

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vývoj sušenek s přídavkem hmyzí moučky**

**Diplomová práce**

**Bc. Kateřina Tichá**

**Výživa a potraviny**

**Ing. et Ing. Lucie Jurkaninová, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vývoj sušenek s přídavkem hmyzí moučky" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího 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 14.4.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. et Ing. Lucii Jurkaninové, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady, trpělivost a především čas, který věnovala mně a mé práci. Dále děkuji všem zúčastněným respondentům, kteří vyplnili dotazník a pomohli mi tím s praktickou částí této práce. Poděkování patří také mé rodině a přátelům, kteří při mně vždy stáli a podporovali mě, a zvláště mému manželovi Antonínovi Tichému, který mi byl psychickou oporou a poskytl mi své znalosti v psaní odborného textu.

# Vývoj sušenek s přídavkem hmyzí moučky

## Souhrn

Jedlý hmyz je považován za nutričně bohatý, zejména z důvodu vysokého obsahu bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Za jeho přednost jsou považovány také nízká náročnost chovu a omezená produkce skleníkových plynů. S ohledem na klimatickou změnu a rostoucí spotřebu potravin je proto využití jedlého hmyzu v poslední době stále častější.

Cílem této diplomové práce bylo vyvinout recepturu sušenek s přídavkem hmyzí moučky a prozkoumat, jak hmyzí moučka ovlivňuje technologické vlastnosti těsta a sensorické vlastnosti sušenek. Základní receptura obsahovala pšeničnou mouku T530, do které byla přidána hmyzí moučka v množství 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % nebo 30 %. Moučka byla připravena z larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) a dospělců cvrčka domácího (*Acheta domestica*). Reologické vlastnosti těsta byly měřeny pomocí přístroje Mixolab 2. Sensorická analýza byla provedena panelem neškolených hodnotitelů, kteří posuzovali barvu, vůni, texturu, chuť a celkovou preferenci sušenek.

Bylo zjištěno, že již 5 % hmyzí moučky ovlivnilo technologické vlastnosti těsta a se zvyšujícím se množstvím hmyzí moučky docházelo k výraznějším změnám. Přídavek moučky z potměníka moučného způsobil zvýšení vlhkosti vzniklé směsi, snížení vaznosti, zkrácení doby vývoje těsta a také snížení jeho stability. Přídavek moučky z cvrčka domácího také vedl ke zvýšení vlhkosti, zkrácení doby vývoje těsta a snížení jeho stability, ale naopak zvýšil vaznost směsi.

Výsledky sensorické analýzy ukázaly, že množství přidané hmyzí moučky negativně ovlivnilo barvu, vůni a texturu sušenek. Chuť se u sušenek s moučkou z potměníka moučného s nárůstem jejího podílu významně zhoršovala, naopak sušenky s přídavkem moučky z cvrčka domácího byly dle hodnotitelů chutné nezávisle na množství přidané hmyzí moučky. Celkově bylo sensorické hodnocení sušenek s přídavkem moučky z cvrčka domácího významně lepší ve srovnání s moučkou z potměníka moučného, nicméně manipulace s těstem byla obtížnější a jednotlivé vlastnosti těsta zjištěné z indexů Mixolab 2 byly pro výrobu sušenek méně vhodné.

**Klíčová slova:** sušenky, hmyz, sensorická analýza, technologie výroby

# Development of biscuits with added insect meal

## Summary

Edible insects are considered nutritionally rich, mainly because of their high content of protein, fat, minerals, and vitamins. Furthermore, insect farming is less demanding and produces less greenhouse gases. Therefore, in the view of the climate change and increasing food consumption, the use of edible insects has recently become more frequent.

The aim of this thesis was to develop a recipe for biscuit with added insect meal and to investigate how the insect meal affects technological properties of the dough and sensory properties of the biscuits. The basic recipe contained wheat flour T530 to which insect meal was added in the amount of 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % or 30 %. The meal was prepared from mealworms (*Tenebrio molitor*) and adult house crickets (*Acheta domesticus*). The rheological properties of the doughs were measured using the Mixolab 2 analyzer. Sensory analysis was performed by an untrained panel who evaluated the color, aroma, texture, taste, and overall preference of the biscuits.

The results showed that as little as 5 % of insect meal affected technological properties of the dough, and the changes were increasingly pronounced with increasing amounts of the insect meal. The addition of mealworm meal caused an increase in the moisture content of the flour-meal mixture and a decrease in the dough hydration capacity, development time, and stability. The addition of cricket meal also increased the moisture content, shortened the development time, and decreased the stability of the dough, but it increased the dough hydration capacity.

The results of the sensory analysis revealed that the amount of insect meal added negatively affected the color, aroma, and texture of the biscuits. The taste of the biscuits with mealworm meal significantly deteriorated as its proportion increased, whereas the taste of biscuits with the addition of cricket meal was judged as palatable irrespective of the added amount. Overall, the sensory properties of the biscuits with added cricket meal were significantly better compared to mealworm meal, however, the dough was more difficult to handle, and according to Mixolab 2, its properties were less suitable for biscuit production.

**Keywords:** biscuits, insects, sensory analysis, production technology

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Tradice konzumace hmyzu</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Ochota jíst jedlý hmyz</b>	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Nutriční složení jedlého hmyzu</b>	<b>12</b>
3.3.1	Energetická hodnota	13
3.3.2	Bílkoviny	13
3.3.3	Tuky	15
3.3.4	Sacharidy	15
3.3.5	Mikronutrienty	16
<b>3.4</b>	<b>Výrobky s přídavkem hmyzí moučky</b>	<b>17</b>
3.4.1	Sušenky a kekry s použitím hmyzí moučky	17
3.4.2	Jiné výrobky s použitím hmyzí moučky	33
<b>3.5</b>	<b>Legislativa</b>	<b>33</b>
<b>3.6</b>	<b>Senzorická jakost potravin</b>	<b>34</b>
3.6.1	Vzhled	34
3.6.2	Vůně	35
3.6.3	Textura	35
3.6.4	Chuť	35
<b>3.7</b>	<b>Reologické vlastnosti těsta</b>	<b>36</b>
3.7.1	Mixolab	37
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Příprava hmyzí moučky a směsí</b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Měření reologických vlastností těsta</b>	<b>41</b>
4.2.1	Materiál a přístroje	41
4.2.2	Pracovní postup	41
<b>4.3</b>	<b>Příprava a sensorická analýza sušenek</b>	<b>42</b>
4.3.1	Materiál a přístroje	42
4.3.2	Příprava sušenek	43
4.3.3	Senzorická analýza	43
<b>4.4</b>	<b>Statistické vyhodnocení</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Reologické vlastnosti těsta</b>	<b>45</b>
5.1.1	Těsto s přídavkem moučky z potměníka moučného	46
5.1.2	Těsto s přídavkem moučky z cvrčka domácího	48
<b>5.2</b>	<b>Senzorické vlastnosti sušenek</b>	<b>50</b>
5.2.1	Sušenky s přídavkem moučky z potměníka moučného	50

5.2.2	Sušenky s přídavkem moučky z cvrčka domácího .....	55
5.2.3	Vzájemné porovnání obou druhů sušenek.....	59
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>66</b>
<b>9</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>74</b>
<b>10</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>76</b>
<b>11</b>	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>77</b>
<b>12</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>78</b>
<b>13</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

V posledních desetiletích dochází k významnému nárůstu světové populace. V roce 2022 přesáhlo lidstvo symbolickou hranici 8 miliard lidí, což je v porovnání s rokem 1974 dvojnásobek. Došlo také ke zvýšení průměrné délky života, která byla v roce 1974 58 let, zatímco v roce 2022 73 let (Macrotrends 2023). Ačkoliv se celosvětová životní úroveň zvýšila, dle Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) jsou téměř dvě miliardy lidí ohroženy nedostatkem potravin (FAO 2017). Problémem je rovněž potravinová bezpečnost, která je zejména v rozvojových zemích na velmi nízké úrovni (Patel et al. 2017).

Stávající zemědělství je často spojováno s klimatickými změnami, jelikož je významným zdrojem skleníkových plynů a na zavlažování využívá asi 70 % celosvětové spotřeby vody (Alae-Carew et al. 2022). Celosvětově roste také poptávka po mase, ale protože živočišná produkce není považována za udržitelnou, je zapotřebí najít vhodný zdroj bílkovin, který maso dokáže alespoň částečně nahradit (Hertel 2015). Od roku 2010 proto FAO analyzuje možnosti využití hmyzu pro zajištění potravinové bezpečnosti (van Huis 2013).

Jedlý hmyz je považován za nutričně bohatý, zejména z důvodu vysokého obsahu bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Rovněž je ceněn z hlediska nízké produkce skleníkových plynů a náročnosti chovu i nízkých nároků na půdu, vodu a krmivo (Durst et al. 2003). Problematické však mohou být některé antinutriční a toxické látky, které hmyz může obsahovat. Často se jedná o mikrobiální, chemické a patogenní kontaminanty, jež se do jedlého hmyzu dostaly z důvodu nedostatečné hygieny a/nebo nevhodných podmínek zpracování a skladování (Melgar-Lalanne et al. 2019).

Obecně platí, že stravovací návyky jsou ovlivněny sociálním kontextem a formují se převážně v raném dětství (Scaglioni et al. 2018). V západních zemích je ochota konzumovat hmyz velmi nízká, a především ženy staršího věku a lidé s nižším vzděláním se zdráhají vyzkoušet potraviny na bázi hmyzu (Hartmann et al. 2015; Verbeke 2015). Zvyšuje se ale zájem o potraviny, které používají hmyz jako přísadu v nerozpoznatelné formě, například v mouce nebo prášku, které se přidávají do různých známých produktů (sušenky, pečivo, tortilly atd.) (Hartmann & Siegrist 2016).

V teoretické části této diplomové práce jsou shrnuty nejnovější poznatky z oblasti konzumace a nutričního složení jedlého hmyzu, výrobků s použitím hmyzí moučky a legislativy. V praktické části jsou prezentovány výsledky měření reologických vlastností těsta s přísadkou hmyzí moučky a výsledky senzorické analýzy sušenek obohacených o moučku z potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) a cvrčka domácího (*Acheta domestica*).



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

Cílem diplomové práce byl vývoj receptury sušenek s přídavkem hmyzí moučky a posouzení vlivu přídavku hmyzí moučky na technologii výroby a kvalitu konečného výrobku.

Hypotéza: Částečná náhrada mouky hmyzí moučkou ovlivní technologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost sušenek.

### 3 Literární rešerše

Entomofágie neboli konzumace hmyzu jako potravy (Gahukar 2011) je po celém světě rozšířena již po staletí. V posledních letech je zjevné, že s nárůstem světové populace bude zapotřebí navýšit produkci potravin a jedním z řešení by mohl být právě jedlý hmyz (Imathiu 2020). Jeho velkou výhodou jsou nízké dopady na životní prostředí v porovnání s jinými hospodářskými zvířaty, ať už v nárocích na krmivo, půdu a vodu nebo v nízké produkci skleníkových plynů (van Huis 2013). Ač se může zdát, že konzumace hmyzu by mohla být snadným řešením globální krize, ochota konzumentů omezit nebo nahradit maso je velmi nízká (Hartmann & Siegrist 2017).

Jedlý hmyz má velmi dobré nutriční složení, neboť je kvalitním zdrojem dobře stravitelných bílkovin, tuků, vlákniny a mikronutrientů (Kouřimská & Adámková 2016). Energetická hodnota jedlého hmyzu je srovnatelná s masem, avšak je zapotřebí dbát na bezpečnost, jelikož některé druhy hmyzu mohou obsahovat toxické látky nebo být původcem alergií (Rumpold & Schlüter 2013a). Chuť a textura se u různých druhů hmyzu liší, záleží také na jeho vývojovém stádiu a způsobu zpracování (Mishyna et al. 2020). V tropických oblastech se hmyz obvykle praží nebo smaží (van Huis et al. 2013), další používané úpravy jsou vaření, pečení, grilování nebo fermentace (Mishyna et al. 2020). Některé luxusní restaurace entomofágií prezentují jako gastronomický zážitek (Rumpold & Schlüter 2013a).

Ve světě se konzumuje velké množství druhů hmyzu – Rumpold a Schlüter (2013a) udávají, že jde o cca 2000 druhů, Roos a van Huis (2017) dospěli k číslu 2100. Přesný počet je obtížné určit, protože lidé v běžné komunikaci nepoužívají odborné označení hmyzu ani jeho taxonomické zařazení, ale etnospecifické názvosloví, ve kterém je tentýž druh hmyzu mnohdy pojmenován několika způsoby (van Huis et al. 2013). Odhaduje se, že hmyz jako tradiční surovinu v kuchyni používají cca dvě až dvě a půl miliardy lidí (Baiano 2020, Oonincx & Finke 2021), přičemž nejčastěji jsou konzumováni brouci (31 %), dále housenky (18 %); včely, vosy a mravenci (14 %); kobylky, sarančata a cvrčci (13 %); cikády; polokřídli (10 %); termiti (3 %); vážky (3 %) a mouchy (2 %) (Skotnicka et al. 2021). Uvádí se, že entomofágie je běžná ve zhruba 35 afrických, 29 asijských, 23 amerických, 14 oceánských a 11 evropských zemích, ale zdaleka největšími konzumenty jsou obyvatelé Mexika, Číny, Thajska a Indie (Baiano 2020).

V několika nedávných studiích se ovšem objevila zmínka o tom, že v kulturách, kde se hmyz tradičně konzumuje, nyní spotřeba klesá, např. v Botswaně (Obopile & Seeletso 2013), v Indii (Chakravorty et al. 2013) nebo v Kamerunu (Sneyd 2013). Důvodem tohoto poklesu může být rostoucí westernizace tamější stravy v tradičních komunitách (Chakravorty et al. 2013), změna stravy směrem k levnějším dováženým a rafinovaným potravinám (Sneyd 2013) a dlouhodobý obraz konzumace hmyzu jako „praxe primitivních lidí“ (Verbeke 2015).

#### 3.1 Tradice konzumace hmyzu

Hmyz byl od pradávna lehce dostupný, chutný a výživný zdroj obživy pro mnohé národy (Imathiu 2020). Již v pravěku byla entomofágie běžná, důkazem mohou být například analýzy koncentrace izotopů uhlíku v zubní sklovině Australopithecus, poměr stroncia a vápníku u Paranthropus, analýzy fosilních výkalů (Mlcek et al. 2014) nebo nástěnné malby v Altamire. Jakými druhy hmyzu se pravěcí lidé živili nebo podle čeho si jej vybírali není známo, pravděpodobně pozorovali a napodobovali stravování zvířat (Baiano 2020).

První zmínky o entomofágii v Evropě pocházejí ze starověkého Řecka, kdy se v Aristotelově spisu *Historia Animalium* objevují informace o pojidání cikád jako vybraných lahůdek. Ve starověkém Římě byly dle záznamů filozofa Plinia staršího připravovány a konzumovány pokrmy z larev tesaříka (*Cerambyx cerdo*) a Diodorus Sicilský popsal obyvatele Etiopie jako pojídače kobylek a sarančat (Lesnik 2018).

V pozdějších letech byla tradice konzumace hmyzu ovlivněna kulturními zvyklostmi a náboženstvím. Bible popisuje pojidání pouštních kobylek, Korán přikazuje konzumaci sarančat a židovská literatura zmiňuje pojidání košer kobylek v dávném starověku (Huis et al. 2013). I tak byla entomofágie potlačena, čemuž napomohla i následná kolonizace (Yen 2009).

V 16. století působil italský entomolog Ulyse Aldovandi, který je považován za zakladatele studií o hmyzu v moderní době. Jeho spisy pojednávají o hmyzu jako o důležité potravině konzumované po staletí na Dálném východě, především v Číně (Huis et al. 2013). Zde v této době také vzniklo kompendium *Materia Medica* od Li Shizhen, kde se mimo jiné píše o konzumaci mnoha druhů hmyzu a jeho zdravotních benefitech (Lesnik 2018).

## 3.2 Ochota jíst jedlý hmyz

Entomofágie v západních zemích postupně nabývá na významu, ale navzdory výše uvedeným výhodám je míra využívání hmyzu a jeho akceptace spotřebiteli stále nízká (Rumpold & Schlüter 2013b, van Huis 2013, Megido et al. 2016). Důvodem nízké spotřeby je především neofobie (Megido et al. 2014), ale může to být i vyšší cena výrobků s obsahem hmyzu (Clarke et al. 2008). Právě chuť, cena a dostupnost budou pro západní spotřebitele pravděpodobně klíčovými důvody pro začlenění hmyzu do jídelníčku (House 2016). Zajímavostí ale je, že spotřebitelé jsou často ochotni ochutnat jídlo pouze ze zvědavosti, i když mají negativní očekávání (Tan et al. 2016).

Mezi faktory ovlivňující ochotu jíst jedlý hmyz patří pohlaví. Muži jsou obecně svolnější ke konzumaci hmyzu v porovnání s ženami, pro něž je velmi důležitý také vzhled potraviny (Megido et al. 2014). Ochota zkoušet nové potraviny závisí i na věku, je vyšší u mladých jedinců. Nejlépe však hmyz přijímají spotřebitelé, kteří nekonzumují maso nebo jeho spotřebu plánují snížit (Verbeke 2015), a jedinci, kteří při výběru potravin dbají na životní prostředí a pečují o své zdraví (de Boer et al. 2013). Mimo sensorické a vizuální vlastnosti je pro mnohé konzumenty nezbytné znát informace o původu a bezpečnosti jedlého hmyzu (Mishyna et al. 2020).

Hartmann et al. (2015) ve své studii srovnával vnímání konzumace hmyzu v Německu a Číně. Čínští konzumenti kladně hodnotili všechny potraviny na bázi hmyzu, nebyly znatelné žádné rozdíly v hodnocení celých kusů hmyzu a zpracovaných výrobcích z hmyzu (např. sušenky z cvrččí moučky). Němci narozdíl od toho jeví vyšší vstřícnost ke zpracovaným potravinám na bázi hmyzu, z čehož vyplývá, že pokud bude hmyz začleněn do známých potravin, bude konzumenty lépe přijat.

Německo nebylo jedinou zemí západní Evropy, kde byla provedena studie ke zjištění ochoty zařazení jedlého hmyzu do jídelníčku. Gmuer et al. (2016) provedl ve Švýcarsku online průzkum pomocí obrázků, na kterých byly pokrmy připravené z hmyzu (tortilla chipsy z cvrččí moučky; tortilla chipsy obsahující smažené cvrččí kousky; směs z tortilla chipsů a smažených cvrčků; smažení cvrčci). Zjišťoval, jaké mají švýcarští respondenti očekávání od takto

nachystaných jídel, a dospěl k závěru, že hmyzí pokrmy vyvolávají především negativní emoce až znechucení.

Množství výzkumů bylo provedeno v Nizozemí. Studie Schösler et al. (2012), ve které se zkoumala připravenost spotřebitelů přijmout hmyz jako náhražku masa, opět potvrdila, že pokrmy s viditelným hmyzem jsou ve srovnání s jinými možnostmi hodnoceny mnohem negativněji z hlediska jejich atraktivity a pravděpodobnosti konzumace. Jiná studie srovnávala pokrmy založené na proteinech šetrných k životnímu prostředí a výsledky ukázaly, že potraviny na bázi hmyzu (vyrobená ze sarančat) byly v porovnání s pokrmy z hybridního masa, čočky, fazolí nebo mořských řas nejméně populární (de Boer et al. 2013).

Nizozemští spotřebitelé hodnotili také burgery, z nichž jeden byl označen jako obsahující pouze hovězí maso a další tři označeny jako hovězí maso a neobvyklá přísada (jehněčí mozek/žabí maso/mouční červi). Nové přísady v receptuře ve skutečnosti nebyly, k vytvoření sensorických rozdílů byly použity různé druhy koření. Sensorické vlastnosti všech typů burgerů byly po ochutnání na stejné úrovni, ovšem ochota jíst nové burgery opakovaně byla nižší než u hovězího burgeru. Z toho vyplývá, že pozitivní smyslové zážitky hrají nezbytnou roli v procesu učení se přijímat potravinu, ale jsou nedostatečné (Tan et al. 2016).

Studie Megido et al. (2014) vzniklá v sousední Belgii potvrdila, že spotřebitelé jsou připraveni nakupovat a vařit hmyz doma, pokud si jej spojí se známými chutěmi a křupavou texturou. K opačným závěrům došel Vanhonacker et al. (2013), ačkoliv výzkum probíhal ve stejné zemi. V jeho studii spotřebitelé jeví velmi nízkou ochotu konzumovat hmyz, a to i ti, kteří se snažili snížit svou ekologickou stopu. Proto přijetí hmyzího proteinu považuje spíše za nerealistické a jako neefektivní způsob, jak zlepšit udržitelnost stravy.

V České republice provedla studii postoje českých konzumentů k jedlému hmyzu Kouřimská et al. (2020). Hodnotitelům byl předkládán pečený cvrček domácí a sledována byla jejich reakce před a po jeho ochutnání za účelem posouzení míry vlivu předsudků a následné změny postojů. Před ochutnáním bylo hodnocení vzorků převážně negativně, po jejich požití se přijatelnost zlepšila o 52 %, přičemž třetina hodnotitelů (n = 98) hmyz ani neochutnala. Bylo rovněž zjištěno, že ženy a mladší posuzovatelé jsou vůči entomofágii otevřenější, zastoupení mužů a žen v jednotlivých věkových kategoriích však v této studii nebylo rovnoměrné.

### 3.3 Nutriční složení jedlého hmyzu

Nutriční hodnoty jedlého hmyzu jsou velmi různorodé, přičemž největší rozdíly jsou mezi jednotlivými druhy, ale značně se liší i v závislosti na stádiu vývoje, původu a konzumované stravě (Finke & Oonincx 2014). Odlišnosti ve složení můžeme také pozorovat podle úpravy a zpracování před konzumací (sušení, vaření, smažení atd.) (van Huis 2013) a dle pohlaví. Například samice *Acheta domestica* L obsahují výrazně vyšší množství lipidů a méně bílkovin než samci téhož druhu (Kulma et al. 2019). Z hlediska obsahu energie, bílkovin i složení jednotlivých aminokyselin (AMK) lze jedlý hmyz považovat za vhodnou součást lidské výživy (Rumpold & Schlüter 2013a) nebo dokonce náhradu běžných potravin (Zielinska et al. 2015). Má rovněž vysoký obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA) i polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a je bohatý na stopové prvky (měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen a zinek), stejně jako vitamíny (riboflavin, kyselina pantothenová, biotin a v některých případech kyselina listová) (Rumpold & Schlüter 2013a).

V článku Rumpold a Schlüter (2013a) můžeme nalézt doposud největší přehled složení živin jednotlivých druhů jedlého hmyzu vytvořený z vydaných publikací. Jedná se o tabulku, která porovnává procentuální zastoupení bílkovin, tuků, vlákniny, bezdusíkatých látek a popela u 236 druhů jedlého hmyzu, přičemž někdy jsou údaje doplněné o kalorickou hodnotu a původ. Zjednodušenou verzi tabulky od Rumpold a Schlüter (2013a) ukazuje Tabulka 1.

**Tabulka 1:** Průměrné nutriční složení (%) a obsah energie (kcal/100 g) jedlého hmyzu (na základě sušiny) (Rumpold & Schlüter 2013a)

Latinský název	Řád	Bílkovina [%]	Tuk [%]	Vláknina [%]	Bezdušikáté látky [%]	Popel [%]	Energie [kcal/100 g]
<i>Blattodea</i>	švábi	57,30	29,90	5,31	4,53	2,94	-
<i>Coleoptera</i>	brouci	40,69	33,40	10,74	13,20	5,07	490,30
<i>Diptera</i>	dvoukřídli	49,48	22,75	13,56	6,01	10,31	409,78
<i>Hemiptera</i>	polokřídli	48,33	30,26	12,40	6,08	5,03	478,99
<i>Hymenoptera</i>	blanokřídli	46,47	25,09	5,71	20,25	3,51	484,45
<i>Isoptera</i>	termity	35,34	32,74	5,06	22,84	5,88	-
<i>Lepidoptera</i>	motýli	45,38	27,66	6,60	18,76	4,51	508,89
<i>Odonata</i>	vážky	55,23	19,83	11,79	4,63	8,53	431,33
<i>Orthoptera</i>	rovnokřídli	61,32	13,41	9,55	12,98	3,85	426,25

### 3.3.1 Energetická hodnota

Energetická hodnota hmyzu závisí na jeho složení, a to především na množství tuku. Nejvíce tuku mají larvy a kukly, tudíž obsahují i nejvíce energie, naopak dospělci, kteří mají více bílkovin, jsou méně energeticky hodnotní (Bednářová et al. 2013). V porovnání s masem je kalorická hodnota v průměru srovnatelná, výjimku tvoří pouze vepřové maso, které obsahuje více tuků (Rumpold & Schlüter 2013a).

Ramos-Elorduy et al. (1997) v Mexiku analyzovali 78 druhů hmyzu, přičemž stanovovali množství bílkovin, tuků, sacharidů, minerálních látek a energie. Obsah energie na 100 gramů (kcal/100 g) se pohyboval v rozmezí od 293 (*Latebraria amphipyrioides*) do 762 kcal/100 g sušiny (*Phasus triangularis*). Energetická hodnota může být také ovlivněna stravou hmyzu (Oonincx & van der Poel 2011).

### 3.3.2 Bílkoviny

Studii zkoumajících množství bílkovin v jedlém hmyzu je mnoho. Již dříve zmiňovaná studie Ramos-Elorduy et al. (1997) udává obsah bílkovin v rozmezí od 15 (*Phasus triangularis*) do 81 % sušiny (*Polybia sp. larvae*) a zároveň stanovuje stravitelnost hmyzího proteinu v intervalu 76-98 %. Z toho vyplývá, že stravitelnost hmyzího proteinu je lepší než stravitelnost rostlinného proteinu a jen o něco málo nižší než vaječné (95 %) nebo hovězí bílkoviny (98 %) (Kouřimská & Adámková 2016). Ve stejném roce Bukkens (1997) dokázal, že se obsah bílkovin mění dle kuchyňské úpravy, například čerstvý termity obsahoval pouze 20 % bílkovin v sušině, u smaženého to bylo 32 % a uzený jich obsahoval 37 %. Xiaoming et al. (2010) stanovoval množství bílkovin u 100 druhů hmyzu a zjistil vysokou variabilitu (13-77 % v sušině), a to i v rámci jednoho druhu. Výsledky Xiaoming et al. (2010) ukazují Tabulka 2.

**Tabulka 2:** Obsah bílkovin a esenciálních aminokyselin jedlého hmyzu (na základě sušiny) (Xiaoming et al. 2010)

Latinský název	Řád	Bílkoviny [%]	Esenciální aminokyseliny [%]
<i>Ephemeroptera</i>	jepice	66,26	23,81
<i>Odonata</i>	vážky	58,83	16,12
<i>Isoptera</i>	termiti	-	16,74
<i>Orthoptera</i>	rovnokřídli	44,10	13,95
<i>Homoptera</i>	stejnokřídli	51,13	16,34
<i>Hemiptera</i>	polokřídli	55,14	18,65
<i>Coleoptera</i>	brouci	50,41	17,13
<i>Megaloptera</i>	střečatky	56,56	19,51
<i>Lepidoptera</i>	motýli	44,91	13,92
<i>Diptera</i>	dvoukřídli	59,39	-
<i>Hymenoptera</i>	blanokřídli	47,81	16,23

Bednářová et al. (2013) se zaměřila na sedm druhů hmyzu, přičemž u šesti z nich byl obsah bílkovin v sušině podobný (50,7-62,2 %), pouze *Galleria mellonella* měla množství bílkovin nižší (38,4 %). V jiné studii v Nigérii bylo zkoumáno, zda se obsah bílkovin u sarančat liší, pokud jsou krmena otrubami nebo kukuřicí. Skupina dostávající otruby, které obsahují vysoké množství esenciálních AMK, měla téměř dvojnásobné množství bílkovin než skupina krmená kukuřicí. Dále se také zjistilo, že obsah bílkovin je závislý na stádiu vývoje, nejvyšší je u dospělců (Ademolu et al. 2010).

Množství bílkovin v jedlém hmyzu bývá ale mnohdy nadhodnoceno, jelikož stanovení bílkovin se provádí z výpočtu naměřených dusíkatých látek. Hmyz však v porovnání s jinými živočichy obsahuje vyšší množství nebílkovinného dusíku ve formě kyseliny močové, chitinu a  $\beta$ -alaninu, tudíž naměřené hodnoty nemusí být přesné (Oonincx & Finke 2021).

Z hlediska aminokyselin obsahuje hmyzí protein řadu nutričně hodnotných esenciálních AMK, z celkového množství představují tyto esenciální AMK 46-96 % (Xiaoming et al. 2010). Hojně zastoupen bývá fenylalanin a tyrosin, v některém jedlém hmyzu jsou také vysoké hladiny lysinu, tryptofanu a threoninu. Tyto AMK jsou nedostatkové v obilovinách, které jsou pro lidi v rozvojových zemích hlavním zdrojem bílkovin, zařazení jedlého hmyzu do jejich stravy tudíž může být velmi prospěšné (Rumpold & Schlüter 2013a).

