivých analýz bylo zrno pšenice seté semleto na laboratorních mlýnech PSY MP a Chopin Technologies.

#### 3.1 Přístroj Mixolab II (Stanovení vaznosti mouky, ICC 173)

Mixolab II je přístroj sloužící ke komplexnímu reologickému posouzení těsta. Zjišťuje vaznost těsta pro stanovení chování lepkové sítě a škrobu během jeho míchání a zahřívání (jctt, 2021). Postup realizace byl následující: Na začátku byla přístrojem Mixolab stanovena navážka, která se následně vložila do hnětačky, uzavřelo se víko, umístila se do něj vstřikovací tryska a tím započala zkouška. Po ukončení testování vzorku byly systémem vyjádřeny sledované parametry prostřednictvím grafů.

---

## **3.2 Klasické pekařské jakostní analýzy**

### **3.2.1 Obsah mokrého lepku (ICC 137/1)**

Mokrý lepek je elastická látka pojímající gliadiny a gluteniny, jež lze získat vypíráním těsta z pšeničné mouky (ÚKZÚZ, 2018). Obsah mokrého lepku a jeho jakost jsou ukazatele pekárenské kvality, ovlivňující pekařské vlastnosti těsta a finálního pečiva. Vopátková (2018) tvrdí, že obsah mokrého lepku je v pekařské jakosti rozhodující. Vytváří lepkovou mřížku, která produkuje výsledný objem pečiva během zrání těsta. Optimální hodnoty obsahu mokrého lepku jsou kolem 30–35 %. Obsah mokrého lepku (%) byl měřen pomocí přístroje Glutomatic 2200.

### **3.2.2 Gluten index (GI, ICC 155)**

Gluten index navazuje na stanovení mokrého lepku a určuje jeho kvalitu, a sice pevnost a pružnost. Vyšší hodnoty lepku jsou charakteristické lepší kvalitou lepku pro pekárenské využití. Ideální hodnoty gluten indexu se pohybují v rozmezí 82–89 % (Jordáková, 2019).

### **3.2.3 Obsah bílkovin (ICC 105/2)**

Obsah bílkovin se stanovuje dle principu tzv. Kjeldahlovy metody, jež spočívá ve zjištění veškerých dusíkatých látek v potravinách a jejich následném přepočtu na bílkoviny (Zgažarová, 2010). Bílkoviny jsou velmi významné z hlediska jejich technologické i nutriční jakosti. Obsah bílkovin v pšeničné mouce se běžně pohybuje v rozmezí 7–15 %. Je ovlivněn stupněm vymletí zrna, odrůdou či hnojením a klimatickými podmínkami během pěstování (Zigmundová, 2016). Obsah bílkovin (%) byl stanoven systémem Kjeltec 1002.

### **3.2.4 Zelený test (Sedimentační test, ICC 116/1)**

Zelenýho sedimentační test je důležitým ukazatelem jakosti pšenice. Určuje viskoelastické vlastnosti bílkovin a jejich kvalitu. Jakost pšenice charakterizuje výška sedimentu v milimetrech, jež závisí na množství a jakosti bílkovin. Vyšší obsah bílkovin a lepší kvalita zpomalují proces sedimentace ve slabě kyselém prostředí a zároveň zvyšují sedimentační hodnotu mouky (Kypťová, 2016). Sedimentační hodnota byla měřena pomocí přístroje Sedi-tester.

---

### 3.2.5 Číslo poklesu (Falling number, ICC 107/1)

Číslo poklesu hodnotí aktivitu  $\alpha$ -amylasy, jenž určuje výslednou strukturu těsta. Patří mezi důležité znaky pekárenské kvality, kde je vyžadováno číslo poklesu vyšší než 220 sekund. V případě nízkých hodnot pádového čísla se předpokládá lepivá střída, naopak při vysoké hodnotě (350-400 s) se bude vytvářet těsto suché až drobné. Ideální rozmezí pádového čísla, vhodné pro pekárenské účely se pohybuje v rozmezí od 220–250 sekund (Vopátková, 2018). Číslo poklesu bylo stanoveno přístrojem Perten Falling Number 1310.

### 3.3 Pekařský experiment

V rámci výzkumu byl taktéž zhotoven experiment, a sice pečení housek s různými příměsi cvrččí mouky, zejména za účelem posouzení sensorické jakosti výsledného produktu. Byly provedeny dva způsoby výroby pečiva, zaprvé nekynutého a zadruhé kynutého pečivo.

- **Nekynuté pečivo**

Nejdříve byl proveden pokus pečení housek bez přidání droždí či kvásku, aby nedocházelo k ovlivnění chuti či konzistenci pečiva. Složení těsta zahrnovalo: pšeničná mouka a cvrččí mouka ve směsích s rozmanitými podíly, 40 ml polotučného mléka, 40 ml vody, 4 g kypřicího prášku do pečiva a 2 g soli. Po vypracování těsta následovalo upletení housek a jejich následné pečení v elektrické troubě na 180 °C, přibližně 15 minut.

- **Kynuté pečivo**

Druhým experiment představoval pečení kynutých housek. Postup byl totožný a za stejných podmínek jako u dřívějších vzorků, pouze došlo k přidavku sušeného droždí do těsta, které se nechalo kynout přibližně 15 minut.

