

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Vliv přídatku mouky z hmyzu na vlastnosti těsta a jakost
pekařských výrobků**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Klára Mikulíková

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv přídavku mouky z hmyzu 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 10.4.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, cenné rady, ochotu pomoci a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala paní Boženě Riljákové, se kterou jsem pracovala v laboratoři a která mi byla nápomocná při činnostech týkajících se praktické části diplomové práce. Stejně tak děkuji panu Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc za konzultaci a cenné rady týkající se mé diplomové práce.

Vliv přídavku mouky z hmyzu na vlastnosti těsta a jakost pekařských výrobků

Souhrn

Tato práce se zabývá vlivem přídavku mouky z hmyzu na vlastnosti těsta a jakost pekařských výrobků a to zejména mouky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*), která byla využita v praktické části.

Teoretická část se zaměřuje na obecné informace o jedlém hmyzu, jeho jednotlivých druzích a nutriční hodnotě, bohaté na bílkoviny, tuky, sacharidy a mikronutrienty, kvůli které je jedlý hmyz nazýván potravinou budoucnosti. Kapitola o cvrčku domácím se zabývá jeho složením a sensorickými vlastnostmi. Dále se práce zabývá reologickými vlastnostmi těsta, které jsou spjaté s jeho zpracovatelskou a spotřebitelskou kvalitou a v neposlední řadě se zabývá také velmi důležitou kapitolou o vlivu jedlého hmyzu na vlastnosti těsta a pečiva.

Praktická část této práce je zaměřena na hodnocení reologických vlastností těsta a sensorických vlastností pečiva z něj upečeného. Pro tento pokus byl zvolen cvrček domácí, který byl rozdělen podle pohlaví, usušen lyofilizací, nebo v sušárně a homogenizován. Část vzorků byla také přemleta. Takto upravení cvrčci se následně přidali do komerční hladké pšeničné mouky v množství 5 a 10 %.

Výsledky prokázaly, že přídavek z mouky jedlého hmyzu ovlivňuje reologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost pečiva. Značně byl ovlivněn měrný objem pečiva, který se po přidání jedlého hmyzu zmenšil a tím pádem se zmenšila i velikost výrobku. Také byly zaznamenány změny ve vaznosti vody, vývinu těsta, stabilitě a poklesu konzistence.

Při sensorické analýze byl zjištěn vliv zejména použitého množství vzorku cvrčka domácího. S přibývajícím množstvím se zhoršoval chuťový vjem, což je nežádoucí pro potenciální konzumenty, a střídky byla nepružná a lepivá. Dále byla pozorována tmavá, matná barva pečiva a neznatelná parcelace. Rozdílný tvar oproti vzorku bez přídavku jedlého hmyzu byl ovlivněn přemíláním vzorku cvrččí mouky a rovněž použitým množstvím.

Výsledky této práce naznačují, že by měla být tato problematika podrobena dalšímu výzkumu, zabývajícím se potlačením negativních vlivů jedlého hmyzu na kvalitu pečiva, a to zejména na identifikaci látek způsobujících negativní chuťový vjem.

Klíčová slova: Jedlý hmyz; reologické vlastnosti těsta; objem pečiva; sensorická jakost.

The effect of addition of the flour from insects on the dough properties and quality of bakery product

Summary

This work deals with the addition of flour from insects to dough properties and quality bakery products, especially flour from house cricket (*Acheta domesticus*), which was used in the practical part.

The theoretical part focuses on general information about edible insects, its individual species and nutritional value, rich in proteins, carbohydrates and micronutrients, which makes edible insects called food of the future. Chapter about the house cricket deals with its composition and sensory properties. Further work on reparative properties that are associated with its processing and consumer nature, and an incompatible ingredient that also includes important information about the effect of edible insects on the properties of dough and pastry.

The practical part of this work is focused on the evaluation of rheological properties and sensory properties baked from it. For this procedure, house cricket, which was divided by sex, was frozen and dried by lyophilization or in the oven and homogenized. Some of the samples were also overwhelmed. This cricket adjustment is increased by 5 or 10 %.

The results showed that the addition of edible insect flour affects the rheological properties of the dough and quality of the pastry. The specific volume of the pastry was greatly influenced, which was reduced after the addition of the edible insects, thus reducing the size of the product. Some changes were recorded in water absorption, dough development time, dough stability and consistency have also been reported.

In the sensory analysis, it is mainly involved in the amount of house cricket sample. With increasing amounts, the sensation deteriorated, which is undesirable for potential consumers meaning that the crumb was stiff and sticky. Then it was recorded that dark, dull colour of pastry and non-noticeable parcellation. The different shape compared to the edible insects was influenced by the transformation of the cricket flour sample as well as the amount used.

The results of this work suggesting that this issue should be further researched, dealing with the suppression of the negative effects of edible insects on the quality of bread, in particular, to identify substances causing negative taste sensation.

Keywords: Edible insects; rheological properties of the dough; bread volume; sensory quality.

Obsah

1 Úvod	8
2 Hypotéza a cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Entomofágie.....	10
3.1.1 Pozitiva entomofágie.....	11
3.1.2 Negativa a rizika entomofágie.....	11
3.2 Druhy jedlého hmyzu.....	12
3.3 Nutriční hodnota jedlého hmyzu.....	14
3.3.1 Bílkoviny.....	15
3.3.2 Tuky.....	16
3.3.3 Sacharidy.....	17
3.3.4 Minerální látky.....	17
3.3.5 Vitamíny.....	19
3.4 Cvrček domácí.....	20
3.4.1 Senzorické hodnocení cvrčka domácího.....	21
3.5 Reologické vlastnosti těsta.....	22
3.5.1 Fyzikální podstata tvorby těsta.....	22
3.5.2 Vliv jednotlivých technologických operací na vlastnosti těsta.....	22
3.5.2.1 Hnětení a tvarování.....	23
3.5.2.2 Kynutí a zrání.....	23
3.5.2.3 Pečení.....	24
3.5.3 Přístroje v reologii.....	25
3.5.3.1 Farinograf.....	25
3.6 Vliv jedlého hmyzu na vlastnosti těsta a pečiva.....	26
4 Metodika	31
4.1 Materiál a metody.....	31
4.2 Materiál.....	31
4.3 Metody.....	31
4.3.1 Stanovení reologických vlastností na farinografu.....	31
4.3.2 Pekařský pokus.....	32
4.3.3 Stanovení měrného objemu pečiva.....	33
4.3.4 Senzorická analýza pečiva.....	33
4.3.5 Stanovení granulace.....	34
4.3.6 Statistické metody.....	35
5 Výsledky	36
5.1 Výsledky stanovení reologických vlastností těsta.....	36
5.2 Granulace.....	37

5.3	Měrný objem pečiva	38
5.4	Výška a šířka pečiva	38
5.5	Senzorické hodnocení pečiva.....	40
5.5.1	Tvar pečiva.....	40
5.5.2	Barva pečiva.....	41
5.5.3	Parcelace	42
5.5.4	Vlastnosti střídky	44
5.5.5	Celkový chuťový vjem	45
5.5.6	Technologické vlastnosti těsta	46
5.6	Porovnání výsledků mezi vzorky.....	47
6	Diskuse	50
7	Závěr.....	53
8	Seznam literatury	54

1 Úvod

Hmyz je po celém světě konzumován 2,5 miliardou lidí. Mezi nejvíce konzumované druhy patří druhy řádu Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera a Orthoptera. Jedlý hmyz je běžně konzumován v Asii, Africe a jižní Americe. V západních zemích zatím není konzumace hmyzu běžná a jsou vůči ní stále určité předsudky, i přesto Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) nedávno navrhl seznam druhů hmyzu s vysokým potenciálem pro použití jako potraviny a krmiva v EU.

Jedlý hmyz je nazýván potravinou budoucnosti nejen kvůli jeho pozitivním ekologickým vlastnostem, jelikož nezatěžuje životní prostředí a je nenáročný na produkci, spotřebu vody a krmivo, ale zejména také kvůli jeho příznivému nutričnímu složení. Jedlý hmyz je bohatý na bílkoviny, některé vitamíny a minerální látky.

Tato diplomová práce se zabývá složením a vlastnostmi cvrčka domácího (*Acheta domestica*), který obsahuje průměrně kolem 70 % bílkovin. Je kromě toho bohatý na mastné kyseliny, především kyselinu linolovou a olejovou. Také je výborným zdrojem vápníku, hořčíku a fosforu. Cvrček domácí obsahuje nezanedbatelné množství vitamínu A, vitamínu E a vitamínu C, oproti ostatním druhům jedlého hmyzu. Tyto vlastnosti jsou velice příznivé a konzumace tohoto druhu hmyzu by tím pádem mohla být nápomocná zvláště v rozvojových zemích, kde je nedostatek potravin bohatých na živiny.

Jelikož jedlý hmyz prozatím nepatří mezi preferovanou potravinu v západních zemích, nejspíše kvůli sociokulturnímu vlivu a většinou nevábnému vzhledu, je na místě zvážit jeho implementaci do ostatních potravin v již zpracované formě, jako je například mouka, drť či prášková forma. V některých evropských zemích už jsou k dostání potraviny s přídavkem jedlého hmyzu, jako například burgery, nebo müsli tyčinky, které začínají být u spotřebitelů v oblibě. Mezi nejkonzumovanější potravinu patří bezesporu pečivo, proto je potřeba zvážit, zda by bylo výhodné obohatit ho o jedlý hmyz, který by zlepšil jeho nutriční složení a to především obsah bílkovin.

2 Hypotéza a cíl práce

Přídavek mouky z jedlého hmyzu neovlivní reologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost finálního pekařského výrobku.

Cílem práce bylo proměřit reologické charakteristiky těsta bez přídavku a s přídavkem cvrččí mouky. Porovnat vliv přídavku na objem pečiva a sensorickou jakost pečiva.

3 Literární rešerše

3.1 Entomofágie

Entomofágie, neboli konzumace hmyzu, je tradiční způsob obživy ve 113 zemích po celém světě. Již bylo objeveno více než 2000 druhů hmyzu, které lze považovat za jedlé (Rumpold & Schlüter 2013).

Jeden z nejstarších záznamů, popisujících hmyz jako potravu, se nachází ve Starém zákoně a dovoluje konzumaci kobylek, sarančat a cvrčků. Hmyz je také zmíněn v Novém zákoně, kde „doporučuje“ konzumaci kobylek a medu Jan Křtitel. Záznamy také udávají konzumaci hmyzu jako pochoutky ve starověkém Řecku a Římě. Ovšem první opravdu relevantní záznam o konzumaci hmyzu pochází z 5. Století od Herodota z Halicarnassu, který popisuje lovení kobylek a jejich následnou kulinární úpravu (Evans et al. 2015).

Hmyz je stále častěji prosazován jako maso budoucnosti, což je nejčastěji argumentováno dobrou udržitelností. Zatímco skutečné dopady na životní prostředí a míra konverze krmiv se liší podle druhu hmyzu a kultivačních metod, zjišťuje se, že chov hmyzu vyžaduje menší přísun krmiva, vody a půdy k produkci ekvivalentního množství bílkovin oproti tradičním hospodářským zvířatům. Týká se to také vedlejších organických produktů, skleníkových plynů a jiných odpadů produkovaných hospodářskými zvířaty (Shelomi 2016).

V kultuře západních zemí se hmyz vnímá jako špinavý, nebezpečný a nechutný. Oproti tomu v ostatních částech světa byl a je hmyz zdrojem potravy. Pocit znechucení nejspíše vyvolává místo, odkud se hmyz získává (Chan 2019). Naopak např. Afričané jedí různé kobylky, termity a housenky. V Japonsku a Koreji se konzumují kobylky a kukly bource morušového. Mexiko je hlavní exportní zemí obrovských larev soumráčníků. Po staletí konzumují hmyz v Thajsku, kde se za delikatesu považuje mohutnatka indická (*Lethocerus indicus*), z které se vyrábí tradiční thajská jídla (Hanboonsong 2010).

Mezi jednotlivými členskými státy EU nepanoval shodný názor na právní status hmyzu jako potraviny. Česká republika a další země proto sdílely názor Evropské komise, že se jedná o neschválenou novou potravinu dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/1997. Jako nová potravina byl hmyz považován pouze v několika zemích, v nichž mohl být uváděn na trh jako potravina. Od 1. 1. 2018 je v Evropské Unii aplikovatelné nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách, které jasně definuje hmyz a výrobky z hmyzu jako potravinu nového typu tzv. novel food (Hmyz 2018).

3.1.1 Pozitiva entomofágie

Hmyz patří mezi alternativu výživy, která je bezproblémová jako běžně konzumované druhy masa (kuřecí, vepřové, hovězí maso). Je bohatý hlavně na bílkoviny, tuky a některé minerální látky, zejména vápník, fosfor a zinek (van Huis et al. 2013). Vysoký obsah bílkovin je velmi pozitivní faktor jedlého hmyzu. Díky tomu je hmyz považován za budoucí vyhledávaný alternativní zdroj bílkovin a proveditelnou strategii, která by mohla potencionálně přispět k celosvětové potravinové bezpečnosti. Hmyz je nekonvenčním zdrojem bílkovin, ať už pro přímou lidskou spotřebu, nebo nepřímo jako součást potravinového výrobku, či jako součást surovinových směsí. Navíc tyto proteiny prokázaly širokou škálu využití jako peptidy s antihypertenzními, antimikrobiálními a antioxidačními vlastnostmi. To ovšem vyžaduje další studie (de Castro et al. 2018).

Hmyz produkuje oproti hospodářským zvířatům mnohem méně skleníkových plynů (např. metan produkuje jen několik málo skupin hmyzu, jako jsou termity a švábi). Chov hmyzu rovněž nepotřebuje půdu pro svoji produkci, ale pouze pro produkci krmiva. Výhodou je kromě toho nízký náklad na krmivo a spotřebu vody. Emise amoniaku spojené s chovem hmyzu jsou mnohem nižší, než emise spojené s chovem hospodářských zvířat, jako jsou např. prasata (van Huis et al. 2013).

Významným faktorem je též ekonomický a sociální faktor. Chov hmyzu může být nízkonákladový, což je velmi přínosné pro země s chudšími oblastmi (van Huis et al. 2013).

Do budoucna je doporučeno používání hmyzu jako potraviny pro kosmonauty. Toto opatření může být zváženo ve dvou případech. V prvním případě je jako velké pozitivum hodnocena konzumace hmyzu lidmi během dlouhodobé cesty vesmírem. V druhém případě se jedná o konzumaci lidmi kolonizujícími jiné planety. Vhodný hmyz je ten, který požaduje malý prostor na chov a má vysokou míru reprodukce (Mitsubishi 2010).

3.1.2 Negativa a rizika entomofágie

Existuje řada pochybností o využití hmyzu jako potraviny. Rizika spojená s konzumací hmyzu jsou zejména mikrobiologická, parazitologická a alergenní.

U mikrobiologického rizika některé studie prokázaly vysoké mikrobiologické riziko u některých komerčních druhů hmyzu (potemník brazilský, potemník moučný, zavíječ voskový a cvrček domácí). Jednalo se o mikrobiotu složenou z grampozitivních bakterií, zejména fekální

a koliformní bakterie, *Micrococcus sp.* a *Lactobacillus sp.* (de Castro et al. 2018). Klunder et al. (2012) vyhodnotili mikrobiologické složení potměnka moučného (*Tenebrio molitor*) a cvrčka domácího (*Acheta domesticus*), analyzovaných v různých podmínkách: čerstvé, vařené a pražené. Výsledky ukázaly, že u čerstvého hmyzu byly izolovány *Enterobacteriaceae* a sporotvorné bakterie, ale nebyla zjištěna přítomnost patogenních mikroorganismů. Vaření hmyzu po dobu 5-ti minut bylo účinným k odstranění *Enterobacteriaceae*, ovšem sporotvorné bakterie se odstranit nepodařilo. Pražení nebylo dostatečně účinné pro odstranění *Enterobacteriaceae* (Klunder et al. 2012).

Důležitým parazitickým rizikem je hmyz čeledi zákeřnitovitých (Reduviidae), který přenáší onemocnění trypanosomiázu. Toto onemocnění se vyskytuje zejména ve venkovských oblastech Latinské Ameriky. Případy onemocnění byly zaznamenány v souvislosti s infekcí způsobenou náhodným požitím hmyzu, nebo konzumací kontaminovaných potravin (Belluco et al. 2013).

Alergenní rizika jsou způsobena glykoproteiny, jako jsou fosfolipáza A a hyaluronidáza, které jsou hlavními alergenními látkami u hmyzu (de Castro et al. 2018). Dalšími alergeny mohou být chitin, tropomyosin a galaktóza- α -1,3-galaktóza, které mohou vyvolat anafylaktické reakce. Alergeny lze nalézt také v jednotlivých složkách hmyzu, kam patří např. karmín (barvivo), který byl popsán jako spouštěč závažných alergických reakcí (Schlüter et al. 2017).

Dalším negativem vyskytujícím se zejména u hmyzu sklízeného ve volné přírodě, který je obvykle bezpečný, je možný obsah pesticidů. Zejména pokud hmyz konzumoval potravu v oblastech ošetřených pesticidy (Rumpold & Schlüter 2013).

Mezi negativní faktor lze zařadit také odstup k požívání hmyzu, daný tradicí nebo kulturou potenciálních konzumentů. Toto se týká především západní společnosti, kde je hmyz vnímán jako škůdce a přenašeč onemocnění a konzumace hmyzu u obyvatel vyvolává pocity znechucení. Západní postoje se však mění, jelikož je hmyz již dlouho významným výživovým faktorem v chudších oblastech světa (van Huis et al. 2013).