Pokud by však jedlý hmyz měl sloužit nebo již slouží k obohacení stravy, je zapotřebí zmapovat tradiční stravování a základní používané potraviny v jednotlivých oblastech a porovnat jejich nutriční hodnoty s nutričními hodnotami lokálně dostupného jedlého hmyzu. Příkladem může být konzumace larev nosatce palmového (*Rhynchophorus ferrugineus*) domorodými obyvateli Papuy-Nové Guiney, který je bohatý na lysin. Tato AMK je společně s leucinem nedostatková v tradičně konzumovaných hlízách, a tudíž by kombinace hlíz a tohoto hmyzu mohla zamezit karenci těchto AMK (Bukkens 2005). V mnoha afrických zemích je základní potravinou kukuřice, která ovšem nemá dostatek lysinu a tryptofanu, a tak může být nedostatek těchto živin doplněn jedlými termity. V Angole se jedná konkrétně o druh *Macrotermes bellicosus*, ovšem ne každý druh termitů je vhodný ke konzumaci (Sogbesan & Ugwumba 2008). V Demokratické republice Kongo se nedostatek lysinu doplňuje pojidáním

housenek (Bukkens 2005). Obecně lze tedy konstatovat, že aminokyselinové spektrum jedlého hmyzu je z hlediska kvality srovnatelné s plnohodnotným živočišným proteinem (Zielinska et al. 2015).

### 3.3.3 Tuky

Jedlý hmyz je významným zdrojem tuků, přičemž jeho množství a složení je ovlivněno především druhem, vývojovým stádiem, výživou a faktory prostředí jako je například teplota nebo světlo. Více tuků obsahují ve většině případů samice (Kulma et al. 2019), hmyz v larválním stádiu (Bednářová et al. 2013) a komerčně chovaný hmyz (Oonincx & Finke 2021). Nejhojněji zastoupenou formou tuků jsou triglyceridy (80 %), které slouží především jako energetická zásoba během dlouhých letů. Další skupinou jsou fosfolipidy (méně než 20 %), které jsou základní složkou buněčných membrán (Tzompa-Sosa et al. 2014). Z řady sterolů je nejčastějším zástupcem cholesterol, který u běžně konzumovaných housenek *Imbrasia belina* a termitů *Macrotermes bellicosus* představuje v průměru 3,6 % lipidové frakce (Ekpo et al. 2009).

Hmyz obsahuje vyšší procento nenasycených mastných kyselin než nasycených (de Castro et al. 2018), přičemž velkou skupinu tvoří PUFA. Dle Womeni et al. (2009), kteří zkoumali obsah a složení tuku extrahovaného z různých druhů hmyzu, je hmyz bohatý na kyselinu linolovou a  $\alpha$ -linolenovou, zároveň jsou ve správném poměru zastoupeny  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 PUFA. Nevýhodou přítomnosti nenasycených mastných kyselin je rychlejší žluknutí způsobené oxidací tuků (Zhao et al. 2016) a je nezbytné podotknout, že složení mastných kyselin je ovlivněno především krmnou směsí (Bukkens 2005). Průměrné množství jednotlivých druhů mastných kyselin ukazuje Tabulka 3.

**Tabulka 3:** Průměrné množství jednotlivých druhů mastných kyselin (Rumpold & Schlüter 2013a)

Latinský název	Řád	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]
<i>Coleoptera</i>	brouci	38,49	35,72	27,14
<i>Diptera</i>	dvoukřídli	33,02	47,23	15,95
<i>Hemiptera</i>	polokřídli	43,89	32,39	22,89
<i>Hymenoptera</i>	blanokřídli	29,88	48,76	21,18
<i>Isoptera</i>	termiti	41,97	22,00	36,04
<i>Lepidoptera</i>	motýli	37,04	23,36	39,76
<i>Orthoptera</i>	rovnokřídli	32,05	29,37	37,08
<i>Dictyoptera</i>	švábi, všekazi, kudlanky	41,22	49,58	1,06

Bednářová et al. (2013) stanovila, že hmyz má 10-60 % tuku v sušině a Womeni et al. (2009) došli k podobnému závěru, ale jejich rozpětí bylo ještě větší (9-67 %). Celkový obsah tuku u housenek (*Lepidoptera* spp.) a rovnokřídlech (*Orthoptera* spp.) stanovili Tzompa-Sosa et al. (2014) na 8,6-15,2 g/100 g, resp. 3,8-5,3 g/100 g.

### 3.3.4 Sacharidy

Sacharidy jsou v jedlém hmyzu zastoupeny jen ve velmi malém množství. Kromě chitinu, který je základem exoskeletu, se zde vyskytuje malé množství glykogenu a zbytky

jiných sacharidů, které byly obsahem trávicího traktu, pokud nebyl hmyz před usmrcením vyhladovělý (Oonincx & Finke 2021).

Chitin je vláknina, která je pro většinu lidí nestravitelná, jelikož chitináza je v jejich žaludeční šťávě v neaktivní formě (Paoletti et al. 2007). Aktivní forma chitinázy je častější u obyvatel tropických zemí, právě z důvodu častější konzumace hmyzu (Muzzarelli et al. 1994). Množství chitinu se v průměru pohybuje mezi 4-8 % sušiny (Selenius et al. 2018). Finke (2007) stanovoval chitin v komerčně chovaném hmyzu a určil, že obsahuje 2,7-49,8 mg/kg chitinu v čerstvém mase a 11,6-137,2 mg/kg chitinu v sušině. Jeho výzkum také potvrdil, že hmyzí protein je pro člověka lépe stravitelný po odstranění chitinu.

Chitin je díky svým prebiotickým vlastnostem spojován se zlepšením střevního mikrobiomu (Selenius et al. 2018), dále může plnit obranou funkci proti parazitárním infekcím a alergickým stavům (Finke 2007). Lee et al. (2008) zaznamenali jeho protinádorové účinky, dále bylo u některých jedinců zjištěno zlepšení imunitní odpovědi vůči patogenním bakteriím a virům (Muzzarelli 2010).

### 3.3.5 Mikronutrienty

Definovat přesné množství jednotlivých mikronutrientů v jedlém hmyzu je velmi obtížné, jelikož jejich obsah kolísá sezonně i dle krmiva (Kouřimská & Adámková 2016). Značné odlišnosti jsou jak mezi jednotlivými druhy, tak i v rámci jednoho řádu nebo jedinci (Rumpold & Schlüter 2013a). Podle Světové zdravotnické organizace však konzumace celého těla hmyzu obecně zvyšuje nutriční hodnoty, podobně jako konzumace celého těla ryb (WHO 2004).

#### 3.3.5.1 Minerální látky

Nejhojněji zastoupenými minerálními látkami jsou železo, zinek, draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík, mangan a měď (van Huis 2013). Z hlediska množství železa, se některé druhy jedlého hmyzu mohou vyrovnat hovězímu masu, které ho obsahuje přibližně 6 mg/100 g sušiny (Bukkens 2005). Například housenka mopane můry císařské (*Gonimbrasia belina*) obsahuje přibližně 31-77 mg/100 g železa v sušině a saranče 8-20 mg/100 g (Oonincx et al. 2010). Nedostatek železa způsobuje anémii, která se vyskytuje jak ve vyspělých zemích, tak především v rozvojových zemích, tudíž zařazení vhodného jedlého hmyzu do stravy v rizikových zemích může snížit prevalenci tohoto onemocnění.

Další často se vyskytující minerální látka jedlého hmyzu je zinek, který je nedostatkový především v rozvojových zemích a nízké hladiny tohoto prvku mohou být příčinou růstové retardace, potratů či předčasných porodů (WHO 2004). Jeho vysoké množství 14 mg/100 g sušiny je obsaženo ve výše zmíněné housence mopane můry císařské (*Gonimbrasia belina*) a také v larvě nosatce palmového (*Rhynchophorus phoenicis*) (26,5 mg/100 g sušiny) (Oonincx et al. 2010). Některé druhy termitů jsou velmi bohaté na množství manganu 2710-5150 mg/kg sušiny. Množství vápníku je závislé na tom, zda hmyz má či nemá mineralizovanou kostru, a dále na zbytcích krmiva v gastrointestinálním traktu (GIT). Obecně platí, že většina hmyzu obsahuje více fosforu než vápníku, a také více draslíku než sodíku (Oonincx & Finke 2021).



### 3.3.5.2 Vitamíny

Jedlý hmyz obsahuje vitamíny rozpustné v tucích i ve vodě (Xiaoming et al. 2010; Oonincx & Dierenfeld 2012). Podobně jako u ostatních nutrientů jsou velké rozdíly mezi jednotlivými druhy (Oonincx et al. 2012), ale obecně lze říci, že divoce žijící hmyz má nízké hladiny vitamínů skupiny B (Oonincx & Finke 2021) a nedostatečné množství vitamínu C (Rumpold & Schlüter 2013a). Nízké jsou také hladiny vitamínu A, i když divoce žijící jedinci ho obsahují podstatně více (Oonincx et al. 2012).

Obsah vitamínu A je dán také anatomii hmyzu, konkrétně jeho oka, kde se tento vitamín syntetizuje z karotenoidů, a tudíž hmyz nemající oči vitamín A téměř neobsahuje (Oonincx & Finke 2021). Retinol a  $\beta$ -karoten byly nalezeny v housenkách druhů *Imbrasia oyemensis*, *Nudaurelia oyemensis*, *Ichthyodes truncata* a *Imbrasia epimethea* v množství 32-48  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny, resp. 6,8-8,2  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny. V případě žlutého moučného červa potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), „superčerva“ potemníka brazilského (*Zophobas morio*) a cvrčka domácího (*Acheta domestica*) byly zjištěny pouze nízké hodnoty retinolu ( $< 20\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny) i  $\beta$ -karotenu ( $< 100\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny) (Finke 2002; Bukkens 2005). Předem vytvořený vitamín A byl identifikován u několika druhů larev *Lepidoptera spp.* a u termita druhu *Nasutitermes corniger* (Finke 2002).

Vitamín E byl nalezen v larvách nosatce rudého (*Rhynchophorus ferrugineus*) v množství 35 mg  $\alpha$ -tokoferolu a 9 mg tokoferolů  $\beta + \gamma$  na 100 g sušiny (Bukkens 2005). Bourec morušový (*Bombyx mori*) obsahoval 9,65 mg/100 g sušiny tokoferolů (Tong et al. 2011).

Bukkens (2005) stanovoval množství vitamínů skupiny B v několika druzích jedlého hmyzu. Vitamín B<sub>1</sub> se vyskytoval v rozmezí 0,1-0,4 mg/100 g sušiny, vitamín B<sub>2</sub> v intervalu 0,11-8,9 mg/100 g a vitamín B<sub>12</sub> se u některých druhů nevyskytoval téměř vůbec. Naopak cvrček domácí (*Acheta domestica*) obsahovali vysoké množství tohoto vitamínu – 5,4  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny u dospělých jedinců, resp. 8,7  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  sušiny u nymf. Podle Rumpolda a Schlütera (2013a) je hmyz bohatý také na vitamín B<sub>5</sub> a B<sub>7</sub>, brouci a rovnokřídlí obsahují vitamín B<sub>9</sub>.

## 3.4 Výrobky s přídavkem hmyzí moučky

Hmyzí moučka se využívá nejen ve stravě člověka, ale také v akvakultuře a jako krmivo pro zvířata (Barroso et al. 2014). Ke dnešnímu dni je však množství literatury zabývající se výrobky z hmyzí moučky poměrně malé. Většinu doposud publikovaných studií zabývajících se tímto tématem, od výroby a zpracování hmyzí moučky po jednotlivé produkty, ve svém článku shrnuli Gravel a Doyen (2020). Hmyzí moučka se stejně jako koncentrát mléčné nebo sójové bílkoviny získává obecným pětikrokovým postupem – příprava, odtučnění, solubilizace a regenerace, čištění a sušení (Gravel & Doyen 2020).

### 3.4.1 Sušenky a krekrý s použitím hmyzí moučky

Moučka z jedlého hmyzu může být společně jinými druhy mouk přidávána do sušenek, krekrů a jiných pečených pochutin (Yazici & Ozer 2021).

Castro Delgado et al. (2020) zkoumali, jak spotřebitelé ve Spojených státech amerických, Mexiku a Španělsku akceptují čokoládové sušenky vyrobené s přídavkem hmyzí moučky. Vybraní konzumenti porovnávaly tři vzorky sušenek: kontrolní čokoládové sušenky

upečené pouze z pšeničné mouky a dvě verze nahrazující 15 % a 30 % pšeničné mouky za ekvivalentní množství cvrččí moučky. Použité ingredience ukazují Tabulka 4.

**Tabulka 4:** Ingredience a jejich množství pro čokoládové sušenky (Castro Delgado et al. 2020)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	15 % cvrččí moučky [g]	30 % cvrččí moučky [g]
pšeničná mouka	288,0	244,8	201,6
cvrččí moučka	-	43,2	86,4
jedlá soda	7,0	7,0	7,0
sůl	5,7	5,7	5,7
máslo	227,0	227,0	227,0
cukr krystal	148,5	148,5	148,5
třtinový cukr	159,0	159,0	159,0
vanilkový extrakt	5,7	5,7	5,7
vejce	100,0	100,0	100,0
Nestlé polosladké kousky čokolády	256,0	256,0	256,0
nasekané vlašské ořechy	128,0	128,0	128,0

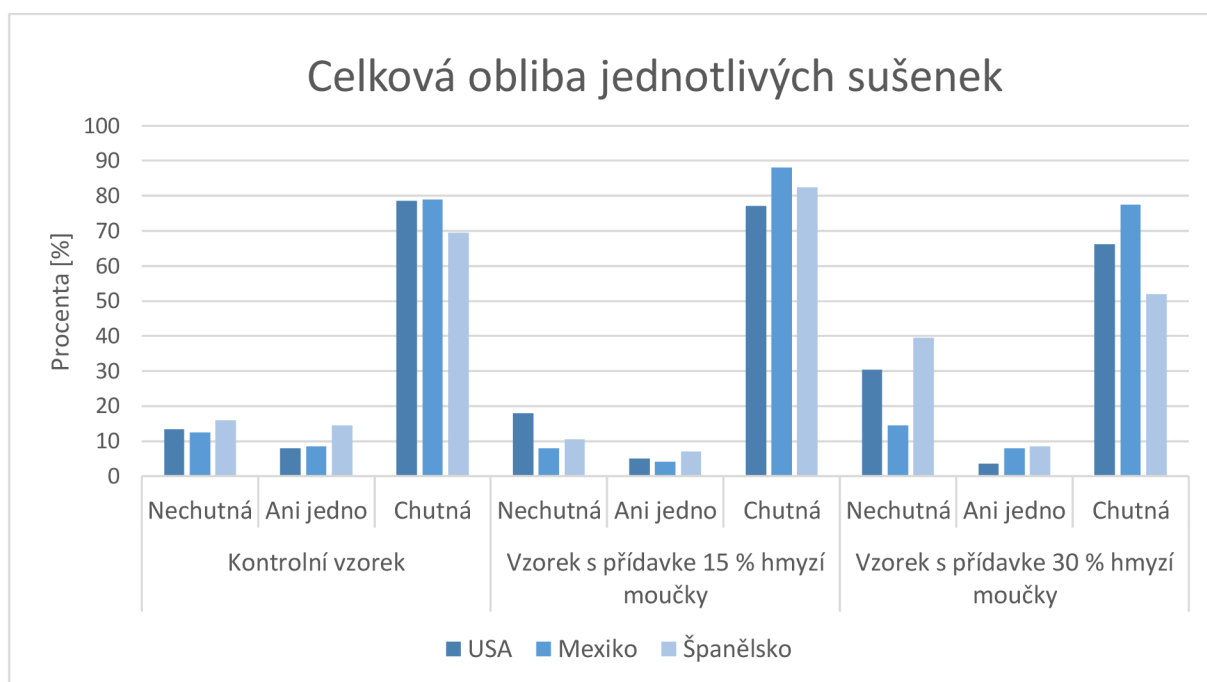
Pro výrobu sušenek byl zvolen následující pracovní postup. Nejprve byla v malé míse smíchána mouka s jedlou sodou a solí, poté bylo ve druhé nádobě utřené máslo s oběma cukry a vanilkovým extraktem. Následně se k máslu přidala vejce, mouka, ořechy a Nestlé polosladké kousky čokolády. Pomocí polévkové lžice se těsto rozmístilo na plech, který se dal do předehřáté trouby na 190 °C a sušenky se pekly 10 minut dozlatova. Po vyrobení v USA byly vzorky skladovány v teplotě -18 °C a následně odeslány do Mexika a Španělska. Zmrazené vzorky byly skladovány po dobu až 3 měsíců.

Hodnotitelé byli vybráni pomocí existujících databází, jednalo se vždy celkem o 200 lidí z každého státu – cca 100 žen a 100 mužů rovnoměrně rozdělených do čtyř věkových skupin. Hodnocena byla celková obliba sušenky, vzhled, textura, chuť, intenzita chuti, pachů, čokoládová příchut', sladkost, hořkost, křupavost, tvrdost a barva. Výsledky studie ukázaly, že mladším hodnotitelům obecně chutnaly obě varianty sušenek s přídavkem hmyzí moučky více než starším hodnotitelům. Američtí spotřebitelé označili kontrolní vzorky jako nejlepší, ačkoliv sušenky s přídavkem 15 % cvrččí moučky také považovali za chutné. Vzorky se 30 % hmyzí moučky měly naopak nižší skóre ve všech kategoriích, navíc je hodnotitelé popisovali jako velmi tvrdé a hořké. Největší rozdíly byly ve vzhledu a barvě, obecně si muži oblíbili sušenky s přídavkem hmyzí moučky více než ženy.

Mexičtí konzumenti zvolili jako nejchutnější variantu sušenky s přídavkem 15 % cvrččí moučky. Tyto vzorky měly nejlepší hodnocení téměř ve všech kategoriích, významné rozdíly nebyly ani v tvrdosti a intenzitě hořkosti. Sušenky upečené pouze z pšeničné mouky i sušenky s 30 % hmyzí moučky měly velmi podobná hodnocení a na rozdíl od hodnotitelů z USA, mexické ženy sympatizovaly se sušenkami s hmyzí moučkou více než mexičtí muži.

Spotřebitelé ze Španělska také preferovali vzorek s obsahem 15 % cvrččí moučky, ale v porovnání s Mexikem považovali kontrolní vzorek za výrazně lepší než vzorek s 30 % hmyzí moučky. Největší rozdíly byly v křupavosti, tvrdosti, textuře a barvě, a i ve Španělsku si ženy oblíbily sušenky z hmyzí moučky více než muži. Z této studie tudíž vyplývá, že nahrazení 15 %

pšeničné mouky cvrččí moučkou nemá negativní vliv na chuť produktu a ve skutečnosti může zlepšit chuť i obsah bílkovin. Celkovou oblibu všech tří vzorků v jednotlivých zemích ukazuje Graf 1.



**Graf 1:** Celková obliba [%] tří vzorků čokoládových sušenek v jednotlivých zemích (Castro Delgado et al. 2020)

Biró et al. (2020) ke svému výzkumu rovněž použili moučku z cvrčka domácího. Tu přidávali do ovesných sušenek v množství 5 %, 10 % a 15 % a zkoumali jejich barvu, tvrdost a celkovou titrační kyselost. Kontrolním vzorkem byla sušenka bez hmyzí moučky, na rozdíl od předchozí studie však v tomto receptu byla místo pšeničné mouky použita mouka ovesná. Přidána navíc byla pohanková mouka, ke zmírnění barevných rozdílů mezi vzorky bez výrazného ovlivnění chuti. Při přípravě byly nejprve smíchány moučné směsi, do kterých se po pečlivém promíchání přidalo nakrájené máslo, zakysaná smetana, prášek do pečiva a sůl. Množství jednotlivých ingrediencí ukazuje Tabulka 5. Vzniklé těsto bylo rozváleno na vrstvu o tloušťce 3 mm, a poté z něj byly vykrajovány kruhové kousky o průměru 5 cm. Sušenky byly následně vloženy do předehřáté trouby a za teploty 180 °C byly 10 minut pečeny. Jednotlivé dávky těsta vážily 300 g, vzniklé sušenky byly o hmotnosti  $5,87 \pm 1,24$  g na kus.

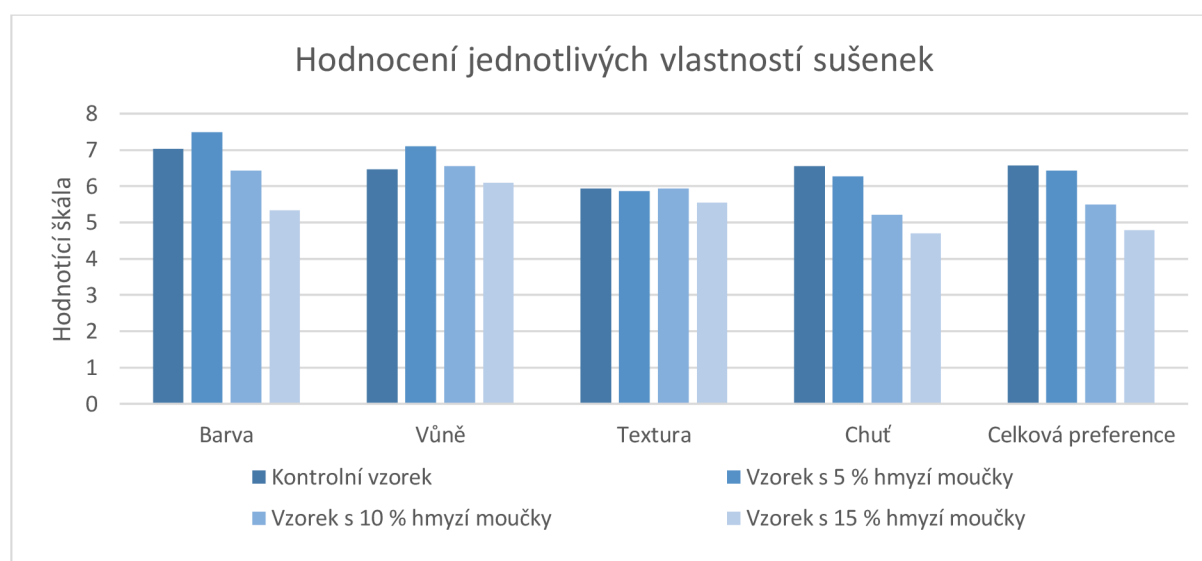
**Tabulka 5:** Ingredience a jejich množství pro sušenky z moučky ze cvrčka domácího (Biró et al. 2020)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	5 % hmyzí moučky [g]	10 % hmyzí moučky [g]	15 % hmyzí moučky [g]
ovesná mouka	80,0	75,0	70,0	65,0
pohanková mouka	20,0	20,0	20,0	20,0
hmyzí moučka	-	5,0	10,0	15,0
máslo	33,9	33,9	33,9	33,9
zakysaná smetana	20,3	20,3	20,3	20,3

<b>sůl</b>	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>prášek do pečiva</b>	0,4	0,4	0,4	0,4

Senzorickou analýzu provádělo 100 studentů ve věku 18-35 let z Univerzity Istvána Széchenyiho v Maďarsku. Mezi hodnotiteli bylo dvakrát více žen než mužů a více než třetina hodnotitelů měla předchozí zkušenosti s konzumací hmyzu. Posuzování probíhalo metodou CATA (Check-All-That-Apply), která spočívá ve výběru ze seznamu slov a frází, které nejlépe charakterizují daný vzorek, a také pomocí devítibodové hédonické škály (1 = extrémně špatné; 9 = extrémně dobré).

Dotazník CATA se skládal z 38 pojmů, z nichž byly nejčastěji označeny pojmy – drolivé, drobivé, příjemná vůně, dlouhotrvající chuť a správná barva. Naopak nejméně použitými pojmy byly – tvrdé, kořeněná příchut', rybí vůně, sladká chuť a rybí příchut'. Při srovnání s hodnocením pomocí hédonické škály, které ukazuje Graf 2, jde určit, jaké pojmy jsou spjaté s pozitivním přijetím a jaké s negativním. Kladné hodnocení získaly vzorky s označením správná barva, chutné, příjemná vůně, jemné, tučné, vůně toustů, drobivá textura a sýrová příchut'. Naopak záporně byly hodnoceny sušenky označené jako příliš světlé, příliš tmavé, příliš silná chuť, příliš slabá chuť, příliš silný zápach, příliš slabý zápach, zápach spáleniny, rybí zápach, zemitá příchut' a rybí příchut'.



**Graf 2:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 9 = extrémně dobré) (Bíró et al. 2020)

Hodnotitelé celkově preferovali kontrolní vzorek, a to zejména kvůli chuti, kterou měla tato sušenka nejlepší. Barva a vůně byla nejlépe hodnocena u vzorku s obsahem 5 % hmyzí moučky, v textuře nebyly zaznamenány významné rozdíly. Výsledky měření barvy, celkové titrační kyselosti a textury ukázaly, že i malé množství moučky z cvrčka domácího vedlo k tmavší barvě vzorků a zvýšilo jeho kyselost, ale texturu významně neovlivnilo.

Jediný dohledaný výzkum provedený v České republice provedli Adámek et al. (2020), kteří vytvořili dva druhy energetických sušenek s přidavkem moučky právě z cvrčka domácího. Základem obou vzorků byly datle a cvrččí moučka, ale ve vzorku A byly dále obsaženy ananas, kešu, kokos, psyllium a citronová kůra, zatímco vzorek B obsahoval kakaový prášek, kešu,

psyllium a pomerančovou kůru. Nepečené tyčinky byly nakrájeny na kousky a podávány hodnotitelům na párátkách.

Studie se účastnilo 42 respondentů, již vzorky cvrččích tyčinek hodnotili pomocí ordinální pětibodové stupnice (1 = velmi dobré; 5 = velmi špatné). Výsledky ukázaly, že mezi vzorky není žádný statistický rozdíl, přičemž obě tyčinky byly hodnoceny kladně. Velmi malý rozdíl byl v preferenci jednotlivých vzorků mezi pohlavími, muži preferovali vzorek A, naopak pro ženy byl chutnější vzorek B, jenž obsahoval kakaový prášek, který ženám chutná více než mužům (Kozelová et al. 2014). Obecně byly tyčinky dobře přijaty a je tedy pravděpodobné, že čeští spotřebitelé jsou nakloněni konzumaci jedlého hmyzu přidaného do známých, sladkých a výrazně ochucených potravin.

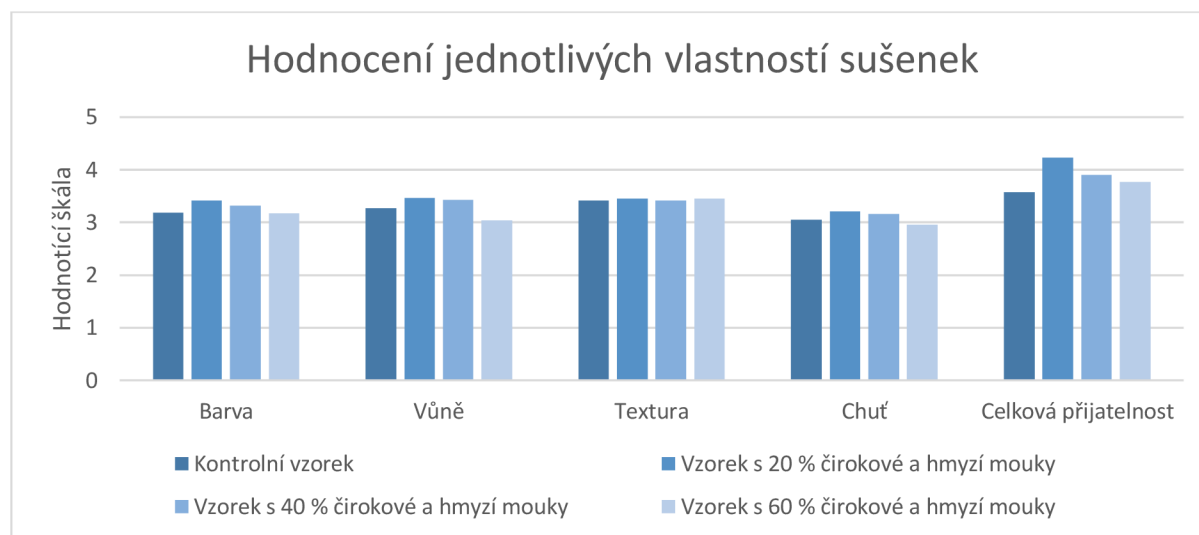
Awobusuyi et al. (2020a) zkoumali akceptaci sušenek s přidavkem termitů (*Macrotermes bellisicosus*) a čiroku na místním obyvatelstvu oblasti Ikare-Akoko ve státu Ondo v Nigérii, kde je hmyz běžně konzumován. Srovnávány byly čtyři druhy sušenek, přičemž celozrnná čiroková mouka byla smíchána s hmyzí moučkou vždy v poměru 3:1 a tato směs nahradila pšeničnou mouku v množství 20 %, 40 % a 60 %, kontrolním vzorkem byla 100% pšeničná sušenka. Použité ingredience ukazuje Tabulka 6. Sušenky byly vyrobeny nejprve prosetím a smícháním všech suchých ingrediencí, následně byl přidán margarín a směs byla hnětena po dobu dvou minut. Vzniklé těsto bylo pomocí válečku vyváleno na plech, a poté formičkami vykrájeno na požadované tvary. Sušenky byly pečené v předehřáté troubě na 150 °C po dobu 20 minut, a následně 30 minut chlazené při pokojové teplotě.