### 3.4 Statistické zpracování dat

Veškerá získaná data byla vyhodnocena prostřednictvím programu Statistica 12.0 (StatSoft. Inc., California, USA). Z nástrojů základních statistik byly spočítány průměrné hodnoty z opakovaných měření a směrodatné odchylky. Pro analýzu statisticky průkazných odlišností mezi jednotlivými variantami směsí bylo využito rozdělení hodnot do statisticky odlišných skupin pomocí Tukey HSD testu na hladině významnosti  $p \leq 0.05$ .

## 4. Výsledky a diskuse

V této kapitole jsou shrnuty výsledky komplexní analýzy reologických vlastností stanovených směsí pšeničné mouky s přísadkou cvrččí mouky.

Tabulka 4.1: Výsledky sledovaných parametrů jakosti + hodnocení pomocí Tukey HSD testu

Podíl cvrččí mouky (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah mokrého lepku	Gluten index	Zelený test (ml)	Číslo poklesu (s) = pádové číslo
0	12,63±0,01a	24,70±0,31f	83±3,75ab	46±0,5e	326±19,50c
10	19,145±0,01b	23,08±0,79e	74±14,16ab	43±0,5d	249±20,50b
20	23,175±0,01c	17,23±0,29d	89±2,44b	40±1c	227±10,00b
30	28,055±0,01d	14,48±0,17c	65±7,13a	38±0a	75±8,00a
40	33,275±0,01e	6,66±0,56b	63±8,47a	37±0a	64±1,50a
50	37,67±0,01d	2,19±1,01a	62±11,74a	35±0b	63±0,71a

Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ )

Zvyšující se podíl cvrččí mouky se projevil na zvýšení **obsahu bílkovin**. Z nutričního hlediska tak dochází k vysokému nárůstu nutričně cenných bílkovin na úkor škrobu. Podle autorek Burešové a Lorencové (2013) je obsah škrobu v negativním vztahu s obsahem bílkovin. Čím méně škrobu je obsaženo v zrně, tím lepší kvalita pšeničné mouky a těsta z ní vytvořeného (ÚKZÚZ, 2018). Na základě studie autora Oh et. al (2020) bylo potvrzeno, že při snižování sacharidů ze stravy (low-carb diet) dochází ke zvýšení příjmu makroživin v tucích a bílkovinách, jelikož dochází k dorovnávání nízkého příjmu sacharidů. Tuky a bílkoviny zvyšují sytost, tím se snižuje celkový příjem potravy a vzniká kalorický deficit. Je proto předpoklad, že nízkosacharidové diety způsobují oproti vysokosacharidovým, vyšší metabolické spalování.

**Obsah mokrého lepku** se zvyšujícím se podílem cvrččí mouky ve směsi razantně klesal. Důvodem nebude čistě negativní vliv cvrččí mouky na obsah mokrého lepku, ale faktická nezpracovatelnost vzorku na přístroji Glutomatic, který je konstruován na stanovení obsahu mokrého lepku v čistém pšeničném zrně. Metoda na stanovení obsahu mokrého lepku je založena na přípravě těsta ze vzorkové směsi a následného vypírání lepku vodou. Zvážením vypraného lepku získáme takzvaný mokrý lepek (Žižková, 2013). V našem případě bylo množství vypraného lepku ve směsi s podílem cvrččí mouky 20 % a více zanedbatelné, tudíž mohou výsledky být zkreslené.



---

**Hodnoty gluten indexu** byly příznivé při podílu 0-30% cvrččí mouky ve směsi. Podíl 30-50% cvrččí mouky způsobil výrazné zeslabení lepku. Těsto připravené z těchto směsí bude charakteristické slabým a roztékavým lepkem. Šebestíková (2019) konstatuje, že kvalita mokrého lepku je vyjadřována jako gluten indexu hodnocený v rozmezí 0-100 %. Vyšší hodnoty představují velmi pevný lepek, zatímco nízká hodnota gluten indexu znázorňuje lepek měkký a rozplývavý.

**Hodnoty Zeleného indexu** byly podílem cvrččí mouky ve směsi ovlivněny, ale vliv na tento parametr nebyl nijak výrazný. Lze konstatovat, že bílkoviny budou dostatečně bobtnavé. Dle Kypťová (2016) je princip Zeleného indexu založený na rychlejší sedimentaci mouky s vyšším obsahem a kvalitou bílkovin. Z toho vyplývá, že čím větší podíl cvrččí mouky do směsi s moukou pšeničkou přidáme, tím snižujeme kvalitu a obsah přítomných bílkovin.

**Číslo poklesu** bylo silně ovlivněno podílem cvrččí mouky ve směsi. Uspokojivé hodnoty byly dosaženy při podílu cvrččí mouky 0-20 %. Číslo poklesu by na základě práce Vokatá (2011) nemělo u potravinářské pšenice klesnout pod hranici 220 sekund. Pokud je pádové číslo nízké, může dojít k nežádoucím změnám v technologické jakosti, kde je výsledné pečivo charakteristické vlhkou a mazlavou střídou. Je tedy nutné konstatovat, že při přidavku cvrččí mouky větším než 20 % do směsi s moukou pšeničnou, bude výsledné pečivo vykazovat známky horší pekařské jakosti, jež bylo potvrzeno i v pekařském experimentu zmíněném výše.