3.2 Druhy jedlého hmyzu

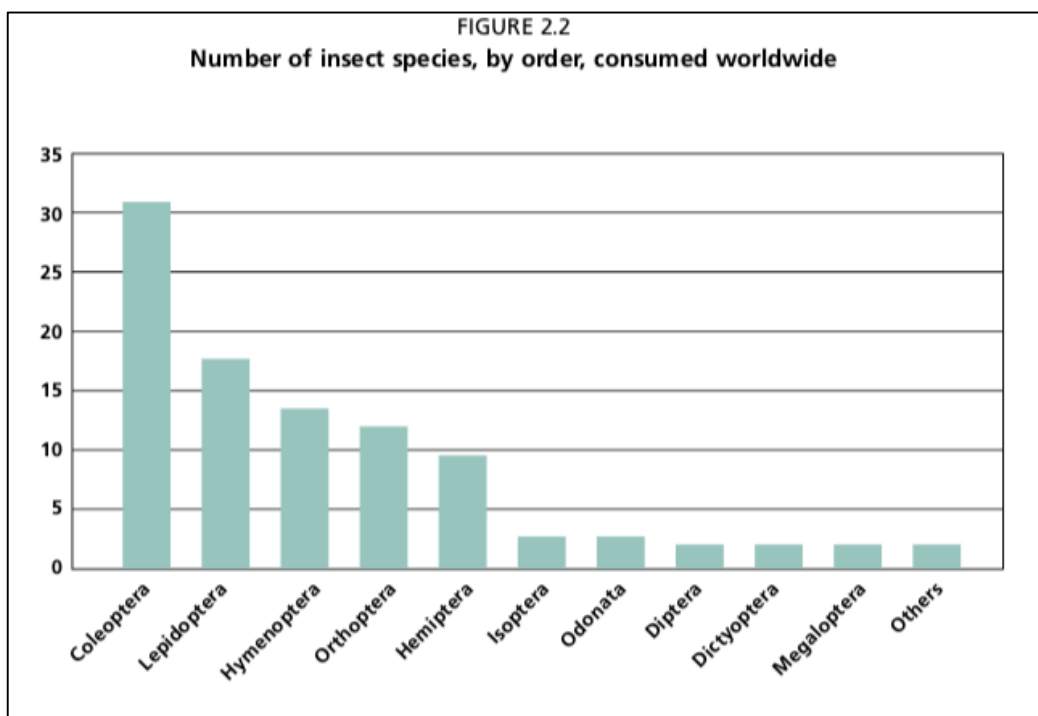
Podle van Huis et al. (2013) je poskytování definitivních údajů o počtu jedlého hmyzu po celém světě obtížné. Byly vypracovány regionální a národní odhady, v kterých bylo identifikováno 250 jedlých druhů v Africe, 549 jedlých druhů v Mexiku, 170 druhů v Číně, 164 druhů v Laosu, Thajsku a Vietnamu a 428 druhů bylo konzumováno jako potravina v Amazonii.

V celosvětovém měřítku jsou nejčastěji konzumováni brouci řádu Coleoptera (viz Graf 1). Housenky řádu Lepidoptera (motýli) zaujímají cca 18 % spotřeby jedlého hmyzu a jsou oblíbené zejména v subsaharské Africe. Včely, vosy a mravenci (Hymenoptera) jsou na třetím místě s 14 % konzumace a jsou populární v Latinské Americe. Další v pořadí jsou kobyly a cvrčci (Orthoptera), cikády (Hemiptera), termiti (Isoptera), vážky (Odonata), mouchy (Diptera) a další hmyz (van Huis et al. 2013).

Lepidoptera se konzumují hlavně ve stadiu housenky a Hymenoptera ve stadiu larválním nebo jako kukly. Ostatní hmyz je konzumován většinou ve fázi dospělce (van Huis et al. 2013).

V České republice se nejčastěji jako jedlý hmyz využívají cvrček domácí (*Acheta domesticus*), cvrček stepní - banánový (*Gryllus assimilis*), cvrček dvouskvrnný (*Gryllus bimaculatus*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), saranče všežravá (*Schistocerca gregaria*), potěmnik moučný (*Tenebrio molitor*), potěmnik brazilský (*Zophobas morio*), potěmnik stájový (*Alphitobius diaperinus*), včela medonosná (*Apis mellifera*), šváb obrovský (*Nauphoeta giganteus*), šváb argentinský (*Blattella germanica*) a zavíječ voskový (*Galleria mellonella*) (Suchý et al. 2017).

Graf 1: Řády jedlého hmyzu podle celosvětové konzumace (%) (Huis et al. 2013)



3.3 Nutriční hodnota jedlého hmyzu

Jedlý hmyz má velmi rozmanitou nutriční hodnotu především proto, že existuje velké množství druhů hmyzu. Jejich nutriční hodnoty se mohou lišit v rámci stejného druhu hmyzu v závislosti na původu, stádiu života a krmení. Hmyz má vysoké hladiny bílkovin a má také významné množství jiných důležitých živin, jako jsou tuky, mastné kyseliny, vitamíny a minerální látky (de Castro et al. 2018).

Nutriční složení hmyzu je také ovlivněno způsobem přípravy a zpracováním (např. sušení, vaření, smažení) před konzumací (van Huis et al. 2013).

Ramos-Elorduy et al. (1997) analyzovali 78 druhů hmyzu v Mexiku a stanovili, že energetická hodnota činí 293–762 kcal na 100 g sušiny. Tabulka 1 ukazuje energetickou hodnotu vybraných druhů jedlého hmyzu vyjádřenou v kcal na 100 g čerstvé hmotnosti.

Tabulka 1: Energetická hodnota vybraných druhů hmyzu (van Huis et al. 2013)

Český název	Latinský název	Vývojové stadium	Lokalita	Energetická hodnota (kcal/100g)
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	larva	USA	206
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	dospělec	USA	138
Mohutnatka indická	<i>Lethocerus indicus</i>	dospělec	Thajsko	165
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	kukla	Thajsko	94
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	dospělec	Nizozemsko	179
Cvrček dvojskvrmný	<i>Gryllus bimaculatus</i>	dospělec	Thajsko	120
Kobylka tatarská	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	dospělec	Thajsko	89
Mravenec krejčík	<i>Oecophylla smaragdina</i>	dospělec	Austrálie	1272
Saranče tlustá	<i>Chortoicetes terminifera</i>	dospělec	Austrálie	499
Termit	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	dospělec	Pobřeží slonoviny	535

3.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou nejcennější a nejbohatší složkou jedlého hmyzu. Vysoký obsah bílkovin ve hmyzu může přispět ke zvýšení kvality výživy a to zejména v rozvojových zemích (van Huis et al. 2013). Xiaoming et al. (2010) vyhodnotili obsah bílkovin jedlého hmyzu v rozmezí 13–77 % v sušině a také zjistili různý obsah bílkovin v závislosti na vývojovém stádiu hmyzu.

Rovněž byl zjištěn vliv tepelné úpravy na obsah bílkovin. Housenka martináče (*Gonimbrasia belina*) měla nižší obsah bílkovin při pražení na sucho, než při úpravě sušením. Totéž platí pro termity, u nichž byl obsah bílkovin 20 % v syrovém stavu a 32–37 % při smažení a uzení (van Huis et al. 2013).

Obsah bílkovin je závislý také na druhu hmyzu. Některý hmyz má hodnoty srovnatelné se savci, plazy a rybami. Patří sem např. sarančata a kobyly (13–28 g/100 g živé hmotnosti), mexické kobyly *Sphenarium purpurascens* (35–48 g/100 g živé hmotnosti), housenky bource morušového (10–17 g/100 g živé hmotnosti), a cvrčci s 8–25 g/100 g živé hmotnosti (van Huis et al. 2013).

Hmyz obsahuje řadu výživově hodnotných aminokyselin, jako jsou např. fenylalanin a tyrosin. Některé druhy hmyzu obsahují velké množství lysinu, tryptofanu a threoninu, které jsou v nedostatečném množství u některých bílkovin obsažených v obilovinách (Sogbesan & Ugwumba 2008). Köhler et al. (2019) zjistili vysoké množství isoleucinu, leucinu a valinu u cvrčka domácího, koupeného v supermarketu. Bourec morušový měl nejvyšší procento esenciálních aminokyselin v porovnání se cvrčkem domácím, kobyolkou bombajskou a vrubounem.

Köhler et al. (2019) rovněž zjistili, že všechny zkoumané vzorky hmyzu (celkem 4 druhy, koupené v supermarketu nebo na ulici) měly vyšší obsah bílkovin v čerstvé hmotnosti, než vepřové maso (21 %), kromě bource morušového koupeného na ulici, obsahovaly vyšší množství bílkovin, než má kravské mléko (28 %) a jak cvrček domácí, tak i bourec morušový, oba zakoupení v supermarketu, obsahovali množství bílkovin vyšší, než obsahují vejce (49 %).

Je rovněž důležité zmínit, že hmyz zakoupený v supermarketu byl upravený smažením v oleji na smažení, s výjimkou bource morušového, označeného jako nesmažená svačina, který byl uvařen pomocí páry a horkého vzduchu. Tento hmyz byl také lépe zabalen a měl suchou a křupavější texturu, než ostatní vzorky. Hmyz zakoupený na ulici byl uchován v plastových obalech s ledovými sáčky, zatímco vzorky zakoupené v supermarketu byly uchovány

v původním obalu. Z této studie je zřejmé, že hmyz koupený v supermarketu měl lepší obsah živin ve srovnání s hmyzem z ulice. To je důkaz, že různé zdroje používající odlišné způsoby přípravy a kulinární úpravy mohou produkovat hmyzí výrobky se zvýšeným obsahem živin (Köhler et al. 2019).

3.3.2 Tuky

Tuk je nejdůležitějším makronutrientem v potravinách. Skládá se z triacylglycerolů, které obsahují molekulu glycerolu a tři mastné kyseliny. Jedlý hmyz je významným zdrojem tuku. Tuk se v hmyzu vyskytuje ve třech formách. Triacylglyceroly představují asi 80 % tuku. Slouží jako energetická rezerva v období vysoké energetické náročnosti, jako jsou např. dlouhé lety. Fosfolipidy tvoří druhou nejdůležitější skupinu tuku. Obsah fosfolipidů v tuku se obvykle pohybuje pod 20 %, ale kolísá podle stádia vývoje a druhu hmyzu (Kouřimská & Adámková 2016). Nejcennější složkou tuku jsou mastné kyseliny a to zejména polyenové mastné kyseliny, které jsou důležité hlavně pro zdravý vývoj dětí a kojenců. Větší pozornost je třeba věnovat nedostatečnému příjmu omega-6 a omega-3 mastných kyselin, proto by hmyz mohl hrát důležitou roli v rozvojových zemích s nižším přístupem ke zdroji ryb, jako zdroj těchto esenciálních mastných kyselin (van Huis et al. 2013).

Jedlý hmyz obsahuje v průměru 10–60 % tuku v sušině. Obsahu tuku se liší i podle vývojového stádia hmyzu. Housenky patří mezi druh s největším obsahem tuku (Kouřimská & Adámková 2016). Tzomba-Sosa et al. (2014) stanovili celkový obsah tuku v housenkách motýlů 8,6–15,2 g/100 g hmyzu. Naproti tomu obsah tuku se pohybuje v rozmezí 3,8–5,3 g/100 g hmyzu v kobylkách a dalších druzích řádu rovnokřídlí (Tzomba-Sosa et al. 2014).

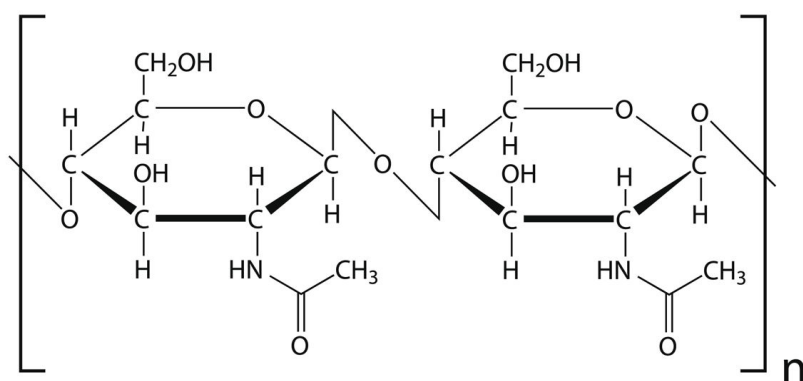
Složení mastných kyselin hmyzu je zřejmě ovlivněno i rostlinami, kterými se hmyz živí. Přítomnost nenasycených mastných kyselin způsobuje rychlou oxidaci produktů z hmyzu během zpracování, což vede k rychlejší zkáze potravin. Například mezi druh hmyzu s vysokým obsahem tuku patří larva australského druhu můry *Endoxyla leucomochla*, která je velmi bohatá na olejovou kyselinu (van Huis et al. 2013). Paul et al. (2017) zjistili ve své studii vysoký obsah esenciálních omega-3 a omega-6 mastných kyselin u larvy potemníka moučného, cvrčka domácího a kobylky dlouhokřídlé, naopak u saranče obecné byl obsah těchto kyselin minimální (Paul et al. 2017).

Další významnou složkou tuku je cholesterol. Například u termitů byl zjištěn průměrný obsah cholesterolu v lipidové frakci 3,6 %. Vedle cholesterolu mohou být v jedlém hmyzu také přítomny kampesterol, stigmasterol, beta-sitosterol a další steroly (Kouřimská & Adámková 2016).

3.3.3 Sacharidy

Hmyz obsahuje významné množství vlákniny, která patří mezi polysacharidy. Nejběžnější formou vlákniny v hmyzu je chitin, nerozpustná vláknina pocházející z exoskeletu. Zjistilo se, že se obsah vlákniny v různých druzích hmyzu pohybuje v rozmezí od 2,7 mg do 49,8 mg na kg čerstvé váhy a od 11,6 mg do 137,2 mg na kg sušiny.

Chitin je hlavní složka exoskeletu hmyzu. Je to polymer s dlouhým řetězcem N-acetylglukosaminu – derivát glukózy. Chitin se podobá polysacharidové celulóze (viz Obrázek 1) nacházející se v rostlinách, která je považována za nestravitelnou pro člověka. Chitin byl také spojen s obranou proti parazitárním infekcím a některým alergickým stavům (van Huis et al. 2013).



Obrázek 1: Strukturální vzorec chitinu

(zdroj: <https://biologywise.com/chitin-structure-function-uses>)

Bednářová et al. (2013) zjistili nejvyšší množství vlákniny v africké saranči stěhovavé (27 % v sušině) a v housence zavíječe voskového (21 % v sušině). Nejmenší obsah ze zkoumaných druhů jedlého hmyzu měl jamajský cvrček banánový (8 % v sušině) a včela medonosná (11 % v sušině).

3.3.4 Minerální látky

Minerální látky se dělí na makroelementy, mikroelementy a stopové prvky. Tyto látky jsou nutné pro normální růst a fyziologické funkce těla a měly by být adekvátně ve stravě poskytovány (Köhler et al. 2019).

Jedlý hmyz je bohatým zdrojem železa a jeho začlenění do každodenní stravy může zlepšit stav železa a zabránit vzniku anémie v rozvojových zemích. WHO označila nedostatek železa za nejčastější a nejrozšířenější poruchu výživy na světě. Hovězí maso má obsah železa

v průměru 6 mg/100 g, oproti tomu housenka martináče má 31–77 mg/100 g, a je tudíž vynikajícím zdrojem železa. Nedostatek zinku je dalším všeobecným zdravotním problémem, obzvláště pro zdraví dětí a budoucích matek. Nedostatek zinku může vést k zpomalení růstu, zpoždění pohlavního a kosterního vývoje, kožním lézím apod.. Obecně platí, že většina hmyzu je považována za dobrý zdroj zinku. Hovězí maso má v průměru 12,5 g/100 g zinku, zatímco larvy nosatce palmového obsahují 26,5 g/100 g (van Huis et al. 2013).

Köhler et al. (2019) ve své studii kvantifikovali 11 základních minerálních látek. Nejvyšší zastoupení sodíku měla kobyłka bombajská (516 mg/100 g) a cvrček domácí (999-1928 mg/100 g) bez ohledu na zdroj původu, zatímco draslík měl nejvyšší hodnoty u vrubouna (521 mg/100 g) a bource morušového (493–672 mg/100 g), také bez ohledu na zdroj původu. Na rozdíl od nich má nejnižší koncentraci selen v kobyлке bombajské (9,9 µg/100 g), vrubounovi a cvrčkovi domácímu (54,2 µg/100 g) pořízenému na ulici. Molybden byl nejnižší u cvrčka domácího a bource morušového (15,1–51,6 µg/100 g), zakoupených na ulici i v supermarketu. Dobrým zdrojem hořčíku je vruboun, cvrček domácí a bourec morušový. Vzhledem k nepřítomnosti vnitřního skeletu je obecně známo, že má hmyz nízký obsah vápníku. Avšak dobrým zdrojem vápníku je cvrček domácí, zakoupený v supermarketu, který v tomto případě tvoří výjimku.

Latunde-Dada et al. (2016) provedli studii na minerální biologickou dostupnost a zjistili, že ve srovnání se steaky ze svíčkové, obsahovali kobyłky, cvrčci a mouční červi výrazně vyšší množství chemicky dostupného vápníku, mědi, hořčíku, manganu a zinku, zatímco bývolí červi a svíčková vykazovali vyšší biologickou dostupnost železa, srovnatelnou s FeSO₄. Dospěli k závěru, že běžně konzumovaný hmyz může být vynikajícím zdrojem biologicky dostupných minerálií, obzvláště železa, a mohl by být použit ke zvýšení příjmu minerálních látek u lidí.