**Tabulka 6:** Ingredience a jejich množství pro čirokovo-hmyzí sušenky (Awobusuyi et al. 2020a)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	20 % jiné mouky [g]	40 % jiné mouky [g]	60 % jiné mouky [g]
pšeničná mouka	480	384	288	192
čiroková mouka	-	72	144	216
hmyzí moučka	-	24	48	72
sůl	5	5	5	5
margarín	250	250	250	250
cukr	200	200	200	200
sušené mléko	50	50	50	50
vanilkový extrakt	5	5	5	5
prášek do pečiva	10	10	10	10

Senzorického hodnocení se zúčastnilo 84 hodnotitelů ve věku 20-59 let, kteří byli náhodně vybráni z původních 120 oslovených. Pomocí pětibodové obličejové hedonické škály (1 = velmi špatné; 5 = velmi dobré) bylo hodnoceno pět vlastností sušenek – chuť, textura, vůně, barva a celková přijatelnost. Poté probíhaly diskuzní skupiny za účelem posouzení spotřebitelského vnímání použití hmyzu jako zdroje potravy. Výsledky ukázaly, že pro populaci běžně konzumující hmyz jsou v celkovém hodnocení přijatelnější všechny tři druhy sušenek obsahující hmyzí a čirokovou mouku než kontrolní vzorek, přičemž nejdůležitějšími parametry v rozhodování byla chuť a barva. Nejlépe hodnocenou sušenkou byl vzorek s obsahem 20 % čirokové a hmyzí mouky, a to jak v celkové přijatelnosti, tak i ve všech posuzovaných attributech.

Z hlediska barvy byl nejhůře hodnocen vzorek s 60 % čirokové a hmyzí mouky, který měl intenzivní hnědou barvu. Druhým nejhorším vzorkem byla kontrolní sušenka, jejíž barva byla naopak nejsvětější. Stejně pořadí získaly jednotlivé vzorky i v dalších dvou hodnocených kategoriích (chuť a vůně), tedy nejlépe hodnocena byla sušenka s obsahem 20 % čirokové a hmyzí mouky, dále sušenka s obsahem 40 % čirokové a hmyzí mouky, následoval kontrolní vzorek a poslední byla sušenka s obsahem 60 % čirokové a hmyzí mouky. Textura byla u všech vzorků hodnocena podobně, ačkoliv 100% pšeničné sušenky měly výrazně hladší povrch než sušenky obsahující mouku z čiroku a hmyzu. Hodnocení jednotlivých vzorků ukazuje Graf 3.

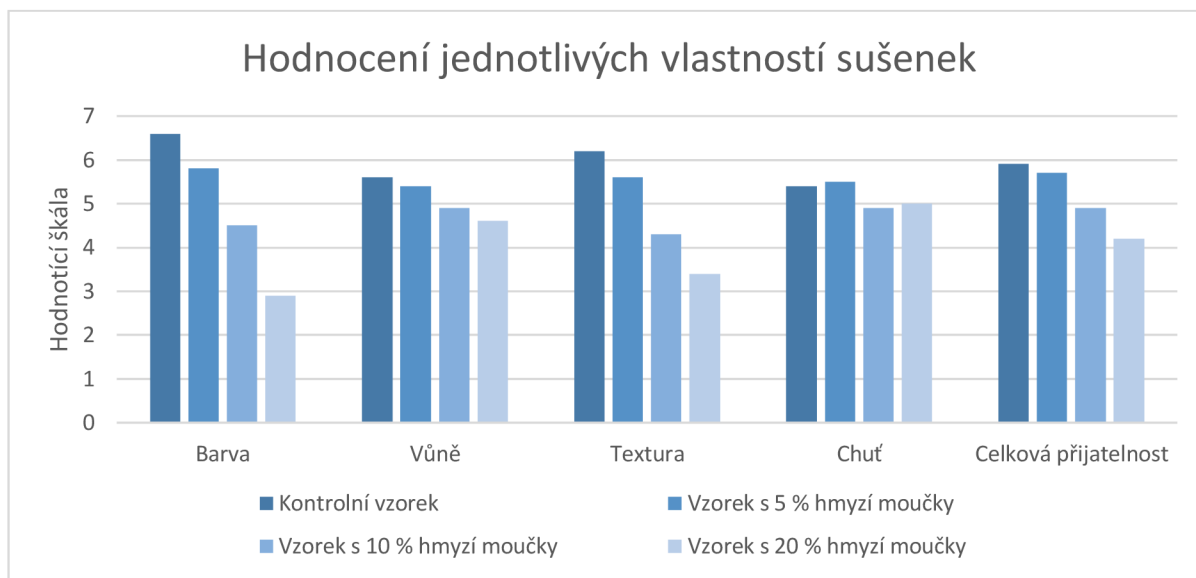


**Graf 3:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 5 = velmi dobré) (Awobusuyi et al. 2020a)

Stejný recept i postup využili Awobusuyi et al. (2020b) také pro analýzu nutričního složení, fyzikálních vlastností a funkčních vlastností, jako je absorpční kapacita vody a oleje. Tato studie potvrdila, že sušenky z termítů moučky a čiroku mají vysokou nutriční hodnotu, a to především z pohledu bílkovin, energie, železa, zinku a lysinu. V afrických zemích s častou protein-energetickou malnutricí by tyto sušenky mohly mít zásadní význam na zlepšení výživového stavu tamější populace.

Kinyuru et al. (2009) se ve své studii hmyzích sušenek zajímali nejen o senzorickou analýzu, ale také o kynutí tohoto těsta a jeho nutriční hodnoty. Využili k tomu moučku z termítů, konkrétně druhu *Macrotermes subhyalinus*, a nahrazovali s ní 5 %, 10 % nebo 20 % pšeničné mouky, přičemž kontrolním vzorkem byla 100% pšeničná sušenka. Pečení probíhalo podle metody AACC z roku 1995 za použití 60 g těsta na jeden kus. Studie se účastnilo celkem 25 zkušených hodnotitelů z katedry výživy Univerzity Jomo Kenyatta v Keni, z nichž polovina v minulosti konzumovala hmyz.

Pomocí sedmibodové hédonické škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) byla hodnocena vůně, chuť, vzhled, textura a celková preference jednotlivých sušenek. Výsledky byly ve všech kategoriích mimo chuť stejné – čím vyšší byl obsah hmyzí moučky, tím hůře byly sušenky hodnoceny. Chuťově hodnotitele nejvíce zaujala sušenka s 5 % hmyzí moučky, následována kontrolním vzorkem a vzorkem s 20 % hmyzí moučky, jako nejméně chutný byl zvolen vzorek sušenka s 10 % hmyzí moučky. Výsledky studie ukazuje Graf 4. Celková velikost sušenek a jejich výška se snižovaly se vzrůstajícím procentem hmyzí moučky.



**Graf 4:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) (Kinyuru et al. 2009)

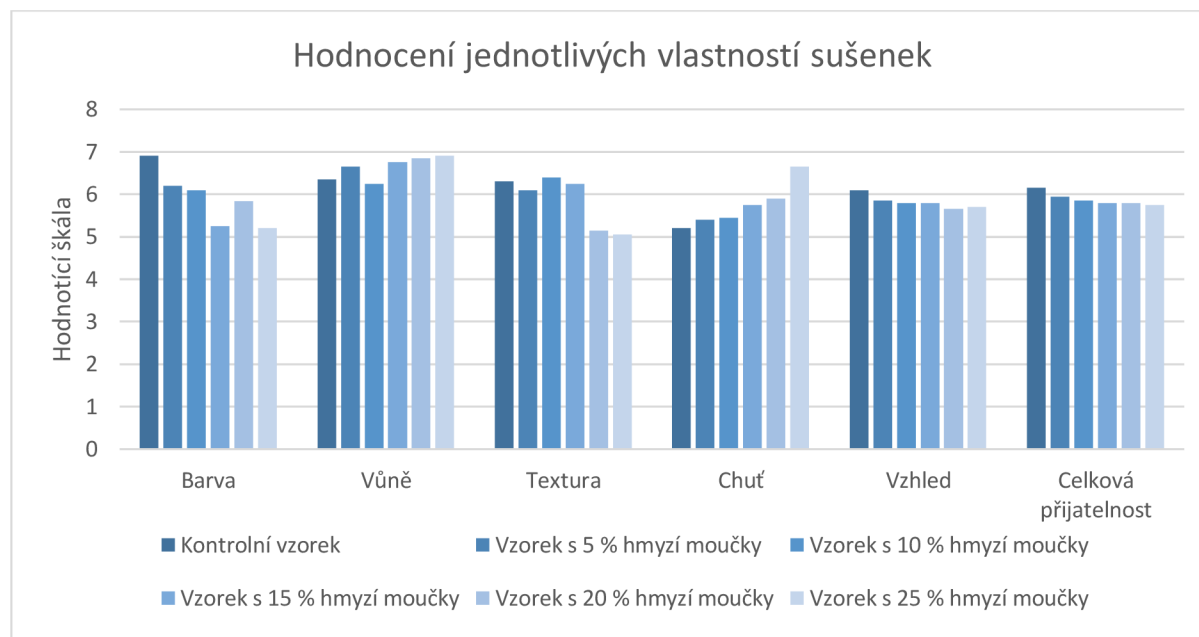
Moučka z *Macrotermes subhyalinus* byla použita také pro výzkum Niaba et al. (2013) v Abidžanu v Pobřeží slonoviny. Termití moučka byla odtučněna, smísená s pšeničnou moukou a přidávána do sušenek v množství 5 %, 10 %, 15 %, 20 % a 25 %. Ingredience a jejich množství ukazuje Tabulka 7, zvolený pracovní postup článek bohužel neuvádí. Mimo senzoričnou analýzu se tato studie zaměřila na fyzikální a nutriční vlastnosti vzniklých sušenek.

**Tabulka 7:** Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z termitů (Niaba et al. 2013)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	5 % hmyzí moučky [g]	10 % hmyzí moučky [g]	15 % hmyzí moučky [g]	20 % hmyzí moučky [g]	25 % hmyzí moučky [g]
pšeničná mouka	225	213,75	202,5	191,25	180	168,75
hmyzí moučka	-	11,25	22,5	33,75	45,0	56,25
cukr	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
slunečnicový olej	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0
prášek do pečiva	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50
vanilková esence	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
voda	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	95,0

Neznámý počet vyškolených hodnotitelů hodnotil pomocí sedmibodové hédonické škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) barvu, vůni, chuť, texturu, vzhled a celkovou přijatelnost sušenek. Podobně jako v jiných studiích s narůstajícím množstvím hmyzí moučky sušenky tmavly, což ovšem hodnotitelé příliš neocenili, tudíž nejlépe hodnoceným vzorkem byla kontrolní sušenka bez hmyzí moučky. Ve vůni a vzhledu nebyly zaznamenány výrazné rozdíly, lze pouze konstatovat, že čím více hmyzí moučky sušenky obsahovaly, tím méně byly

pro hodnotitele vzhledově uspokojivé. Odlišnosti v textuře byly zaregistrovány až při přidavku 20 a více procent hmyzí moučky a na hodnocení měly negativní účinky. Tento výzkum má ale velmi ojedinělé výsledky hodnocení chuti. Narozdíl od všech ostatních studií, je zde vzrůstající tendence chutnosti sušenek se zvyšováním obsahu hmyzí moučky. Autoři to připisují tomu, že byla použita moučka zbavená tuku, jenž je v potravinách hlavním nositelem chuti. Všechny sušenky byly prohlášeny za přijatelné, ačkoliv nejlépe hodnoceným vzorkem byla kontrolní sušenka. Hodnocení jednotlivých vlastností sušenek ukazuje Graf 5.



**Graf 5:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 7 = velmi dobré) (Niaba et al. 2013)

Nutriční analýza prokázala vyšší množství bílkovin a minerálních látek při začlenění hmyzí moučky do receptury, obsah tuků se naopak snížil. Hmyzí moučka také mírně zvyšuje pH a ovlivňuje tvar sušenky – její průměr se zvětšuje, zatímco tloušťka klesá. Porovnání nutričního složení některých druhů termitů a cvrčků sušenek ukazuje Tabulka 8.

**Tabulka 8:** Nutriční složení sušenek z moučky ze cvrčků a termitů dle několika autorů (Biró et al. 2020), (Awobusuyi et al. 2020b) a (Niaba et al. 2013)

	sušenka <i>Acheta domestica</i> 10 % (Biró et al. 2020)	sušenka <i>Macrotermes bellisicosus</i> a čiroku 10 % (Awobusuyi et al. 2020b)	sušenka <i>Macrotermes subhyalinus</i> 10 % (Niaba et al. 2013)
energetická hodnota (kcal)	416,3	503,5	470,4
tuky (g/100 g)	24,4	25,2	9,9
sacharidy (g/100 g)	35,1	29,7	71,9
bílkoviny (g/100 g)	13,0	38,3	14,7

Jiný druh termitů, *Macrotermes nigeriensis*, pro svůj výzkum využili Ogunlakin et al. (2018). Hmyzí moučku přimíchali do mouky pšeničné v množství 5 %, 10 %, 15 % a 20 % a

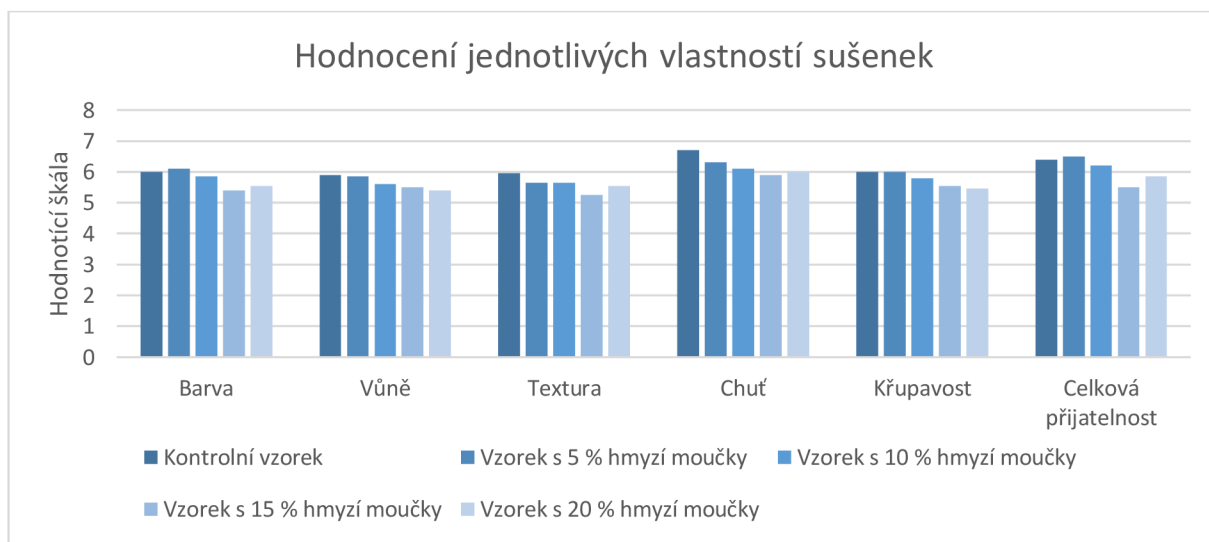


zkoumali chemické, fyzikální a senzorické vlastnosti. Při výrobě sušenek byly nejprve všechny ingredience smíchány (Tabulka 9) a následně vzniklé těsto vyváleno, řezačkou vykrájeno na požadované tvary a na vymazaném plechu vloženo na 10 minut do trouby o teplotě 200 °C. Sušenky byly poté ochlazeny a zabaleny.

**Tabulka 9:** Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z termitů (Ogunlakin et al. 2018)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	5 % hmyzí moučky [g]	10 % hmyzí moučky [g]	15 % hmyzí moučky [g]	20 % hmyzí moučky [g]
pšeničná mouka	100	95	90	85	80
hmyzí moučka	-	5	10	15	20
sůl	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
tuk	54	54	54	54	54
cukr	40	40	40	40	40
jedlá soda	4	4	4	4	4

Vzorky byly předloženy 20 částečně vyškoleným hodnotitelům, kterými byli pracovníci a studenti z technologické Univerzity Ladoke Akintola v Ogbomosu v Nigérii. Ti za pomoci sedmibodové hédonické škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) hodnotili barvu, křupavost, aroma, texturu, chuť a celkovou přijatelnost. 100% pšeničná sušenka byla nejlépe hodnocena ve všech atributech mimo barvu a celkovou přijatelnost, přičemž v těchto vlastnostech měla nejvyšší skóre sušenka s 5 % termití moučky. Velmi malé rozdíly byly zaznamenány v hodnocení textury, vůně a křupavosti, a současně v posledních dvou zmiňovaných se skóre snižovalo se zvyšující se úrovní náhrady pšeničné mouky za moučku z termitů. Celkové výsledky ukazuje Graf 6.



**Graf 6:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 7 = velmi dobré) (Ogunlakin et al. 2018)

Práce také odkazuje na Siddiqui et al. (2003), kteří zjistili, že tmavší barva sušenek souvisí s vyšším obsahem bílkovin, jelikož aminokyseliny během pečení reagují s redukcujícími cukry a vyvolávají Maillardovu reakci. Pšenično-termití sušenky vyráběné v této studii měly

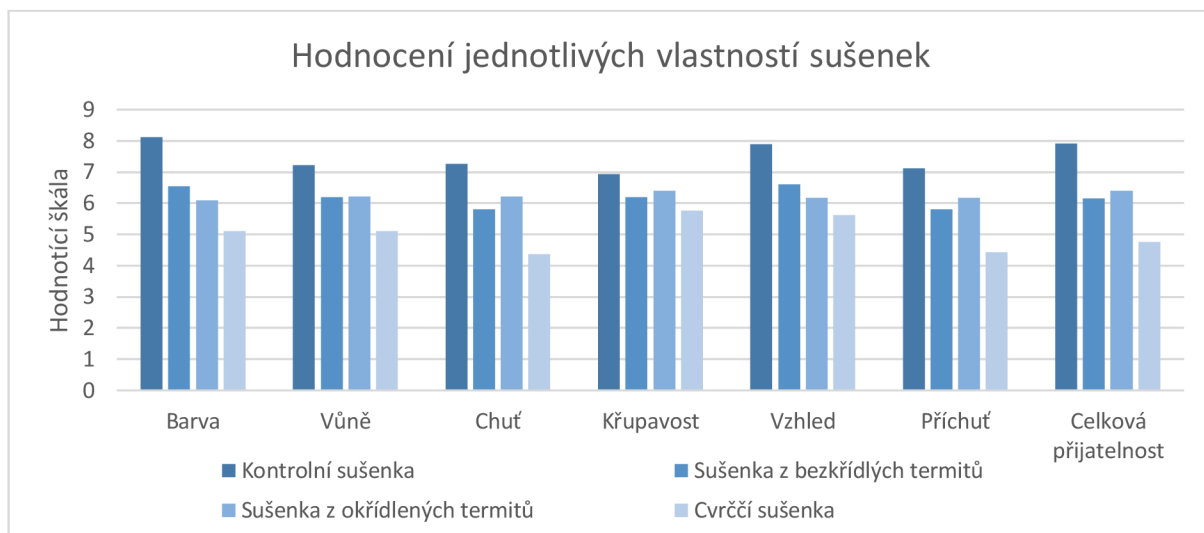
obecně vyšší obsah bílkovin, vlákniny a tuku, množství sacharidů a energie klesalo s množstvím hmyzí moučky.

Akullo et al. (2018) ve své studii srovnávali senzorické atributy sušenek ze tří druhů hmyzu – okřídlených termitů (*Macrotermes bellicosus*), bezkřídлых termitů (*Syntermes soldiers*) a cvrčků (*Brachytrupes* spp.). V první části výzkumu byla hmyzí moučka použita jako náhrada za 8 % pšeničné mouky společně s dalšími ingrediencemi zapsanými v Tabulka 10. Sušenky se pekly na nevymaštěném plechu v předehřáté troubě na 200 °C po dobu 20 minut. Následně byly ochlazeny na pokojovou teplotu a baleny do vakuových nádob.

**Tabulka 10:** Ingrediencie a jejich množství pro sušenky z mouček tří druhů hmyzu (Akullo et al. 2018)

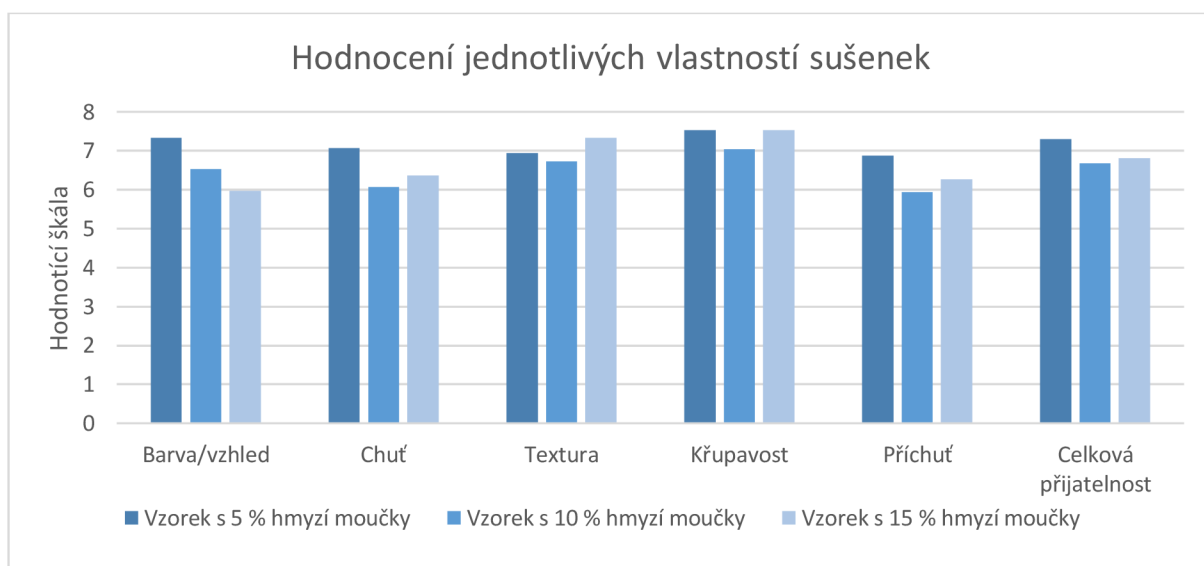
ingredience	kontrolní vzorek [g]	sušenky z bezkřídých termitů [g]	sušenky z okřídlených termitů [g]	cvrččí sušenky [g]
moučka z bezkřídých termitů	-	8	-	-
moučka z okřídlených termitů	-	-	8	-
cvrččí moučka	-	-	-	8
pšeničná mouka	100	92	92	92
sůl	0,8	0,8	0,8	0,8
cukr	3,0	3,0	3,0	3,0
máslo	13	13	13	13
aroma	1,7	1,7	1,7	1,7
prášek do pečiva	0,7	0,7	0,7	0,7
voda	16,7	16,7	16,7	16,7

V následné senzorické analýze, které se účastnilo 50 neškolených hodnotitelů starších 18 let, byla pomocí devítibodové hédonické škály (1 = extrémně špatné; 9 = extrémně dobré) posuzována chuť, příchut', barva, vůně, křupavost, textura, vzhled a celková přijatelnost. Výsledky ukazuje Graf 7 a je jasně patrné, že 100% pšeničná sušenka byla pro hodnotitele ve všech attributech nejlepší. Naopak sušenka z cvrččí moučky měla velmi špatné hodnocení především z důvodu špatné chuti a příchuti. Sušenky z termitů byly celkově dobře přijaty, lépe byl hodnocen vzorek z *Macrotermes bellicosus*, jehož moučka byla použita v druhé části studie.



**Graf 7:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek z různých druhů hmyzu dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 9 = velmi dobré) (Akullo et al. 2018)

V další fázi moučka z okřídlených termitů nahrazovala pšeničnou mouku v množství 5 %, 10 % a 15 %, současně bylo zachováno množství dalších složek. Při opětovné sensorické analýze, které se účastnil stejný panel hodnotitelů hodnotících stejné atributy pomocí stejné hodnotící škály, bylo zjištěno, že všechny tři druhy sušenek jsou pro spotřebitele obecně přijatelné. Vysoká sensorická přijatelnost byla připisována vysokému obsahu tuku v sušenkách. Nejvyšší skóre měl vzorek s 5 % hmyzí moučky, zřejmě kvůli barvě, chuti a příchuti, nejhůře byl hodnocen vzorek s 10 % hmyzí moučky. Zvýšená úroveň substituce významně snížila přijatelnost barvy/vzhledu sušenek, ve zbylých vlastnostech nebyly zjištěny tak signifikantní rozdíly (Graf 8). Nejlépe hodnocená sušenka byla dále podrobena dalšímu zkoumání – stanovení vlivu teploty zpracování na sensorickou a nutriční hodnotu sušenek.



**Graf 8:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 9 = velmi dobré) (Akullo et al., 2018)

Sušenky z termití moučky se objevily také ve studii Ayieko et al. (2010), kdy byly srovnávány s dalšími pěti produkty vyrobenými z jedlého hmyzu. Jednalo se o sušenky z jepic,

muffiny z termitů, muffiny z jepic, klobásy z jepic a sekanou z jepic, konkrétní receptury zde nebyly uvedeny. 35 studentů a zaměstnanců Univerzity Maseno v Keni hodnotilo chuť, vůni, vzhled a celkovou přijatelnost produktů, přičemž svou zpětnou vazbu shrnuli do několika frází – „produkt je dobrý“, „produkt není dobrý“ a „nejlepším produktem byl...“. Nejpříznivější hodnocení měly právě termití sušenky, následovány sušenkami z moučky z jepic a muffiny z termitů. Produkty z jepic měly obecně silnější chuť, výrobky z termitů měly jemnou chuť a pro většinu hodnotitelů byly tudíž přijatelnější.

Djouadi et al. (2022) vytvořili rozsáhlou studii zabývající se nutričními, fyzikálními a sensorickými vlastnosti krekrů s přidavkem hmyzí moučky, konkrétně z larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). Studovány byly vzorky o různém zastoupení hmyzí moučky, a to v rozmezí od 2 % do 20 % z celkového množství ingrediencí, v přepočtu na procentuální zastoupení pouze z mouky cca od 3 do 32 %. Cílem studie bylo získat produkt s vysokým obsahem bílkovin, který bude vzhledem, texturou, biochemickým složením a antioxidačními vlastnostmi přijatelný jak z nutričního, tak sensorického hlediska.

Na přípravu byla použita pšeničná mouka, hmyzí moučka, voda, směs slunečnicového a kukuřičného oleje a sůl, množství jednotlivých surovin je uvedené v Tabulka 11. Připraveny byly dávky o hmotnosti 100 g, což odpovídalo přibližně 30 kusům krekrů. Při přípravě byly nejprve smíchány všechny ingredience a následně vzniklé těsto ručně vyváleno na tloušťku 1,8 mm. Poté byly jednotlivé krekrky vykrájeny do zubatých čtverců o velikosti 38 mm a vloženy do předehřáté trouby (180 °C) na dobu 10 minut. Dále byly krekrky 30 minut dosušeny v sušárně při 60 °C a následně některé z nich rozdrceny a zmrazeny pro nutriční a chemické analýzy.

**Tabulka 11:** Ingredience a jejich množství pro hmyzí krekrky z moučky potměníka moučného (Djouadi et al. 2022)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	3 % hmyzí moučky [g]	6,5 % hmyzí moučky [g]	10 % hmyzí moučky [g]	16 % hmyzí moučky [g]	24 % hmyzí moučky [g]	32 % hmyzí moučky [g]
pšeničná mouka	62,0	60,0	58,0	56,0	52,0	47,0	42,0
hmyzí moučka	0,0	2,0	4,0	6,0	10,0	15,0	20,0
voda	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
sůl	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
olej	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5

Zkoumání krekrů bylo velmi podrobné, jelikož se studovaly jejich rozměry, probíhala barevná analýza, analýza textur, sensorická analýza, stanovoval se obsah vody a její aktivita, zjišťovalo se biochemické a minerální složení a zkoumaly se celkové fenolické sloučeniny a antioxidační kapacita. Sensorické analýzy se účastnilo 56 neškolených hodnotitelů ve věku 12-62 let, přičemž žen bylo dvakrát více než mužů. Byly použity dva druhy krekrů s přidavkem hmyzí moučky (10 % a 24 %) a jeden kontrolní vzorek obsahující pouze pšeničnou mouku. Pomocí pětibodové hédonické škály (1 = velmi špatné; 5 = velmi dobré) byla opět hodnocena barva, vůně, chuť, vzhled, textura a celková přijatelnost, navíc hodnotitelé v pěti úrovních určovali, zda by si daný výrobek určitě koupili nebo nikoliv.