**Tabulka 4.2: Výsledky z Mixolabu 1 část + hodnocení pomocí Tukey HSD testu**

<b>Podíl cvrččí mouky (%)</b>	<b>C1</b> absorbce vody a doba vývinu těsta	<b>C2</b> zeslabení bílkovin, funkce mechanické práce a teploty	<b>C3</b> gelovatění škrobu	<b>C4</b> stabilita horkého gelu	<b>C5</b> retrogradace škrobu ve fázi chlazení
<b>0</b>	1,13±0,02a	0,43±0a	1,60±0,03f	1,10±0,04c	1,92±0,04a
<b>10</b>	1,12±0,02a	0,47±0,02a	1,40±0,03e	1,18±0,03c	1,98±0,02a
<b>20</b>	1,13±0a	0,52±0,01b	1,20±0,03d	0,73±0,07b	1,73±0,04e
<b>30</b>	1,13±0a	0,52±0b	1,06±0,03c	0,67±0b	1,53±0d
<b>40</b>	1,13±0a	0,22±0d	0,68±0b	0,59±0a	1,24±0,01c
<b>50</b>	1,13±0a	0,11±0,03c	0,30±0a	0,22±0d	1,16±0,03b
Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ )					

**Parametr C1** ukazuje dobu vývinu těsta. Hodnoty pro pšenici jsou zpravidla v rozmezí 0,99 – 7.36 min. Obecně platí, že silnější mouky mají delší dobu vývinu těsta. Tento parametr je ovlivněn hlavně kvalitou lepku, velikostí škrobových zrn a stupni degradace škrobu. Jak je zřejmé z Tabulky 4.2, doba vývinu těsta byla u všech vzorků prakticky totožná, což potvrzuje i statistické hodnocení pomocí Tukey HSD testu. Z výsledků je zřejmé, že podíl cvrččí mouky ve směsi neměl vliv na absorpci vody a dobu vývinu těsta.

**Hodnota parametru C2** představuje zeslabení bílkovin v závislosti na mechanické práci a teplotě. Čím déle mechanická práce a teplota na zpracovávané těsto působí, tím by měla být hodnota vyšší. Hodnoty se v optimálním případě pohybují v rozmezí 0,37 – 0,63 Nm. Z našich výsledků v tabulce 4.2 je zřejmé, že mezi vzorky jsou statisticky průkazné difference ( $P \leq 0,05$ ). Nejvyšších hodnot „Torgue“ (točivého momentu) dosáhla směs s podílem 20 a 30% cvrččí mouky (0,52 Nm). Z tabulky 4.2 je patrné, že naopak zvýšený podíl cvrččí mouky na úrovni 40 a 50 % vedl k výraznému snížení tohoto ukazatele.

**Parametr C3** hodnotí kvalitu škrobu. Vyjadřuje gelovatění škrobu ve vzorku mouky s optimálními hodnotami v rozmezí 1,59 – 2,27. Z výsledků v tabulce 4.2 je patrné, že v tomto rozmezí je pouze vzorek pšenice bez cvrččí mouky. V akceptovatelném rozpětí se pohybovaly směsi s 10 a 20 % cvrččí mouky. Dále zvýšený podíl cvrččí mouky znamenal výrazné zhoršení kvality škrobu z hlediska jeho gelovatění.

---

**Parametr C4** charakterizuje stabilitu horkého gelu. Je to parametr, který opět hodnotí kvalitu škrobu. Hodnoty jsou zpravidla v rozmezí 0,95 – 2,12 Nm. Z tabulky 4.2 je zřejmé, že hodnoty stability horkého gelu jsou v rámci uvedeného rozmezí u vzorků čisté pšenice a s podílem cvrččí mouky 10, 20 a 30 %. V případě parametru C4 je přímá vazba k hodnotám čísla poklesu, kdy vzorky se sníženými hodnotami vykazují také nižší číslo poklesu. Je to jasně patrné také z našich výsledků – u vzorků s podílem cvrččí mouky 30 a 40 % došlo ke snížení jeho hodnoty na 75 resp. 64 sekund. Z výsledků je tedy zřejmé, že určité narušení alfa amylázového komplexu od úrovně nad 30% podílu cvrččí mouky.

**Hodnota parametru C5** udává retrogradaci škrobu ve fázi chlazení. Hodnoty jsou zpravidla v rozmezí 1,46 – 3,73 Nm. Námi zjištěné výsledky retrogradace škrobu, uvedené v tabulce 4.2 jsou v rámci tohoto rozmezí do podílu cvrččí mouky 30 % ve směsi. Nejnižší hodnota byla zjištěna v případě tohoto parametru u vzorků mouky pšenice seté s přídavkem 40 a 50% cvrččí mouky. Naopak nejvyšší hodnoty retrogradace škrobu ve fázi chlazení jsme změřili u vzorku čisté pšenice a s přídavkem 10% cvrččí mouky.