Köhler et al. (2019) ve své studii také měřili obsahy těžkých kovů – arsenu, kadmia, olova a rtuti ve vzorcích hmyzu. V případě arzenu a rtuti byl zjištěn největší obsah u vrubounů (0,0576 mg a 0,008 mg). Olovo mělo nejvyšší hodnoty ve cvrčkovi domácím z ulice (0,0155 mg/100 g), zatímco hladina kadmia byla nižší než 0,005 mg/100 g. Tyto těžké kovy jsou považovány za systémové toxické látky, které mohou vyvolat poškození více orgánů i při nižších úrovních expozice a jsou také lidskými karcinogeny. Vzhledem k tomu, že normy pro těžké kovy v hmyzu, používané jako potraviny pro lidskou spotřebu, dosud nejsou k dispozici, byly stanoveny maximální limity krmiva pro arsen, kadmium, olovo a rtuť. Obsah těžkých kovů ve všech vzorcích hmyzu byl výrazně pod maximálními hodnotami a byl považován za bezpečný pro spotřebu jako krmivo.

3.3.5 Vitamíny

Vitamíny nezbytné pro stimulaci metabolických procesů a posílení funkce imunitního systému jsou přítomny ve většině druhů jedlého hmyzu. Bylo prokázáno u celého spektra hmyzu, že thiamin (vitamín B₁) byl v rozmezí 0,1–4 mg/100 g sušiny. Riboflavin (vitamín B₂) se pohyboval v rozmezí 0,11–8,9 mg/100 g sušiny. Kdežto např. celozrnný chléb obsahuje 0,16–0,19 mg/100 g vitamínu B₁ a B₂. Vitamín B₁₂ se vyskytuje pouze v potravinách živočišného původu a také jsou jeho bohatým zdrojem larvy potemníka moučného (0,47 µg/100 g) a cvrček domácí (5,4 g/100 g u dospělců a 8,7 g/100 g u nymf). Nicméně mnoho druhů má naopak velmi nízký obsah vitamínu B₁₂. Proto je zapotřebí další zkoumání k identifikaci jedlého hmyzu bohatého na vitamíny skupiny B. V některých housenkách motýlů, včetně *Imbrasia oyemensis*, *Imbrasia truncata* a *Imbrasia epimetkea*, byly zjištěny hodnoty retinolu (vitamín A) a β-karotenu v rozmezí 32–48 µg/100 g a 6,8–8,2 µg/100 g sušiny. Hladiny těchto vitamínů byly menší, než 20 µg/100 g a menší než 100 µg/100 g u larev žlutých moučných červů a cvrčků. Obecně hmyz není nejlepším zdrojem vitamínu A. Vitamín E se vyskytuje v larvách nosatce palmového, které obsahují 35 mg a 9 mg/100 g α-tokoferolu a β+γ tokoferolu. Denní doporučený příjem je 15 mg. Obsah vitamínu E v mletém a sušeném bourci morušovém je také relativně vysoký – 9,65 mg/100 g (van Huis et al. 2013).

Rumpold & Schlüter (2013) zjistili, že je hmyz obecně bohatý na riboflavin, pantotenovou kyselinu a biotin. Naopak není dobrým zdrojem vitamínu A, vitamínu C, niacinu a většinou i thiaminu.

Je třeba zmínit, že obsah vitamínů v hmyzu se mění podle období, ale v případě druhů chovaných v hospodářství může být ovlivněn pomocí krmiva (Kouřimská & Adámková 2016).

3.4 Cvrček domácí

Cvrček domácí (*Acheta domestica*) má typicky šedou, nebo nahnědlou barvu (viz Obrázek 2), vyrůstá do délky 16–21 mm, v dospělosti má dlouhá zadní křídla, kterých se někdy později zbavuje (Mariod et al. 2017).



Obrázek 2: Cvrček domácí
(Zdroj: <https://www.biolib.cz/cz/image/id24437>)

Dospělý cvrček domácí obsahuje 64,4–70,8 % bílkovin, obsah lipidů je 18,6–22,8 %, zatímco obsah vlákniny se pohybuje v rozmezí 16,4–19,1 % (Mariod et al. 2017).

Kulma et al. (2019) ve své studii zjistili, že existují významné rozdíly v nutričním složení samic a samců cvrčka domácího. Samice měly vyšší energetické hodnoty a obsahovaly výrazně více lipidů a méně bílkovin, než samci. Kvalita živin byla však podobná (Kulma et al. 2019).

Hlavní mastné kyseliny vyskytující se v dospělci cvrčka domácího jsou kyseliny linolová (30–40 %), olejová (23–27 %), palmitová (3–4 %), myristová (cca 1 %) a linolenová (pod 1 %) (Mariod et al. 2017).

Množství celkových esenciálních aminokyselin u dospělce se je 396,8 mg/g proteinu, zatímco neesenciální aminokyseliny se pohybují kolem hodnoty 412,8 mg/g. Procento aminokyselin obsahujících síru (methionin + cystein, izoleucin, leucin, lysin) se pohybuje kolem 228,9 mg/g proteinu (Mariod et al. 2017).

Obsah vápníku v dospělých cvrčků je 132–210 mg/100 g, draslíku 1126,6 mg/100 g, hořčíku 109,42 mg/100 g, fosforu 957,8 mg/100 g, sodíku 435 mg/100 g, železa 11,23 mg/100 g, zinku 21,79 mg/100 g, manganu 3,73 mg/100 g, mědi 2,01 mg/100 g a selenu 0,06 mg/100 g (Mariod et al. 2017).

Analýza vitamínů cvrčka domácího ukázala, že dospělý hmyz obsahuje vysoké množství vitamínu A (24,3 µg), vitamínu E (63–81 IU/kg), vitamínu C (9,74 mg) a komplexu vitamínu B (85 mg), zejména oproti jiným druhům jedlého hmyzu (Mariod et al. 2017).

Dospělci cvrčka domácího se konzumují např. jako smažená pochutina a prodávají se také ve formě proteinového prášku, nebo bílkovinného extraktu. Cvrčci mají rovněž schopnost recyklovat drůbeží hnůj na krmivo pro drůbež bohaté na bílkoviny, na ekonomicky úsporné bázi (Mariod et al. 2017).

3.4.1 Senzorické hodnocení cvrčka domácího

Senzorické vlastnosti jsou důležitým kritériem, které je spojené se spotřebou jedlého hmyzu. Chuť je ovlivněna především feromony vyskytujícími se na povrchu hmyzího organismu. Což závisí také na prostředí, kde hmyz žije a jaké konzumuje krmivo. Exoskelet hmyzu má velký vliv na texturu. Křupání hmyzu při jejich konzumaci připomíná zvuky krekrů, nebo preclíků. Kukly, larvy (housesky) a nymfy jsou nejrozšířenějšími stupni jedlého hmyzu, protože obsahují minimální množství chitinu. Proto nejsou při konzumaci tak křupavé a pro člověka lépe stravitelné. Většina hmyzu je díky exoskeletu téměř bez zápachu. Lákavá barva vždy neznamena, že je hmyz chutný. Během vaření dochází ke změnám barvy. Barva se obvykle mění z původních odstínů šedé, modré, zelené až černé (Ramos-Elorduy 1998).

Jak již bylo zmíněno, na sensorické vlastnosti hmyzu má vliv jeho kuchyňská úprava. Farina (2017) ve své studii hodnotil sensorické a fyziologické vlastnosti vývaru z cvrčka domácího, který byl před vařením zmrazen a porovnával ho s vývarem vyrobeným z čerstvých, ještě živých cvrčků. Byla provedena sensorická analýza a tou se zjistilo, že vzorek vývaru připravený ze zmrazených cvrčků má méně slanou a umami chuť, než vzorek ze živých cvrčků, nejspíše díky rozpadu glykogenu a tvorbě kyseliny mléčné.

3.5 Reologické vlastnosti těsta

Reologie je odvětví fyziky, zabývající se fyzikálním a matematickým popisem chování látek za deformace, jak při podmínkách dynamických, tak statických. Zkoumá vztahy mezi třemi veličinami. První veličinou je napětí, kterému je materiál vystaven, konečnou velikostí deformace materiálu a časem, což je kombinace posledních dvou, tj. rychlostí deformace. Reologické vlastnosti těsta mají přímé spojení s jeho zpracovatelskou a spotřebitelskou kvalitou (Příhoda et al. 2003).

3.5.1 Fyzikální podstata tvorby těsta

Pšeničné těsto patřilo mezi první z potravinářských materiálů, jejichž reologické vlastnosti byly sledovány. Základ těsta tvoří mouka, voda, sůl, v některých speciálních případech také tuk a povrchově aktivní látky. Ostatní složky nemají důležitý vliv na reologickou kvalitu těsta. Při míchání mouky s vodou částice mouky zvolna hydratují, nevytváří se ovšem hned spojitá masa těsta. Následně hnětením dochází ke vzájemnému styku molekul bílkovin a hydratovaných polysacharidů, což přispívá k jejich orientaci a tvorbě příčných vazeb. Tím vzniká trojrozměrná síť, která dává elasticitu hlavně pšeničnému těstu. Také vzniká z nabobtnalé bílkoviny a příp. polysacharidů gel, který umožní těstu vykazovat viskózní tečení (Příhoda et al. 2003).

Těsto je hlavním meziproduktem při přeměně pšenice, přes mouku na chléb. Jeho hlavními složkami jsou bílkoviny a sacharidy. Gluten (lepek) je hlavní protein v těstě pšeničné mouky. Glutenové proteiny mají vysokou průměrnou molekulovou hmotnost a jsou primárně zodpovědné za viskoelastické chování těsta (Stojceska et al. 2007).

Existuje rozšířený názor, že reologické vlastnosti těsta souvisí s kvalitou pečení (Dobraszczyk 2003). Empirické reologické přístroje, jako je farinograf a extensograf, jsou již dlouho využívány k testování kvality mouky, jako součást rutinní kontroly kvality v pekárenském průmyslu (Stojceska et al. 2007).

3.5.2 Vliv jednotlivých technologických operací na vlastnosti těsta

Příprava těsta je jedním z nejdůležitějších technologických kroků. Vytváří se při tom základní předpoklady pro získání výrobku s požadovanou jakostí. Kvalitu výrobku předem stanovuje několik základních charakteristik, jako je surovinové složení, vytvoření požadovaného koloidně-chemického systému těsta se správnými fyzikálně-mechanickými

vlastnostmi pro celé následné zpracování. U téměř všech výrobků je požadované nakypření a nakonec také správné tepelné zpracování (pečení) (Příhoda et al. 2003).

Lazaridou et al. (2018) zkoumali vliv mletí mouky v tryskovém mlýnku na kvalitu těsta a zjistili, že je těsto odolnější vůči deformaci a má zvýšenou elasticitu a viskozitu.

3.5.2.1 Hnětení a tvarování

Hnětení je základní proces výroby chleba a je z velké části zodpovědné za kvalitu hotového výrobku. Ze dvou hlavních složek, mouky a vody, vzniká proces umožňující přípravu homogenního a viskoelastického těsta. Těsto je vystaveno silným intenzitám natahování a stříhu v závislosti na geometrii hnětací mísy, míchadlu a rychlosti rotoru, jakož i na reologických vlastnostech těsta. Po fázi míchání se získává síť proteinů. Těsto prochází důležitým vývojem, který způsobuje změnu jeho elasticity a viskozity. Tyto změny odráží povahové změny vodíkových a disulfidových vazeb a hydrofobních interakcí, které spojují různé složky (Tanaka & Bushuk 1973).

Mechanická energie dodávaná míchadlem je přenášena do těsta a přeměněna na kinetickou energii pro pohyb těsta, dosažení fyzikálních a chemických reakcí v těstě, zahřívání viskózním rozptylem. Poslední část je prakticky měřena nárůstem teploty během procesu hnětení, ale část je ztracena stěnami hnětače a povrchu těsta (Lamrini et al. 2012).

Tvarování slouží k vypuzení části plynů z těsta, tím dojde ke zmenšení jeho objemu a ztužení těsta. To má za následek zvýšení pružnosti těsta. Těsto se nechává odležet pro regeneraci a tvorbu dalšího CO₂ několik minut (Příhoda et al. 2003).

3.5.2.2 Kynutí a zrání

Nakypření je dáno nárůstem objemu těsta během celého procesu fermentace a v peci. Souvisí s počtem a objemem jednotlivých pórů vzniklých v těstě. Nakypření výrobku se provádí několika způsoby. Mezi nejrozšířenější kypření, které se provádělo již v dávné minulosti, patří biologické kypření pomocí mikroorganismů, které produkují CO₂ coby kypřící prostředek. Mezi tyto mikroorganismy patří kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které se nejčastěji používají u chleba, pečiva apod. Tyto kvasinky se do těsta přidávají ve formě droždí, které kromě kypření způsobuje změny ve struktuře těsta a má vliv na senzorické vlastnosti pečiva. Dochází zde k alkoholovému kvašení, jehož hlavním produktem je CO₂, vyprodukovaný etanol je během dalších procesů odpařen. Fermentace trvá delší dobu a zrání a dokynutí trvá až do pečení.

Mezi další metody kypření patří mechanické a chemické kypření. U mechanického kypření se jako prostředek nakypření používají šlehače, páry mezi vrstvami těsta, nebo extrudéry a pufovací děla. Při mechanickém kypření není třeba nechávat těsto zrát, naopak se musí rychle zpracovat.

Průběh chemického kypření lze do značné míry regulovat volbou kypřicího prostředku a prostředím působení. Těsta nevyžadují delší dobu zrání. Kypřicí prostředek je přidáván při přípravě těsta a jedná se hlavně o uhličitany a jejich směsi (Příhoda et al. 2003).

Vernon-Carter et al. (2017) zkoumali vlastnosti kypřicího činidla pulque, což je původně mexický alkoholický nápoj vyrobený z agáve. Objem kynutí všech variací těsta vykazoval nárůst přibližně o 50 % ve srovnání s kontrolním těstem, kde byly použity komerční kvasinky. Ukázalo se, že pulque je dobrým kypřicím zdrojem pro výrobu chleba se zlepšenými texturními a mikrostrukturními vlastnostmi.

3.5.2.3 Pečení

Pečení je velmi důležité pro konečný vzhled a sensorickou kvalitu výrobku. Společně s fermentací má hlavní podíl na vzniku typického aroma a chuti pečených výrobků. Tradiční pečení má rovněž význam z hlediska nutričního a hygienického. Po upečení jsou produkty lépe stravitelné, prodlužuje se jejich uchovatelnost a stávají se také z hlediska mikrobiologické kontaminace nezávadné.

Při pečení dochází k chemickým a koloidním změnám. Velkou část doby pečení zaujímá hydrolytická činnost amylolytických enzymů a fermentační činnost kvasinek. Inaktivace přítomných cereálních amyláz nastává až při teplotách kolem 70 °C a zůstávají aktivní i nad teplotou denaturace bílkovin a po část doby, kdy dochází k mazovatění škrobu.

Dopadem fermentace je další tvorba CO₂ a etanolu. CO₂ je v těstě zadržován v plynném stavu, malá část je rozpuštěna na kyselinu uhličitou. Etanol během pečení a chladnutí zcela vytěká. Vzniklé meziprodukty fermentačních cyklů reagují za vzniku různých aromatických látek.

Vytvarované díly těsta mají při sázení do pece teplotu obvykle pod 30 °C. Proto jsou často před vkládáním do pece zavlažovány a pec je od počátku pečení zapářena. Dochází k částečné kondenzaci vody na povrchu těstového dílu, v důsledku vysokého teplotního rozdílu mezi teplotou pece a celkem chladným povrchem těsta. Tím je umožněn lepší prostup tepla do vrchní vrstvičky a rovněž je urychleno mazovatění škrobu v této povrchové vrstvičce. Ovšem brzy nastane utváření povrchové krusty, která tvoří základ budoucí kůrky. Pokud pečení nemá

pomalý průběh při nízké teplotě, tvoří kůrka jen tenkou vrstvu na povrchu, a pod ní si střídá zachovává charakter polotuhé pěny s velmi pomalým prostupem tepla (Příhoda et al. 2003).

3.5.3 Přístroje v reologii

Reologické vlastnosti těsta se dají měřit řadou přístrojů. Některé přístroje pouze sledují jen reologické chování těsta, jiné mají do určité míry simulovat určité technologické pochody. Cílem těchto měření je tedy předvídat chování materiálu v průběhu technologického procesu (Příhoda et al. 2003).

3.5.3.1 Farinograf

Farinograf (viz Obrázek 3) je nejznámějším a celosvětově nejvyužívanějším přístrojem k testování kvality mouky. Na základě sledování změn konzistence těsta při hnětení za standardních podmínek lze charakterizovat kvalitu mouky a odolnost těsta, které je z této mouky vyrobené, vůči mechanickému namáhání.

Hlavní princip dnešního farinografu byl vymyšlen německým elektroinženýrem a fyzikem Carl Wilhelm Brabenderem. Ten sestavil přesný dynamometr, který snímá krouticí moment na hnací hřídeli hnětací nádoby. Těsto je hněteno v hnětací nádobce, temperované většinou na 30 °C, dvěma protisměrně se otáčejícími lopatkami, které mají tvar písmene Z a poměr otáček 3:2. Další součástí farinografu je elektromotor, který je uložen volně otáčivě v ložiskách. Jeho polohu udržuje vahadlové rameno, které je spojené přes pákový převod s olejovým tlumičem a ukazovací ručičkou se zapisovačem. Vyšší konzistence těsta vede k většímu výkyvu vahadla a současně s tím i k větší výchylce ukazatele a ručičky na zapisovači. Součástí farinografu je rovněž speciální skleněná byreta s dvojitým cejchováním a automatickým nastavením nuly (Příhoda et al. 2003). Postup měření na farinografu je popsán v podkapitole 4.3.1..