Výsledky ukázaly, že hodnotitelé preferovali kontrolní vzorek z hlediska chuti, textury a celkové přijatelnosti, naopak barvu, vzhled a vůni měl dle hodnotitelů příjemnější vzorek s 10 % hmyzí moučky. Krekr s obsahem 24 % hmyzí moučky měl ve všech zkoumaných vlastnostech nejhorší hodnocení, největší propad byl v chuti a celkové přijatelnosti. Zároveň 50 % hodnotitelů by bylo ochotných koupit si kreky s obsahem 10 % hmyzí moučky, naopak 60 % hodnotitelů by si kreky obohacené o 24 % hmyzí moučky pravděpodobně nekoupilo.

Co se týče dalších analýz, čím více hmyzí moučky vzorek obsahoval, tím byla jeho barva tmavší. Se zvyšujícím se množstvím hmyzí moučky byly také sušenky nižší a měkčí. Z nutričního hlediska obsahovaly kreky s 10 % hmyzí moučky, které byly pro hodnotitele nejvíce přijatelné, výrazně vyšší množství bílkovin, draslíku, hořčíku, fosforu, železa a zinku, než byl jejich obsah v kontrolním vzorku.

Stejný hmyz, larvy potměníka moučného, pro svůj výzkum použil Azzollini et al. (2018). Ten se ovšem nezabýval senzoryčnou analýzou, ale nutričním složením, stravitelností, texturou a mikrostrukturou extrudovaných křupek vyrobených z pšeničné a hmyzí moučky. Zkoumány byly tři vzorky – 100% pšeničná křupka, křupka obsahující 10 % hmyzí moučky a křupka obsahující 20 % hmyzí moučky. Z výsledků vyplývá, že přidáním hmyzí moučky se zvýšil obsah bílkovin, tuků a vlákniny i celková stravitelnost výrobku. Se zvyšujícím se obsahem hmyzí moučky se ale křupky zmenšily, byly hutnější a zhoršila se jejich textura, ačkoliv vzorky s obsahem 10 % hmyzí moučky měly texturu uspokojivou.

Potměníka moučného využila svou studii také Zielińska a Pankiewicz (2020), když zkoumala nutriční, fyzikálně-chemické a antioxidační vlastnosti sušenek obohacených o moučku *Tenebrio molitor*. Ani ona do výzkumu nezařadila senzoryčnou analýzu, ale výsledky nutričního složení byly obdobné jako v předchozí studii (Tabulka 12). Sušenky obsahující hmyzí moučky měly vyšší obsah bílkovin, naproti tomu množství tuku a kalorická hodnota výrobku se téměř nezměnily. Také se potvrdilo, že čím vyšší množství hmyzí moučky sušenky obsahovaly, tím byly tmavší a lépe stravitelné.

**Tabulka 12:** Nutriční složení sušenek z moučky potměníka moučného dle několika autorů (Azzollini et al. 2018; Zielińska & Pankiewicz 2020; Djouadi et al. 2022)

	sušenka <i>T. molitor</i> 10 % (Djouadi et al. 2022)	křupka <i>T. molitor</i> 10 % (Azzollini et al. 2018)	sušenka <i>T.</i> <i>molitor</i> 10 % (Zielińska & Pankiewicz 2020)
<b>energetická hodnota (kcal)</b>	439,3	387,0	533,0
<b>tuky (g/100 g)</b>	11,1	3,5	16,1
<b>sacharidy (g/100 g)</b>	71,0	79,5	78,2
<b>bílkoviny (g/100 g)</b>	13,9	15,9	18,0

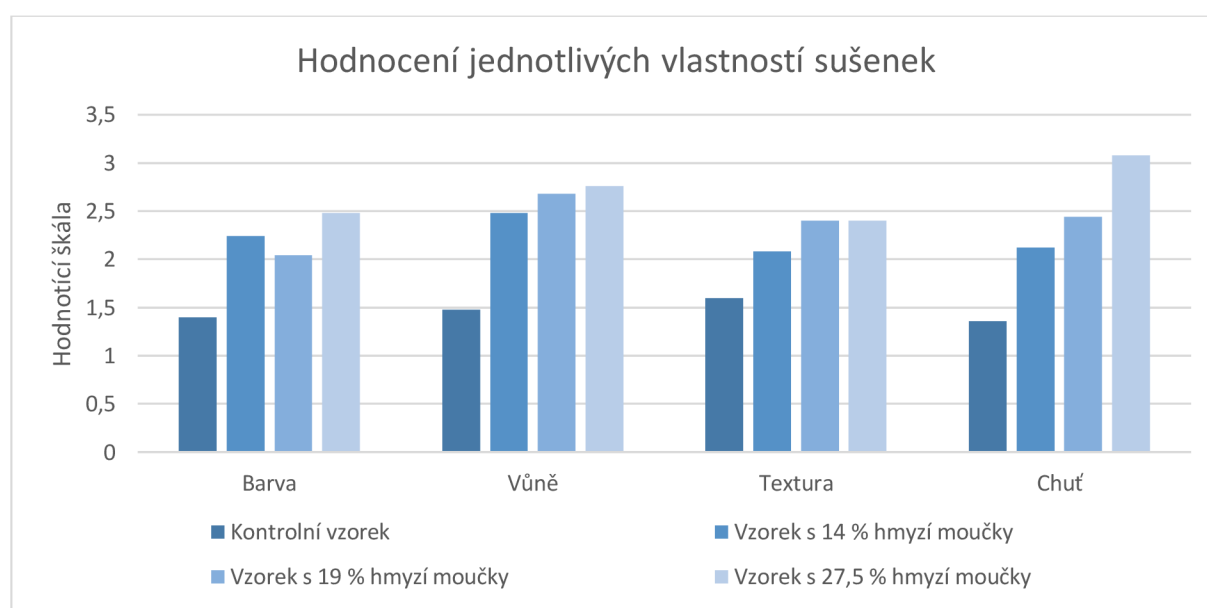
Dalším jedlým hmyzem využitým pro obohacení sušenek byla kobylička druhu *Melanoplus cinereus*. Tu si pro svou studii vybral Dewi et al. (2020) a moučku z ní použil jako náhradu pšeničné mouky při vývoji dětských sušenek, u nichž provedl analýzu nutričního složení a senzoryčnou analýzu. Sušenky vzniklé z ingrediencí v Tabulka 13, v nichž bylo 14 %, 19 % a 27,5 % pšeničné mouky nahrazeno hmyzí moučkou, byly pečené v troubě při teplotě 120 °C po dobu 15 minut. Následnou senzoryčnou analýzu provádělo 25 částečně vyškolených

studentů výživy z Univerzity Diponegoro v Indonésii a za pomoci čtyřbodové hédonické škály (1 = velmi dobré; 4 = velmi špatné) hodnotili barvu, texturu, vůni a chuť.

**Tabulka 13:** Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z kobylek (Dewi et al. 2020)

ingredience	kontrolní vzorek [g]	14 % hmyzí moučky [g]	19 % hmyzí moučky [g]	27,5 % hmyzí moučky [g]
pšeničná mouka	36,4	31,4	29,4	26,4
hmyzí moučka	-	5	7	10
margarín	18,2	18,2	18,2	18,2
cukr	18,2	18,2	18,2	18,2
sušené odstředěné mléko	18,2	18,2	18,2	18,2
vaječný žloutek	9,1	9,1	9,1	9,1

Přijatelnost hodnocených vlastností se snižovala se vzrůstajícím množstvím hmyzí moučky (Graf 9). Barva všech sušenek s náhradou moučky z kobylky byla hodnocena jako přijatelná, ale opět bylo při vyšším obsahu hmyzí moučky pozorováno tmavnutí. Také textura byla uspokojivá, horší povrch u vzorků s vyšším procentuálním zastoupením hmyzí moučky si autoři vysvětlovali úbytkem lepku a gliadinu (Meybodi et al. 2015). Vzorek s přidavkem 27,5 % moučky z kobylek byl označen jako nedobrý, hodnotitelé popisovali hořkou chuť. Ani vůně nebyla posuzována kladně, po přidání hmyzí moučky byla sušenka cítit rybinou. Nejlépe přijatým vzorkem byla kontrolní sušenka, poté sušenka s obsahem 19 % moučky z *Melanoplus cinereus*. Dále bylo zjištěno, že vzniklé hmyzí sušenky měly vyšší obsah energie, bílkovin, vlákniny, zinku a některých aminokyselin, zároveň ale množství železa a zinku nebylo dostatečné, aby mohly být považovány za vhodné doplňky stravy pro děti, jak bylo cílem autorů.



**Graf 9:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi dobré; 4 = velmi špatné) (Dewi et al. 2020)

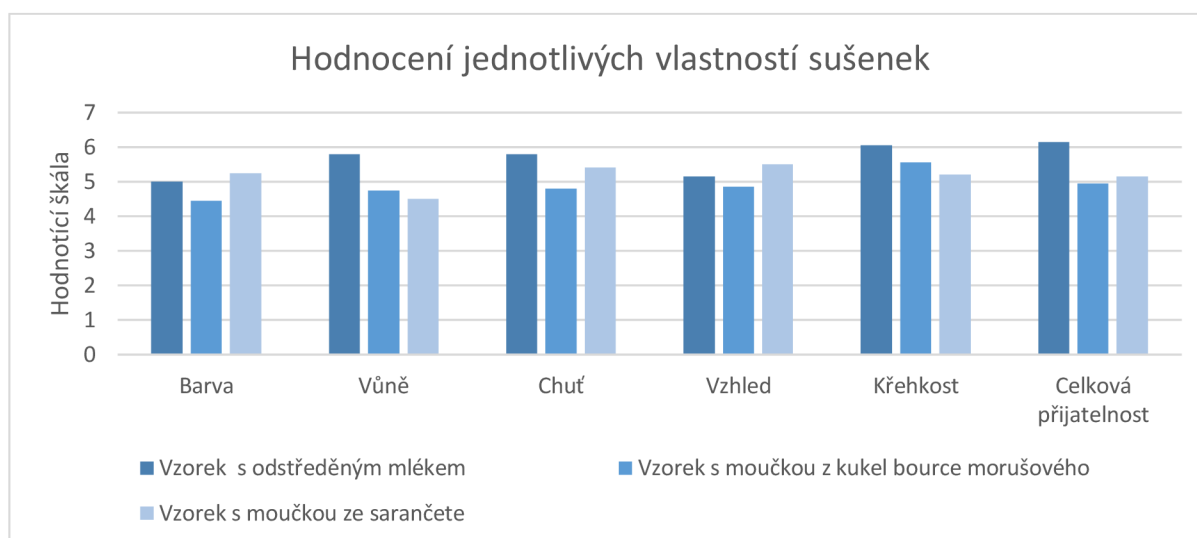
Akande et al. (2020) vytvořil vysokoenergetické sušenky z kukel bource morušového (*Bombyx mori*) a sarančat. Cílem této studie bylo nahradit odstředěné mléko ve vysokoenergetických sušenkách jedlým hmyzem, jakožto levnější, udržitelnější a dostupnější surovinou. Bylo zkoumáno složení živin hmyzích mouček, a zároveň fyzikální, chemické, sensorické a mikrobiální vlastnosti sušenek obohacených o tento druh mouček.

Ingredience využitě v této studii jsou značně odlišné od všech výše zmíněných, největším rozdílem je to, že hmyzí moučka nenahrazuje jinou mouku, ale sušené odstředěné mléko, a to v celém jeho objemu. Dále byla použita kukuřičná mouka, mouka ze sladkých brambor s oranžovou dužninou, moučkový cukr, rafinovaný palmový olej, prášek z listů moringy, prášek do pečiva, guarová guma a voda (Tabulka 14). Při výrobě sušenek byl nejprve vyšlehan moučkový cukr s horkým olejem a až poté byly přimíchány zbylé suroviny. Vykrájené sušenky byly pečený při 180 °C po dobu 15 minut, následně ochlazený na pokojovou teplotu, zabalený a skladováný při pokojové teplotě.

**Tabulka 14:** Ingredience a jejich množství pro výrobu sušenek z mouček z bource morušového a sarančat (Akande et al. 2020)

ingredience	vzorek s odstředěným mlékem [g]	vzorek s moučkou z bource morušového [g]	vzorek s moučkou ze sarančete [g]
kukuřičná mouka	120	120	120
sušené odstředěné mléko	45	-	-
moučka z bource morušového	-	45	-
moučka ze sarančete	-	-	45
mouka ze sladkých brambor s oranžovou dužninou	36	36	36
moučkový cukr	45	45	45
rafinovaný palmový olej	45	45	45
prášek z listů moringy	4,8	4,8	4,8
prášek do pečiva	4,2	4,2	4,2
guarová guma	3	3	3
voda	200	200	200

Senzorickou analýzu provedlo 15 neškolených hodnotitelů (8 žen a 7 mužů) z řad asistentů pedagoga a postgraduálních studentů z katedry potravinářské vědy a technologie technologické Univerzity Akure v Nigérii ve věku 25-41 let. Barva, chuť, vzhled, vůně, křupavost a celková přijatelnost byly hodnoceny na sedmibodové hédonické škále (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré). Jak ukazuje Graf 10, mezi sušenkami nebyly žádné významné rozdíly, kromě vůně a celkové přijatelnosti. Vzorky obsahující odstředěné mléko měly nejvyšší skóre v chuti, vůni, křupavosti a celkové přijatelnosti, barva a vzhled byla lépe hodnocena u vzorků s moučkou ze sarančete.



**Graf 10:** Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) (Akande et al. 2020)

Z nutričního hlediska vykazovala moučka z kukel bource morušového vyšší obsah bílkovin, tuku a energie, zatímco moučka z kobytek byla o něco bohatší na vlákninu a sacharidy. Mimo vápník a hořčík, jejichž hladiny byly u vzorku s moučkou z kukel bource morušového nízké, byly obě obohacené sušenky významně nad minimálními nutričními požadavky a byly srovnatelné s kontrolou.

Mouku ze sladkých brambor s oranžovou dužninou použili pro svůj výzkum také Ayensu et al. (2019), kteří zkoumali nutriční složení a přijatelnost sušenek obohacených o larvy nosatce palmového (*Rhynchophorus phoenicis Fabricius*) u těhotných žen v Ghaně. Cílem studie bylo vytvořit produkt ze snadno dostupných surovin, který by obsahoval dostatečné množství bílkovin a železa, aby napomohl ke snížení výskytu anémie a podvýživy v těhotenství. Moučka z larev nosatce palmového a mouka ze sladkých brambor s oranžovou dužninou byly smíchány s pšeničnou moukou ve třech různých podílech – 0 %, 35 %, a 70 %. Dalšími použitými ingrediencemi byl tuk (30 %), cukr (20 %), sůl (2 %) a prášek do pečiva (1 %). Zhotovené sušenky byly pečené při 200 °C po dobu 20 minut.

Byly provedeny dvě fáze senzorické analýzy. V první části byly zkoumány všechny tři vzorky sušenek, tedy sušenka s 35 % hmyzí a bramborové mouky, sušenka se 70 % těchto mouk a kontrolní vzorek. Tohoto hodnocení se účastnilo 20 částečně vyškolených studentů z katedry potravinářské vědy a technologie Univerzity Kwame Nkrumah v Ghaně a hodnotili texturu, vůni, chuť, barvu a celkovou přijatelnost. Data této části studie nejsou bohužel publikována. Druhé fáze senzorické analýzy se účastnilo 130 těhotných žen, které hodnotily pouze vzorek s nejvyšším skóre z předchozí části, což byla sušenka obsahující 35 % moučky z larev nosatce palmového a sladkých brambor. Pomocí pětibodové hédonické škály (1 = velmi špatné; 5 = velmi dobré) hodnotily barvu, sladkost, vůni, texturu a celkovou přijatelnost. Bylo zjištěno, že celková přijatelnost sušenek je významně závislá na sladkosti a že většina těhotných žen by si sušenky koupila, pokud by byly prodávány.

Sušenky byly podrobeny také chemické analýze a analýze obsahu minerálů. Stejně jako v předchozích studiích se se zvyšující se úrovní substituce zvyšoval obsah energie, tuků, bílkovin i vápníku, železa a zinku. Porovnání s jinými druhy sušenek ukazuje Tabulka 15.



**Tabulka 15:** Nutriční složení sušenek z moučky jedlého hmyzu dle několika autorů (Dewi et al. 2020), (Akande et al. 2020) a (Ayensu et al. 2019)

	sušenka <i>Melanoplus cinereus</i> 14 % (Dewi et al. 2020)	sušenka <i>Bombyx mori</i> 27 % (Akande et al. 2020)	sušenka ze sarančete 27 % (Akande et al. 2020)	sušenka <i>Rhynchophorus phoenicis Fabricius</i> 35 % (Ayensu et al. 2019)
energetická hodnota (kcal)	462,1	484,1	438,8	516,0
tuky (g/100 g)	10,1	14,0	8,6	34,0
sacharidy (g/100 g)	65,9	45,9	53,8	47,1
bílkoviny (g/100 g)	16,5	34,1	27,5	9,6

### 3.4.2 Jiné výrobky s použitím hmyzí moučky

Kim et al. (2016) nahradili 10 % libového vepřového masa v párcích hmyzí moučkou z potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) nebo bource morušového (*Bombyx mori*). Tento nově vzniklý párek měl sice vyšší nutriční hodnotu, ale z hlediska sensorického hodnocení byl tvrdší, sušší a oproti kontrolnímu párku měl pozměněnou texturu. K lepším sensorickým výsledkům došli při přidavku 10 % moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) do emulzí hovězího a vepřového masa (Kim et al. 2017). Smetana et al. (2018) se zabývali masovými analogy a došli k příznivému efektu při nahrazení části sójového proteinu za hmyzí protein potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*).

Několik autorů se pokoušelo o vytvoření ideálního chleba s přidavkem hmyzí moučky. Osimani et al. (2018) nahrazovali část pšeničné mouky za koncentrát cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a finální produkt měl stejně jako výše zmíněné párky sice v porovnání s kontrolním chlebem lepší nutriční hodnoty, ale docházelo k jeho ztvrdnutí. Nejlépe byl hodnocen chléb s přidavkem 10 % hmyzí moučky, avšak při porovnání s klasickým chlebem byl horší. K obdobným výsledkům dospěli také Oliveira et al. (2017), kteří používali moučku ze švába šedého (*Nauphoeta cinerea*) a Roncolini et al. (2019), již přidávali moučku z potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). Studie González et al. (2019) porovnávala 5% přidavky různých druhů hmyzích mouček do chlebového těsta, přičemž nejlépe hodnocen byl chléb s využitím moučky ze cvrčka domácího (*Acheta domestica*).

Duda et al. (2019) přidávali cvrččí moučku do těstovin, a to v poměru 5 %, 10 % nebo 15 %, přičemž nejlépe hodnocené byly těstoviny s nejnižším studovaným množstvím hmyzí moučky. V porovnání s kontrolními vzorky měly těstoviny tmavší barvu, prodloužila se jejich optimální délka vaření a na respondenty působily zdravým dojmem, jelikož připomínaly celozrnné těstoviny. Navíc měl tento výrobek zvýšený obsah bílkovin, tuku a minerálních látek v porovnání s těstovinami pšeničnými.

## 3.5 Legislativa

Od 1. 1. 2018 je v Evropské Unii (EU) platné nařízení Evropského parlamentu a Rady EU 2015/2283 o nových potravinách. Za novou potravinu je v EU považována každá potravina, která nebyla významně konzumována před 15. květnem 1997, zároveň sem spadají také

potraviny z nových zdrojů, nové látky používané v potravinách, nové způsoby a technologie výroby i potraviny, které jsou tradičně konzumovány mimo státy EU. Jelikož hmyz a výrobky z něj nebyly na území EU součástí tradičního jídelníčku, splňují definici nové potraviny (EFSA 2022).

V roce 2019 byla přijata novela Zákona č. 166/1999 Sb. o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), která hmyz určený k lidské spotřebě nebo k výrobě zpracované živočišné bílkoviny definovala jako hospodářské zvíře, a dozorujícím orgánem se tak stala Státní veterinární správa. Každý druh hmyzu musí před uvedením na trh projít schvalovacím procesem a hodnocením bezpečnosti.

V současnosti je možné se na trhu EU setkat se třemi druhy jedlého hmyzu. Prvním schváleným byl potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), přičemž povolení se vztahuje na larvy a dospělce teplem sušené nebo mražené vcelku nebo ve formě prášku. U tohoto druhu se žádné části neodstraňují a ve formě hmyzí moučky se mohou přidávat do proteinových výrobků, sušenek, cereálních tyčinek, náhražek masa, čokoládových cukrovinek, pečiva, pokrmů na bázi luštěnin, výrobků na bázi těstovin atd.

Dalším povoleným druhem je saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*), které lze na trhu objevit ve třech formách – zmrazené, sušené a práškové. U zmrazeného a sušeného *Locusta migratoria* musí být odstraněny nohy a křídla. Je-li saranče vysušené, může být uváděno na trh také ve formě prášku, který lze přidávat do zpracovaných výrobků z brambor, pokrmů na bázi luštěnin, výrobků na bázi těstovin, náhražek masa, polévek, konzervovaných výrobků, salátů, čokoládových cukrovinek atd. Posledním povoleným druhem je cvrček domácí (*Acheta domestica*). Povolené formy zpracování a následného prodeje jsou stejné jako u sarančete a lze jej přidávat do pečiva, sušenek, cukrovinek atd. (Bezpečnost potravin 2022).

### 3.6 Senzorická jakost potravin

Senzorická jakost potravin nabývá v posledních letech na významu. Spotřebitelé již potraviny nepovažují pouze za nástroj k uspokojení nutričních potřeb, ale staly se z nich prostředky pro zpříjemnění a zkvalitnění života. Pojem senzorická jakost představuje jak soubor vlastností, které člověk dokáže postřehnout svými smysly, tak soubor psychologických vlastností, které souvisejí se zpracováním vnějších podmětů v centrální nervové soustavě (CNS). Cíleným zjišťováním jednotlivých senzorických parametrů se zabývá senzorická analýza (Ingr et al. 2007).

#### 3.6.1 Vzhled

Vzhled potraviny je pro senzorickou jakost velmi důležitý, jelikož se podle něj spotřebitel často rozhoduje, zda si daný produkt koupí či nikoliv. Obvykle se zrakem hodnotí velikost a tvar výrobku, geometrická makrostruktura, barva a další vizuální podmínky (Ingr et al. 2007). Mnoho studií ukázalo, že zrakové vjemy ovlivňují také chuťové rozpoznání potravin (Yeomans et al. 2008). To souvisí s chuťovým očekáváním, které může být důsledkem minulého působení vzhledu a vnímané chuti u potravin s podobnými podněty (Köster et al. 2004). Vzhled potraviny nemusí být vždy spolehlivým ukazatelem skutečné chuti produktu, ale často slouží k rozpoznání toho, zda je potraviny ve stavu vhodném k požití (Yeomans et al. 2008).

Obecně je vizuální působení hmyzu u západních konzumentů spojeno s negativním očekáváním a předsudky (Kouřimská et al. 2020). Tepelnou úpravou se však hmyz pro mnohé stává přijatelnější, jelikož jeho původní šedé, modré či hnědé zbarvení se změní na příjemnější červené (Ramos-Elorduy 1998). Hmyzí moučky mají obvykle středně až tmavě hnědou barvu, přičemž tmavou barvu pečiva konzumenti shledávají jako zdravější (Michalska et al. 2008). U některých druhů mohou být viditelné hrubozrnné částice, jakožto pozůstatky exoskeletu, což ve spotřebitelích může vyvolat dojem celozrnné mouky (Roncolini et al. 2019). Produkty obohacené o hmyzí moučku mají větší sklony k neenzymatickému tmavnutí (González et al. 2019).

### **3.6.2 Vůně**

Pojem vůně označuje příjemný čichový vjem a jeho opakem je zápach, tedy nepříjemný čichový vjem. Neutrálním výrazem je termín pach, který se ale v hovorovém jazyce ani v sensorické analýze neužívá. Čich je velmi úzce propojen s chutí a čichové vjemy spojené s konzumací potravin se označují jako aroma (Ingr et al. 2007). Vnímání vůně je velmi subjektivní a u laiků probíhá především na základě předešlých zkušeností a preferencí (Carlsson & Kalinová 2005). Při běžném dýchání je pociťování pachů mírné, citlivost se zvyšuje při prudkých nádeších (Ingr et al. 2007). Na psychický stav člověka mají čichové vjemy nejsilnější účinky, mohou vyvolat velmi příjemné pocity, ale i různé zdravotní potíže (bolest hlavy, nauzea, zvracení atd.) (Carlsson & Kalinová 2005).

V hmyzu jsou přítomny feromony, které určují jeho chuť i vůni. Aby byly tyto látky zachovány, neměl by se jedlý hmyz před konzumací omývat. Přítomnost exoskeletu ale způsobuje, že hmyz bývá při určování čichových vjemů hodnocen jako prakticky bez vůně (Ramos-Elorduy 1998). Nepříjemné pachy mohou vznikat během tepelné úpravy některých druhů hmyzu, což je způsobeno vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin (Spranghers et al. 2017).

### **3.6.3 Textura**

Textura je definována jako síla vynaložená ke stlačení a rozmělnění, které je nezbytné před polknutím (Paula & Conti-Silva 2014). Textura potravin se posuzuje hmatem a konzumací, přičemž nejčastěji se hodnotí pružnost, tvrdost, křehkost a soudržnost (Pokorný et al. 1999). Při konzumaci celých těl dospělých jedinců jedlého hmyzu je zásadní především křupavost. Ta je způsobena exoskeletem, jenž je díky chitinu dobrým zdrojem vlákniny (Bukkens 1997). Častěji konzumovaná stádia jako jsou kukly, larvy a nymfy, bývají měkčí a méně křupavá, jelikož ještě nemají dovyvinutý a ztvrdlý exoskelet (Borkovcová et al. 2009). Tvrdost je dána zejména obsahem amylopektinu a amylozy (Feili 2013).

### **3.6.4 Chuť**

Chuť je základním měřítkem pro stanovení toho, zda je potravina jedlá či nikoliv. Člověk se schopen vnímat několik základních chutí a mnoho jejich kombinací. Evolučně je dáno, že sladká chuť identifikuje energeticky bohaté potraviny, slaná chuť zajišťuje správnou rovnováhu elektrolytů a kyselá společně s hořkou varují před potenciálně škodlivými nebo

jedovatými látkami. Každá z chutí je vnímána na jiných částech jazyka a práh detekce, rozpoznání, rozdílový práh a práh nasycení jsou velmi individuální (Pokorný et al. 1999).

Chuť hmyzu je dána především prostředím, ve kterém se vyskytuje, a potravou, kterou se živí. Z toho důvodu by měl mít hmyz před konzumací vyprázdňenou trávicí trubici, čehož se dosáhne 4-12 hodinami hladovění (Ramos-Elorduy et al. 1997). Jak již bylo zmíněno, hmyz obsahuje feromony, které určují jeho vůni a chuť, tudíž by se před požitím neměl omývat (Ramos-Elorduy 1998). Nejvýraznější chuť má hmyz živý, ale z hlediska bezpečnosti potravin nelze konzumaci v tomto stavu doporučit. Při kulinárních úpravách hmyzu (pečení, vaření atd.) se do pokrmů obvykle přidává koření, což způsobí oslabení jeho původní chuti (Bednářová et al. 2010). Chuť vybraných druhů jedlého hmyzu dle Ramos-Elorduy (1998) ukazuje Tabulka 16.

**Tabulka 16:** Chuť vybraných druhů jedlého hmyzu (Ramos-Elorduy 1998)

Druh hmyzu	Latinský název čeledi	Chuť
<b>Mravenci</b>	<i>Formicidae</i>	sladká, prakticky oříšková
<b>Cvrčci a saranče</b>	<i>Gryllidae a Acrididae</i>	jemná, překrývaná ostatními
<b>Vroubenky</b>	<i>Coreidae</i>	velmi sladká tykev
<b>Kněžice</b>	<i>Pentatomidae</i>	jablka
<b>Vosy</b>	<i>Vespoidea</i>	borovicová semena
<b>Klešťanky (dospělec)</b>	<i>Corixidae</i>	ryby (pokud jsou čerstvé), krevety (pokud jsou sušené)
<b>Klešťanky a znakoplavky (vajíčka)</b>	<i>Corixidae, Notonectidae</i>	kaviár
<b>Mouční červi</b>	<i>Tenebrionidae</i>	celozrný chléb

### 3.7 Reologické vlastnosti těsta

Reologie je věda zabývající se popisem chování látek během deformace za různých podmínek. V pekárenství se reologické vlastnosti těsta využívají k posouzení kvalitativních parametrů pšenice a stanovují se pomocí alveografu, extenzografu, amylografu, farinografu nebo mixografu. Základ těsta tvoří obvykle mouka, voda, sůl, popřípadě tuk a povrchově aktivní látky (Příhoda et al. 2003).