Tabulka 4.3: Výsledky z Mixolabu část 2 + hodnocení pomocí Tukey HSD testu

Podíl cvrččí mouky (%)	Amplituda (Nm) pružnost těsta	Stabilita (min) odolnost těsta vůči přehnětení	Alfa rychlost zeslabení bílkovin při záhřevu	Beta rychlost mazovatění škrobu	Gama rychlost enzymatické degradace škrobu
0	0,10±0,02a	8,05±0,25a	-0,08±0a	0,50±0,02f	-0,06±0,05ab
10	0,09±0,03ab	8,60±0,1ab	-0,09±0a	0,41±0,02e	-0,03±0a
20	0,1±0,01a	8,85±0,45b	-0,08±0a	0,25±0,02d	-0,11±0,01b
30	0,07±0,01ab	8,85±0,35b	-0,09±0a	0,17±0,01c	-0,01±0a
40	0,08±0,01ab	8,45±0,15ab	-0,07±0,03a	-0,02±0b	-0,02±0,01a
50	0,06±0,01b	8,00±0,2a	-0,08±0,02a	0,09±0a	-0,01±0,02a

Poznámka: Hodnoty označené stejným písmenem nevykazují statisticky průkazné diference ( $P \leq 0,05$ )

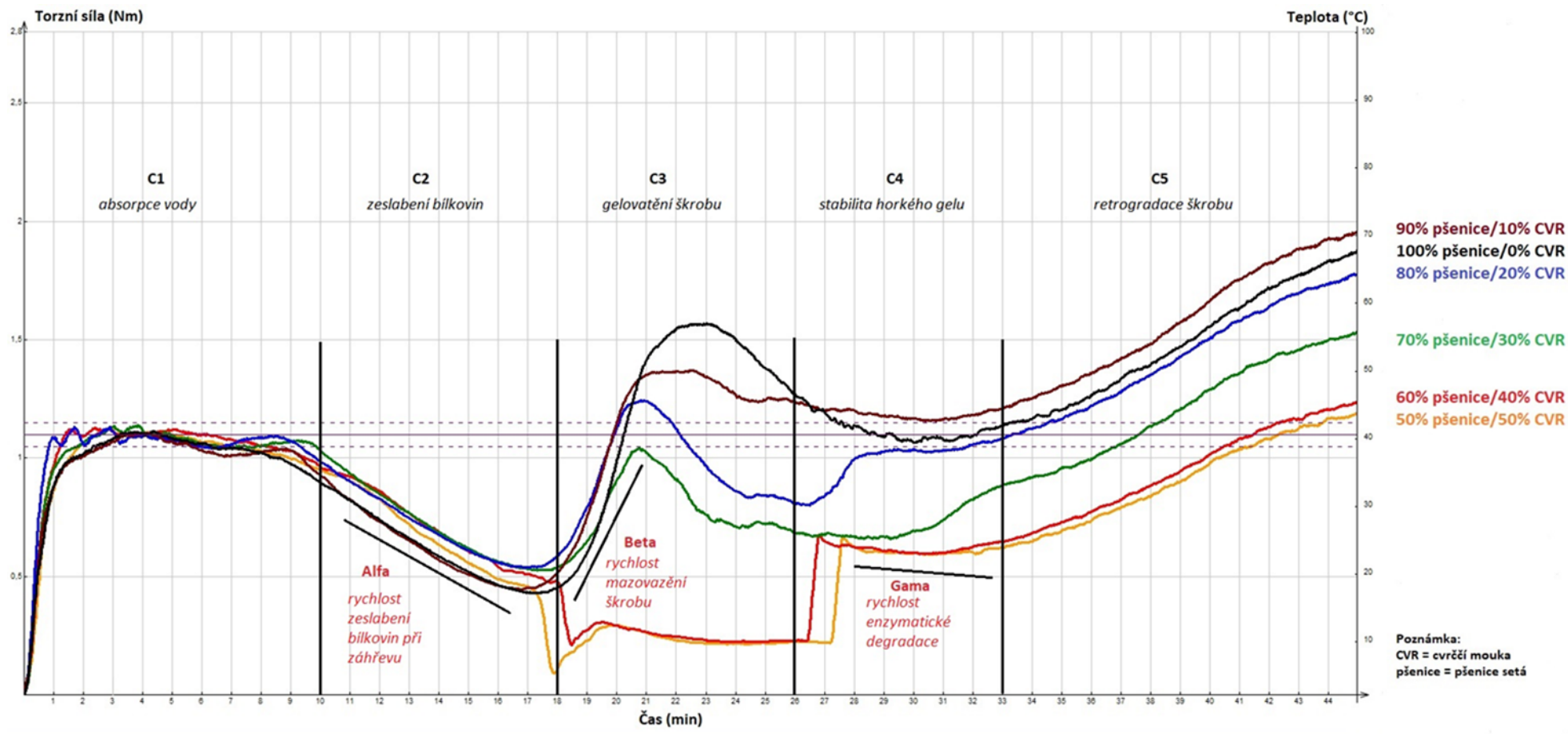
**Amplituda** je znakem pružnosti těsta. Pružnější těsto dosahuje vyšších hodnot. V případě amplitudy se potvrdil negativní vliv vysokého podílu cvrččí mouky ve směsi. Čistá pšenice a směsi s podílem 10 a 20% cvrččí mouky vykazují stejné hodnoty pružnosti těsta.

Celkovou stabilitu těsta a toleranci mouky k míchání indikuje parametr **stabilita**. Hodnoty se zpravidla pohybují v rozmezí 4,69 – 11,42 min. V našem případě je patrné, že přídavek cvrččí mouky neměl vliv na toleranci mouky k míchání. Hodnoty jsou prakticky totožné, což potvrzuje i výsledek Tukey HSD testu.

**Parametr  $\alpha$**  udává rychlost zeslabení bílkovin při záhřevu. Záporné hodnoty poukazují na klesající tendenci rychlosti zeslabení v závislosti na teplotě. Mezi hodnotami jsou minimální rozdíly a lze tak konstatovat, že přídavek cvrččí mouky neměl vliv na zeslabení bílkovin při záhřevu.