Výstupem farinografu je farinografická křivka. Tato křivka odráží svou šíří určitý rozkmit zapisovače při záběrech lopatek hnětačky. Hodnota konzistence těsta je určována jako střed šíře křivky. Průběh křivky bývá pro mouky různé kvality velmi rozdílný a je rozdělen většinou na několik charakteristických částí. Vzestupná část křivky, která od počátku až do dosažení maximální konzistence, odpovídá časovému úseku, po který je voda rychle adsorbována moukou. Po smíchání těchto dvou složek jde hlavně o mechanicko-chemické působení na bílkoviny mouky, při čemž je navazována a zpevňována struktura těsta. Čas shodný s touto první částí křivky se nazývá doba vývinu těsta.

Ze získané křivky se stanoví hlavní ukazatele – vaznost mouky, doba vývinu, stupeň změknutí, stabilita a číslo kvality (Příhoda et al. 2003).



Obrázek 3: Farinograf

(Zdroj: <https://www.brabender.com/en/food/products/rheometers/farinograph-e>)

3.6 Vliv jedlého hmyzu na vlastnosti těsta a pečiva

Gonzáles et al. (2018) testovali vliv přídatku několika druhů hmyzu na kvalitu chleba a zjistili, že z testovaných druhů hmyzu byl cvrček domácí ten, který vedl k chlebům s technologickými vlastnostmi podobnými chlebům pšeničným, ovšem byl bohatší na obsah bílkovin a vlákniny. V této studii se přidávalo do těsta 5 % mouky z cvrčka domácího, mouchy bráněnky (*Hermetia illucens*) a potemníka moučného. Chléb s 5% přídatkem mouchy bráněnky měl uzavřenou střídku a nižší objem, rovněž byly při pečení uvolňovány některé nežádoucí příchutě, pravděpodobně způsobené složením tuku tohoto hmyzu. Vysoký obsah tuku vedl také k zvýšené vlhkosti střídky, protože zabránil odpařování vody během pečení.

Gonzáles et al. (2018) ve své studii uvádí, že u všech testovaných druhů hmyzu byl zjištěn významně nižší objem pečiva v porovnání s kontrolním vzorkem, s výjimkou chleba obsahujícího cvrčka domácího, který měl objem podobný jako kontrolní vzorek. Nízký objem pečiva je nejspíše způsoben snížením roztažnosti a oslabením sítě lepku v důsledku zředění, nižší hydratace a interakcí s neškrobovými sacharidy a bezlepkovými bílkovinami, což také snižuje schopnost zadržovat plyn. Co se týče texturních vlastností, tak chleby obohacené

o mouchu bráněnku ukázaly významné rozdíly ve všech texturních parametrech. Měly výrazně tvrdší střídku a nižší pružnost, soudržnost a odolnost. U jednotlivých vzorků došlo také ke značné změně barvy po přidání jedlého hmyzu (viz Obrázek 4). Podle Bušlera et al. (2016) tmavá barva hmyzí mouky souvisí s obsahem proteinu, zatímco index zhnědnutí je závislý na obsahu tuku. Neodtučněný potměník moučný ve formě mouky měl mírně zvýšený index zhnědnutí a změněnou barvu, ve srovnání s nezpracovaným potměníkem. Zatímco neodtučněná mouka z mouchy bráněnky se zdála světlejší. Odtučnění mouky vedlo k méně nahnědlé barvě mouky u obou výše zmíněných druhů hmyzu. Extrakce proteinů z odtučněné mouky vedla ke zjištění, že vzorek s vysokým obsahem proteinů vytvořil tmavě hnědou barvu a vzorek s nízkým obsahem proteinů světlejší hnědou.



Obrázek 4: Průřez chlebů získaných nahrazením 5 % pšeničné mouky moukou z různých druhů jedlého hmyzu (González et al. 2018)

David-Birman et al. (2018) zjišťovali vliv tepelného zpracování na vlastnosti mouky z cvrčka domácího. Zjistili, že tepelné zpracování vedlo k až dvojnásobné změně barvy vzorku při zpracování v přítomnosti fruktózy, v porovnání se zpracováním bez přítomnosti fruktózy. Celkově byly změny cvrččí mouky při zpracování připisovány tepelně indukovaným jevům, jako je denaturace proteinů, tvorba příčných vazeb proteinů, Maillardova glykace a agregace.

De Oliveira et al. (2017) testovali vliv přídavku mouky ze švába šedého (*Nauphoeta cinerea*) na kvalitu chleba. Byly zjištěny významné rozdíly v objemech všech testovaných vzorků. S nárůstem koncentrace hmyzí mouky se objem pečiva snižoval. Sensorická analýza bylo provedena na vzorku s 10% přídavkem švába šedého a hodnocena indexem přijatelnosti. Podle tohoto parametru vyšel ze všech sledovaných parametrů parametr vůně jako nejméně přijatelný. Naopak chuť vykazovala dobrou sensorickou přijatelnost.

Osimani et al. (2018) zkoumali vliv přídavku 10 % a 30 % cvrčka domácího na vlastnosti těsta a pečiva. Zjistili, že doba vývinu těsta se prodloužila přidáním mouky z cvrčka domácího v jeho nejvyšším množství (30 %), zatímco u 10% přídavku nebyly zjištěny významné rozdíly (viz Tabulka 2). Stabilita těsta byla vyšší u 10% vzorku a nižší u 30% vzorku. Pokud jde o index tolerance míchání, tak těsto kontrolního vzorku z bílé pšeničné mouky vykazovalo po 10ti minutách nejvyšší průměrnou hodnotu, zatímco těsto s 10 % bylo charakterizováno nejnižší průměrnou hodnotou. Oproti tomu těsto s 30 % cvrčka domácího vykazovalo nejvyšší průměrnou hodnotu indexu tolerance po 12ti minutách. Nejvyšší průměrná hodnota viskozity byla zjištěna u těsta kontrolního vzorku z bílé pšeničné mouky, zatímco nejnižší hodnotu mělo těsto s 30 % přídavkem cvrčka domácího.

Tabulka 2: Reologické vlastnosti těsta bílé pšeničné mouky a mouky s přídavkem cvrččí mouky (Osimani et al. 2018)

Parametry	Pšeničná mouka	Mouka s přídavkem 10 % cvrččí mouky	Mouka s přídavkem 30 % cvrččí mouky
Konzistence (BU)	518	507	517
Vaznost (%)	61,7	59,3	61,7
Vývin (min)	1,9	1,6	8,1
Stabilita (min)	12	16,2	6

Osimani et al. (2018) provedli také senzorickou analýzu chleba s 10 a 30% přídavkem cvrččí mouky. Nejnižší průměrné hodnoty přijatelnosti měl chleba s 30 % mouky z cvrčka domácího. Chleba obsahující 10 % tohoto hmyzu získal střední průměrné hodnoty a vzorek bez obsahu cvrčků měl průměrné hodnoty přijatelnosti nejvyšší. Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že množství přidané mouky ze cvrčka domácího významně ovlivňuje přijetí produktů vzhledem k výrazné chuti a příchuti přísady na bázi hmyzu. Navíc je pravděpodobné, že neobvyklá přísada tohoto nového druhu chleba ovlivnila neškolené hodnotitele, kteří nebyli zvyklí na konzumaci potravin na bázi hmyzu. Na Obrázku 5 je rovněž vidět značná změna barvy a objemu na vzorcích s přídavkem mouky z cvrčka domácího.



Obrázek 5: Průřez chlebů získaných z bílé pšeničné mouky bez přídavku cvrčka domácího a nahrazením 10 % a 30 % pšeničné mouky moukou z cvrčka domácího (Osimani et al. 2018)

Pambo et al. (2018) zjišťovali senzoryckou přijatelnost housek s přídavkem cvrčka domácího a zda také poskytování informací může ovlivnit smyslové hodnocení, zapojení subjektivních pocitů a emoce. Byly sestaveny tři testovací skupiny. První kontrolní skupina obdržela pouze základní informace. Druhá skupina obdržela informace o přínosech konzumace jedlého hmyzu a třetí skupina obdržela informace o potenciálních rizicích konzumace jedlého hmyzu.

Výsledky této studie naznačují, že poskytování informací o výrobku ovlivňuje hodnocení senzoryckých vlastností produktu. Výsledky dále ukazují, že vzorky vyvolaly pozitivní dojem u jednotlivých skupin, což může naznačovat zájem o pečivo s přídavkem jedlého hmyzu. Tyto výsledky poskytují užitečné informace, jak zvýšit přijatelnost potravin na bázi hmyzu (Pambo et al. 2018). Avšak v této studii není uvedeno použité množství jedlého hmyzu ve vzorku pečiva.

Kim et al. (2017) ve své studii uvádí, že mouka z cvrčka domácího má také vliv na fyzikálně-chemické a texturní vlastnosti masové emulze. Jako základní znak funkčnosti byla zjištěna rozpustnost proteinů, absorpce vody, emulgační kapacita a schopnost tvorby gelu mouky z cvrčka domácího. Výsledky ukazují, že rozpustnost bílkovin cvrčka domácího je ovlivněna koncentrací NaCl, ale to má jen malý vliv na schopnost absorpce vody, emulgační kapacitu a schopnost tvorby gelu. Jakmile se 10 % mouky ze cvrčka domácího přidalo do libového, nebo tučného masa v masové emulzi, byla tato emulze obohacena o proteiny a některé mikronutrienty (fosfor, draslík a hořčík), bez negativních vlivů na výtěžnost během vaření a texturní vlastnosti. Proto tato studie naznačuje, že mouka ze cvrčka domácího by mohla být použita jako účinná složka v emulgovaných mastných výrobcích, nahrazením části tučného/libového masa 10% podílem mouky.

Gmuer et al. (2016) ve své studii zkoumali ochotu ke konzumaci a negativní či pozitivní emocionální očekávání, které mohou mít lidé ze západních zemí ke konzumaci občerstvení z jedlého hmyzu. Svačinky, které byly prezentovány jako snímky v online průzkumu, se lišily ve svém stupni zpracování složky hmyzu: tortilla čipsy z cvrččí mouky, tortilla čipsy s kousky smažených cvrčků, svačina složená z mixu tortillových čipsů a smažených cvrčků a samotní smažení cvrčci. Švýcarští respondenti provedli 39 hodnocení, hodnotili ochotu ke konzumaci a očekávanou chuť prezentovaných výrobků. Každý účastník vyhodnotil tentýž snack bez obsahu hmyzu a jednu se čtyř svačin obsahujících hmyz. Výsledky ukázaly, že svačiny s přídavkem hmyzu vyvolaly různá negativní emocionální očekávání, která přesahovala až k očekávání znechucení. Stupeň zpracování složky hmyzu částečně ovlivnil hodnocení, přičemž svačina složená z tortillových čipsů a smažených cvrčků byla posuzována negativněji než tortilla čipsy s cvrččí moukou a čipsy se smaženými kousky cvrčků. Samotní smažení cvrčci byli hodnoceni pozitivněji, než se očekávalo.

Výzkum naznačuje, že při vývoji a uvádění hmyzích potravin na trh by se mělo vynaložit úsilí nejen na odstranění počátečních negativních očekávání znechucení a nespokojenosti, ale také na získání pozitivních emočních očekávání. Dle této studie se doporučuje uvádět na trh svačiny obsahující již zpracované hmyzí složky, nebo samotný hmyz v celku raději, než hmyz společně s jinou potravinou (jako např. svačina složená z tortillových čipsů a smažených cvrčků). Bez ohledu na stupeň zpracování jedlého hmyzu výsledky naznačují, že marketingové aktivity musí čelit velké emocionální překážce, kterou mají spotřebitelé vůči konzumaci jedlého hmyzu a je tedy potřeba rozšířit povědomí o pozitivních vlastnostech potravin z jedlého hmyzu (Gmuer et al. 2016).

4 Metodika

4.1 Materiál a metody

Ke zjištění vlastností pečiva byla využita mouka s přídavkem hmyzu chovaného v České republice. Nejdříve byl proveden pekařský pokus a po něm následovalo stanovení měrného objemu pečiva a senzorická analýza.

4.2 Materiál

Pro tento pokus byl jako vhodný druh zvolen cvrček domácí (*Acheta domestica*). V České republice patří cvrček domácí mezi druh vhodný k chovu jak v domácích podmínkách, tak i ve velkochovech (MZe, 2018). K velkým výhodám tohoto hmyzu patří známá technika chovu a také snadné rozpoznání pohlaví, podle kladélka vyskytujícího se u samic. Cvrčci byli zakoupeni ve třech sériích (1-3) z místních komerčních zdrojů (Scorpion Export-Import s.r.o., Novosedly nad Nežárkou, Česká republika) v přibližně tříměsíčních intervalech v lednu, dubnu a červnu 2016. Hmyz byl eutanazován zmrazením (-38 °C). Poté byly série rozděleny do dvou skupin (samci a samice). Vzhledem k tomu, že samice byly před pokusem drženy společně se samci, byly považovány za gravidní. Potom byla první série vzorků lyofilizována a zbylé dvě usušeny v sušárně při 60 °C po dobu 24 hodin. Dále byly všechny vzorky homogenizovány a uloženy v chladničce až do analýzy.

Homogenizovaní cvrčci, rozdělení podle pohlaví, byli následně přidáni do komerční hladké pšeničné mouky (T 530) a to v množství 5 a 10 %. Část sérií byla přemleta.

4.3 Metody

4.3.1 Stanovení reologických vlastností na farinografu

Reologické vlastnosti se stanovovaly podle normy ČSN ISO 5530-1. Nejdříve byl zapnut termostat farinografu od firmy Brabender, aby se přístroj nahřál na potřebných 30 °C. Mouka s vlhkostí 14 % byla v množství 300 g vložena do míchačky, která je součástí farinografu a ta se následně přiklopila poklopem. Následně proběhlo míchání mouky, které trvalo 1 minutu. Po uplynutí jedné minuty došlo k přidávání destilované vody z byrety, zahřáté na 30 °C. Množství se odhadlo pro dosažení maximální koncentrace 500 FJ. V průběhu hnětení se těsto stíralo ze stran hnětačky. Od začátku hnětení se na farinografický papír zaznamenávala křivka, což trvá obvykle nejméně 12 minut po skončení doby vývinu. Opakování se provádělo do té doby, dokud se nezískalo hnětení, při němž byla voda přidána do 25 sekund, jehož

maximum konzistence se pohybovalo mezi 480–520 FJ a jehož záznam trval nejméně 12 minut od vývinu těsta. Po skončení hnětení je potřeba přístroj důkladně vyčistit od zbytků těsta.

Farinografickým měřením se zjišťuje vaznost vody, doba vývinu těsta, stabilita těsta a pokles konzistence. Vaznost vody je objem vody v ml, uváděn v %, odpovídající maximální konzistenci 500 FJ. Doba vývinu těsta se měří od počátku přidávání vody do projevení prvního náznaku poklesu konzistence. Výsledek se uvádí v minutách. Stabilita těsta vyjadřuje dobu, po kterou má těsto maximální konzistenci od doby vývinu. Výsledek se udává v minutách. Pokles konzistence udává rozdíl ve výšce mezi středem křivky na konci doby vývinu a středem křivky po uplynutí 12ti minut. Výsledek se udává ve FJ.

4.3.2 Pekařský pokus

Pro pekařský pokus bylo nejprve potřeba připravit těsto, které bylo zaděláno na farinografu. Nejprve byly naváženy suroviny: 300 g pšeničné mouky, 12 g droždí, 3 g tuku, 4,5 g cukru, 5,1 g soli, 1,5 g diasty, což je enzymový přípravek obsahující diastatické enzymy (Profimix s.r.o., Svijany, Česká republika) a množství vody dle vaznosti mouky. Nejprve byly připraveny 3 klonky z čisté pšeničné mouky T 530 o celkové hmotnosti 202,65 g, bez přídavku cvrčků a pak postupně byly připraveny klonky s obsahem 5 nebo 10 % sušených drcených cvrčků. Navážené suroviny byly převedeny do hnětačky a byl spuštěn farinograf a zapisovací zařízení. Z byrety byla připouštěna destilovaná voda vytemperovaná na 30 °C. Množství vody bylo stanoveno podle vaznosti mouky, která se zjistila stanovením farinografické křivky.

Konzistence těsta na grafu se pohybovala v rozmezí 550–650 B.j. Těsto se míchalo 5 minut od doby poklesu křivky. Těsto bylo vyjmuto z hnětačky a dáno kynout na 45 minut do kynárny vyhřáté na 30 °C pod plexisklo. Po vykynutí bylo těsto rozděleno na 4 klonky po 80 g a vytvarováno do tvaru bulky. Vytvarované bulky byly položeny na tukem vymazané plechy a nechány dokynout v kynárně pod plexisklem 50 minut. Po dokynutí byly plechy vloženy do pece vyhřáté na 240 °C. Po vložení do pece se nalilo do určeného otvoru 70 ml destilované vody, kvůli požadovanému zapaření pece. Proces pečení trval 14 minut. Po upečení se ponechaly bulky pečiva volně vychladnout 90 minut.