Pro výrobu těsta je zásadní jeho příprava. Smícháním mouky s vodou dochází k hydrataci částic mouky a následným hnětením vznikají příčné vazby mezi molekulami bílkovin a hydratovaných polysacharidů. Elasticita těsta je dána vzniklou trojrozměrnou sítí, viskozitu ovlivňuje gel z nabobtnalé bílkoviny a polysacharidů (Příhoda et al. 2003). Schopnost vázat vodu je pro výrobu pečiva klíčový faktor, jelikož má vliv na konečnou strukturu, vláčnost, chuť a trvanlivost výrobků (Jideani 2011).

Příprava sušenek nevyžaduje oproti běžnému pečivu a chlebu nakypření, po uhnětení následuje formování a pečení (Davidson 2019). Pečení je důležité pro konečný vzhled a senzorickou jakost výrobku, jelikož mu dává typické aroma a chuť. Další výhodou je lepší

stravitelnost produktu, nižší riziko mikrobiální kontaminace a delší doba trvanlivosti (Příhoda et al. 2003).

### **3.7.1 Mixolab**

Mixolab je zařízení používané k určování reologických vlastností těst. Za neustálého míchání a změny teploty měří v reálném čase točivý moment (Nm) produkovaný mícháním těsta mezi dvěma hnětacími rameny otáčející se v opačných směrech. Hodnotí kapacitu absorpce vody, sílu lepku, stabilitu během míchání, aktivitu alfa-amyláz a dalších enzymů, teplotu mazovatění a retrogradace škrobu atd.

Analýza mouky v mixolabu trvá 45 minut a je rozdělena do pěti fází.

#### C1 (vývin těsta)

První fáze probíhá 8 minut. Za konstantní teploty (30 °C) je kontrolována absorpce vody a měří se vlastnosti těsta během míchání (stabilita, elasticita, absorbovaná síla). Tento parametr ovlivňuje především kvalita lepku, velikost škrobových zrn a míra degradace škrobu. Čím je doba vývinu těsta delší, tím je mouka silnější.

#### C2 (zeslabení bílkovin)

Ve druhé fázi se postupně zvyšuje teplota a snižuje konzistence těsta, přičemž intenzita tohoto poklesu závisí na kvalitě bílkovin.

#### C3 (mazovatění škrobu)

Ve třetí fázi dochází k dalšímu růstu teploty (90 °C), a díky mazovatění škrobu se opět zvyšuje konzistence těsta. Intenzita tohoto zahušťování závisí na kvalitě škrobu a v některých případech na přísadách.

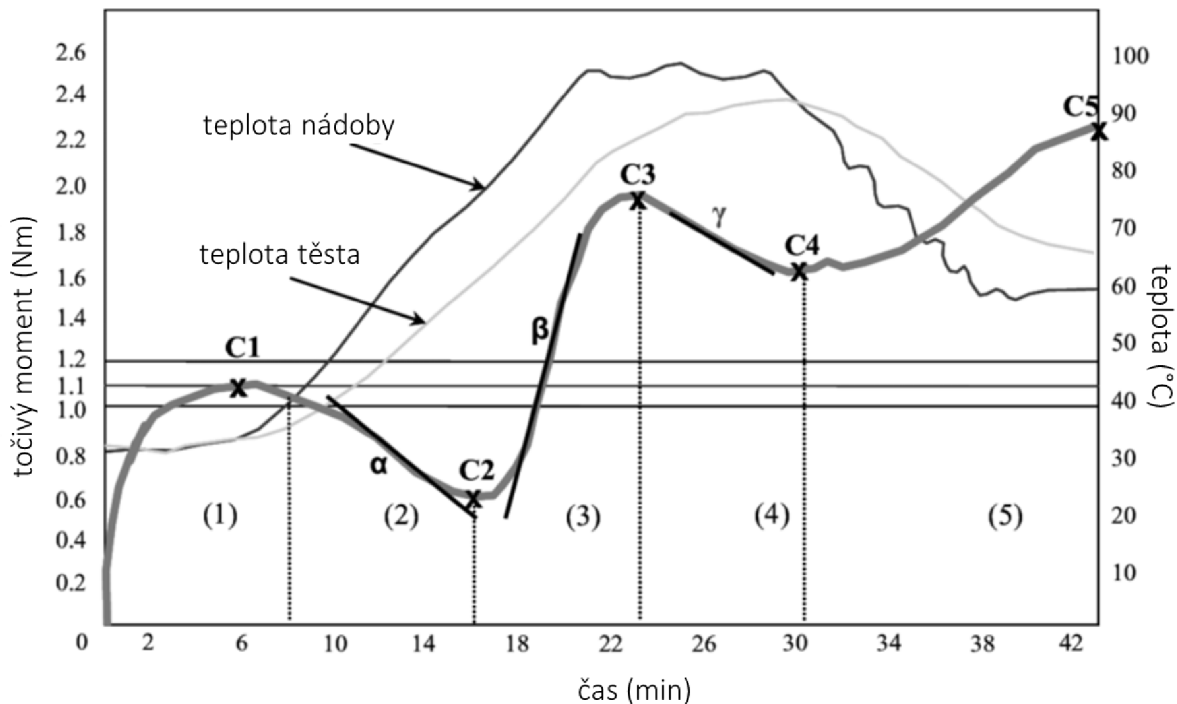
#### C4 (měření amylázové aktivity)

Čtvrtá fáze předpovídá chování těsta během pečení. To je závislé na jeho konzistenci na konci této fáze, která je dána aktivitou amyláz. Čím je těsto řidší, tím větší je amylázová aktivita.

#### C5 (ochlazování, retrogradace škrobu)

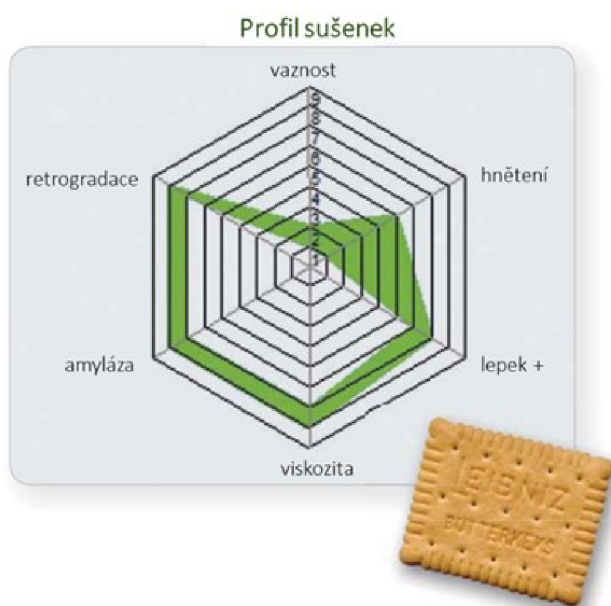
V poslední části konzistence těsta houstne z důvodu postupného ochlazování a následné retrogradace škrobu. Tento jev lze oddálit některými přísadami, které zajistí, že hotový produkt bude měkčí.

Dále mixolab stanovuje tři směrnice. Směrnice  $\alpha$  je směrnici křivky mezi koncem fáze C1 při 30 °C a C2 a udává rychlost denaturace bílkovin při záhřevu. Směrnice  $\beta$  je směrnici křivky C2 a C3 a uvádí rychlost mazovatění škrobu. Směrnice  $\gamma$  je směrnici křivky mezi C3 a C4 a stanovuje rychlost amylázové aktivity (Chopin Technologies 2012).



**Obrázek 1:** Příklad grafu Mixolab 2

Výsledkem testu je graf (příklad viz Obrázek 1) a hodnoty šesti parametrů, které lze porovnat s referenční nebo kontrolní moukou. Jedná se o absorpční potenciál/vaznost (index absorpce vody), vlastnosti při hnětení (index míchání), sílu lepku (gluten+ index), maximální viskozitu (index viskozity), amylázovou aktivitu (amylázový index) a retrogradaci (index retrogradace). Obrázek 2 ukazuje ideální profil mouky vhodné pro výrobu sušenek. Mixolab stanovuje také amplitudu, která udává pružnost těsta, a čím vyšších hodnot dosahuje, tím je těsto pružnější. Indikátorem celkové kvality proteinů v mouce je stabilita, jejíž optimální hodnota je 4,69 – 11,42 minut (Chopin Technologies 2012).



**Obrázek 2:** Ideální profil mouky pro výrobu sušenek (Chopin Technologies 2012)

Studie Ozturk et al. (2008) potvrdila, že mouka pro výrobu sušenek by měla mít vysoké hodnoty ve třetí a čtvrté fázi analýzy. V těchto fázích se stanovuje množství amyláz a viskozita těsta. Dále by měly být vysoké také hodnoty lepku a retrogradace, naopak vhodná je nízká vaznost vody. Byly pozorovány významné korelace mezi hodnotami viskozity a amyláz a obsahem poškozeného škrobu, což má negativní vliv na kvalitu sušenek.

## 4 Metodika

### 4.1 Příprava hmyzí moučky a směsí

V praktické části této diplomové práce byl použit jedlý hmyz druhu potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) ve stádiu larvy a cvrček domácí (*Acheta domestica*) ve stádiu dospělého jedince. Hmyz byl chován v mikroklimatu v insektáriu při 27 °C (±1 °C), 40-50 % relativní vlhkosti a při fotoperiodě 12:12. Cvrčci domácí byli živeni krmivem pro kuřata (77,9 % pšenice, 17,6 % sójový šrot, 1,8 % řepkový olej, 2,7 % minerálních látek, makroživin a mikroživin; velikost částic <1 mm) a vodním gelem, ad-libitum. Potěmníci mouční byli rovněž krmeni krmivem pro kuřata v kombinaci s pšeničnými otrubami (hmotnostní poměr 1:4) a nakrájenými jablky, ad-libitum. Sklizeň cvrčků domácích proběhla po 60 dnech (±7 dní), sklizeň potěmníků moučných také po 60 dnech (±14 dní). K usmrcení došlo při -15 °C po 24 hodinách hladovění.

Hmyzí moučka byla připravena z usmrceného a lyofilizovaného hmyzu, který byl uchováván v mrazáku při stálé teplotě -19 °C. Pro rozmělnění hmyzu byl využit tyčovým mixérem Silvercrest SSMS 600 D4, mixování probíhalo v šesti cyklech po 10 sekundách režimem turbo.

Následně byly smícháním s Předměřickou pšeničnou moukou světlou T530 od výrobce Mlýny J. Voženílek s.r.o. vytvořeny jednotlivé směsi – 5 % hmyzí moučky, 10 % hmyzí moučky, 15 % hmyzí moučky, 20 % hmyzí moučky, 25 % hmyzí moučky a 30 % hmyzí moučky. Směsi byly připraveny v několika várkách vždy v objemu 200 g opět za pomoci tyčového mixéru Silvercrest SSMS 600 D4 (4 cykly po 10 sekundách). Jednotlivé druhy jedlého hmyzu nebyly kombinovány, vzniklo tedy 12 odlišných směsí (viz Tabulka 17).

K přesnému vážení byla použita analytická váha Radwag AS 220.R2 PLUS. Hmyzí moučka byla skladována v mrazáku při stálé teplotě -19 °C, směsi pšeničné mouky T530 a hmyzích mouček byly uchovávány v uzavíratelných zip sáčcích v lednici při teplotě 4-6 °C.

**Tabulka 17:** Připravené směsi a jejich označení

Složení	Zkratka	Pšeničná mouka T530 (g)	Moučka z potěmníka moučného (g)	Moučka z cvrčka domácího (g)
Pšeničná mouka T530	kontrola	200	0	0
Pšeničná mouka T530 + 5 % moučky z potěmníka moučného	P5	190	10	0
Pšeničná mouka T530 + 10 % moučky z potěmníka moučného	P10	180	20	0
Pšeničná mouka T530 + 15 % moučky z potěmníka moučného	P15	170	30	0
Pšeničná mouka T530 + 20 % moučky z potěmníka moučného	P20	160	40	0
Pšeničná mouka T530 + 25 % moučky z potěmníka moučného	P25	150	50	0



Pšeničná mouka T530 + 30 % moučky z potemníka moučného	P30	140	60	0
Pšeničná mouka T530 + 5 % cvrččí moučky	C5	190	0	10
Pšeničná mouka T530 + 10 % cvrččí moučky	C10	180	0	20
Pšeničná mouka T530 + 15 % cvrččí moučky	C15	170	0	30
Pšeničná mouka T530 + 20 % cvrččí moučky	C20	160	0	40
Pšeničná mouka T530 + 25 % cvrččí moučky	C25	150	0	50
Pšeničná mouka T530 + 30 % cvrččí moučky	C30	140	0	60

## 4.2 Měření reologických vlastností těsta

### 4.2.1 Materiál a přístroje

#### Materiál:

Předměřická mouka pšeničná světlá T530 (Mlýny J. Voženílek s.r.o.), směsi Předměřické mouky pšeničné světlé T530 a hmyzích mouček o koncentraci 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % a 30 %, voda

#### Přístroje:

analytická váha Radwag AS 220.R2 PLUS, analyzátor vlhkosti Radwag MAC 110, Mixolab 2 (Chopin Technologies)

### 4.2.2 Pracovní postup

Pro měření reologických vlastností v Mixolab 2 bylo nejprve zapotřebí zjistit vlhkost pšeničné mouky T530 a směsí. Na odvažovací hliníkovou misku bylo naváženo a rovnoměrně rozprostřeno 10 g mouky/směsi, která byla následně vložena do analyzátoru vlhkosti Radwag MAC 110. Stanovení vlhkosti bylo u každého vzorku provedeno třikrát. Z naměřených hodnot byl vypočten průměr, jenž byl poté zadán do softwaru Mixolab 2. Druhou zadávanou hodnotou do softwaru byla vaznost, kterou bylo nutné odhadnout. V případě, že vaznost nebyla odhadnuta správně, bylo zapotřebí pokus přerušit a po upravení hodnot jej opakovat. Data zadaná do softwaru Mixolab 2 ukazuje Tabulka 18.

**Tabulka 18:** Vlhkost a vaznost zadaná do Mixolab 2

Podíl hmyzí moučky	Vlhkost (%)	Vaznost (%)
Kontrola	12,5	57,5
P5	14,0	57,5
P10	15,1	55,5
P15	16,5	54,2
P20	17,5	53,5
P25	19,6	53,0
P30	24,8	50,0
C5	12,5	57,5

<b>C10</b>	12,6	57,8
<b>C15</b>	12,9	58,5
<b>C20</b>	13,0	58,8
<b>C25</b>	13,1	59,8
<b>C30</b>	13,2	61,3

Dle zadaných parametrů software vypočetl navážku pšeničné mouky/směsi a množství vody (viz Tabulka 19). Mouka/směs byla navážena na analytické váze Radwag AS 220.R2 PLUS a následně vsypána do hnětačky Mixolabu 2. Destilovaná voda o teplotě 30 °C byla Mixolab 2 nadávkována automaticky ze zásobníku. Analýza probíhala 45 minut dle příslušného protokolu Chopin+. Pro každý vzorek byl proveden jeden pokus, výjimkou byl vzorek 100% Předměřické pšeničné mouky světlé T530, u kterého proběhla z důvodu ověření opakovatelnosti výsledků analýza dvakrát.

**Tabulka 19:** Navážka pšeničné mouky/směsi a množství vody

Podíl hmyzí moučky	Navážka pšeničné mouky/směsi (g)	Množství vody (ml)
<b>Kontrola</b>	46,80	28,20
<b>P5</b>	47,62	27,38
<b>P10</b>	48,86	26,14
<b>P15</b>	50,09	24,91
<b>P20</b>	50,93	24,07
<b>P25</b>	52,43	22,57
<b>P30</b>	57,18	17,82
<b>C5</b>	46,80	28,20
<b>C10</b>	46,77	28,23
<b>C15</b>	46,72	28,28
<b>C20</b>	46,69	28,31
<b>C25</b>	46,45	28,55
<b>C30</b>	46,07	28,93

### 4.3 Příprava a senzorická analýza sušenek

Příprava sušenek probíhala ve dvou dnech s odstupem jednoho týdne. Nejprve byly připraveny kontrolní vzorky společně se vzorky obsahující přídavek moučky z potměníka moučného, následující týden vzorky s přídavkem cvrččí moučky a opět kontrolní vzorky. Výroba kontrolních vzorků i vzorků s přídavkem hmyzí moučky byla identická. Senzorická analýza probíhala v den přípravy daných vzorků.

#### 4.3.1 Materiál a přístroje

##### Materiál:

Předměřická mouka pšeničná světlá T530 (Mlýny J. Voženílek s.r.o.), směsi Předměřické mouky pšeničné světlé T530 a hmyzích mouček o koncentraci 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % a 30 %, cukr moučka (Tereos TTD, a.s.), máslo (Milkpol s.r.o.), vejce M, aroma vanilka (Dr. Oetker s.r.o.)

#### Přístroje:

kuchyňská kalibrovaná váha, boxová pekárna

#### 4.3.2 Příprava sušenek

K přípravě vzorků byla použita základní receptura na máslové sušenky. Složení obsahovalo pšeničnou mouku T530 nebo směs pšeničné mouky T530 s hmyzí moučkou, moučkový cukr, máslo, vejce a vanilkové aroma. Množství jednotlivých surovin ukazuje Tabulka 20, upravovalo se pouze množství směsi a másla u vzorků s moučkou z potměníka moučného z důvodu vysokého obsahu tuku v samotném hmyzu (viz Tabulka 21).

**Tabulka 20:** Základní receptura máslových sušenek

Ingredience	Množství
Pšeničná mouka T530 nebo směs pšeničné mouky T530 s hmyzí moučkou	180 g
Cukr moučka	75 g
Máslo	65 g
Vejce	1 ks
Vanilkové aroma	kapka

**Tabulka 21:** Upravené množství směsi a másla u vzorků z moučky z potměníka moučného

Podíl hmyzí moučky	Množství pšeničné mouky T530 nebo směsi (g)	Množství másla (g)
Kontrola	180	65
P5	185	60
P10	190	55
P15	195	50
P20	200	45
P25	205	40
P30	210	35

Všechny suroviny byly smíchány a ručně hněteny až do vzniku hladkého těsta. Následně bylo těsto kuchyňským válečkem rozváleno na plát o výšce cca 4 mm a kulatým vykrajovátkem o průměru 5,5 cm byly vykrajeny sušenky. Některé byly dále doplněny o vzory (kontrola, P5, P10, P15, P20 a P25). Z těsta o celkové hmotnosti cca 375 g bylo vytvořeno 26 kusů sušenek (14-15 g/kus). Sušenky byly následně dány na plech vyložený pečicím papírem a umístěny do pojízdného pekárenského vozíku. Po připravení všech vzorků byly sušenky vloženy do předem vyhřáté trouby, přičemž pečení probíhalo 13 minut při teplotě 180 °C. Následně byly vzorky vyjmuty z trouby a 30 minut ponechány ke zchladnutí při pokojové teplotě.

#### 4.3.3 Senzorická analýza

Senzorická analýza probíhala ve dvou etapách, hodnoceny byly vždy čerstvě upečené a vychladnuté vzorky. Obou hodnocení se dobrovolně účastnilo 40 neškolených posuzovatelů ve věku 15-71 let, zastoupena byla obě pohlaví. Hodnotitelé byli předem informováni o složení

jednotlivých sušenek. Hodnocení probíhalo metodou senzoričského profilu s číselnou bodovou stupnicí (1 = velmi špatné, 6 = vynikající), která byla doplněna o popis (viz Příloha 1).

Dotazník byl posuzovatelům předán před degustací, aby měli dostatečný prostor se s ním seznámit. Všechny vzorky byly hodnotitelům předloženy současně, zodpovězení dotazníku probíhalo samostatně ihned po degustaci. U každého vzorku byla hodnocena barva, vůně, textura, chuť a celková preference. Kromě hodnotících vlastností obsahoval formulář prostor pro vlastní hodnocení a informace o věku, pohlaví a zdravotním stavu respondenta.

#### **4.4 Statistické vyhodnocení**

Analýza dat byla provedena pomocí softwaru Microsoft Office Excel 2019 (Microsoft Corporation, USA) a programu Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., USA). Závislost mezi vlhkostí a vazností těsta byla hodnocena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Stejným způsobem byla hodnocena i korelace těchto parametrů a výsledků Mixolab 2 s podílem hmyzí moučky. Vzhledem k tomu, že data ze senzoričské analýzy nebyla spojitá, ale diskrétní, byl místo průměru použit modus a ke statistickému vyhodnocení byly použity neparametrické testy. K vícenásobnému porovnání byl použit Kruskal-Wallisův test (neparametrická obdoba analýzy rozptylu), pro párová porovnání Mann-Whitneyův U test. Pro hodnocení závislosti jednotlivých parametrů byl použit Spearmanův korelační koeficient. Vyhodnocení probíhalo na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

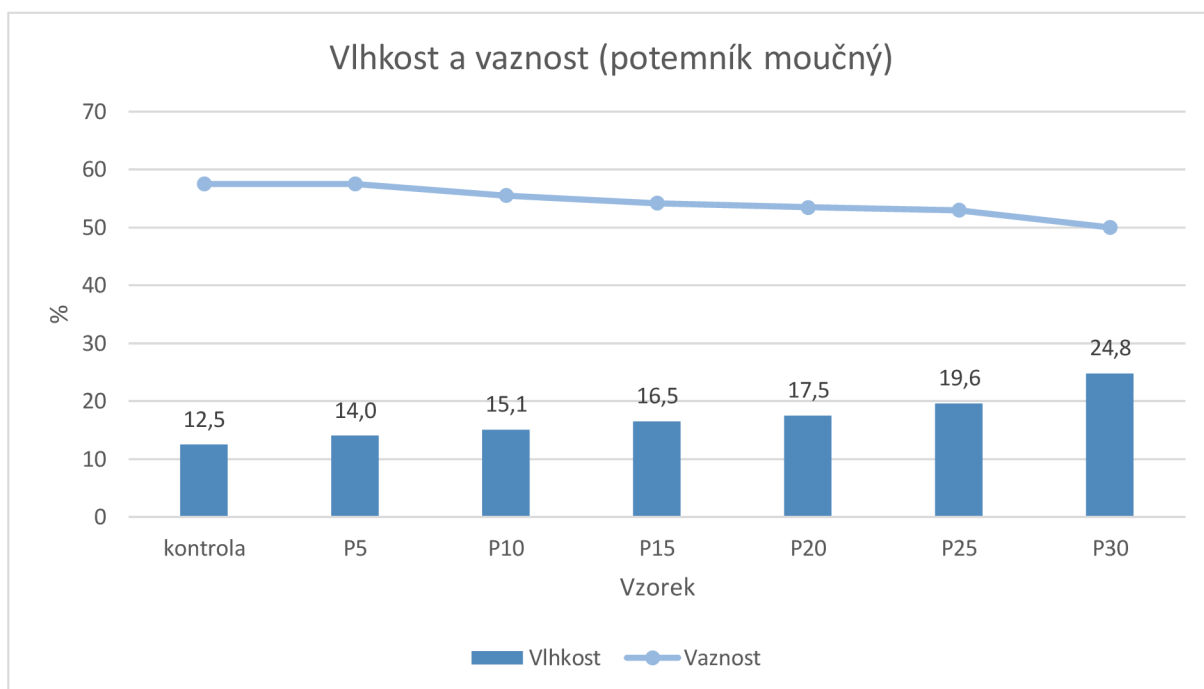
## 5 Výsledky

### 5.1 Reologické vlastnosti těsta

Před měřením reologických vlastností těsta bylo provedeno měření vlhkosti a odhad vaznosti těsta. Zprůměrované výsledné hodnoty vlhkosti a z toho vyvozené hodnoty vaznosti ukazuje Tabulka 18, přičemž mezi těmito dvěma parametry byla zjištěna statistická závislost. U těsta s přidavkem moučky z poterníka moučného byla nalezena velmi silná negativní korelace vlhkosti a vaznosti, u vzorků s přidavkem moučky z cvrčka domácího byla naopak zjištěna jejich velmi silná pozitivní korelace (viz Tabulka 22 a Tabulka 23). Grafické znázornění závislosti těchto dvou parametrů na přidavku hmyzí moučky ukazují Graf 11 a Graf 12.

**Tabulka 22:** Korelace vlhkosti a vaznosti u těsta s přidavkem moučky z poterníka moučného

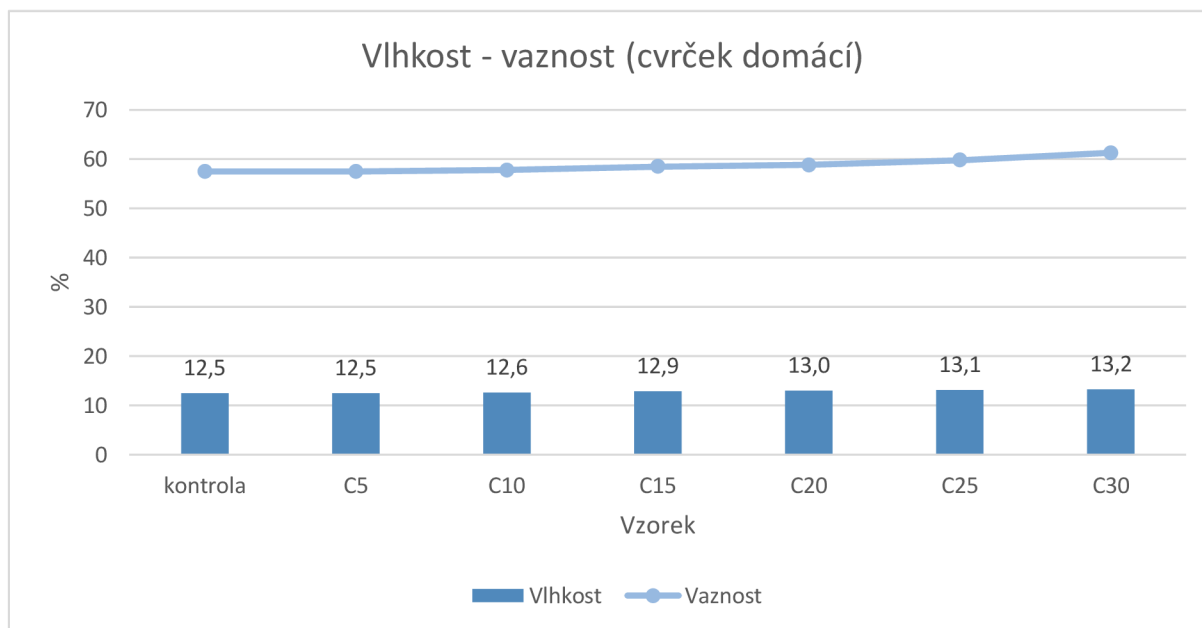
Proměnná	Korelace (Poterník moučný) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05$ N=7			
	Průměry	Směr. odchylka	Vlhkost	Vaznost
Vlhkost	17,14286	4,099129	1,000000	-0,972373
Vaznost	54,45714	2,663868	-0,972373	1,000000



**Graf 11:** Závislost vaznosti a vlhkosti na přidavku moučky z poterníka moučného

**Tabulka 23:** Korelace vlhkosti a vaznosti u těsta s přidavkem moučky z cvrčka domácího

Proměnná	Korelace (Cvrček domácí) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05$ N=7			
	Průměry	Směr. odchylka	Vlhkost	Vaznost
Vlhkost	12,82857	0,292770	1,000000	0,922021
Vaznost	58,74286	1,396253	0,922021	1,000000



**Graf 12:** Závislost vaznosti a vlhkosti na přidavku moučky z cvrčka domácího

### 5.1.1 Těsto s přidavkem moučky z potměníka moučného

Tabulka 24 a Tabulka 25 ukazují výsledky Mixolab 2 u vzorků s přidavkem moučky z potměníka moučného. Čas k vývinu těsta byl nejdelší u kontrolního vzorku a s procentuálním navyšováním hmyzí moučky se zkracoval (mimo vzorek P30). Amplituda udávající pružnost mouky byla nejvyšší u těsta P30, nejvyšší stabilitu proteinů mělo naopak kontrolní těsto.

Ze záporných hodnot směrnic  $\alpha$  je patrné, že během počátečního záhřevu došlo vlivem mechanického namáhání těsta k denuraci proteinů a tím uvolnění vody, což mělo za následek zeslábnutí těsta a snížení jeho viskozity. Tento jev byl patrný u všech těst, nejméně u P30. Mazovatění škrobu ( $\beta$ ) způsobilo opětovné zahuštění těsta, o čemž vypovídají kladné hodnoty této směrnice. Parametr  $\gamma$  u těst P10, P20, P25 a P30 vykazoval záporný charakter, což způsobilo opětovné snížení jejich konzistence.