**Parametr  $\beta$**  udává rychlost mazovatění škrobu. Zde jsou patrné velké rozdíly. Optimálních hodnot dosáhla čistá pšenice a směs s přídavkem 10% cvrččí mouky. V ostatních případech došlo k výraznému negativnímu ovlivnění tohoto parametru.

**Parametr  $\gamma$**  vyjadřuje rychlost enzymatické degradace škrobu, resp. délku trvanlivosti degradace. Nejnižší rychlost enzymatické degradace byla naměřena u vzorku s podílem 20% cvrččí mouky. Z technologického hlediska dále vykazovala akceptovatelné hodnoty čistá pšenice a směs s podílem 10% cvrččí mouky.



Obrázek 4.1: Výsledky testu reologických vlastností hodnocených směsí na přístroji Mixolab II. protokolem standard

---

Obrázek 4.1 výše znázorňuje komplexní analýzu sledovaných směsí za pomoci přístroje Mixolab II. Amplituda (pružnost těsta) zaznamenává, s podílem cvrččí mouky ve směsi vyšším než 20 %, klesající charakter. Stabilita těsta, tedy jeho odolnost vůči přehnětení, vykazovala stejné parametry u všech směsí. Moreira et. al (2011) konstatuje, že delší stabilita těsta je spojena se silnou moukou.

Je patrné, že absorpce vody a doba vývinu těsta byla u všech směsí téměř totožná. Proto parametr C1 ukazuje, že mouka je i přes různé příměsi vysoce kvalitní a neslábne. Dle autorek Kovaříkové a Netolické (2011) dosahuje silná mouka optima svých reologických vlastností pomaleji. Výsledkem je schopnost těsta zadržet více kvasných plynů, má dobré vlastnosti při zpracování a uchovává si svůj původní tvar. Dle Burešové a Lorencové (2013) je síla mouky dána množstvím a kvalitou lepkových bílkovin, které vytvářejí v průběhu hnětení těsta elastickou síť, jež zadržuje kypřící plyn uvnitř těsta.

Na základě parametru C2 je zřetelné, že množství bílkovin v závislosti na mechanické práci a teplotě slábne. Kypťová (2016) konstatuje, že zeslabení bílkovin negativně ovlivňuje stabilitu těsta. Avšak u vzorků se 20 a 30% podílem cvrččí mouky bylo dosaženo nejpříjemnějších hodnot, co se týče zeslabení bílkovin, a sice 0,52 Nm. Autoři Švec a Hrušková (2015) tvrdí, že když se hodnota parametru C2 pohybuje v rozmezí od 0,5 do 0,6 Nm, znamená to kvalitní protein, vyšší odolnost lepku proti zahřívání a silnější síť lepku. K tomu směrnice  $\alpha$  udává rychlost tohoto zeslabení, která byla u všech vzorků naměřena pouze se zanedbatelnými rozdíly.

U parametrů C3–C5 dochází se zvyšujícím se podílem cvrččí mouky ve směsi s moukou pšeničnou k zřetelnému poklesu reologických vlastností těsta. Škrob hůře gelovává a je zřetelně méně stabilní (C3 a C4). Podle parametru C5 jsou patrné také snížené hodnoty retrogradace škrobu. Dle směrnice  $\beta$  je pozorovatelný rozdíl v rychlosti gelování škrobu, kde škrob ve směsích s obsahem 30 % a více cvrččí mouky mazovává výrazně pomaleji. Dle směrnice  $\gamma$  je nejnižší rychlost enzymatické degradace škrobu u vzorku 20% podílu cvrččí mouky, s vyšším obsahem přídavku, rychlost nepatrně stoupá. Dle Zigmundové (2016) patří právě mazování a retrogradace mezi nejvýznamnější schopnosti škrobu. Na základě výše zmíněných parametrů zaznamenáváme výrazné zhoršení jeho kvality ve směsích s vyšším podílem cvrččí mouky.

---

## 4.1 Výsledky pekařského experimentu

Pekařský experiment byl zhotoven za účelem ověření výsledných dat z komplexní reologické analýzy směsi. Zároveň došlo k analýze a zhodnocení optimálního poměru směsi, která by mohla být vhodná pro potravinářské využití.

### 4.1.1 Nekynuté pečivo

- **Vzorek č. 1: 90/10** (pšeničná mouka/cvrččí mouka)

Při zpracovávání tohoto vzorku docházelo k dobré pojivosti mezi pšeničnou a cvrččí moukou. Těsto bylo konzistentní a tvarování housek bez problémů. Struktura výsledné housky byla jemná, křehká a vláčná. Vzhledem k příměsi cvrččí mouky měla houska lehký nádech hnědé barvy a spíše slanější příchuť.

- **Vzorek č. 2: 80/20** (pšeničná mouka/cvrččí mouka)

Následující vzorek těsta se oproti vzorku předchozímu zpracovával o poznání hůře. Snížila se pojivost těsta spolu s jeho konzistencí. Struktura výsledného pečiva byla stále jemná, ale již tužší a méně nadýchaná oproti vzorku č. 1. Houska měla lehce nahořklou příchuť.