Po zchladnutí bylo provedeno hodnocení pečiva. Byly hodnoceny tyto parametry – výška pečiva, která se zjišťovala pravítkem tak, že bylo pečivo nejprve postaveno na výšku a sevřeno mezi pevné a pohyblivé rameno pravítka. Na stupnici se odečetla výška v cm. Dále byl hodnocen průměr pečiva, kdy bylo pečivo položeno na šířku a uzavřené mezi pevné a pohyblivé rameno pravítka. Na stupnici byl pak odečten průměr pečiva v cm. Mezi další

hodnotící parametr patří měrný objem, který je podrobně popsán v kapitole 4.3.3.. Po zjištění všech údajů popsaných výše se mohlo přistoupit k senzorické analýze, která je podrobně popsána v kapitole 4.3.4..

4.3.3 Stanovení měrného objemu pečiva

Měrný objem pečiva se zjišťoval za pomoci soustavy hliníkových válců a trychtýře, odměrného skleněného válce a semen řepky olejky. Nejdříve se semena řepky olejky nasypala do trychtýře, z kterého byla následně převedena do hliníkového válce a zarovnána pomocí pravítka. Přebytná semena se odsypala do další nádoby. Následně se z hliníkového válce odsypalo cca 2/3 semen řepky, vložily se do něj tři upečené bulky, které se následně opět zasypaly řepkovými semeny, a povrch byl opět zarovnan pomocí pravítka. Do odměrného válce bylo zachyceno přebytné množství semen řepky, z kterého se následně odečetl objem pečiva. Měrný objem pečiva ($\text{cm}^3/100 \text{ g}$ výrobku) byl získán z objemu pečiva a přepočten na 100 g výrobku.

4.3.4 Senzorická analýza pečiva

Vlastní senzorické hodnocení bylo prováděno třemi školenými hodnotiteli. U každé bulky byl posuzován senzorický profil dle formuláře, který je uveden v Tabulce 3.

Tabulka 3: Senzorické hodnocení pečiva

Znak	KD*	4	3	2	1	0
Tvar výrobku	1	Dobře klenutý	Středně klenutý	Méně klenutý	Kulatý	Velmi nízký Nepravidelný
Barva kůrky	1	Normální Typicky pečivová 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 Jemná	Dobrá Jemná	Dostatečná	Nízká Drolivá střídka	Nepružná Lepivá
Pórovitost střídky	1,5	Rovnoměrná Jemné stěny Střední póry	Méně rovnoměrná Jemné stěny Střední póry	Nerovnoměrná Hrubší stěny Menší dutiny	Nerovnoměrná Hrubé stěny Dutiny	Nerovnoměrná Hrubé stěny Husté póry Odfouklá kůrka
Celkový chuťový vjem	2	Velmi dobrý Typický Pečivový	Dobrá	Méně dobrý	Mdlý	Cizí příchut' Cizí pach
Techn. vlastnosti těsta	2	Velmi pružné Nelepivé	Pružné Nelepivé	Méně pružné	Málo pružné Poněkud lepivé	Nepružné Lepivé

*koeficient důležitosti

4.3.5 Stanovení granulace

Granulace je velikost podílu částic, které propadají sítem o stanovené velikosti ok. Stanovení granulace, neboli zrnitosti, bylo provedeno podle normy ČSN 560512-5. Pro toto stanovení byly použity analytické váhy, prosévací přístroj, kruhová vysévací síta s velikostí ok 0,257 mm a 0,162 mm a štětečky. Postupně bylo naváženo 50 g zhomogenizovaného vzorku mouky s přísadkou cvrčků. Prosévací rámy byly připraveny tak, aby záchytný rám byl umístěn na dno, na něj se položilo kruhové síto s hustějším potahem a na něj síto s řidším potahem. Mouka byla umístěna rovnoměrně na síto. Prosévalo se na automatickém prosévacím přístroji na sítích o určené velikosti ok, několik minut. Po skončení prosévání se zvažil propad a přepad na sítích. Výsledky byly vyjádřeny jako obsah podílů v procentech určité zrnitosti.

4.3.6 Statistické metody

Analýza dat byla provedena pomocí softwaru Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA) a programu Statistica 12 (StatSoft, Inc., USA). Na statistické vyhodnocení byla využita jednofaktorová ANOVA, shluková analýza a korelační matice, kdy byla hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

5.1 Výsledky stanovení reologických vlastností těsta

Výsledky jednoho měření reologických vlastností a granulace hladké mouky bez přídavku mouky z cvrčka domácího a mouky s 5% a 10% přídavkem mouky z cvrčka domácího, jsou uvedeny v Tabulce 4. Vaznost mouky je ideální kolem 58–60 %. Z výsledků je značné, že vzorky s 10% obsahem cvrčka domácího měly vyšší vaznost o 0,4–1,6 %. Vývin těsta měl kratší dobu o 0,5–0,75 minuty u vzorků s přídavkem jedlého hmyzu, oproti vzorku z hladké pšeničné mouky. Většina mouk s přídavkem jedlého hmyzu vykazovala delší stabilitu než čistá pšeničná mouka. U některých vzorků byla stabilita příliš dlouhá (nad 10 minut). Vyšší hodnoty stability měly mouky nepřemílané.

Pokles konzistence bývá při kratší stabilitě obvykle vyšší, což bylo dle výsledků potvrzeno. Projevil se rovněž vliv přemletí mouky z cvrčka domácího, protože přemleté mouky se blížily hodnotám hladké pšeničné mouky.

Tabulka 4: Farinografické hodnocení těsta

	Vaznost (%)	Vývin (min)	Stabilita (min)	Pokles (FJ)
T 530 komerční	60,0	3,0	5,0	60
T 530 + 5 % cvrčci ♀ Sušené v sušárně	60,7	2,5	5,5	50
T 530 + 5 % cvrčci ♀ Sušené lyofilizací	60,0	3,0	11,0	30
T 530 + 5 % cvrčci ♀ Sušené v sušárně, nepřemílané	60,5	2,0	13,75	20
T 530 + 5 % cvrčci ♂ Sušené v sušárně	60,4	2,5	10,5	40
T 530 + 10 % cvrčci ♀ Sušené v sušárně	61,6	2,5	7,5	30
T 530 + 10 % cvrčci ♀ Sušené lyofilizací, nepřemílané	61,0	2,25	2,75	30
T 530 + 10 % cvrčci ♀ Sušené v sušárně, nepřemílané	59,8	2,25	16,0	10

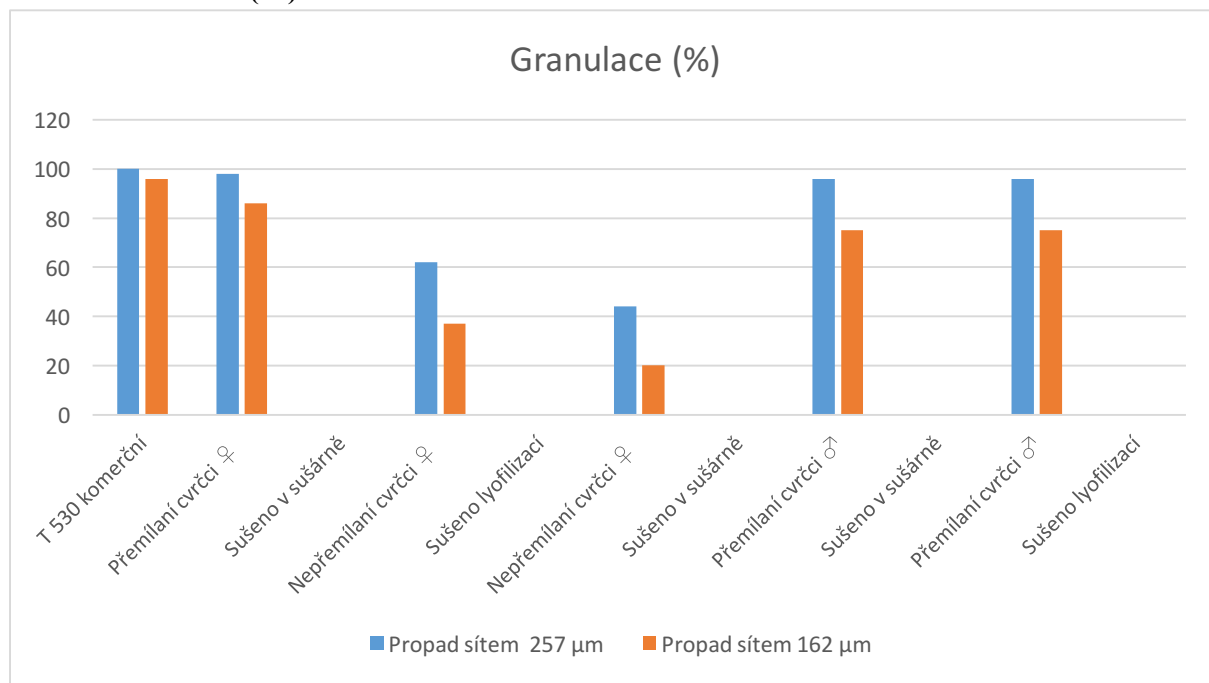
5.2 Granulace

Nízké procento granulace měli nepřemílaní cvrčci samičího pohlaví (viz Graf 2). Na granulaci měl zřejmě vliv i způsob sušení. Cvrčci sušení v sušárně a nepřemletí měli nejnižší zrnitost. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5: Granulace (%)

	Propad sítem 257 μm	Propad sítem 162 μm
T 530 komerční	100	96
Přemílaní cvrčci ♀ Sušeno v sušárně	98	86
Nepřemílaní cvrčci ♀ Sušeno lyofilizací	62	37
Nepřemílaní cvrčci ♀ Sušeno v sušárně	44	20
Přemílaní cvrčci ♂ Sušeno v sušárně	96	75
Přemílaní cvrčci ♂ Sušeno lyofilizací	96	75

Graf 2: Granulace (%)

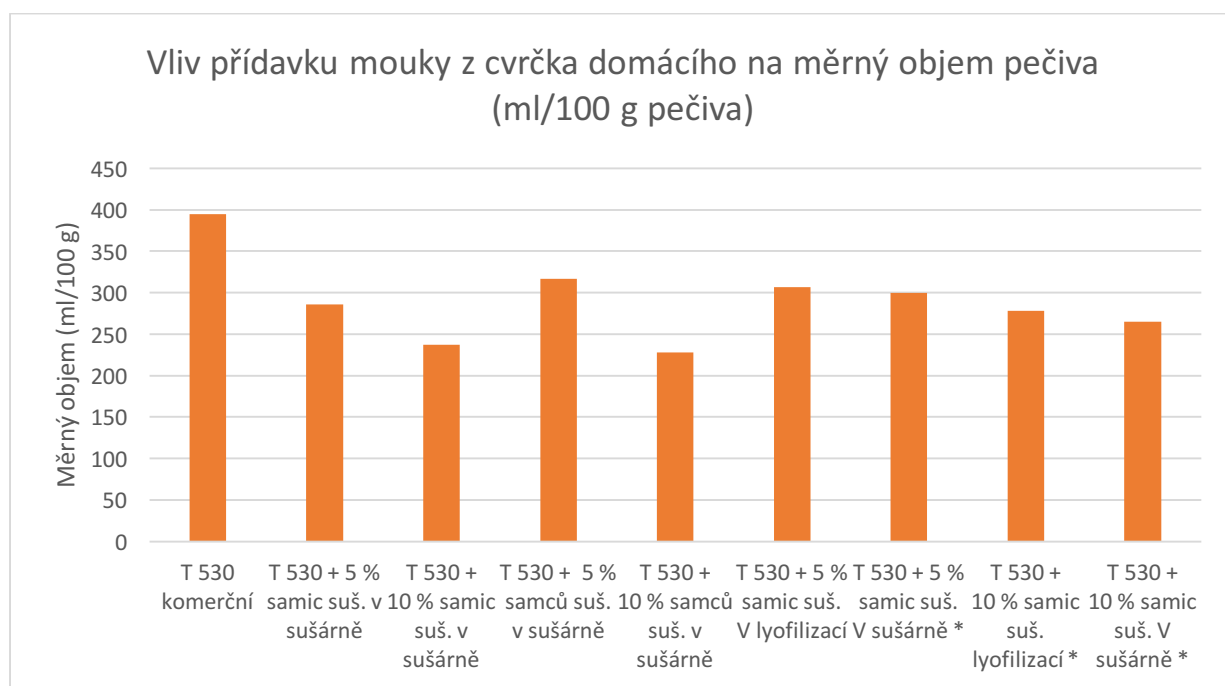


5.3 Měrný objem pečiva

U produktů z kynutého těsta je požadován velký objem pečiva, na který mají vliv vlastnosti mouky. Výsledný objem pečiva ovlivňuje zadržování kvasných plynů při kynutí těsta, způsobené lepkovými bílkovinami pšeničné mouky. Toto bylo potvrzeno nejvyšší hodnotou měrného objemu pečiva u vzorku komerční hladké pšeničné mouky bez přídavku jedlého hmyzu (viz Graf 3).

Nahrazení části pšeničné mouky moukou z cvrčka domácího mělo za následek snížení obsahu bílkovin vytvářejících strukturu těsta a pečiva. Což vedlo k snížení objemu pečiva u všech vzorků obsahujících mouku z cvrčka domácího. S rostoucím množstvím jedlého hmyzu klesal objem pečiva, ovšem způsob úpravy ani pohlaví nemělo na objem jednoznačný vliv.

Graf 3: Vliv přídavku mouky z cvrčka domácího na měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva)

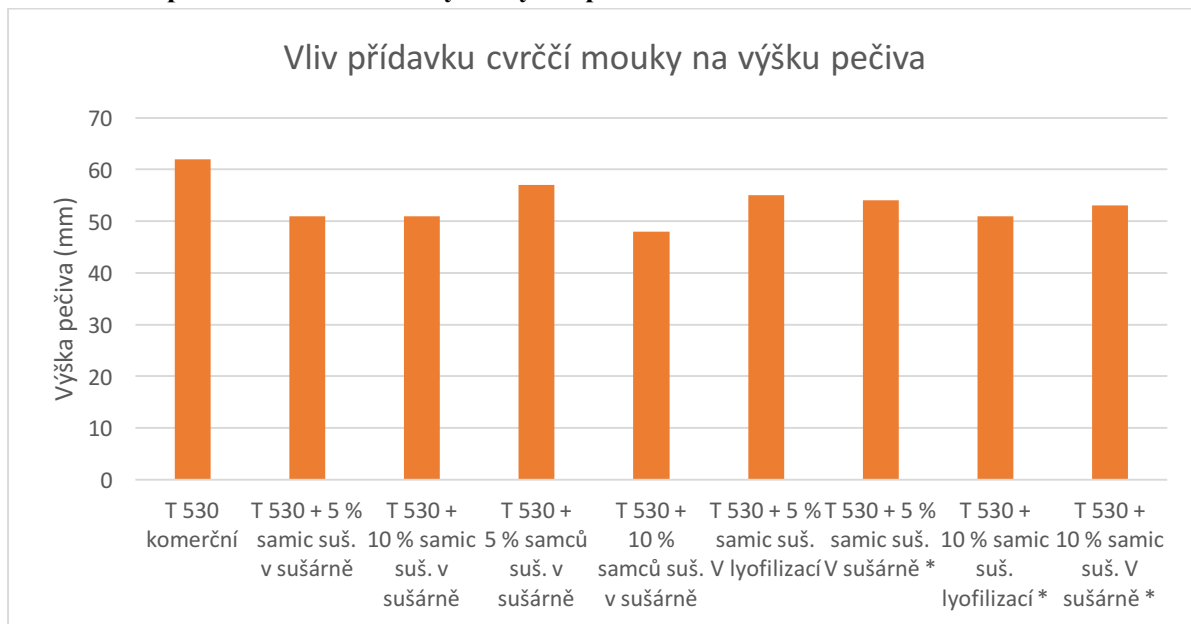


* nepřemílané

5.4 Výška a šířka pečiva

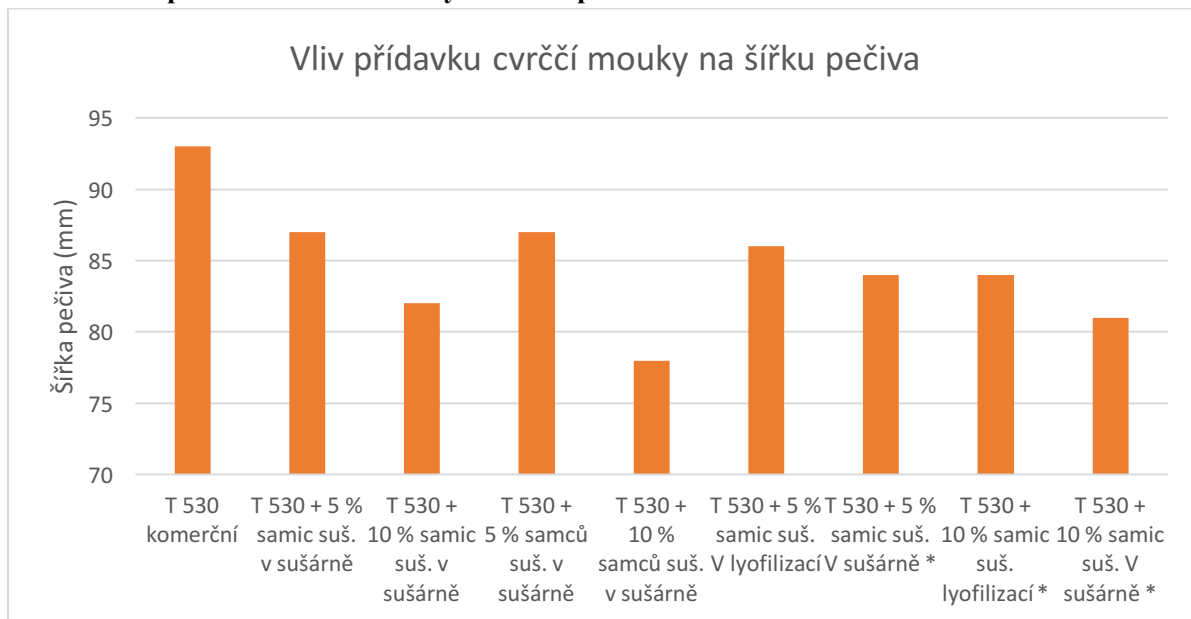
Výsledky uvedené v Grafu 4 a 5 jsou průměrné hodnoty ze tří měření. Z Grafu 4 plyne, že přídavek cvrčka domácího do mouky měl vliv na výšku pečiva. Pečivo bylo nižší, než pečivo pouze z hladké mouky. S přibývajícím množstvím cvrčků výška pečiva klesala. Pohlaví nemělo na výšku téměř žádný vliv.