Byla zjištěna silná negativní korelace mezi množstvím hmyzí moučky v těstech a hodnotami ve čtvrté (C4) ( $r = -0,7750$ ) a páté fázi (C5) ( $r = -0,7519$ ) a velmi silná negativní korelace množství hmyzí moučky v těstech a druhou fází (C2) ( $r = -0,8945$ ). Dále byla pozorována silná pozitivní korelace mezi množstvím hmyzí moučky v těstech a amplitudou ( $r = 0,7242$ ) a středně silná negativní korelace mezi množstvím hmyzí moučky v těstech a stabilitou ( $r = -0,5829$ ) a potřebným časem k vývinu těsta ( $r = -0,4713$ ). Se zvyšujícím se obsahem hmyzí moučky se měnily také směrnice. Pro směrnici  $\gamma$  byla nalezena silná negativní

korelace ( $r = -0,7959$ ), pro směrnicí  $\beta$  středně silná negativní korelace ( $r = -0,5009$ ) a pro směrnicí  $\alpha$  středně silná pozitivní korelace ( $r = 0,6142$ ).

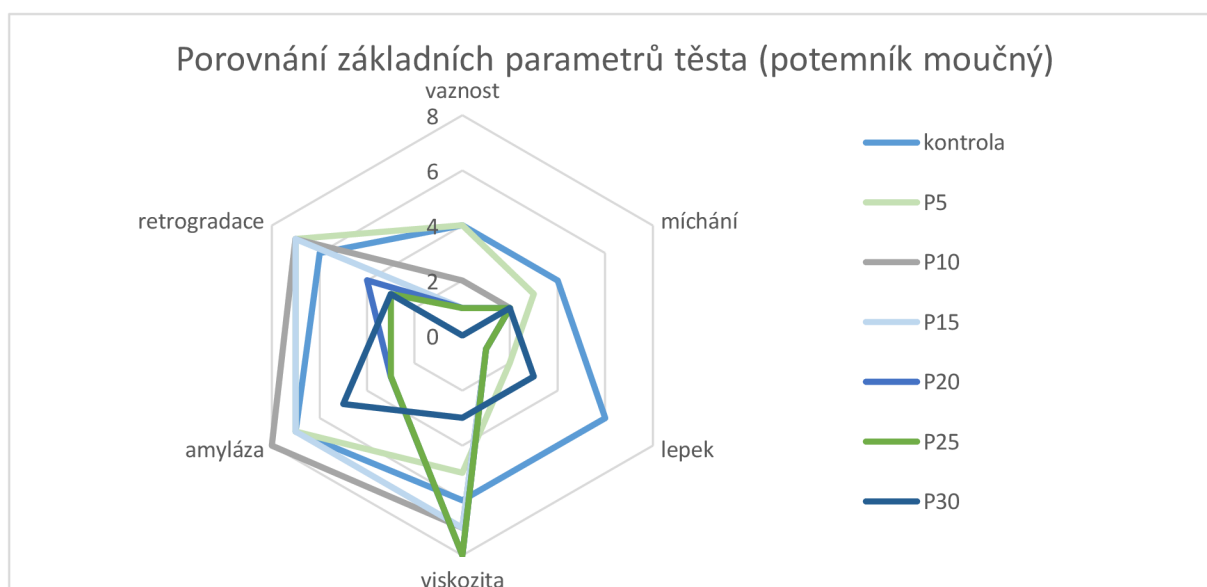
**Tabulka 24:** Výsledky Mixolab 2 u test s přidavkem moučky z potemníka moučného I

	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)	C1 (min)	Amplituda (Nm)	Stabilita (min)
<b>kontrola</b>	1,07	0,48	1,81	1,65	2,60	3,62	0,063	9,2
<b>P5</b>	1,07	0,38	1,57	1,65	2,73	3,50	0,066	8,2
<b>P10</b>	1,13	0,35	1,89	1,76	3,07	2,52	0,069	5,6
<b>P15</b>	1,10	0,34	1,96	1,76	2,94	2,55	0,065	6,2
<b>P20</b>	1,06	0,33	2,00	1,51	2,09	1,57	0,063	7,8
<b>P25</b>	1,07	0,33	2,00	1,40	1,90	1,48	0,075	7,6
<b>P30</b>	1,07	0,28	1,37	1,33	1,84	3,45	0,097	5,1

**Tabulka 25:** Výsledky Mixolab 2 u test s přidavkem moučky z potemníka moučného II

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
<b>kontrola</b>	-0,094	0,350	0,024
<b>P5</b>	-0,082	0,554	0,012
<b>P10</b>	-0,078	0,572	-0,014
<b>P15</b>	-0,09	0,564	0,040
<b>P20</b>	-0,08	0,428	-0,032
<b>P25</b>	-0,086	0,346	-0,048
<b>P30</b>	-0,068	0,268	-0,060

Dále Mixolab 2 stanovil u jednotlivých test indexy jejich základních vlastností. Graf 13 ukazuje vzájemné porovnání jednotlivých test, přičemž ideálnímu profilu sušenek (Obrázek 2) nejvíce odpovídá kontrolní těsto.

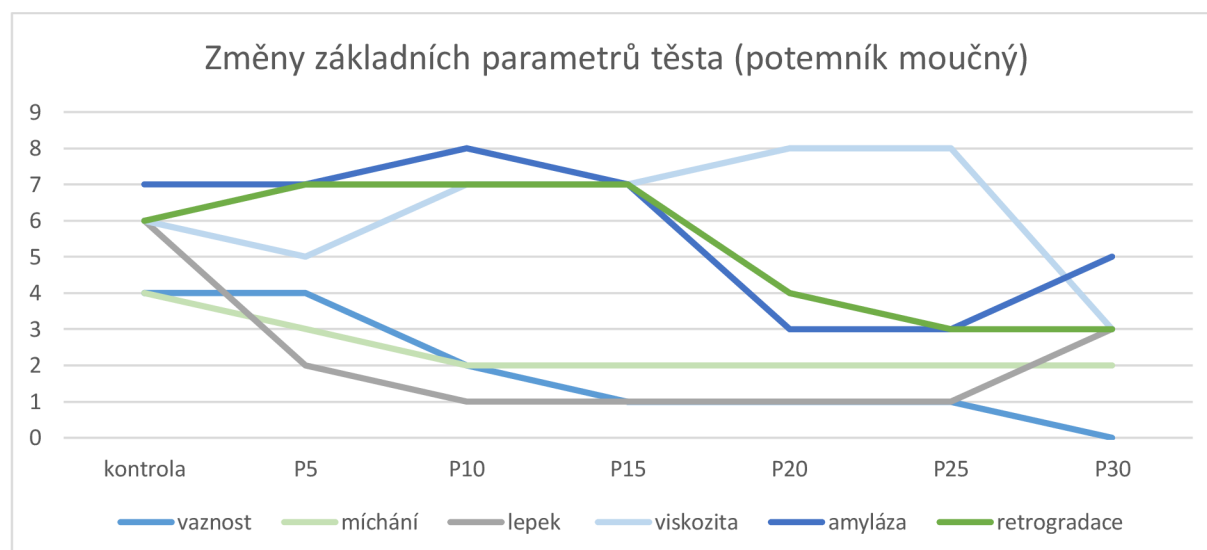


**Graf 13:** Indexy vlastností jednotlivých test s přidavkem moučky z potemníka moučného

Tabulka 26 ukazuje zjištěné závislosti mezi obsahem hmyzí moučky a základními vlastnostmi těsta. Velmi silné negativní korelace byly pozorovány u vaznosti ( $r = -0,9316$ ) a retrogradace ( $r = -0,8165$ ), pro amylázu a míchání byla zjištěna silná negativní korelace ( $r = -0,7121$ ;  $r = -0,7845$ ). Grafické znázornění změn základních vlastností u jednotlivých těst ukazuje Graf 14.

**Tabulka 26:** Závislost vlastností těsta na množství přidané moučky z potemníka moučného

Proměnná	Korelace (Potemní moučný) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=7 (Celé případy vynechány u ChD)						
	Podíl hmyzí moučky	Vaznost	Míchání	Lepek	Viskozita	Amyláza	Retrogradace
Podíl hmyzí moučky	1,00000	-0,931552	-0,784465	-0,455183	-0,085749	-0,712055	-0,816497



**Graf 14:** Změny vlastností jednotlivých těst s přidavkem moučky z potemníka moučného

### 5.1.2 Těsto s přidavkem moučky z cvrčka domácího

Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího ukazují Tabulka 27 a Tabulka 28. Stejně jako v případě těst s přidavkem moučky z potemníka moučného byl čas vývinu těsta nejdelší u kontrolního těsta a s procentuálním navyšováním cvrččí moučky se zkracoval. Kontrolní těsto mělo také nejvyšší stabilitu proteinů, pružnost mouky byla nejvyšší u C15 a nejnižší u C30. Byla zjištěna silná negativní korelace mezi množstvím hmyzí moučky a časem vývinu těsta ( $r = -0,7492$ ), a také silná negativní korelace mezi množstvím hmyzí moučky a stabilitou proteinů ( $r = -0,6508$ ). Dále byla patrná závislost mezi obsahem hmyzí moučky a jednotlivými fázemi. Velmi silná negativní korelace byla zjištěna pro druhou (C2) ( $r = -0,8391$ ), čtvrtou (C4) ( $r = -0,9405$ ) i pátou fází (C5) ( $r = -0,9259$ ).

Hodnoty směrnice  $\alpha$  nabývaly stejně jako u těst s moučkou z potemníka moučného záporných hodnot, a rovněž denaturace proteinů byla nejnižší u těsta s 30 % hmyzí moučky (C30). Mazovatění škrobu ( $\beta$ ) bylo nejsilnější u těsta C10, které vykazovalo také nejvyšší amylázovou aktivitu ( $\gamma$ ). Na základě těchto výsledků byla zjištěna velmi silná pozitivní korelace



mezi množstvím hmyzí moučky a denaturací bílkovin ( $r = 0,8213$ ) a středně silná negativní korelace množství hmyzí moučky s mazovatěním škrobu ( $r = -0,5498$ ).

**Tabulka 27:** Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího I

	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)	C1 (min)	Amplituda (Nm)	Stabilita (min)
<b>kontrola</b>	1,07	0,48	1,81	1,65	2,60	3,62	0,063	9,2
<b>C5</b>	1,13	0,45	2,01	1,15	1,70	3,02	0,073	7,7
<b>C10</b>	1,08	0,42	2,11	0,65	0,96	1,67	0,068	8,6
<b>C15</b>	1,15	0,44	2,21	0,51	0,72	2,5	0,091	6,2
<b>C20</b>	1,14	0,43	2,21	0,35	0,47	2,78	0,083	8,2
<b>C25</b>	1,13	0,42	2,14	0,25	0,35	1,65	0,059	7,9
<b>C30</b>	1,11	0,36	1,98	0,14	0,23	1,60	0,054	5,5

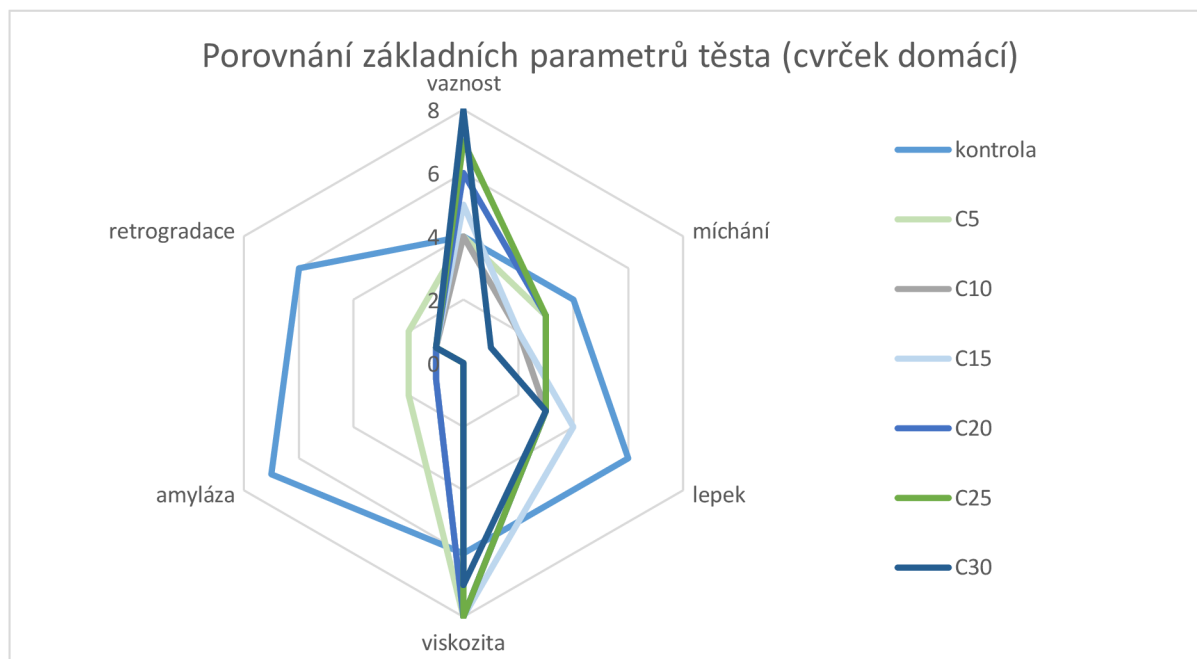
**Tabulka 28:** Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího II

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
<b>kontrola</b>	-0,094	0,350	0,024
<b>C5</b>	-0,096	0,610	-0,126
<b>C10</b>	-0,108	0,708	-0,152
<b>C15</b>	-0,086	0,450	-0,148
<b>C20</b>	-0,084	0,420	-0,100
<b>C25</b>	-0,074	0,316	-0,116
<b>C30</b>	-0,070	0,256	-0,100

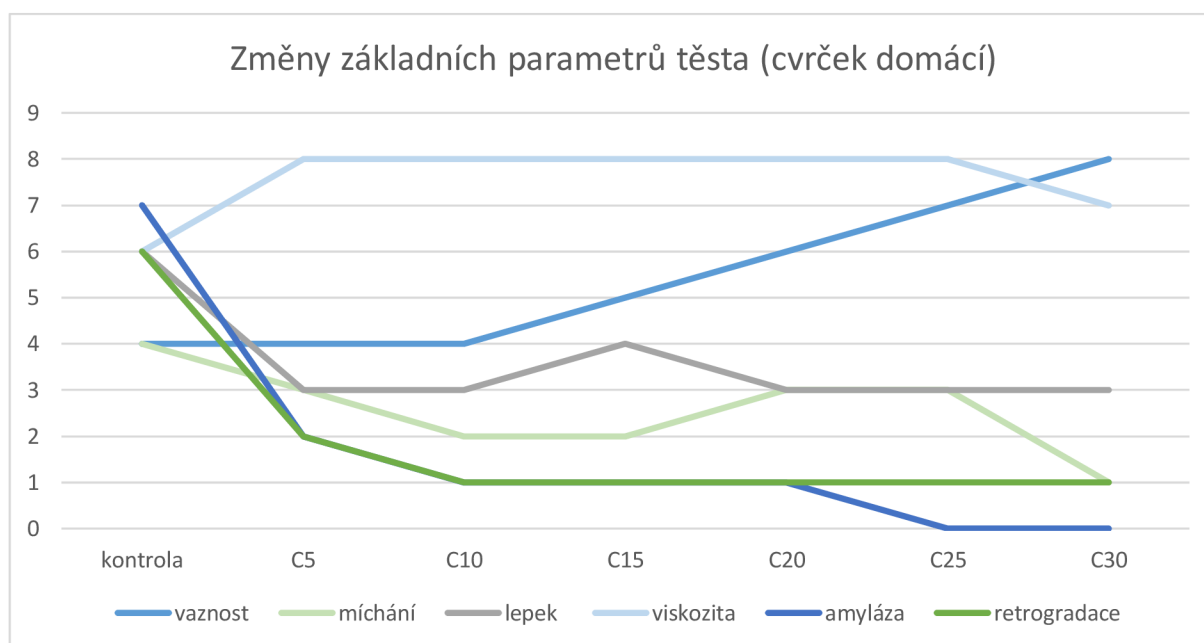
Indexy základních vlastností jednotlivých těst ukazuje Graf 15. Ideálnímu profilu sušenek opět nejvíce odpovídalo kontrolní těsto, ostatní měla příliš vysoké indexy vaznosti a nízké indexy pro sílu lepku, amylázovou aktivitu a retrogradaci. Z Tabulka 29 je patrná závislost základních vlastností těsta na množství přidané hmyzí moučky. Zjištěna byla velmi silná pozitivní korelace mezi obsahem hmyzí moučky a vazností ( $r = 0,9535$ ), dále silná negativní korelace mezi obsahem hmyzí moučky a indexy amylázy ( $r = -0,7938$ ), retrogradace ( $r = -0,7035$ ), míchání ( $r = -0,6325$ ) a lepku ( $r = -0,6124$ ). Grafické znázornění změn základních vlastností u jednotlivých těst ukazuje Graf 16.

**Tabulka 29:** Závislost vlastností těsta na množství přidané moučky z cvrčka domácího

Proměnná	Korelace (Cvrček domácí) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=7 (Celé případy vynechány u ChD)						
	Podíl hmyzí moučky	Vaznost	Míchání	Lepek	Viskozita	Amyláza	Retrogradace
Podíl hmyzí moučky	1,000000	<b>0,953463</b>	-0,632456	-0,612372	0,294174	<b>-0,793751</b>	<b>-0,703465</b>



**Graf 15:** Indexy vlastností jednotlivých těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího

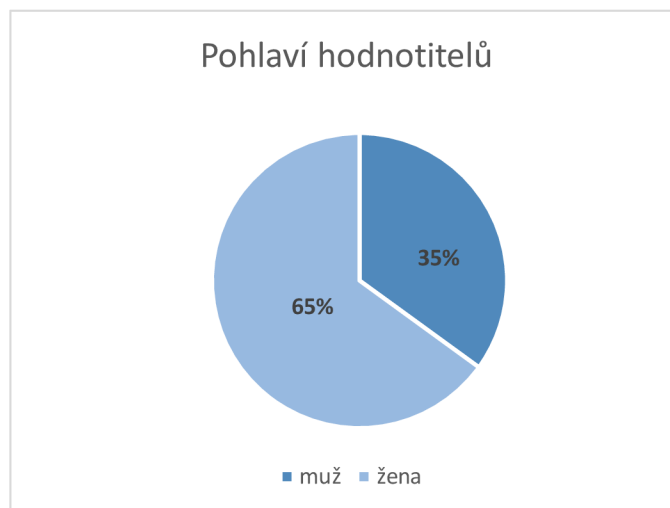


**Graf 16:** Změny vlastností jednotlivých těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího

## 5.2 Senzorické vlastnosti sušenek

### 5.2.1 Sušenky s přidavkem moučky z potměníka moučného

Senzorické analýzy sušenek s přidavkem moučky z potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) se účastnilo celkem 40 hodnotitelů, z toho bylo 26 žen (65 %) a 14 mužů (35 %) (viz Graf 17). Věk posuzovatelů se pohyboval v rozmezí 15-71 let, přičemž průměrný věk byl 38 let. Dva hodnotitelé uvedli, že jsou nachlazení.



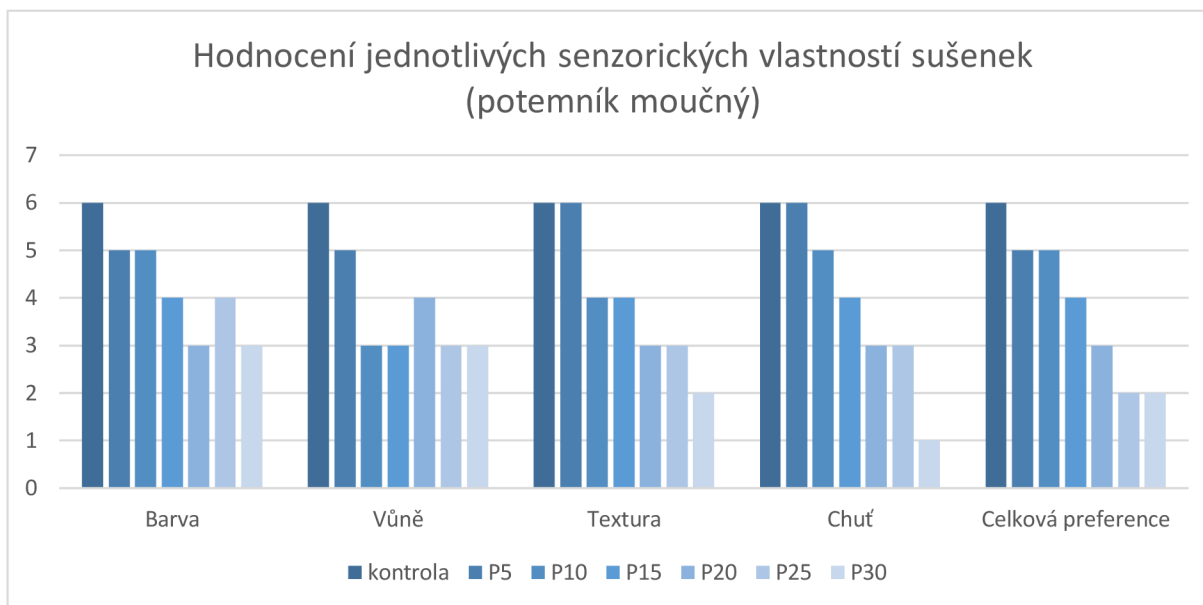
**Graf 17:** Pohlaví hodnotitelů sensorické analýzy sušenek s přidavkem moučky z potměníka moučného

Statistická analýza výsledků ukázala, že pohlaví ani věk posuzovatelů neovlivnilo hodnocení sensorických vlastností sušenek ( $p > 0,05$ ), signifikantní byla jen velmi slabá negativní korelace mezi hodnocením barvy a věkem hodnotitele ( $r_s = -0,1213$ ) (viz Tabulka 30).

**Tabulka 30:** Závislost hodnocených sensorických vlastností sušenek s přidavkem moučky z potměníka moučného na věku hodnotitelů

Proměnná	Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$						
	Věk	Podíl hmyzí moučky	Barva	Vůně	Textura	Chuť	Celková preference
Věk	1,000000	0,000000	-0,121342	0,060369	-0,096329	0,002891	-0,007621

Souhrnné výsledky jednotlivých sensorických vlastností sušenek s přidavkem moučky z potměníka moučného ukazuje Graf 18. Z grafu je patrné, že kontrolní sušenky měly nejlepší hodnocení ve všech zkoumaných parametrech, v textuře a chuti však sušenky s obsahem 5 % hmyzí moučky dosáhly stejných výsledků. Naopak nejhůře dopadly sušenky P30, u kterých byla chuť nejčastěji hodnocena stupněm 1. Byla zjištěna středně silná negativní korelace mezi obsahem hmyzí moučky ve vzorcích a všemi zkoumanými sensorickými vlastnostmi. Velmi silná pozitivní korelace byla zaznamenána mezi hodnocením chuti a celkovou preferencí (viz Tabulka 31).



**Graf 18:** Výsledky hodnocení jednotlivých sensorických vlastností sušenek s moučkou z potemníka moučného (modus)

**Tabulka 31:** Závislost mezi množstvím přidané moučky z potemníka moučného a hodnocením sensorických vlastností

Proměnná	Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$					
	Podíl hmyzí moučky	Barva	Vůně	Textura	Chuť	Celková preference
Podíl hmyzí moučky	1,000000	-0,495595	-0,531727	-0,568397	-0,615326	-0,641882
Barva	-0,495595	1,000000	0,507132	0,583593	0,584963	0,604393
Vůně	-0,531727	0,507132	1,000000	0,603209	0,656975	0,722622
Textura	-0,568397	0,583593	0,603209	1,000000	0,691584	0,735614
Chuť	-0,615326	0,584963	0,656975	0,691584	1,000000	0,901977
Celková preference	-0,641882	0,604393	0,722622	0,735614	0,901977	1,000000

Kruskal-Wallisův test ukázal, že nebyl významný rozdíl v hodnocení barvy kontrolních vzorků a sušenek s přidavkem 5 % či 10 % moučky z potemníka moučného. V těchto skupinách však byla barva sušenek hodnocena signifikantně lépe než u skupin s vyšším množstvím moučky z potemníka moučného (P20, P25 a P30). Skupina P15 se v barvě statisticky významně lišila od P30 (viz Tabulka 32). Upečené sušenky a jejich zbarvení ukazuje Obrázek 3.

**Tabulka 32:** Statistické rozdíly v hodnocení barvy dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný)

Závislá: Barva	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Barva Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 72,09194$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:187,60	P5 R:181,03	P10 R:176,26	P15 R:145,85	P20 R:109,95	P25 R:100,49	P30 R:82,325
Kontrola		1,000000	1,000000	0,443506	0,000378	0,000032	0,000000

Závislá: Barva	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Barva Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 72,09194$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:187,60	P5 R:181,03	P10 R:176,26	P15 R:145,85	P20 R:109,95	P25 R:100,49	P30 R:82,325
P5	1,000000		1,000000	1,000000	0,001818	0,000182	0,000001
P10	1,000000	1,000000		1,000000	0,005247	0,000599	0,000004
P15	0,443506	1,000000	1,000000		0,995303	0,256885	0,009464
P20	0,000378	0,001818	0,005247	0,995303		1,000000	1,000000
P25	0,000032	0,000182	0,000599	0,256885	1,000000		1,000000
P30	0,000000	0,000001	0,000004	0,009464	1,000000	1,000000	



**Obrázek 3:** Upečené sušenky s přidavkem moučky z potměníka moučného a kontrolní vzorek

Při srovnání vůně jednotlivých vzorků byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi kontrolním vzorkem a všemi ostatními skupinami kromě P5. U sušenek P5 byly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly oproti P15, P20, P25 a P30. Skupiny s vyšším obsahem moučky z potměníka moučného se od sebe navzájem významně nelišily (viz Tabulka 33).

**Tabulka 33:** Statistické rozdíly v hodnocení vůně dle množství přidané hmyzí moučky (potměník moučný)

Závislá: Vůně	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Vůně Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 96,68379$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:221,80	P5 R:197,25	P10 R:146,94	P15 R:109,19	P20 R:100,97	P25 R:104,04	P30 R:103,31
Kontrola		1,000000	0,000747	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
P5	1,000000		0,114594	0,000024	0,000002	0,000006	0,000004
P10	0,000747	0,114594		0,778599	0,233791	0,374199	0,335554
P15	0,000000	0,000024	0,778599		1,000000	1,000000	1,000000
P20	0,000000	0,000002	0,233791	1,000000		1,000000	1,000000
P25	0,000000	0,000006	0,374199	1,000000	1,000000		1,000000
P30	0,000000	0,000004	0,335554	1,000000	1,000000	1,000000	

Tabulka 34 ukazuje porovnání jednotlivých skupin v hodnocení textury. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny mezi kontrolním vzorkem a skupinami P15, P20, P25 a P30.

Od těchto skupin se statisticky významně lišily také sušenky P5. U skupiny P10 byly nalezeny statisticky významné rozdíly ve srovnání s P20, P25 a P30.

**Tabulka 34:** Statistické rozdíly v hodnocení textury dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný)

Závislá: Textura	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Textura Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 92,54347$ $p = 0,0000$						
	Kontrola R:204,30	P5 R:191,21	P10 R:172,44	P15 R:133,22	P20 R:106,05	P25 R:96,537	P30 R:79,737
Kontrola		1,000000	1,000000	0,001818	0,000001	0,000000	0,000000
P5	1,000000		1,000000	0,028597	0,000054	0,000004	0,000000
P10	1,000000	1,000000		0,637019	0,005162	0,000581	0,000006
P15	0,001818	0,028597	0,637019		1,000000	0,897537	0,065851
P20	0,000001	0,000054	0,005162	1,000000		1,000000	1,000000
P25	0,000000	0,000004	0,000581	0,897537	1,000000		1,000000
P30	0,000000	0,000000	0,000006	0,065851	1,000000	1,000000	

Výsledky statistické analýzy hodnocení chuti i celkové preference byly totožné. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi kontrolním vzorkem a skupinami P15, P20, P25 a P30, které se významně lišily i od P5. Signifikantní rozdíly byly zjištěny také mezi sušenkami P10 ve srovnání s P20, P25 a P30, a dále mezi vzorky P15 a P30 (viz Tabulka 35 a Tabulka 36).