- **Vzorek č. 3: 70/30** (pšeničná mouka/cvrččí mouka)

Vzorek č. 3 vykazoval značnou obtížnost při zpracovávání těsta, jelikož nebylo téměř vůbec konzistentní. Po přidání pojivé látky – vody, se podařilo housky vytvarovat. Výsledná houska měla jemnou strukturu, ale rozpadala se. Houska byla vláčná až lepivá a chuť výrazně hořká.

Těsto s obsahem 70 % pšeničné mouky a 30 % cvrččí mouky nebylo dostatečně konzistentní, proto se další pokus s vyšším obsahem cvrččí mouky nemohl uskutečnit.

### 4.1.2 Kynuté pečivo

Výsledné housky byly o poznání nadýchanější a křehčí, než tomu tak bylo u housek nekynutých. Konzistence a struktura těsta s vyšším podílem cvrččí mouky (30 %) vykazovala totožné vlastnosti jako u předchozího vzorku.



**Obrázek 4.1: Housky z pšeničné mouky s přidavkem cvrččí mouky  
(z leva 100/0, 90/10, 80/20,70/30)**

Na obrázku 4.1 jsou znázorněny housky s různými příměsi cvrččí mouky. Pro lepší porovnání je na levé straně umístěna houska vyrobená výhradně z pšeničné mouky. Následuje houska obsahující 10 % cvrččí mouky, dále houska s 20 a 30% obsahem cvrččí mouky. Významné rozdíly v barvě výsledného pečiva jsou zřetelné.

Shrnutím pekařského experimentu by se dalo v souladu s výsledovanými parametry sensorické kvality konstatovat, že výsledné pečivo vykazuje známky přijatelné pekařské jakosti pouze do obsahu 20 % cvrččí mouky ve směsi s moukou pšeničnou. Vyšší obsah cvrččí mouky by ve směsi s moukou pšeničnou již nebyl uspokojivý, zejména kvůli nedostatečné soudržnosti a křehkosti těsta spolu s hořkou příchutí finálního produktu.



---

## Závěr

Diplomová práce se zabývala reologickými vlastnostmi pšeničné mouky s přidávkou cvrččí mouky o různých poměrech. V souladu s výsledky klasických pekařských jakostních analýz a komplexním zhodnocením pomocí přístroje Mixolab II, bylo prokázáno výrazné snížení technologické i pekařské jakosti směsi se zvyšujícím se podílem cvrččí mouky. Jako optimální využití pro pekárenské účely, se jeví směs s přidávkou cvrččí mouky do 20 %. Na základě vlastního pekařského experimentu bych taktéž pro pekárenské využití doporučila 10 až 20% podíl cvrččí mouky ve směsi s moukou pšeničnou. Na výsledném pečivu byla vyzorována nejpříjemnější sensorická jakost. Díky vysokému obsahu bílkovin ve cvrččí mouce je pečivo z nutričního hlediska velice kvalitní a dle mého názoru i vhodné pro využití v lidské výživě. Závěrem je nutné také zmínit, že v diplomové práci došlo k potvrzení všech stanovených pracovních hypotéz.

Vědecké práce zabývající se hmyzem jako potravinou jsou aktuální teprve v posledních několika letech, proto pro další rozvoj a rozšiřování uplatnění jedlého hmyzu je nutné danou problematiku probádat více do hloubky.

Do budoucna by mělo být hledání vhodné potravinové alternativy k tradičním zdrojům bílkovin v lidské výživě, které přispěje k udržitelnosti zemědělství a naší planety, prioritou.

---

## Seznam použité literatury

- Alston, J. et al. (2009). Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*, 325(5945):1209-1210.
- Bajerová, E. et al. (2016). *Obiloviny v lidské výživě*. Česká technologická platforma pro potraviny, Praha. ISBN 978-80-88019-16-9.
- Belluco, S. et al. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Wiley Online Library*, 12(3):296-313.
- Biró, B. et al. (2020). Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *MDPI – Foods*, 9(11):1561.
- Bucková, P. (2013). *Kritické hodnocení potenciálu bílkovin sklizňových produktů vybraných plodin z hlediska jejich uplatnění v potravinářských a biotechnologických aplikacích*. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- Burešová, I. A Lorencová, E. (2013). *Výroba potravin rostlinného původu – Zpracování obilovin*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín. ISBN: 978-80-7454-278-7.
- Carcea, M. (2020). Quality and Nutritional/Textural Properties of Durum Wheat Pasta Enriched with Cricket Powder. *MDPI – Foods*, 9(9): 1298.
- Castro, R. J. S. et al. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *ScienceDirect*, 76:82-89.
- Damesens.cz (2021). Největší cvrččí farma na světě má zachránit planetu. [online] [cit. 12. 2. 2020]. Dostupné z: <https://damesens.cz/blogs/news/tagged/chov-cvrcku>
- Dobermann, D. et al. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Wiley Online Library*, 42(4):293-308.
- Dvořáček, V. et al. (2012). *Využití metody retenční kapacity mouky pro predikci technologické kvality pšenice v České republice*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 978-80-7427-097-0.
- eAGRI.cz (2018). Nové potraviny. [online] [cit. 18. 11. 2020]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/potraviny-noveho-typu-nove-potraviny/>
- EFSA (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 14(10):4257.
- Fanzo, J. et al. (2018). The effect of climate change across food systems: Implications for nutrition outcomes. *ScienceDirect*, 18:12-19.

---

Feng, Y. et al. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insects Science*, 25(2):184-198.