Graf 4: Vliv přidavku cvrččí mouky na výšku pečiva



* nepřemílané

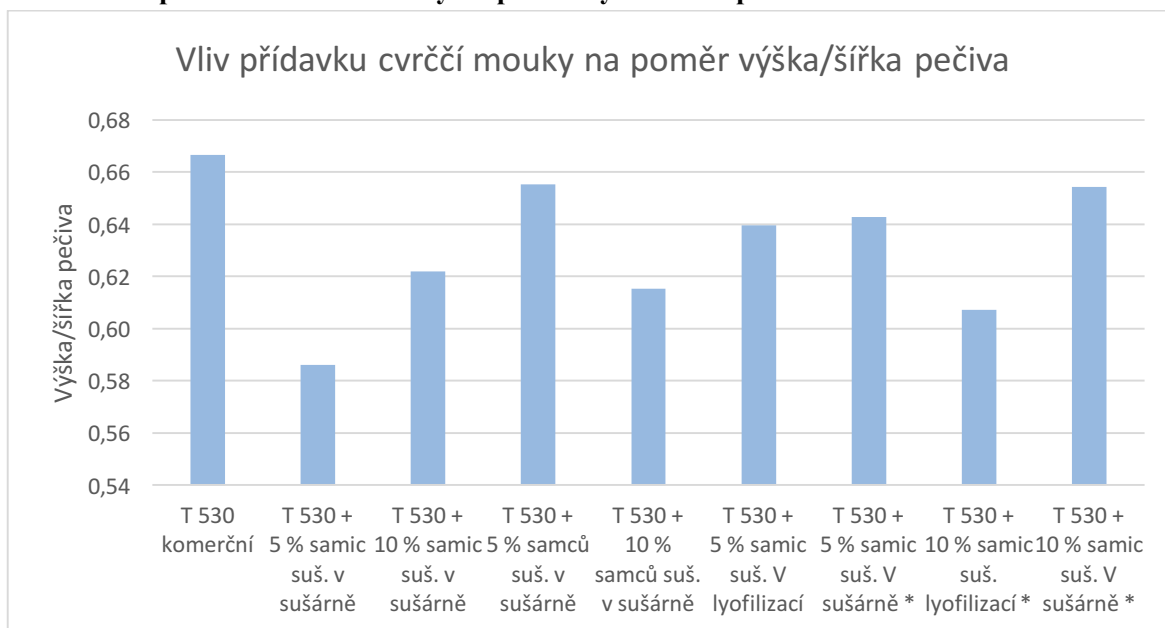
Graf 5: Vliv přidavku cvrččí mouky na šířku pečiva



* nepřemílané

V Grafu 6 ukazujícím poměr výška/šířka pečiva byly hodnoty získané výpočtem. Tyto hodnoty potvrzují výsledky získané z grafů Výška a Šířka pečiva.

Graf 6: Vliv přidavku cvrččí mouky na poměr výška/šířka pečiva



* nepřemílané

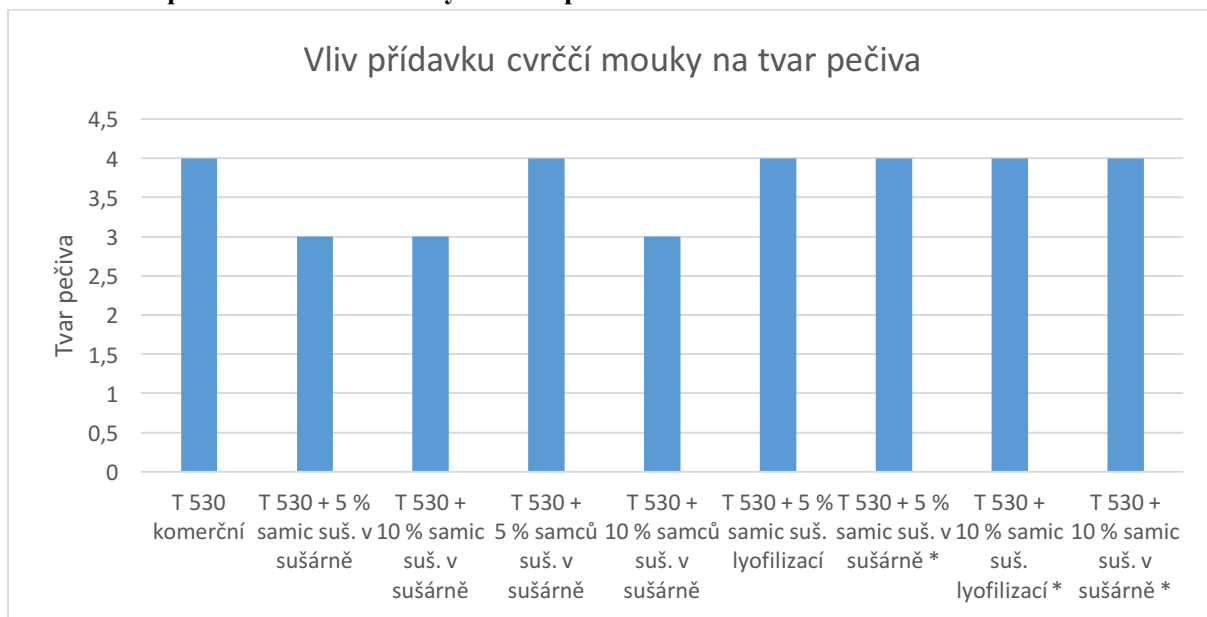
5.5 Senzorické hodnocení pečiva

Výsledky sensorického hodnocení pečiva, upečeného z mouky bez přidavku jedlého hmyzu, nebo s přidavkem určitého množství samců a samic cvrčka domácího, jsou zobrazeny pomocí sloupcových grafů. Zjišťovala se výška a šířka pečiva, jejich poměr, tvar a barva pečiva, parcelace, pružnost a pórovitost střídky, celkový chuťový vjem a také technologické vlastnosti těsta. Při vyhodnocování výsledků bylo potřeba vzít v úvahu množství přidávaných cvrčků domácích, pohlaví a také způsob sušení tohoto hmyzu.

5.5.1 Tvar pečiva

Tvar pečiva má rozhodující význam u volně sázených výrobků. Zde je důležité vyklenutí pečiva. Z výsledků hodnocení tvaru pečiva není zaznamenán výrazný rozdíl mezi jednotlivými vzorky (viz Graf 7). Vzorek bez cvrčků a s 5% přidavkem cvrčka domácího byl hodnocen jako dobře klenutý. Vzorky s 10% přidavkem cvrčka domácího byly hodnoceny jako středně klenuté. Pohlaví nemělo na tvar pečiva vliv.

Graf 7: Vliv přídavku cvrččí mouky na tvar pečiva



* nepřemílané

5.5.2 Barva pečiva

Barva pečiva by měla být stejnoměrná a je nežádoucí příliš tmavá či bledá barva. Podle Příhody et al. (2013) by měla být barva kůrky zlatohnědá, nebo kaštanově hnědá.

Barva byla přídavkem jedlého hmyzu značně ovlivněna. Vzorek bez cvrčka domácího měl normální, typicky pečivovou barvu, naopak vzorek s cvrčkem domácím měl barvu tmavou a matnou. Na Obrázku 6 je vzorek pečiva s komerční pšeničné mouky, bez přídavku cvrčka domácího. Pečivo má typickou pečivovou, lesklou barvu. Naopak na Obrázku 7 je dobře vidět tmavá a matná barva pečiva s přídavkem mletých cvrčků.



Obrázek 6: Pečivo upečené z komerční mouky T 530

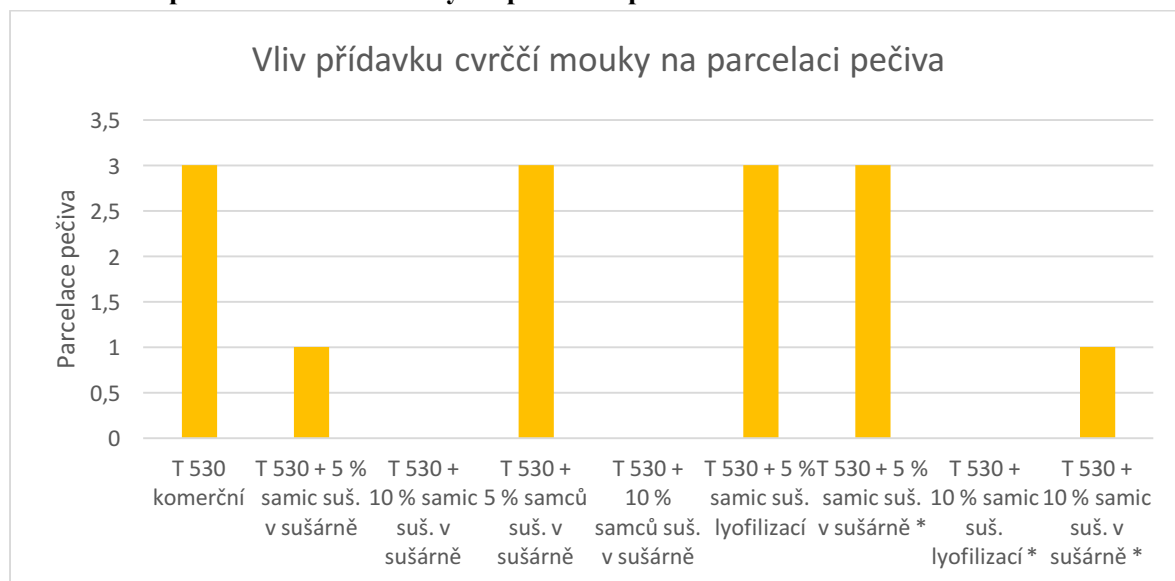


Obrázek 7: Pečivo upečené s 5% přídavkem mouky z cvrčích samic sušených v sušárně

5.5.3 Parcelace

Parcelace je označení pro jemné prasklinky vytvářející síť na hladkém povrchu, které nesmějí být ale příliš znatelné a nesmí docházet k odloupávání šupinek (Příhoda et al. 2013). Parcelace nebyla ovlivněna přídavkem 5 % samců a samic cvrčka domácího a byla hodnocena jako dobrá. Naopak u množství 10 % došlo k značnému poklesu parcelace, která byla neznatelná. Pohlaví nemělo na parcelaci vliv (viz Graf 8). Na Obrázku 8 je vidět dobrá parcelace pečiva z čisté komerční mouky, naopak na Obrázku 9 je vidět méně výrazná parcelace kůrky.

Graf 8: Vliv přídavku cvrččí mouky na parcelaci pečiva



* nepřemílané



Obrázek 8: Parcelace kůrky (Pečivo upečené z komerční mouky T 530)



Obrázek 9: Parcelace kůrky (Pečivo upečené s 5% přídavkem mouky z cvrččích samic sušených v sušárně)

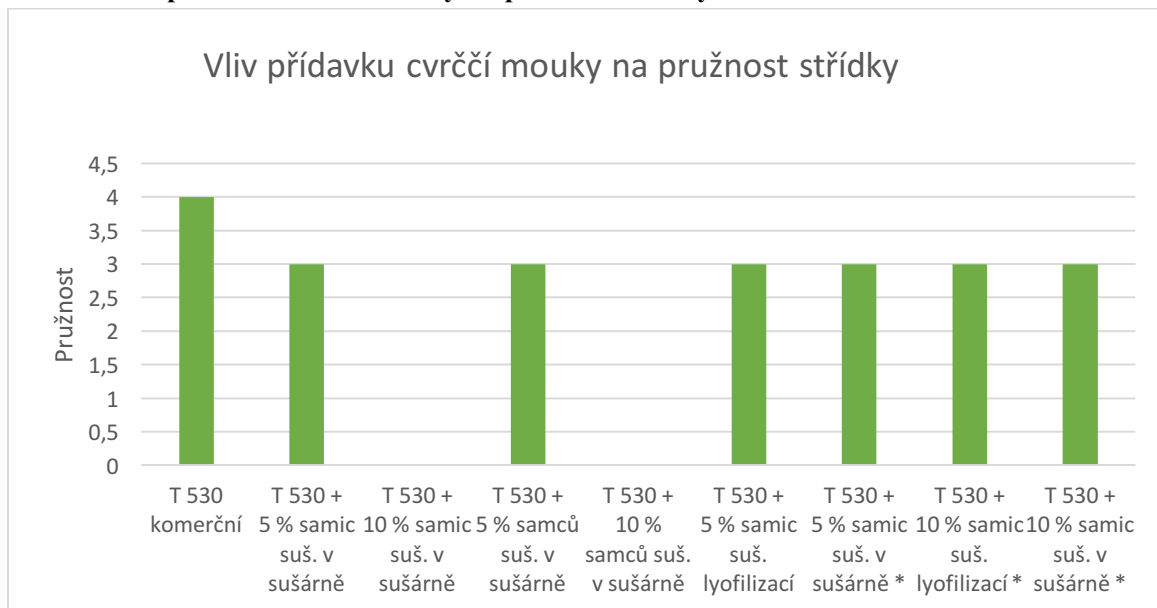
5.5.4 Vlastnosti střídky

Mezi vlastnosti střídky patří její pružnost a pórovitost. Hodnotí se množství, velikost a uspořádání pórů ve střídce. Póry by měly mít stejný tvar a velikost. Žádoucí je pružná a kyprá střídka.

Výsledky hodnocení vlastností střídky jsou znázorněné v Grafu 9 a 10. Pružnost střídky byla hodnocena u vzorku bez jedlého hmyzu jako velmi dobrá. U vzorku s 5% přídavkem byla dobrá a u vzorku s 10 % cvrčka domácího došlo k značnému poklesu, střídka byla nepružná a lepivá.

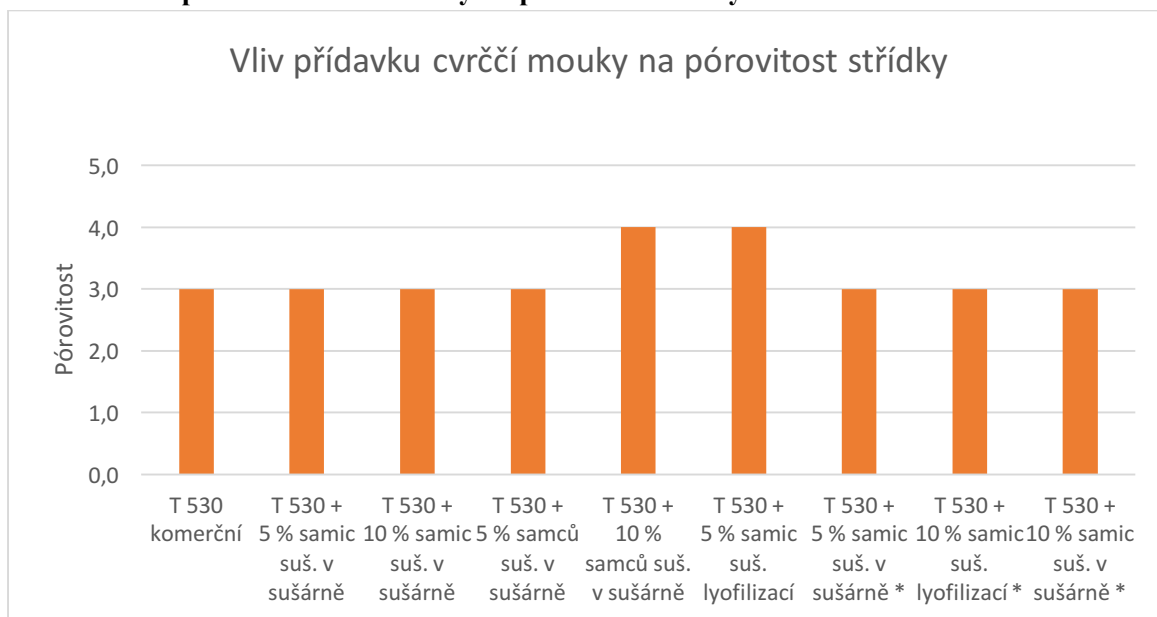
Pórovitost byla u vzorku s 5 % samic cvrčka domácího sušených lyofilizací rovnoměrná. Kdežto u ostatních vzorků byla méně rovnoměrná.