**Tabulka 35:** Statistické rozdíly v hodnocení chuti dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný)

Závislá: Chuť	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Chuť Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 109,8984$ $p = 0,0000$						
	Kontrola R:206,96	P5 R:207,96	P10 R:161,89	P15 R:131,40	P20 R:105,31	P25 R:99,388	P30 R:70,588
Kontrola		1,000000	0,268651	0,000630	0,000000	0,000000	0,000000
P5	1,000000		0,229672	0,000494	0,000000	0,000000	0,000000
P10	0,268651	0,229672		1,000000	0,037387	0,011691	0,000010
P15	0,000630	0,000494	1,000000		1,000000	1,000000	0,016447
P20	0,000000	0,000000	0,037387	1,000000		1,000000	1,000000
P25	0,000000	0,000000	0,011691	1,000000	1,000000		1,000000
P30	0,000000	0,000000	0,000010	0,016447	1,000000	1,000000	

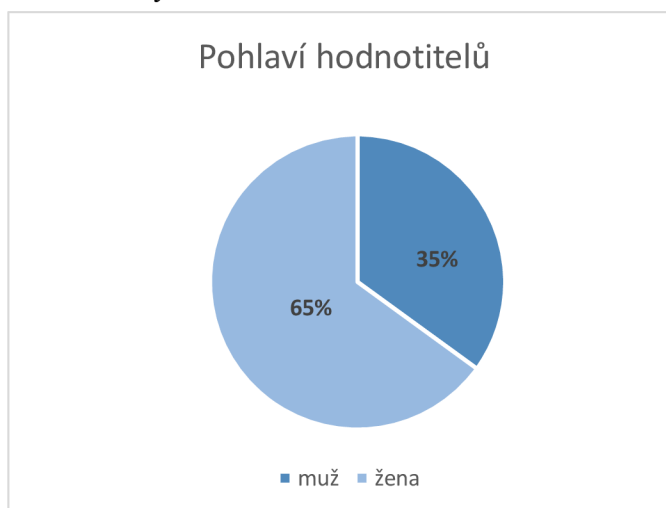
**Tabulka 36:** Statistické rozdíly v hodnocení celkové preference dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný)

Závislá: Celková preference	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Celková preference Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 119,4792$ $p = 0,0000$						
	Kontrola R:212,68	P5 R:209,31	P10 R:163,11	P15 R:129,43	P20 R:102,26	P25 R:96,463	P30 R:70,250
Kontrola		1,000000	0,130076	0,000090	0,000000	0,000000	0,000000
P5	1,000000		0,225171	0,000215	0,000000	0,000000	0,000000
P10	0,130076	0,225171		1,000000	0,016325	0,004877	0,000006

Závislá: Celková preference	Vícenásobné porovnaní p hodnot (oboustr.); Celková preference Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 119,4792$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:212,68	P5 R:209,31	P10 R:163,11	P15 R:129,43	P20 R:102,26	P25 R:96,463	P30 R:70,250
P15	0,000090	0,000215	1,000000		1,000000	1,000000	0,022727
P20	0,000000	0,000000	0,016325	1,000000		1,000000	1,000000
P25	0,000000	0,000000	0,004877	1,000000	1,000000		1,000000
P30	0,000000	0,000000	0,000006	0,022727	1,000000	1,000000	

### 5.2.2 Sušenky s přidavkem moučky z cvrčka domácího

Senzorické analýzy sušenek s přidavkem moučky z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) se účastnilo rovněž 40 hodnotitelů, z toho bylo 26 žen (65 %) a 14 mužů (35 %) (viz Graf 19). Věk posuzovatelů se pohyboval v rozmezí 15-71 let, přičemž průměrný věk byl 39,5 let. Jeden hodnotitel uvedl, že je nachlazený.



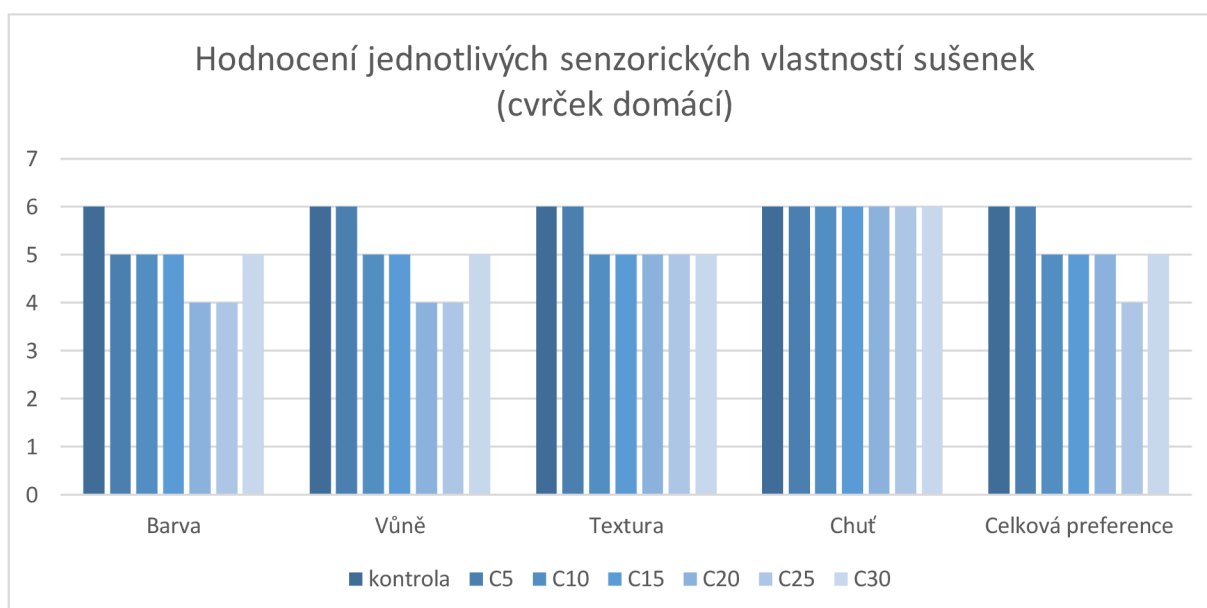
**Graf 19:** Pohlaví hodnotitelů sensorické analýzy vzorků s přidavkem moučky z cvrčka domácího

Statistická analýza výsledků ukázala, že pohlaví posuzovatelů neovlivnilo hodnocení sensorických vlastností vzorků ( $p > 0,05$ ). Na rozdíl od sušenek s přidavkem moučky z potměníka moučného nebyla pozorována signifikantní korelace věku hodnotitelů s hodnocením barvy. Statistická analýza však ukázala signifikantní, nicméně velmi slabé negativní korelace mezi věkem hodnotitelů a hodnocením textury, chuti a celkové preference (viz Tabulka 37).

**Tabulka 37:** Závislost hodnocených sensorických vlastností sušenek s přidavkem moučky z cvrčka domácího na věku hodnotitelů

Proměnná	Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$						
	Věk	Podíl hmyzí moučky	Barva	Vůně	Textura	Chuť	Celková preference
Věk	1,000000	0,000000	-0,035728	-0,115422	-0,211361	-0,180154	-0,165847

Graf 20 ukazuje souhrnné výsledky jednotlivých sensorických vlastností sušenek s přídavkem moučky z cvrčka domácího. Kontrolní vzorek získal nejlepší hodnocení ve všech šesti zkoumaných vlastnostech, ale sušenky s přídavkem 5 % hmyzí moučky dosáhly stejných výsledků ve všech parametrech mimo barvu, kde byly hodnoceny o stupeň hůře. V hodnocení chuti získaly všechny sušenky velmi vysoké hodnocení, přičemž modus byl nezávisle na množství přidané hmyzí moučky stejný (6). Za povšimnutí stojí, že sušenky C30 v hodnocení barvy, vůně a celkové preference dosáhl lepších výsledků než C25. Přesto byla zjištěna středně silná negativní korelace mezi obsahem hmyzí moučky a všemi zkoumanými sensorickými vlastnostmi mimo texturu, u které byla nalezena pouze slabá negativní korelace. Všechny tyto korelace byly slabší než u sušenek s přídavkem moučky z potměníka moučného. Byla však zjištěna velmi silná pozitivní korelace celkové preference s texturou a chutí (viz Tabulka 38).



**Graf 20:** Výsledky hodnocení jednotlivých sensorických vlastností sušenek s moučkou z cvrčka domácího (modus)

**Tabulka 38:** Závislost mezi množstvím přidané moučky z cvrčka domácího a hodnocením sensorických vlastností

Proměnná	Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$					
	Podíl hmyzí moučky	Barva	Vůně	Textura	Chuť	Celková preference
Podíl hmyzí moučky	1,000000	-0,418295	-0,425244	-0,381990	-0,423975	-0,465687
Barva	-0,418295	1,000000	0,557003	0,589330	0,581989	0,638505
Vůně	-0,425244	0,557003	1,000000	0,651725	0,617018	0,717504
Textura	-0,381990	0,589330	0,651725	1,000000	0,733362	0,800046
Chuť	-0,423975	0,581989	0,617018	0,733362	1,000000	0,872671
Celková preference	-0,465687	0,638505	0,717504	0,800046	0,872671	1,000000

Při porovnání sušenek podle hodnocení barvy byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi kontrolním vzorkem a skupinami C15, C20, C25 a C30. Dále bylo zjištěno, že barva



sušenek C5 byla hodnocena významně lépe než v případě C20 a C25 a oproti C25 byla signifikantně lepší i barva sušenek C10 (viz Tabulka 39). Upečené sušenky a jejich zbarvení ukazuje Obrázek 4.

**Tabulka 39:** Statistické rozdíly v hodnocení barvy dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí)

Závislá: Barva	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Barva Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 57,89988$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:204,43	C5 R:169,82	C10 R:158,40	C15 R:124,91	C20 R:109,21	C25 R:100,60	C30 R:116,13
Kontrola		1,000000	0,231495	0,000236	0,000003	0,000000	0,000023
C5	1,000000		1,000000	0,275510	0,017117	0,002765	0,063390
C10	0,231495	1,000000		1,000000	0,138502	0,029642	0,410588
C15	0,000236	0,275510	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
C20	0,000003	0,017117	0,138502	1,000000		1,000000	1,000000
C25	0,000000	0,002765	0,029642	1,000000	1,000000		1,000000
C30	0,000023	0,063390	0,410588	1,000000	1,000000	1,000000	



**Obrázek 4:** Upečené sušenky s přidavkem moučky z cvrčka domácího a kontrolní vzorek

Tabulka 40 ukazuje srovnání hodnocení vůně. Pozorovány byly statisticky významné rozdíly mezi kontrolním vzorkem a sušenkami C15, C20, C25 a C30. S výjimkou C15 byly stejné rozdíly nalezeny i u sušenek C5.

**Tabulka 40:** Statistické rozdíly v hodnocení vůně dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí)

Závislá: Vůně	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Vůně Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 54,64983$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:198,43	C5 R:174,11	C10 R:159,49	C15 R:127,90	C20 R:110,71	C25 R:107,10	C30 R:105,76
Kontrola		1,000000	0,661812	0,002061	0,000027	0,000010	0,000006
C5	1,000000		1,000000	0,224726	0,009713	0,004508	0,003361
C10	0,661812	1,000000		1,000000	0,148334	0,080043	0,063106
C15	0,002061	0,224726	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
C20	0,000027	0,009713	0,148334	1,000000		1,000000	1,000000
C25	0,000010	0,004508	0,080043	1,000000	1,000000		1,000000
C30	0,000006	0,003361	0,063106	1,000000	1,000000	1,000000	

Statisticky významné rozdíly v textuře byly zaznamenány pouze u kontrolního vzorku a sušenek C5, jejichž hodnocení bylo signifikantně vyšší ve srovnání se skupinami C20, C25 a C30. Jiné statisticky významné rozdíly nebyly nalezeny (Tabulka 41). Totožné výsledky přineslo i srovnání hodnocení chuti (Tabulka 42).

**Tabulka 41:** Statistické rozdíly v hodnocení textury dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí)

Závislá: Textura	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Textura Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 43,18244$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:181,13	C5 R:182,99	C10 R:149,51	C15 R:139,81	C20 R:120,05	C25 R:104,66	C30 R:105,35
Kontrola		1,000000	1,000000	0,472672	0,015605	0,000506	0,000599
C5	1,000000		1,000000	0,359104	0,010687	0,000319	0,000379
C10	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,278189	0,309214
C15	0,472672	0,359104	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
C20	0,015605	0,010687	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
C25	0,000506	0,000319	0,278189	1,000000	1,000000		1,000000
C30	0,000599	0,000379	0,309214	1,000000	1,000000	1,000000	

**Tabulka 42:** Statistické rozdíly v hodnocení chuti dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí)

Závislá: Chuť	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Chuť Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 54,68070$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:187,15	C5 R:188,65	C10 R:149,10	C15 R:136,03	C20 R:118,71	C25 R:97,775	C30 R:106,09
Kontrola		1,000000	0,747551	0,099717	0,003296	0,000017	0,000159
C5	1,000000		0,607685	0,076762	0,002356	0,000011	0,000107
C10	0,747551	0,607685		1,000000	1,000000	0,096334	0,367958
C15	0,099717	0,076762	1,000000		1,000000	0,727444	1,000000
C20	0,003296	0,002356	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
C25	0,000017	0,000011	0,096334	0,727444	1,000000		1,000000
C30	0,000159	0,000107	0,367958	1,000000	1,000000	1,000000	

Nejvyšší celkové preference dosáhly kontrolní vzorky a sušenky C5, které se statisticky významně lišily od C15, C20, C25 a C30. Mimo to byla celková preference skupiny C10 signifikantně vyšší ve srovnání se sušenkami C25 (viz Tabulka 43).

**Tabulka 43:** Statistické rozdíly v hodnocení celkové preference dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí)

Závislá: Celková preference	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Celková preference Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 66,50003$ $p = ,0000$						
	Kontrola R:195,60	C5 R:189,81	C10 R:156,40	C15 R:130,05	C20 R:109,36	C25 R:96,575	C30 R:105,70
Kontrola		1,000000	0,638128	0,006179	0,000040	0,000001	0,000014
C5	1,000000		1,000000	0,020255	0,000186	0,000005	0,000071
C10	0,638128	1,000000		1,000000	0,196988	0,020008	0,107265

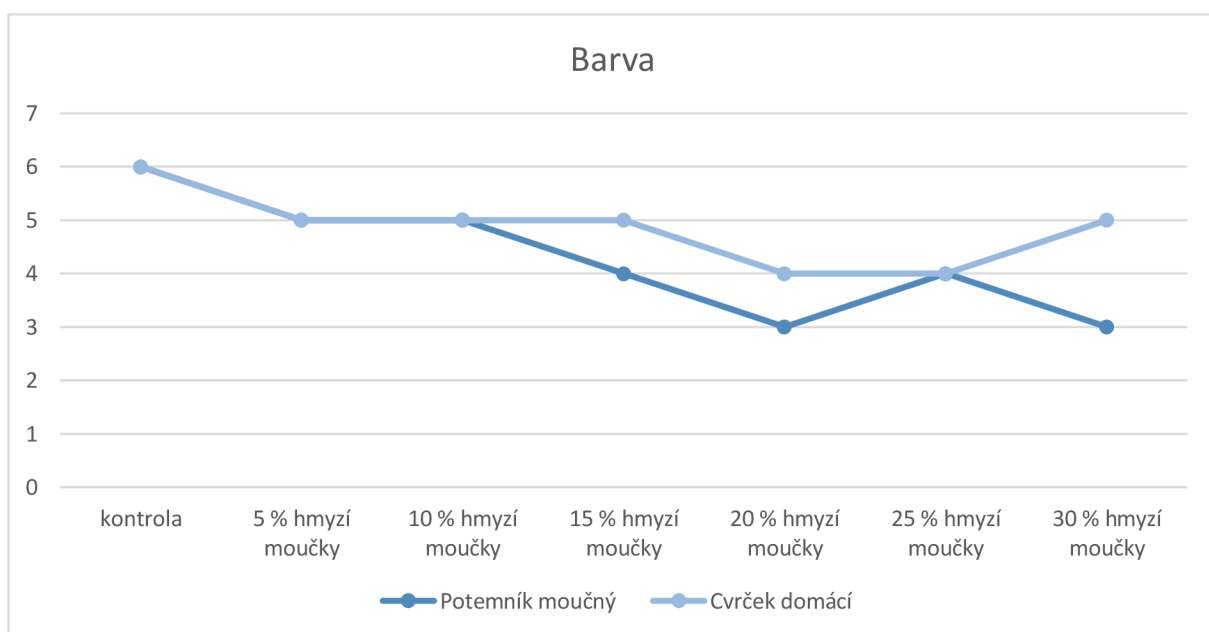
Závislá: Celková preference	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Celková preference Nezávislá (grupovací) proměnná: Vzorek Kruskal-Wallisův test: $H(6, N=280) = 66,50003$ $p = 0,0000$						
	Kontrola R:195,60	C5 R:189,81	C10 R:156,40	C15 R:130,05	C20 R:109,36	C25 R:96,575	C30 R:105,70
C15	0,006179	0,020255	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
C20	0,000040	0,000186	0,196988	1,000000		1,000000	1,000000
C25	0,000001	0,000005	0,020008	1,000000	1,000000		1,000000
C30	0,000014	0,000071	0,107265	1,000000	1,000000	1,000000	

### 5.2.3 Vzájemné porovnání obou druhů sušenek

Grafy 21-25 ukazují porovnání hodnocení jednotlivých sensorických vlastností sušenek s přidavkem hmyzích mouček. Z těchto grafů a přehledu p-hodnot v Tabulka 44 je jasně patrné, že vzorky s moučkou z cvrčka domácího měly lepší hodnocení všech parametrů, byť v hodnocení barvy byl statisticky významný rozdíl pozorován jen mezi skupinami s obsahem 30 % hmyzí moučky ( $p = 0,0070$ ).

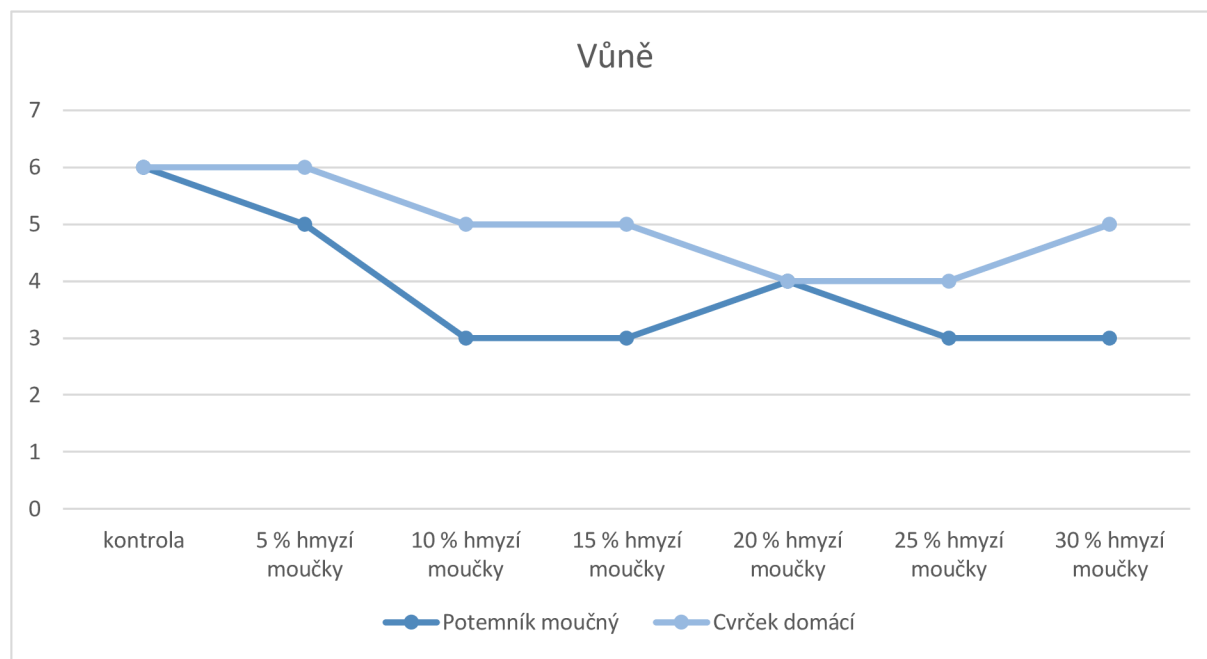
**Tabulka 44:** p-hodnoty jednotlivých sensorických vlastností při porovnání vzorků z obou druhů hmyzí moučky

	Kontrola	5 % hmyzí moučky	10 % hmyzí moučky	15 % hmyzí moučky	20 % hmyzí moučky	25 % hmyzí moučky	30 % hmyzí moučky
Barva	0,192148	0,658332	0,924801	0,947299	0,204719	0,244713	0,007008
Vůně	0,871256	0,351359	0,001219	0,000105	0,000314	0,002594	0,006242
Textura	0,180515	0,014414	0,033620	0,000165	0,000018	0,000500	0,000013
Chuť	0,114993	0,083418	0,003024	0,000524	0,000117	0,013977	0,000103
Celková preference	0,197396	0,070102	0,000362	0,000079	0,000009	0,001062	0,000011



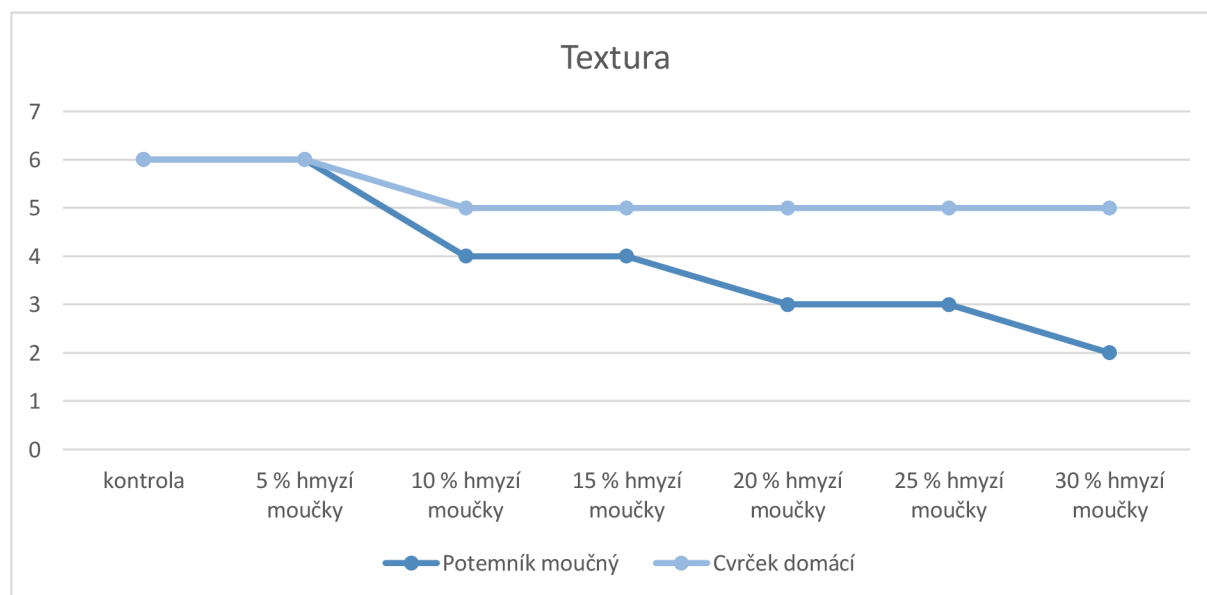
**Graf 21:** Hodnocení barvy (modus)

V hodnocení vůně došlo s nárůstem přídavku hmyzí moučky ke zhoršení sensorických vlastností u obou druhů sušenek, ale tento pokles byl markantnější u potemníka moučného (viz Graf 22). U přídavku 5 % hmyzí moučky nebyl rozdíl mezi druhy sušenek statisticky významný, ale vůně sušenek s moučkou z cvrčka domácího byla hodnocena významně lépe, pokud byl její obsah alespoň 10 % hmyzí moučky. To z grafu není dobře patrné, neboť ukazuje pouze nejčastější hodnocení (modus).



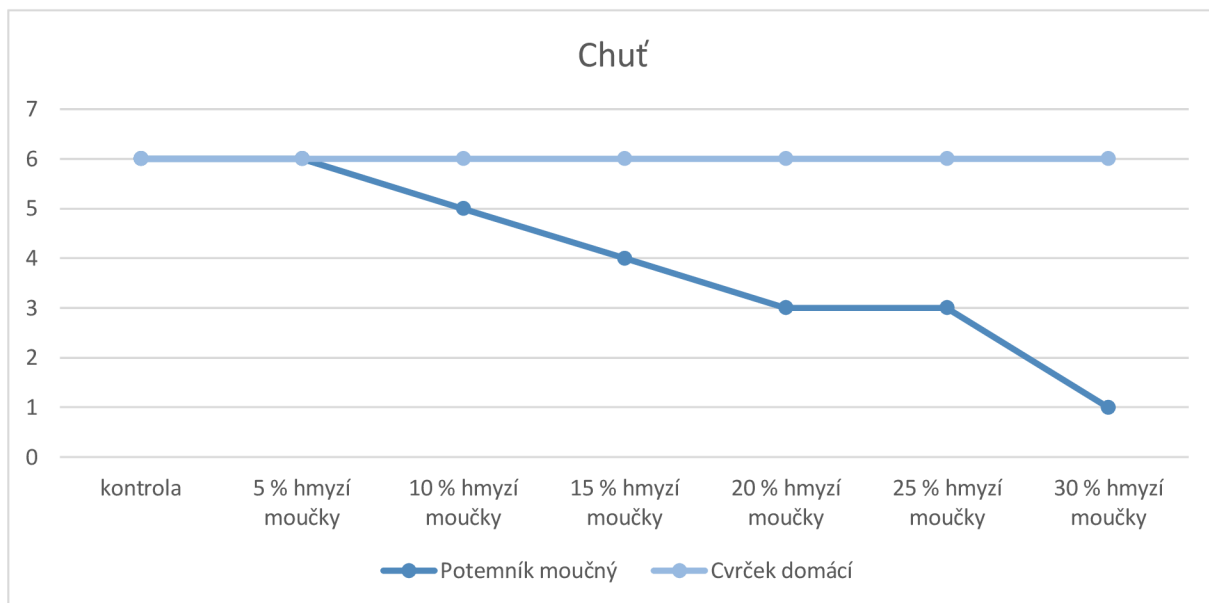
**Graf 22:** Hodnocení vůně (modus)

Z Graf 23 vyplývá, že se zvyšujícím se množstvím moučky z potemníka moučného klesalo hodnocení textury. Naproti tomu sušenky s obsahem 10 % až 30 % moučky z cvrčka domácího dosáhly stejného modusu. Statisticky významné rozdíly mezi druhy hmyzu byly patrné již při přídavku 5 % hmyzí moučky ( $p = 0,01441$ ), největších rozdílů dosahovaly vzorky s obsahem 30 % hmyzí moučky ( $p = 0,00001$ ).



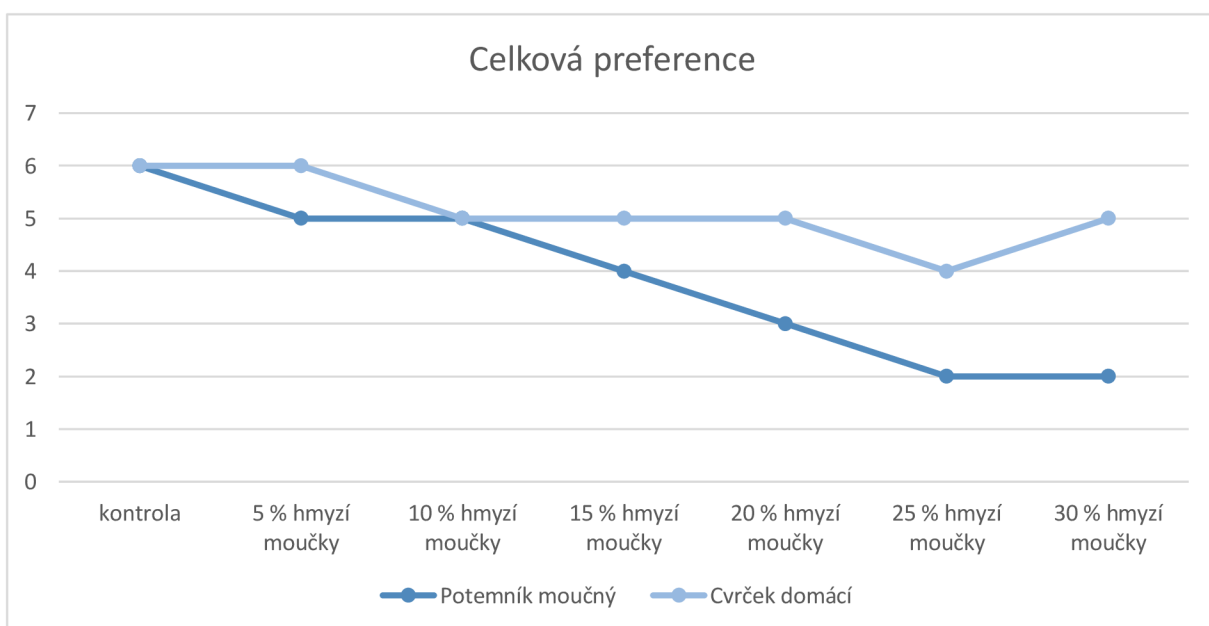
**Graf 23:** Hodnocení textury (modus)

Hodnocení chuti bylo u obou druhů sušenek velmi odlišné. Zatímco množství moučky z cvrčka domácího nijak neovlivnilo modus hodnocení chuti, s narůstajícím množstvím moučky z potemníka moučného se chutnost sušenek zhoršovala (viz Graf 24). Statisticky signifikantní rozdíly mezi druhy sušenek byly zjištěny u všech skupin s výjimkou přídatku 5 % hmyzí moučky ( $p = 0,0834$ ).