Frigerio, J. et al. (2020). The hidden 'plant side' of insect novel foods: A DNA-based assessment. *ScienceDirect*, 128(108751):1-38.

Gabrovská, D. et al. (2015). *Obiloviny v lidské výživě*. Česká technologická platforma pro potraviny, Praha. ISBN 978-80-88019-07-7.

Gahukar, R. T. (2011). Entomophagy and human food security. *Cambridge Core*, 31(3):129-144.

Gerber, P. J. et al. (2013). Tackling climate change through livestock. [online] Fao.org [cit. 16. 1. 2021]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

Ghosh, S. et al. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *ScienceDirect*, 20(2):686-694.

Chakravorty, J. et al. (2011). Practices of entomophagy and entomotherapy by members of the Nyishi and Galo tribes, two ethnic groups of the state of Arunachal Pradesh (North-East India). *BMC*, 7(5):1-14.

ICBP.cz (2021). Hmyz. [online] [cit. 18. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/hmyz.aspx>

Jansson, A. a Berggren, Å. (2015). Insects as Food – Something for the Future? [online] Epsilon.slu.se [cit. 8. 1. 2021].

JCTT.cz (2021). Hodnocení technologické jakosti zrna pšenice. Dostupné z: <https://www.jctt.cz/cz/o-nas/item/771-hodnoceni-technologicke-jakosti-zrna-psenice>

Jordáková, L. (2019). *Rozdíly v reologických vlastnostech různých druhů pšenice*. Bakalářská práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Kewuyemi Y. O. et al. (2020). Fermented Edible Insects for Promoting Food Security in Africa. *MDPI-insects*, 11(5):283.

Konvalina, P. et al. (2010). *Volba druhu a odrůdy pšenice v ekologickém zemědělství*. Certifikovaná metodika, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Kooh, P. et al. (2020). Control of Biological Hazards in Insect Processing: Application of HACCP Method for Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders. *MDPI-food*, 9(11):1528.

Kouřimská, L. a Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *ScienceDirect*, 4:22-26.

---

Kovaříková, D. a Netolická V. (2011). Studijní materiál1Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26342287-Vzdelavaci-material-pro-predmet-technologicka-priprava.html>

Kowalczewski, P. L. et al. (2021). Nutritional Value and Biological Activity of Gluten-Free Bread Enriched with Cricket Powder. *MDPI-molecules*, 26(4):1184.

Kyptová, M. (2016). *Technologická a senzorická jakost zrna a pečiva z pšenice špaldy*. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Kyseláková, Z. (2011). *Hodnocení kvality vybraných odrůd pšenice ozimé na základě reologických analýz*. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

Latunde-Dada, G. O. et al. (2016). In Vitro Iron Availability from Insects and Sirloin Beef. *National Library of Medicine*, 64(44):8420-8424.

Lbitoye, E. B. et al. (2018). Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan isolated from house cricket. *IOPscience*, 13(2):1-12.

Looy, H. et al. (2014). How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *SpringerLink*, 31:131-141.

Lundy, M. E. a Parrella, M. P (2015). Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. *Plos One*, 10(4):1-12.

Magara, H. J. O. et al. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits—A Review. *Frontiers*, 7(537915):1-23.

Mason, J. B. et al. (2018): Fostering Strategies to Expand the Consumption of Edible Insects: The Value of a Tripartite Coalition between Academia, Industry, and Government. *Oxford Academic*, 2(8):1-5.

Mattia, C. D. et al. (2019). Antioxidant Activities in vitro of Water and Liposoluble Extracts Obtained by Different Species of Edible Insects and Invertebrates. *Frontiers*, 6:106.

Melini, V. a Meliny, F. (2019). Gluten – free diet: Gaps and need for a healthier diet. *MDPI – Nutrients*, 11(1):170.

Mlček, J. (2020). *Netradiční druhy potravin-jejich význam, vlastnosti a využití*. Teze přednášek ke jmenování profesorem, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická.

Montowska, M. et al. (2019). Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *ScienceDirect*, 289:130-138.

---

Moreira, R. et al. (2011). Effect of sodium chloride, sucrose and chestnut starch on rheological properties of chestnut flour doughs. *Food Hydrocolloids* 25:1041-1050.

Oh, R. et al. (2020). Low Carbohydrate Diet. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537084/>

OSN.cz (2019). *World Population Prospect*. [online] [cit. 6. 1. 2021]. Dostupné z: <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>

Payne, C. L. R. et al. (2016). Are edible insects more or less ‘healthy’ than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over and undernutrition. *EJCN*, 70(3):285-291.

Pelletier, N. a Tyedmers, P. (2010). Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000–2050. *PNAS*, 107(43): 18371-18374.

Poma, G. et al. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *ScienceDirect*, 100:70-79.

Rumpold, B. A. a Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition Food Research*, 57(5):802-823.

Samodien, E. et al. (2019). Diet-induced hypothalamic dysfunction and metabolic disease, and the therapeutic potential of polyphenols. *ScienceDirect*, 27:1-10.

Sapíková, K. (2014). *Negativní dopady výroby a spotřeby živočišných produktů a zhodnocení jejich oceňování*. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta.

Schouteten, J. J. et al. (2016). Emotional and sensory profiling of insect-, plant- and meat-based burgers under blind, expected and informed conditions. *ScienceDirect*, 52:27-31.

Stull, V. J. et al. (2018). Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific Reports*, 8(10762):1-13.