Graf 9: Vliv přidavku cvrččí mouky na pružnost střídky



* nepřemílané

Graf 10: Vliv přidavku cvrččí mouky na pórovitost střídky

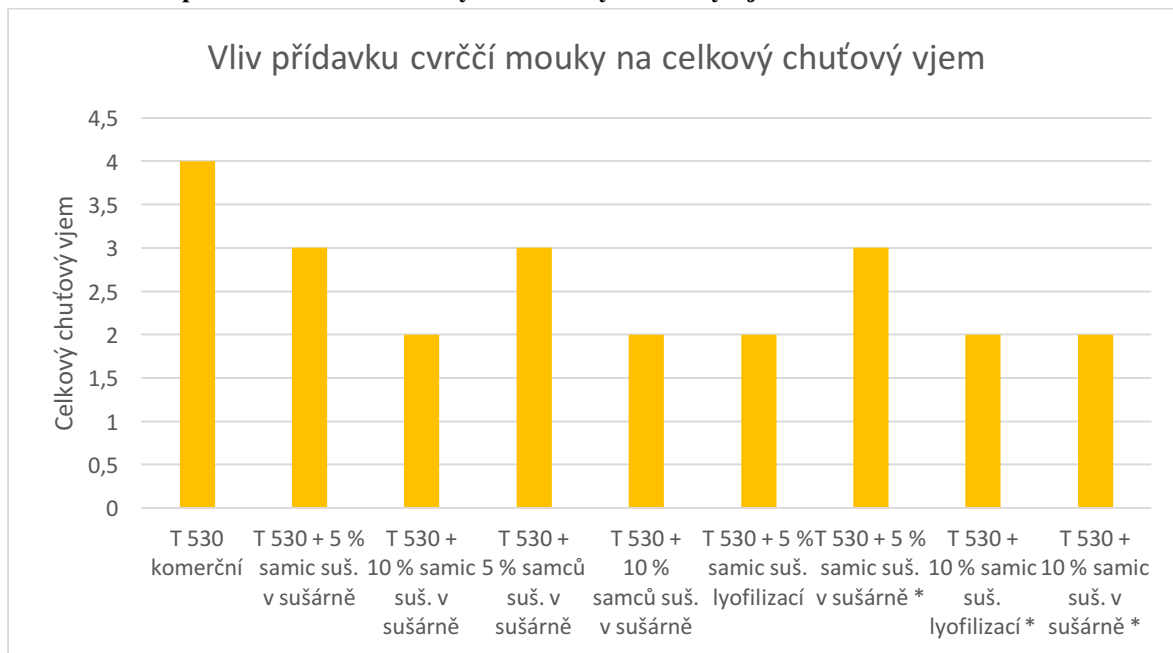


* nepřemílané

5.5.5 Celkový chuťový vjem

Chuť by měla být typicky pečivová, bez cizí příchuti nebo chuťové odchylky. Žádoucí je také jemný pocit vlhkosti a dobrá polykatelnost. Celkový chuťový vjem byl hodnocen u pečiva bez přidavku jedlého hmyzu, jako velmi dobrý, typicky pečivový (viz Graf 11). Vzorek pečiva s 5% obsahem samic sušených lyofilizací, 5 % samců a 10 % samců i samic byl hodnocen jako méně dobrý. Vzorky s 5 % samic sušenými v sušárně a s 5 % samců byly naopak hodnoceny jako dobré.

Graf 11: Vliv přidavku cvrččí mouky na celkový chuťový vjem

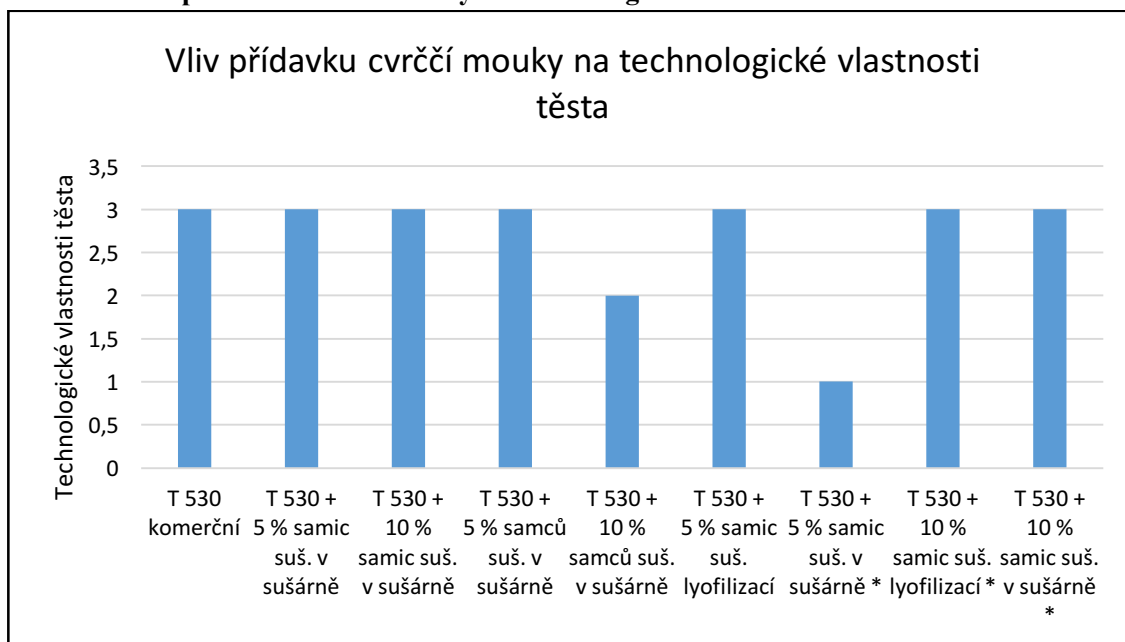


* nepřemílané

5.5.6 Technologické vlastnosti těsta

Z Grafu 12 vyplývá, že technologické vlastnosti těsta, tedy pružnost a lepidivost, byly u většiny vzorků stejné a to pružné a nelepivé. Pokles byl zaznamenán u vzorku s 10 % samců sušených v sušárně a také u vzorku s 5% obsahem nepřemílaných samic sušených v sušárně, u kterých bylo těsto hodnoceno jako málo pružné a lepidivé.

Graf 12: Vliv přidavku cvrččí mouky na technologické vlastnosti těsta

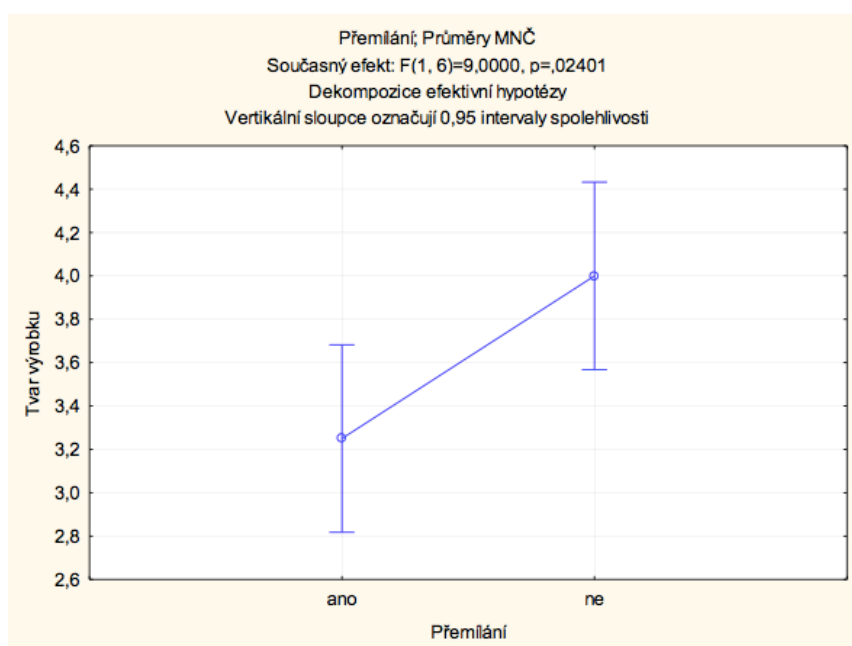


* nepřemílané

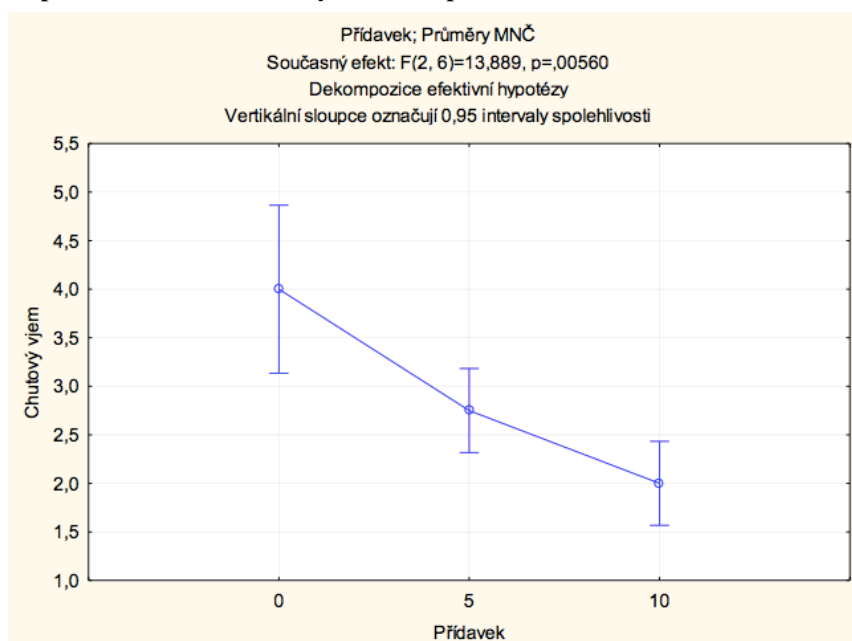
5.6 Porovnání výsledků mezi vzorky

Pomocí statistické metody ANOVA byl zjištěno, že přemílání mělo vliv na tvar výrobku, daný klenutostí pečiva (viz Graf 13). Dále byl zjištěn statisticky významný vliv použitého množství na chuť pečiva (viz Graf 14). Také byl zjištěn statisticky významný vliv přídavku na parcelaci pečiva ($p = 0,0123$). U ostatních parametrů sensorické analýzy nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Graf 13: Vliv přemílání cvrččí mouky na tvar výrobku



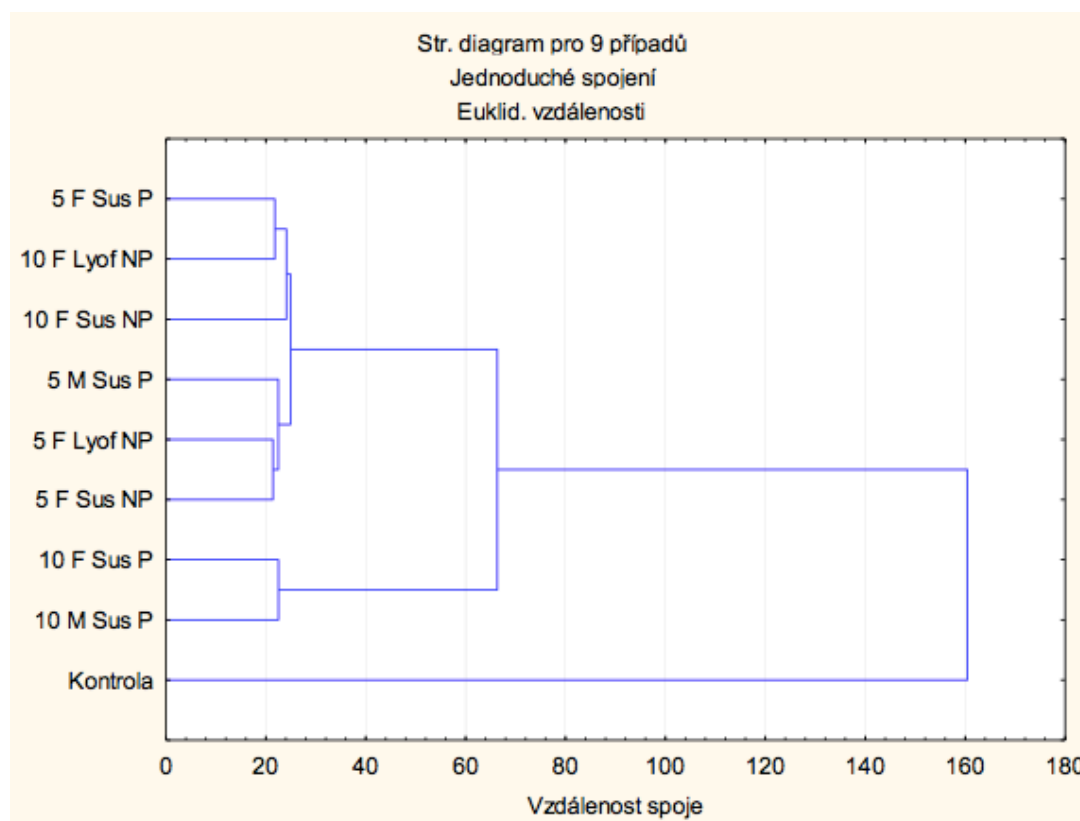
Graf 14: Vliv přídavku cvrččí mouky na chuť pečiva



U reologických vlastností byl zjištěn statisticky významný vliv množství (přídavku) cvrčka domácího na většinu zjišťovaných vlastností. U měrného objemu pečiva byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi kontrolou (mouka bez obsahu jedlého hmyzu) a 10% přídavkem cvrčka domácího ($p = 0,0013$). Stejně tak měl přídavek cvrčka domácího vliv na objem 3 kusů pečiva ($p = 0,0018$). Dále byl zjištěn statisticky významný vliv přídavku na výšku pečiva ($p = 0,0123$) a šířku pečiva ($p = 0,0046$).

Další použitou statistickou metodou byla shluková analýza, která seskupuje data na základě jejich podobnosti. Z Grafu 15 je zřejmé, že nejmenší podobnost má kontrola, která neobsahovala cvrččí mouku. Dále se pak vydělily vzorky obsahující 10 % přemletých cvrčků.

Graf 15: Shluková analýza reologických a senzorických vlastností produktu



Posledním statistickým vyhodnocením byla korelační matice. Bylo zjištěno, že nejsilnější korelace u senzorických vlastností byla mezi chutí a vzhledem pečiva ($r = 0,7456$) a pružností a tvarem pečiva ($r = 0,7607$). Ostatní korelace nebyly statisticky významné. U reologických vlastností byla zjištěna silná korelace u většiny faktorů (viz Tabulka 6). Při posuzování všech vlastností pohromadě byla zjištěna střední korelace mezi tvarem výrobku

a poměrem výška/šířka pečiva ($r = 0,6945$), parcelací a poměrem výška/šířka ($r = 0,6803$), pružností a výškou pečiva ($r = 0,6972$), parcelací a šířkou pečiva ($r = 0,6666$). Silná korelace byla zjištěna mezi vzhledem výrobku a všemi reologickými vlastnostmi, kromě poměru výšky a šířky pečiva, dále mezi parcelací a objemem 3 kusů pečiva, měrným objemem pečiva a výškou pečiva (viz Tabulka 7). Pružnost a chuťový vjem měl také silnou korelaci se všemi reologickými vlastnostmi (kromě poměru výška/šířka) (viz Tabulka 7). Ostatní korelace nebyly statisticky významné.

Tabulka 6: Korelační matice reologických vlastností pečiva

Proměnná	Korelace Označ. Korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=9 (Celé případy vynechány u ChD)			
	Objem 3 ks pečiva (ml)	Měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva)	Výška pečiva (mm)	Šířka pečiva (mm)
Objem 3 ks pečiva (ml)	1,0000	0,9991	0,9456	0,9426
Měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva)	0,9991	1,0000	0,9449	0,9393
Výška pečiva	0,9456	0,9449	1,0000	0,8568
Šířka pečiva	0,9426	0,9393	0,8568	1,0000
Poměr výška/šířka pečiva	0,5754	0,5768	0,7788	0,3448

Tabulka 7: Korelační matice reologických a senzorických vlastností pečiva

Proměnná	Korelace Označ. Korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=9 (Celé případy vynechány u ChD)			
	Vzhled výrobku	Parcelace	Pružnost	Chuťový vjem
Objem 3 ks pečiva (ml)	0,7739	0,7945	0,8173	0,8312
Měrný objem pečiva (ml/100 g pečiva)	0,7933	0,7866	0,8014	0,8393
Výška pečiva (mm)	0,7674	0,8130	0,6972	0,7598
Šířka pečiva (mm)	0,7265	0,6666	0,7415	0,8267
Poměr výška/šířka	0,4936	0,6803	0,3860	0,3731

6 Diskuse

Snížení objemu pečiva po přidání mouky z cvrčka domácího bylo potvrzeno hned v několika studiích. Podle Gonzálese et al. (2018) měl ovšem vzorek s cvrččí moukou objem podobný kontrolnímu vzorku bez přídavku hmyzu. Snížení objemu pečiva bylo pozorováno i u jiných druhů hmyzu. Jako například švába šedého, bráněnky a potemníka moučného (de Oliveira et al. 2017; Gonzáles et al. 2018). Pokles objemu byl potvrzený i našimi výsledky. Pokles je způsoben snížením obsahu lepkových bílkovin a tím pádem oslabením lepkové sítě, což snižuje schopnost zadržování plynu.

Co se týče reologických vlastností těsta, Osimani et al. (2018) ve své studii nezjistili významné změny ve vaznosti těsta při přidání 10 nebo 30 % cvrččí mouky. To potvrzují i výsledky naší studie.

Mezi další zkoumaný parametr patří vývin těsta, kdy se při pokusu s 5 a 10 % mouky z cvrčků doba vývinu lehce snižovala, ovšem podle studie Osimaniho et al. (2018) došlo při přidání 30 % cvrččí mouky naopak k prodloužení doby vývinu (viz Tabulka 2), což je neobvyklé a je potřeba věnovat této problematice další výzkum. Gonzáles et al. (2018) zjistili ve své studii mírně zvýšenou dobu vývinu u vzorku s 5% obsahem mouky z cvrčka domácího, nebo mouky z mouchy bráněnky ve srovnání s kontrolou a se vzorkem s moukou z potemníka moučného. Doba vývinu je ukazatel významný pro pekárenskou technologii, kvůli spotřebě energie.

Přídavek jedlého hmyzu prodlužoval stabilitu těsta, u některých vzorků až nad 10 min. Stabilita udává schopnost bílkovin a následně těsta udržet si vhodné vlastnosti elasticity po delší dobu. U silných mouk se udává stabilita 6 minut a déle. Ze studie Osimaniho et al. (2018) při přidání 30 % cvrččí mouky došlo naopak k významnému zkrácení času na 6 minut (viz Tabulka 2). Tento výsledek je netypický a je potřeba věnovat této oblasti podrobnější bádání. Delší časy stability pro výrobu pečiva jsou žádoucí (Carson & Edwards 2009). Gonzáles et al. (2018) uvádí vzrostlé hodnoty stability u těsta obsahujícího 5% přídavek mouky z cvrčka domácího, nebo mouky z mouchy bráněnky. Vysoká stabilita těsta pozorovaná při přítomnosti mouchy bráněnky byla původně přičítána vysokému obsahu tuku, ale při testování odtučněné mouky nebyly pozorovány žádné významné rozdíly. Za stabilitu těsta by měla odpovídat povaha a složení proteinů. U této problematiky je potřeba dalšího výzkumu, který by objasnil vysoké časy stability.

Pokles konzistence byl ovlivněn zejména přemletím vzorku mouky, protože přemleté vzorky cvrččí mouky měly podobné hodnoty jako hladká mouka a nebyl pozorován významný rozdíl mezi přidáním množstvím vzorku. Přídavek cvrččí mouky udržoval stejné vlastnosti těsta i při dlouhém hnětení. Pokles konzistence navazuje na průběh zpracování těsta vyjádřený jeho farinografickou stabilitou. Při kratší stabilitě obvykle bývá vyšší hodnota poklesu konzistence. Což je výsledky naší studie potvrzeno. Tento údaj byl zjišťován ve studii Osimani et al. (2018), kde rovněž nedocházelo k výrazným výkyvům, a hodnoty byly podobné hladké pšeničné mouce, což je znázorněno v Tabulce 2.

Bylo provedeno několik studií zabývajících se sensorickou analýzou pečiva připraveného s určitým množstvím jedlého hmyzu. V těchto studiích se pozorovala zejména barva pečiva, konzistence střídky, vůně a nejdůležitější vlastnost hodnocená konzumenty – chuťová přijatelnost pečiva.

Dle výsledků naší studie byl pozorován vliv přídavku mouky z cvrčka domácího až při 10 % obsahu, kdy začala být střídka lepivá. Ve většině studií vyšel cvrček domácí jako druh jedlého hmyzu, který nejméně ovlivňoval sensorické vlastnosti pečiva. Gonzáles et al. (2018) pozorovali zvýšenou vlhkost střídky způsobenou vyšším obsahem tuku již při 5% přídavku jedlého hmyzu.

Pružnost a pórovitost pečiva byla přídavkem jedlého hmyzu zhoršena a u některých vzorků mělo pečivo lepivou a méně pružnou texturu. To bylo potvrzeno i ve studii Gonzálese et al. (2018), kde mělo pečivo s přídavkem mouchy bráněnky nižší pružnost, soudržnost a odolnost. Ten samý výsledek byl pozorován i ve studii Pauter et al. (2018) kde se pružnost muffinů snižovala s přibývajícím množstvím mouky z cvrčka domácího.

Důležitým sensorickým atributem, který lze pozorovat zrakem je barva pečiva. Již při 5% přídavku cvrčka domácího došlo ke změně barvy ze světlé pečivové barvy na tmavou. Což může být způsobeno také tím, že již použitý cvrček domácí má tmavou barvu. Toto bylo pozorováno také ve studii Gonzálese et al. (2018), kde je na Obrázku 4 znázorněn kontrolní vzorek bez jedlého hmyzu, vzorek s 5 % mouchy bráněnky, kde je patrný i nejmenší objem a nejtmaší barva ze všech zkoumaných vzorků, vzorek se cvrčkem domácím a poslední vzorek s potemníkem moučným. Změny barev, ke kterým došlo, byly připsány době vaření, teplotě a přítomnosti hmyzí mouky. Obvykle je barva pečených výrobků přímo závislá na barvě použitých surovin. Byla změřena barva mouky hmyzu, aby se zjistila možná korelace s barvou střídky a výsledky nebyly spojeny s barevnými parametry střídky. Nicméně na Obrázku 4 je vidět, že přítomnost mouchy bráněnky dala nejtmaší barvu pečiva, což souhlasilo

i s naměřenými hodnotami v této mouce a v chlebu. David-Birman et al. (2018) přičítají možnou změnu barvy pečiva jeho tepelnému zpracování, navíc zjistili, že přidání fruktózy vede také k výrazným změnám barvy. Významnou změnu barvy pečiva pozoroval také Osimani et al. (2018). Na Obrázku 5 lze pozorovat významně tmavší barvu a nižší objem chleba s 10% a 30% přídavkem cvrčka domácího oproti kontrolnímu vzorku pouze z bílé pšeničné mouky. Změnu barvy muffinů vlivem přídavku cvrččí mouky pozorovali také Pauter et al. (2018) ve své studii, kde zjistili, že použití mouky z cvrčka domácího k obohacení muffinů proteinem způsobilo významné změny v barvě produktů. K hnědnutí dochází při zahřívání aminokyselin a redukujících látek, např. při pečení. Zvýšený obsah proteinů může přispět k snadnější tvorbě produktů Maillardovy reakce, které jsou zodpovědné za snížení světlosti muffinů. Světlost se významně snižovala s rostoucím procentem cvrččí mouky (Pauter et al. 2018). Bußler et al. (2016) uvádí, že tmavá barva hmyzí mouky souvisí s obsahem proteinu, zatímco index zhnědnutí je závislý na obsahu tuku. Vzorek s vysokým obsahem proteinů vytvořil tmavě hnědou barvu a vzorek s nízkým obsahem světle hnědou barvu.

Chuťová přijatelnost jedlého hmyzu se příliš nelišila mezi jednotlivými druhy, ovšem důležitým atributem ovlivňujícím výslednou chuť pečiva bylo použité množství jedlého hmyzu. Dle výsledků naší studie se z rostoucím množstvím hmyzu zhoršoval celkový chuťový vjem. Ve většině studií vykazovaly vzorky s jedlým hmyzem dobrou chuťovou přijatelnost (de Oliveira et al. 2017; Osimani et al. 2018; Pambo et al. 2018). De Oliveira et al. (2017) ve své studii uvádí jako nejméně přijatelný parametr vůni pečiva obsahujícího švába šedého. Gonzáles et al. (2018) zjistili, že během pečení chleba obsahujícího 5 % mouky z mouchy bráněnky docházelo k uvolňování některých příchutí, pravděpodobně v důsledku složení tuku tohoto hmyzu. Obecně jsou tyto příchutě potravin spojené spíše s lipidy, hlavně nenasycenými, než s proteiny a sacharidy. Sprangers et al. (2017) uvedli, že profil mastných kyselin mouchy bráněnky krmené různým druhem odpadu obsahoval poměrně vysoký obsah nenasycených mastných kyselin, které by mohly být spojeny s pachovými příchutěmi vznikajícími při pečení.

7 Závěr

V této práci bylo zjištěno, že reologické vlastnosti těsta byly přidavkem cvrčka domácího ovlivněny. Vaznost byla zvýšena až při přidání 10 % jedlého hmyzu, vývin těsta měl kratší dobu oproti hladké pšeničné mouce již po přidání 5 % cvrčka domácího a doba stability byla po přidání jedlého hmyzu naopak prodloužena. Při delší stabilitě se zmenšil pokles konzistence. Na granulaci měl přídavek cvrčka domácího také vliv. Cvrčci sušení v sušárně a nepřemletí měli nižší granulaci, naopak přemletí cvrčci měli podobnou granulaci jako hladká pšeničná mouka. Značně ovlivněný přídavkem jedlého hmyzu byl rovněž měrný objem pečiva, který velmi poklesl a ubýval v závislosti na zvyšujícím se množství přidaného vzorku. Z klesajícím objemem se zmenšovala i velikost pečiva.

Senzorická analýza pečiva vedla ke zjištění, že přídavek cvrčka domácího ovlivnil tvar pečiva, avšak u parcelace byla pozorována změna až při přidání 10 % cvrčka domácího. Stejně tak měl přídavek jedlého hmyzu vliv na vlastnosti střídky, kde se výrazně projevil také až při zvýšeném množství nepružností a lepivosti střídky. Technologické vlastnosti těsta byly nápadně pozmeněny při přidání 10 % jedlého hmyzu a těsto se jevilo jako lepivé. Největší změna byla pozorována v barvě a chuti pečiva. Barva byla zřetelně tmavší, než kontrolní vzorek a celkový chuťový vjem se zhoršoval s přibývajícím množstvím cvrčka domácího.

Výsledky této práce částečně vyvracejí hypotézu, která udává, že přídavek mouky z jedlého hmyzu neovlivní reologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost finálního pekařského výrobku. Jelikož již 10% přídavek měl negativní vliv na sensorickou jakost, zejména na chuťový vjem. Rovněž byl ovlivněn objem pečiva, který se po přidání zmenšil. Ovšem u 5% přídávku bylo ovlivnění většiny sensorických a reologických vlastností minimální a statisticky neprůkazné.

Do budoucna je potřeba dalšího výzkumu, který by identifikoval složky způsobující negativní chuťový vjem pečiva obsahujícího přídavek jedlého hmyzu, aby mohly být eliminovány či překryty pro lepší přijetí potenciálních konzumentů. Je potřeba také zjistit, zda tyto složky vznikají sekundárně během pečení, nebo jsou ve vzorku obsaženy primárně.

Pečivo s jedlým hmyzem by mohlo být u potenciálních zákazníků žádané nejen kvůli vysokému obsahu bílkovin, ale také kvůli tmavší barvě střídky a kůrky, která by mohla evokovat celozrnné pečivo těšící se velké oblibě.

8 Seznam literatury

Bednářová M, Borkovcová M, Mlček J, Rop O, Zeman L. 2013. Edible insects — species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **61**: 587-593.

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** (3): 296-313.

Bußler S, Rumpold BA, Jander E, Rawel HM, Schlüter OK. 2016. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon* **2** (12): 1-24.

Carson RG, Edwards MN. 2009. Criteria of wheat and flour quality. Pages 97-108. in Khan K, editors. *Wheat: chemistry and technology*. AACC International. Fargo.

ČSN 560512-5. 1995. Metody zkoušení mlýnských výrobků. Část 5: Stanovení zrnitosti. Český normalizační institut, Praha.

ČSN EN ISO 5530-1. 2015. Pšeničná mouka – Fyzikální vlastnosti těsta – Část 1: Stanovení absorpce vody a reologických vlastností pomocí farinografu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

David-Birman T, Raften G, Lesmes U. 2018. Effects of thermal treatments on the colloidal properties, antioxidant capacity and in-vitro proteolytic degradation of cricket flour. *Food Hydrocolloids* **79**: 48-54.

De Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Fontenele Domingues MA. 2018. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology* **76**: 82-89.

De Oliveira LM, Lucas JS, Lopes Cadaval C, Mellado S. 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **44**: 30-35.

DOI: 10.1016/j.ifset.2017.08.015.

Dobraszczyk BJ. 2003. Measuring the rheological properties of dough. Pages 375-400 in Cauvain SP, editors. *Bread making improving quality*. Woodhead Publishing. Woodhead. DOI: 10.1533/9781855737129.2.375

Evans J, Alemu MH, Flore R, Frost MB, Halloran A, Jensen AB, Maciel-Vergara G, Meyer-Rochow VB, Münke-Svendsen C, Olsen SB. 2015. „Entomophagy“: an evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed* **1** (4): 293-305.

Farina MF. 2017. How method of killing crickets impact the sensory qualities and physicochemical properties when prepared in a broth. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **8**: 19-23.

Gmuer A, Guth JN, Hartmann Ch, Siegrist M. 2016. Effects of the degree of processing of insect ingredients in snacks on expected emotional experiences and willingness to eat. *Food Quality and Preference* **54**: 117-127.

González CM, Garzón R, Rosell CM. 2018. 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.

DOI: 10.1016/j.ifset.2018.03.021

Hanboonsong Y. 2010. Edible insects and associated food habits in Thailand. Pages 173-183 in Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: Humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, Chiang Mai. Thailand.

Hmyz. 2018. Potraviny nového typu > Hmyz. Informační centrum bezpečnosti potravin. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/hmyz.aspx>

Chan EY. 2019. Mindfulness and willingness to try insects as food: The role of disgust. *Food Quality and Preference* **71**: 375-383.

Kim HW, Setyabrata D, Lee YJ, Jones OG, Kim YHB. 2017. Effect of House Cricket (*Acheta domestica*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *Journal of Food Science* **82** (12): 2787-2793.

Klunder HC, Wolkers-Rooijackers J, Korpela JM, Nout MJR. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* **26** (2): 628-631.

Köhler R, Kariuki L, Lambert C, Biesalski HK. 2019. Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **22** (1): 372-378.

DOI: 10.1016/j.aspen.2019.02.002

Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* **4**: 22-26.

Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božík M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L.. *Food Chemistry* **272**: 267-272.

Lamrini B, Della Valle G, Trelea IC, Perrot N, Trystram G. 2012. A new method for dynamic modeling of bread dough kneading based on artificial neural network. *Food Control* **26**: 512-524.

Latunde-Dada GO, Yang W, Aviles VM. 2016. In Vitro Iron Availability from Insects and Sirloin Beef. *Journal of agricultural and food chemistry* **64**: 8420-8424.

Lazaridou A, Vouris DG, Zoumpoulakis P, Biliaderis CG. 2018. Physicochemical properties of jet milled wheat flours and doughs. *Food Hydrocolloids* **80**: 111-121.

Mariod AA, Mirghani MES, Hussein I. 2017. Chapter 48 - *Acheta domesticus* House Cricket. Pages 323-325 in Mariod AA, Mirghani MES, Hussein I., editors. *Unconventional Oilseeds and Oil Sources*. Elsevier, London.

Ministerstvo zemědělství (MZe). 2018. Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu. Odbor bezpečnosti potravin. Available from http://eagri.cz/public/web/file/576458/Zasady_produkce_hmyzu_4__2_.pdf

Mitsubishi J. 2010. The future use of insects as human food. Pages 115-122 in Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: Humans bite back*. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai. Thailand.

Osimani A, Milanovic V, Cardinali F, Roncolini A, Garofalo C, Clementi F, Paquini M, Mozzon M, Foligni R, Raffaelli N, Zamporlini F, Aquilanti L. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **48**: 150-163. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.06.007

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. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.01.011

Paul A, Frederich M, Rudy Megido C, Alabi T, Malik P, Uyttenbroeck R, Francis F, Blecker C, Haubruge E, Lognay G, Danthine S. 2017. Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**: 337-340.

Pauter P, Róžańska M, Wiza P, Dworzak S, Groberna N, Sarbak P, Kowalczewski. 2018. Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Scientiarum Polonorum Technology Aliment.* **17** (3): 227-233. DOI: 10.17306/J.AFS.2018.0570

Příhoda J, Humpolíková P, Novotná D. 2003. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář. Praha.

Příhoda J, Sluková M, Dřízal J. 2013. *Jak poznáme kvalitu? Chléb a pečivo*. Sdružení českých spotřebitelů, o.s. pro Českou technologickou platformu pro potraviny. Praha.

- Ramos-Elorduy J. 1997. The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition* **36**: 347-366.
- Ramos-Elorduy J. 1998. *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects*, Park Street Press. South Paris.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **17**: 1-11.
- Shelomi M. 2016. The meat Affliction: Insects and the future of food as seen in Expo 2015. *Trends in Food Science & Technology* **56**:175-179.
- Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, Vogel S, Heinz V, Jäger H, Bandick N, Kulling S, Knorr D, Steinberg P, Engel KH. 2017. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition Food Research* **61**. DOI: 10.1002/mnfr.201600520
- Sogbesan A, Ugwumba A. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis*. *Turkish Journal of Fisheries Aquatic Sciences* **8**: 149-157.
- Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, 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** (8): 2594-2600.
- Stojceska V, Butler F, Gallagher E, Keehan D. 2007. A comparison of the ability of several small and large deformation rheological measurements of wheat dough to predict baking behaviour. *Journal of Food Engineering* **83**: 475-482.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2017. Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy). *Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby*. Praha.
- Tan HSG, Fisher ARH, Tinchin P, Stieger M, Steenbekkers LPA, Trijp HCM. 2015. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food Quality and Preference* **42**: 78-89.
- Tanaka K, Bushuk W. 1973. Changes in flour proteins during dough-mixing. I. Solubility results. *American Association of Cereal Chemists* **50**: 590-596.
- Tzompa-Sosa DA, Yi LY, van Valenberg HJF, van Boekel MAJS, Lakemond CMM. 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods, *Food Research International* **62**: 1087-1094.

Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Vantomme P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Vernon-Carter EJ, Garcia-Diaz S, Reyes I, Carrillo-Navas H, Alvarez-Ramirez J. 2017. Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural characteristics of bread with pulque as leavening agent. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **9**: 39-48.

Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. Pages 85-92 in Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: Humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, Chiang Mai. Thailand.