SZPI.cz (2018). Stanovisko SZPI ve věci uvádění hmyzu na trh v České republice23. 05. 2018. [online] [cit. 18. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/stanovisko-szpi-ve-veci-uvadeni-hmyzu-na-trh-v-ceske-republice.aspx>

Šebestíková, R. (2019). *Technologická kvalita a možnosti pekárenského využití pšenice s purpurovým zbarvením zrna*. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

Švec, I. a Hrušková, M. (2015). The Mixolab Parameters of Composite Wheat/hemp Flour and Their Relation to Quality Features. *LWT-Food Science and Technology*, 60:623-629.

---

Tan, H. G. S. et al. (2016). Tasty but nasty? Exploring the role of sensory-liking and food appropriateness in the willingness to eat unusual novel foods like insects. *ScienceDirect*, 48:293-302.

Urbánková, M. (2019). *Využití jedlého hmyzu v potravinářství*. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

ÚKZÚZ (2018). Bulletin 2018. [online] Fao.org [cit. 18. 3. 2021]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/577583/Text\\_Bul\\_1.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/577583/Text_Bul_1.pdf)

Van Huis, A. et al. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. [online] Fao.org [cit. 12. 1. 2021]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e00.pdf>

Vinkler, J. (2016). *Bezlepková strava a její vliv na člověka*. Bakalářská práce, Vysoká škola hotelová v Praze, Katedra hotelnictví.

Vokatá, L. (2016). *Kvalita pšenice*. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Vopátková, L. (2018). *Posouzení možností využití celých klásků pšenice*. Diplomová práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Vlachová, Z. (2012). *Zjišťování základních parametrů pšenice potravinářské*. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

Yang, W. et al. (2016). In Vitro Iron Availability from Insects and Sirloin Beef. *EuropePMC*, 64(44): 8420-8424.

Zgažarová, M. (2010). *Základní technologické rozborů obilovin pro lidskou výživu*. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

Zielińska, E. et al. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *ScienceDirect*, 77(3):460-466.

Zielińska, E. et al. (2017). Antioxidant and anti – inflammatory activities of hydrolysates and peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of selected heat – treated edible insects. *MDPI – Nutrients*, 9(9):970.

Zigmundová, V. (2016). *Kvalita pšeničné mouky českých a zahraničních výrobců*. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

Žižková, H. (2013). *Stanovení kvality pekařských mouk*. Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

---

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Konzumace hmyzu dle zemí světa (FAO, 2015).....	12
Obrázek 3.1: Výsledky testu reologických vlastností hodnocených směsí na přístroji Mixolab II. (zdroj vlastní).....	36
Obrázek 4.1: Housky z pšeničné mouky s přidavkem cvrččí mouky (zdroj vlastní).....	39

## Seznam grafů

Graf 1.1: Konzumace hmyzu ve světě dle druhů (FAO, 2015).....	13
---	----

## Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Poměr pšenice seté a cvrččí mouky u jednotlivých vzorků směsí (zpracování vlastní).....	28
Tabulka 4.1: Výsledky sledovaných parametrů jakosti (zpracování vlastní).....	31
Tabulka 4.2: Výsledky z Mixolabu 1 část (zpracování vlastní).....	33
Tabulka 4.3: Výsledky z Mixolabu část 2 (zpracování vlastní).....	35
Tabulka 4.4: Korelace (vypracování vlastní).....	47

## Seznam příloh

Parametr		Průměr	Parametr														
			SO	1	2	3	4	5	6	C1	C2	C3	C4	C5	A	S	
Podíl cvrččí mouky (%)	1	25	17,57	1,00													
Obsah bílkovin (%)	2	25,7	8,67	1,00	1,00												
Obsah mokrého lepku (%)	3	14,7	8,39	-0,98	-0,98	1,00											
Gluten index	4	73	12,58	-0,65	-0,65	0,60	1,00										
Zelený test (ml)	5	40	3,63	-0,98	-0,98	0,94	0,59	1,00									
Číslo poklesu (s)	6	167	108,01	-0,94	-0,94	0,89	0,69	0,94	1,00								
C1 (Nm)		1,13	0,01	0,14	0,12	-0,17	0,12	-0,13	-0,21	1,00							
C2 (Nm)		0,38	0,16	-0,72	-0,71	0,80	0,54	0,60	0,55	-0,01	1,00						
C3 (Nm)		1,04	0,45	-0,98	-0,98	0,99	0,63	0,94	0,87	-0,10	0,83	1,00					
C4 (Nm)		0,75	0,33	-0,94	-0,92	0,95	0,50	0,91	0,83	-0,20	0,68	0,94	1,00				
C5 (Nm)		1,59	0,32	-0,97	-0,95	0,98	0,64	0,92	0,90	-0,15	0,79	0,96	0,94	1,00			
Amplituda (Nm)	A	0,08	0,02	-0,67	-0,67	0,64	0,68	0,61	0,64	0,43	0,60	0,69	0,63	0,67	1,00		
Stabilita (min)	S	8,47	0,42	-0,08	-0,06	0,20	0,06	-0,07	-0,06	0,17	0,61	0,24	0,19	0,22	0,42	1,00	
Poznámka: SO = směrodatná odchylka																	

Tabulka 4.4: Korelace (červené hodnoty znamenají, že jsou korelace statisticky průkazné na hladině významnosti 0,05)