**Graf 24:** Hodnocení chuti (modus)

Graf 25 ukazuje, že hodnocení celkové preference sušenek s přidavkem moučky z potemníka moučného mělo s narůstajícím množstvím hmyzí moučky klesající charakter. Obdobně tomu bylo i u hodnocení vzorků s přidavkem moučky z cvrčka domácího, ale tento trend nebyl tak výrazný. Statisticky významné rozdíly byly podobně jako u chuti nalezeny u všech skupin kromě 5 % hmyzí moučky ( $p = 0,0701$ ).



**Graf 25:** Hodnocení celkové preference (modus)

## 6 Diskuze

Přídavek hmyzí moučky do těsta na sušenky zásadně ovlivnil technologické vlastnosti těsta i sensorickou jakost sušenek, čímž byla potvrzena testovaná pracovní hypotéza. Jak lze vyčíst z výsledků, rozdíly v reologických i sensorických parametrech byly dány jednak druhem hmyzu a druhak jeho přidaným množstvím.

V této práci bylo prvním krokem mixování lyofilizovaného hmyzu na později použitou moučku. V případě larev potměníka moučného probíhalo mixování bez větších obtíží – vzniklá moučka byla poměrně jemná, ale její konzistence připomínala spíše pastu než klasickou sypkou mouku. Důvodem byl nejspíš vysoký obsah tuku, protože dle Paul et al. (2017) larvy potměníka moučného obsahují až 32 % tuku v sušině. V porovnání s tím byla moučka z dospělců cvrčka domácího více sypká, světlejší a na pohled podobná senu. Příprava moučky byla ale komplikovanější, jelikož některé části exoskeletu cvrčka domácího i při opakovaném mixování zůstávaly soudržné. Ve vzniklé moučce tak mohli hodnotitelé najít kousky členitých nohou nebo hlaviček cvrčků domácích.

Analýza vlhkosti a měření reologických vlastností bylo provedeno v přístroji Mixolab 2. Největším úskalím bylo odhadování vaznosti vzniklých směsí pšeničné mouky s hmyzí moučkou, jelikož závislost vaznosti na vlhkosti nebyla lineární. Z výsledků vazností v této práci vyplývá, že přídavek moučky z potměníka moučného vaznost mouky snižuje, přídavek moučky z cvrčka domácího naopak vaznost zvyšuje. Vazností cvrččí moučky se zabývali Ettoumi a Chibane (2015), kteří došli ke stejným závěrům. Ve studiích Pareyt et al. (2011), Guzmán et al. (2015) a González et al. (2019) se však vaznost s rostoucím množstvím cvrččí moučky snižovala.

Doba vývoje těsta se s vyšším přídavkem hmyzí moučky snižovala u obou druhů hmyzu. V případě potměníka moučného došli González et al. (2019) ke stejným závěrům jako tato práce, tedy že s navýšením obsahu moučky z potměníka moučného se zkracuje doba vývinu těsta. Naopak přídavek cvrččí moučky v práci González et al. (2019) způsobil prodloužení doby vývinu těsta již v množství 5 %, podle měření Roncolini et al. (2019) k tomu došlo při přídavku 30 % cvrččí moučky. S nárůstem podílu hmyzí moučky se dle našich měření snižovala také stabilita těsta, což se ale neshoduje s výsledky studií Osimani et al. (2018), González et al. (2019) ani Roncolini et al. (2019).

Při přípravě vzorků s přídavkem moučky z potměníka moučného bylo těsto hůře zpracovatelné od 20 % hmyzí moučky, u vzorků z moučky z cvrčka domácího to bylo již u těsta obsahujícího 10 % hmyzí moučky. Projevovalo se to především zvýšenou lepivostí těsta, která ovlivnila také vzhled sušenek, jelikož u některých vzorků nemohlo být použito zdobící razítko. U těchto sušenek bylo také komplikovanější samotné přesunutí vzorků z válu na plech, což mělo za následek vznik mírných deformit a nepravidelností ve tvarech.

S nárůstem podílu hmyzí moučky v sušenkách bylo pozorováno jejich tmavnutí, k čemuž docházelo i ve studiích Michalska et al. (2008), Homann et al. (2017) nebo González et al. (2019). Michalska et al. (2008) to přisuzuje zvýšenému obsahu proteinů, který může vést ke zvýšené tvorbě produktů Maillardovy reakce. González et al. (2019) to zase připisuje rozdílnému složení AMK v porovnání s pšeničnou moukou.

Před upečením působily vzorky tmavším dojmem a mezi jednotlivými sušenkami s odlišným přídavkem hmyzí moučky byly evidentní rozdíly. Po upečení však sušenky

zesvětlaly a jednotlivé skupiny byly navzájem hůře rozpoznatelné. V hodnocení barvy dosáhl nejlepších výsledků v obou senzorických analýzách kontrolní vzorek, což se neshoduje se závěry studií Roncolini et al. (2019) a Duda et al. (2019), že hodnotitelé přidělují tmavším vzorkům lepší hodnocení, jelikož jim připomínají celozrnné výrobky, které považují za zdravé. Výsledky mohly být ovlivněny procesem pečení, jelikož ačkoliv byla použita certifikovaná boxová pec a všechny vzorky sušenek se pekly současně, nebyla barva všech vzorků totožná.

V hodnocení vůně dopadly sušenky s moučkou z potměníka moučného hůře než sušenky s přídavkem cvrččí moučky a s jejich rostoucím podílem byly patrné větší rozdíly. Při přípravě mouček a následném zpracování těsta měla paradoxně nepříjemný zápach moučka z cvrčka domácího – byla cítit rybinou stejně jako ve studii Dewi et al. (2020), kteří zkoumali sušenky s přídavkem moučky z kobylek (*Melanoplus cinereus*). Tento druh pachu žádný z posuzovatelů v hodnocení nezmínil, ale objevily se komentáře, že sušenky mají „divný“ zápach, jsou cítit po zvracích nebo že jejich vůně připomíná sýr. U vzorků s přídavkem moučky z potměníka moučného byl rovněž zmíněn „divný“ zápach a sýrová vůně, přičemž ta bývá dle Biró et al. (2020) hodnocena kladně.

Ačkoliv Akullo et al. (2018), Biró et al. (2020) a Awobusuyi et al. (2020a) ve svých studiích došli k závěru, že množství hmyzí moučky v sušenkách neovlivní jejich texturu, výsledky senzorické analýzy textury v této práci ukazují přesný opak. V případě sušenek s moučkou z potměníka moučného s nárůstem hmyzí moučky docházelo k výraznému zhoršení textury, což se projevilo především na jejich tvrdosti. Sušenky s přídavkem moučky ze cvrčka domácího byly hodnoceny lépe, ačkoliv v nich někteří hodnotitelé vnímali drobné části exoskeletu hmyzu. Výsledky mohly být zkresleny odlišnou propečeností sušenek z důvodu nerovnoměrného pečení v peci a nejednotnou výškou způsobenou komplikovaným přenosem na plech. U sušenek s moučkou z potměníka moučného mohlo texturu ovlivnit také snižující se množství přidávaného másla.

Závěry studií, ve kterých byla hodnocena chuť sušenek s přídavkem hmyzí moučky, jsou různé. Zkoumání Niaba et al. (2013) a Dewi et al. (2020) ukázalo, že se zvyšujícím se množstvím hmyzí moučky dochází ke zlepšení chuti produktů. K opačným závěrům, tedy že s rostoucím množstvím hmyzu se zhoršuje celkový chuťový vjem, došli Ogunlakin et al. (2018) a Biró et al. (2020). S druhým z těchto tvrzení se shodují i výsledky hodnocení chuti sušenek s moučkou z potměníka moučného v této práci, nicméně se našlo i několik hodnotitelů, kteří ve svých formulářích uvedli, že chuťový vjem byl nejlepší u vzorků s nejvyšším obsahem hmyzí moučky. Výsledky hodnocení sušenek s přídavkem moučky z cvrčka domácího, u kterých se hodnocení chuti výrazně neměnilo, odpovídají výsledkům studií Kinyuru et al. (2009) a Awobusuyi et al. (2020a). V komentářích hodnotitelů se objevovaly poznámky, že sušenky mají sýrovou příchut', zvláštní příchut' nebo drobnou pachut'. Tyto vlastnosti jsou dle Spranghers et al. (2017) a González et al. (2019) spojovány se složením tuku jedlého hmyzu, zejména vysokým obsahem PUFA.

Celková preference byla u obou druhů sušenek nejvíce ovlivněna chutí. Podobně jako ve studiích Kinyuru et al. (2009), Niaba et al. (2013), Ogunlakin et al. (2018) a Biró et al. (2020) se se zvyšujícím se množstvím hmyzí moučky celková preference snižovala. V poznámkách hodnotitelů bylo ale mnohokrát zmíněno, že sušenky byly celkově chutné a senzorické vlastnosti jedlého hmyzu překvapivě příjemné. Někteří rovněž uvedli, že by pro ně bylo přijatelnější, kdyby neznali přesné složení sušenek.

Souhrnné výsledky sensorické analýzy ukazují, že s vyšším podílem hmyzí moučky v sušenkách klesá jejich sensorická jakost. Ke stejným závěrům ve svých studiích dospěli také Kinyuru et al. (2009), Ogunlakin et al. (2018) a Biró et al. (2020). Nepotvrdilo se ale tvrzení Megido et al. (2014), že muži hodnotí jedlý hmyz pozitivněji než ženy, v této práci nebyl vliv pohlaví statisticky významný.

Mezi limitace této práce patří, že nebyla použita hédonická stupnice, která by umožnila statistické hodnocení výsledků parametrickými testy. Důvodem byl vysoký počet testovaných vzorků a hodnocených parametrů, přičemž v případě hédonické stupnice by příliš dlouhé zadání mohlo dobrovolné hodnotitele odradit od vyplnění formuláře. Původně bylo zamýšleno použít pětibodovou hodnotící škálu, ale vzhledem k tomu, že sensorická analýza obsahovala vzorky s obsahem více než 20 % hmyzí moučky, které měly ve většině předchozích studiích velmi negativní hodnocení, stupnice byla o jeden bod rozšířena. Výsledky sensorické analýzy mohly být zkresleny tím, že hodnotitelé byli předem informováni o složení sušenek, takže jejich hodnocení mohlo být ovlivněno také předsudky a negativním očekáváním spojeným s konzumací jedlého hmyzu (Kouřimská et al. 2020). Limitací je i fakt, že se studie účastnili neškolení hodnotitelé a že zastoupení žen bylo dvojnásobné oproti mužům, což neodpovídá reálnému složení současné populace.



## 7 Závěr

V této práci byla potvrzena hypotéza, že částečná náhrada pšeničné mouky hmyzí moučkou ovlivní technologické vlastnosti těsta a senzoricou jakost sušenek. Změny v technologických vlastnostech byly patrné již při přidání 5 % hmyzí moučky, přičemž se zvyšujícím se množstvím hmyzí moučky docházelo výraznějším změnám. Přídavek moučky z potměníka moučného způsobil zvýšení vlhkosti vzniklé směsi, snížení vaznosti, zkrácení doby vývoje těsta a také snížení jeho stability. Přídavek moučky z cvrčka domácího zapříčinil rovněž zvýšení vlhkosti, zkrácení doby vývoje těsta, snížení jeho stability, ale naopak zvýšil vaznost směsi.

Výsledky senzoricke analýzy ukázaly, že množství přidané hmyzí moučky ovlivnilo barvu výsledného produktu a s rostoucím přídavkem rostla i intenzita zbarvení. Konzumenti tuto změnu hodnotili spíše negativně a světlejší odstíny sušenek považovali za přijatelnější. Obdobné to bylo u hodnocení vůně, kdy vzorky s vyšším obsahem hmyzí moučky některým hodnotitelům zapáchaly, a to nepříznivě ovlivnilo celkové hodnocení sušenek. Změna textury se projevovala zejména tvrdostí a drobivostí, což mohlo být u sušenek s přídavkem moučky z potměníka moučného dáno odebráním másla z receptury. Chuť, jakožto nejdůležitější vlastnost ovlivňující celkovou preferenci produktu, se u sušenek s moučkou z potměníka moučného s nárůstem jejího podílu významně zhoršovala. U sušenek s přídavkem moučky z cvrčka domácího nebyl tento trend pozorován a všechny byly dle hodnotitelů stejně chutné. V posuzování celkové preference byly nejlépe hodnoceny kontrolní vzorky a sušenky s přídavkem 5 % moučky z cvrčka domácího.

Přestože sušenky s přídavkem moučky z cvrčka domácího dosáhly v senzoricke analýze významně lepších výsledků než sušenky s moučkou z potměníka moučného, manipulace s těstem byla obtížnější a jednotlivé vlastnosti těsta zjištěné z indexů Mixolab 2 byly pro výrobu sušenek méně vhodné. V budoucnu je třeba dalších studií ke zjištění ideálního poměru pšeničné mouky a hmyzí moučky, aby bylo dosaženo optimálních technologických vlastností a senzoricke jakosti sušenek. Dále by bylo vhodné podrobně analyzovat nutriční složení sušenek, zejména obsah a skladbu AMK a tuků.

## 8 Literatura

- Adámek M, Adámková A, Kouřimská L, Mlček J, Vojáčková K, Orsavová J, Bučková M, Faměra O, Búran M. 2020. Sensory evaluation and acceptance of food made of edible insects. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* **14**:921-928.
- Ademolu KO, Idowu AB, Olatunde GO. 2010. Nutritional Value Assessment of Variegated Grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), During Post-Embryonic Development. *African Entomology* **18**:360-364.
- Akande AO, Jolayemi OS, Adelugba VA, Akande ST. 2020. Silkworm pupae (*Bombyx mori*) and locusts as alternative protein sources for high-energy biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **23**:234–241.
- Akullo J, Nakimbugwe D, Obaa BB, Okwee-Acai J, Agea JG. 2018. Development and quality evaluation of crackers enriched with edible insects. *International Food Research Journal* **25**:1592-1599.
- Ayensu J, Lutterodt H, Annan RA, Edusei A, Loh SP. 2019. Nutritional composition and acceptability of biscuits fortified with palm weevil larvae (*Rhynchophorus phoenicis* Fabricius) and orange-fleshed sweet potato among pregnant women. *Food Science and Nutrition* **7**:1807–1815.
- Ayieko MA, Oriaro V, Nyambuga I. 2010. Processed Products of Termites and Lake Flies: Improving Entomophagy for Food Security within the Lake Victoria Region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* **10**:2085-2098.
- Awobusuyi TD, Pillay K, Siwela M. 2020. Consumer Acceptance of Biscuits Supplemented with a Sorghum–Insect Meal. *Nutrients* **12** (e895) DOI: 10.3390/nu12040895.
- Awobusuyi TD, Siwela M, Pillay K. 2020. Sorghum–Insect Composites for Healthier Cookies: Nutritional, Functional, and Technological Evaluation. *Foods* **9** (e1427) DOI: 10.3390/foods9101427.
- Azzollini D, Derossi A, Fogliano V, Lakemond CMM, Severini C. 2018. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **45**:344-353.
- Baiano A. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science* **100**:35-50.
- Barroso FG, de Haro C, Sánchez-Muros MJ, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* **422–423**:193-201.
- 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.
- Bednářová M, Borkovcová M, Zorníková G, Zeman L. 2010. Insect as food in Czech republic. *Mendelnet*, 2010. Brno: Mendel University: 674-682.

- Bezpečnost potravin. 2022. Hmyz: Informace o uvedení hmyzu jako nové potraviny na trh. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/kategorie/hmyz/> (accessed October 2022).
- Biró B, Sipos MA, Kovács A, Badak-Kerti K, Pásztor-Huszár K, Gere A. 2020. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods* **9** (e1561) DOI: 10.3390/foods9111561.
- Borkovcová M, Bednářová M, Fišer V, Ocknecht P. 2009. Kuchyně hmyzem zpestřená. *Lynx*. Brno.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* **36**:287-319.
- Bukkens SGF. 2005. Insects in the human diet: Nutritional aspects. Pages 545-578 in Paoletti MG, editors. *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*. Science Publishers, New Hampshire.
- Carlsson MA, Kalinová B. 2005. Tajemství čichu poodhaleno. *Vesmír* **84**:148-155.
- Castro Delgado M, Chambers EIV, Carbonell-Barrachina A, Noguera Artiaga L, Vidal Quintanar R, Burgos Hernandez A. 2020. Consumer acceptability in the USA, Mexico, and Spain of chocolate chip cookies made with partial insect powder replacement. *Journal of Food Science* **85**:1621-1628.
- Chakravorty J, Ghosh S, Meyer-Rochow VB. 2013. Comparative Survey of Entomophagy and Entomotherapeutic Practices in Six Tribes of Eastern Arunachal Pradesh (India). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9** (e50) DOI: 10.1186/1746-4269-9-50.
- Chopin Technologies. 2012. *Mixolab application handbook*. Chopin Technologies, France.
- Clarke N, Cloke P, Barnett C, Malpass A. 2008. The spaces and ethics of organic food. *Journal of Rural Studies* **24**:219-230.
- Davidson I. 2019. *Biscuit, Cookie, and Cracker Production: process, production and packaging equipment*. Academic Press, Velká Británie.
- de Boer J, Schösler H, Boersema J. 2013. Motivational differences in food orientation and the choice of snacks made from lentils, locusts, seaweed or “hybrid” meat. *Food Quality and Preference* **28**:32-35.
- de Castro R, Ohara A, Aguilar J, Domingues M. 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, da Silva Lucas AJ, Cadaval CL, Mellado MS. 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **44**:30-35.
- Dewi T, Vidiarti AN, Fitranti DY, Kurniawati DM, Anjani G. 2020. Formulation of baby biscuits with substitution of wood grasshopper flour (*Melanoplus cinereus*) as an alternative complementary food for children. *Food Research* **4**:114–122.

- Djouadi A, Sales JR, Carvalho MO, Raymundo A. 2022. Development of Healthy Protein-Rich Crackers Using *Tenebrio molitor* Flour. *Foods*. **11** (e702) DOI: 10.3390/foods11050702.
- Duda A, Adamczak J, Chelmińska P, Juskiewicz J, Kowalczewski P. 2019. Quality and Nutritional/Textural Properties of Durum Wheat Pasta Enriched with Cricket Powder. *Foods* **8** (e46) DOI: 10.3390/foods8020046.
- Durst PB, Shono K. 2010. Edible forest insects: exploring new horizons and traditional practices. Pages 1-4 in Durst PB., Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Bangkok.
- EFSA. 2022. Novel food. FAO. Available from <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/novel-food> (accessed August 2022).
- Ekpo, KE, Onigbinde AO, Asia IO. 2009. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* **3**:51-57.
- Ettoumi YL, Chibane M. 2015. Some physiochemical and functional properties of pea chickpea and lentil whole flours. *International food research journal* **0**:987–996.
- FAO. 2017. *The future of food and agriculture—trends and challenges*. The future of food and agriculture: trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Feili R. 2013. Physical and Sensory Analysis of High Fiber Bread Incorporated with Jackfruit Rind Flour. *Food Science and Technology* **1**:30–36.
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269-285.
- Finke MD. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* **26**:105-115.
- Finke MD, Oonincx D. 2014. Insects as Food for Insectivores. Pages 583-616 in Morales-Ramos J, Rojas MG, Shapiro-Ilan D, editors. *Mass Production of Beneficial Organisms*. Academic Press, USA.
- Gahukar RT. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science* **31**:129-144.
- Gmuer A, Nuessli Guth J, Hartmann C, 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. 2019. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **51**:205-210.
- Gravel A, Doyen A. 2020. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **59** (e 102272) DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102272.
- Guzmán C, Posadas-Romano G, Hernández-Espinosa N, Morales-Dorantes A, Peña RJ. 2015. A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to

- determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality. *Journal of Cereal Science* **66**:59-65.
- Hartmann C, Shi J, Giusto A, Siegrist M. 2015. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference* **44**:148-156.
- Hartmann C, Siegrist M. 2016. Becoming an insectivore: Results of an experiment. *Food quality and preference* **51**:118-22.
- Hartmann C, Siegrist M. 2017. Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology* **61**:11-25.
- Homann AM, Ayieko MA, Konyole SO, Roos N. 2017. Acceptability of biscuits containing 10% cricket (*Acheta domestica*) compared to milk biscuits among 5-10-year-old Kenyan schoolchildren. *Journal of Insects as Food and Feed* **3**:95-103.
- House J. 2016. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite* **107**:47-58.
- Imathiu S. 2020. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal* **18**:1-11.
- Ingr I, Pokorný J, Valentová H. 2007. *Senzorická analýza potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Jideani VA. 2011. Functional Properties of Soybean Food Ingredients in Food Systems. Pages 345-366 in Ng T-B, editors. *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology*. InTech, Rijeka.
- Kim H-W, Setyabrata D, Lee YJ, Jones OG, Kim YHB. 2016. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **38**:116-123.
- Kim H-W, 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**:2787-2793.
- Kinyuru J, Kenji GM, Njoroge MS. 2009. Process Development, Nutrition And Sensory Qualities Of Wheat Buns Enriched With Edible Termites (*Macrotermes subhyalinus*) From Lake Victoria Region, Kenya. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* **9**:1739-1750.
- Köster MA, Prescott J, Köster EP. 2004. Incidental learning and memory for three basic tastes in food. *Chemical Senses* **29**:441-453.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* **4**:22-26.
- Kouřimská L, Kotrbová V, Kulma M, Adámková A, Mlček J, Sabolová M, Homolková D. 2020. Attitude of assessors in the Czech Republic to the consumption of house cricket *Acheta domestica* L. – A preliminary study. *Czech Journal of Food Sciences* **38**:72-76.

- Kozelová D, Matejková E, Fikselová M, Děkányová J. 2014. Analysis of consumer behavior at chocolate purchase. *Potravinarstvo* **8**:62-66.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:267-272.
- Lee KP, Simpson SJ, Wilson K. 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology* **22**:1052-1061.
- Lesnik JJ. 2018. *Edible Insects and Human Evolution*. University Press, Florida.
- Megido CR, Gierts C, Blecker C, Brostaux Y, Haubruge E, Alabi T, Francis F. 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference* **52**:237-243.
- Megido CR, Sablon L, Geuens M, Brostaux Y, Alabi T, Blecker C. 2014. Edible insects acceptance by Belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies* **29**:14-20.
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez AJ, Salinas-Castro A. 2019. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**(4):1166-1191.
- Meybodi N, Mohammadifar M, Feizollahi E. 2015. Gluten-free bread quality: a review of the improving factors. *Journal of Food Quality and Hazard Control* **2**:81–85.
- Michalska A, Amigo-Benavent M, Zielinski H, del Castillo MD. 2008. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of Cereal Science* **48**:123–132.
- Mishyna M, Chen J, Benjamin O. 2020. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology* **95**:141-148.
- Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **64**:147-157.
- Muzzarelli RAA. 2010. Chitins and Chitosans as Immunoadjuvants and Non-Allergenic Drug Carriers. *Marine Drugs*. **8**:292-312.
- Muzzarelli RAA, Tomasetti M, Ilari P. 1994. Deploymerization of chitosan with the aid of papain. *Enzyme and Microbial Technology* **16**:110-114.
- Niaba KPV, Gbassi KG, Beugre AG, Amani T, Malan KA, Gnakri D. 2013. Nutritional and sensory qualities of wheat biscuits fortified with defatted *Macrotermes subhyalinus*. *International Journal of Chemical Science and Technology* **3**:25-32.
- Obopile M, Seeletso TG. 2013. Eat or not eat: An analysis of the status of entomophagy in Botswana. *Food Security* **5**:817-824.
- Ogunlakin GO, Oni VT, Olaniyan SA. 2018. Quality Evaluation of Biscuit Fortified with Edible Termite (*Macrotermes nigeriensis*). *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology* **4**:1-7.

- Oonincx DGAB, de Boer IJM, Sword GA. 2012. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE* 7(12) (e51145) DOI doi.org/10.1371/journal.pone.0051145.
- Oonincx DGAB, Dierenfeld ES. 2012. An Investigation Into the Chemical Composition of Alternative Invertebrate Prey. *Zoo Biology* 31:40-54.
- Oonincx DGAB, Finke MD. 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed* 7:639-659.
- Oonincx DGAB, van der Poel AFB. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biol* 30:9-16.
- Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA, van Huis A, Hansen IA. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* 5(12) (e14445) DOI: 10.1371/journal.pone.0014445.
- Osimani A, et al. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 48:150-163.
- Ozturk S, Kahraman K, Tiftik B, Koxsel H. 2008. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab®. *European Food Research and Technology* 227:1549-1554.
- Paoletti MG, Norberto L, Damini R, Musumeci S. 2007. Human Gastric Juice Contains Chitinase That Can Degrade Chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism* 51:244-251.
- Pareyt B, Finnie SM, Putseys JA, Delcour JA. 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science* 54:266–279.
- Patel S, Suleria HAR, Rauf A. 2019. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science & Technology* 86:352-359.
- Paul A, Frederich M, Megido RC, 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(2):337-340.
- Paula AM, Conti-Silva AC. 2014. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering* 121:9–14.
- Pokorný J, Valentová H, Pudil F. 1999. *Senzorická analýza potravin laboratorní cvičení*. VŠCHT, Praha.
- Příhoda J, Humpolíková P, Novotná D. 2003. *Základy pekárenské technologie*. Pekař a cukrář, Praha.
- Ramos-Elorduy J. 1998. *Creepy crawly cuisine: the gourmet guide to edible insects*. Park Street Press, USA.
- Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, de Guevara OL. 1997. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis* 10:142-157.

- Roncolini A et al. 2019. Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLOS ONE* **14**(2) (e0211747) DOI: 10.1371/journal.pone.0211747.
- Roos N, van Huis A. 2017. Consuming insects: are there health benefits?. *Journal of Insects as Food and Feed* **3**:225-229.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013a. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* **57**:802-823.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013b. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **17**:1-11.
- Scaglioni S, De Cosmi V, Ciappolino V, Parazzini F, Brambilla P, Agostoni C. 2018. Factors influencing children's eating behaviours. *Nutrients* **10**(6) (e706) DOI: 10.3390/nu10060706.
- Schösler H, de Boer J, Boersema J. 2012. Can we cut meat out of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite* **58**:39-47.
- Selenius O, Korpela J, Salminen S, Gallego C. 2018. Effect of chitin and chitooligosaccharide on in vitro growth of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Escherichia coli* TG. *Applied Food Biotechnology* **5**:163-172.
- Siddiqui N, Kozlov G, D'Orso I, Trempe JF, Gehring K. 2003. Solution structure of the C-terminal domain from poly (A)-binding protein in *Trypanosoma cruzi*: A vegetal PABC domain. *Protein Science* **12**:1925-1933.
- Skotnicka M, Karwowska K, Kłobukowski F, Borkowska A, Pieszko M. 2021. Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*. **10** (e766) DOI: 10.3390/foods10040766.
- Smetana S, Larki NA, Pernutz C, Franke K, Bindrich U, Toepfl S, Heinz V. 2018. Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion. *Journal of Food Engineering* **229**:83-85.
- Sneyd LQ. 2013. Wild food, prices, diets and development: Sustainability and food security in urban Cameroon. *Sustainability* **5**:4728-4759.
- Sogbesan AO, Ugwumba AAA. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchius longifilis*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **8**:149-157.
- Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Ovyne 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.
- Tan HSG, Fischer ARH, van Trijp HCM, Stieger M. 2016. Tasty but nasty? Exploring the role of sensory-liking and food appropriateness in the willingness to eat unusual novel foods like insects. *Food Quality and Preference* **48**:293-302.



- Tong L, Yu X, Liu H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research* **101**:613-622.
- Tzompa-Sosa DA, Yi L, 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. 2013. Potential of insects as food and feed assuring food security. *Annual Review of Entomology* **58**:563-583.
- van Huis A, Itterbeeck JV, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry paper 171, Rome.
- Vanhonacker F, van Loo EJ, Gellynck X, Verbeke W. 2013. Flemish consumer attitudes towards more sustainable food choices. *Appetite* **62**:7-16.
- Verbeke W. 2015. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference* **39**:147-155.
- Womeni HM, Linder M, Tiencheu B, Mbiapo FT, Villeneuve P, Fanni J, Parmentier M. 2009. Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* **16**:230-235.
- World Health Organization. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. World Health Organization and Food and Agriculture Organisation, Hong Kong.
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. Pages 85-92 in Durst PB., Johnson DV, Leslie RN, Shono K, editors. *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, Bangkok.
- Yazici GN, Ozer MS. 2021. Using Edible Insects in the Production of Cookies, Biscuits, and Crackers: A Review. *Biology and Life Sciences Forum* **6** (e80) DOI: 10.3390/Foods2021-10974.
- Yen AL. 2009. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Entomological Research* **39**:289-298.
- Yeomans MR, Chambers L, Blumenthal H, Blake A. 2008. The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. *Food quality and preference* **19**:565-573.
- Zhao X, Vázquez-Gutiérrez JL, Johansson DP, Landberg R, Langton M, Nychas G-J. 2016. Yellow Mealworm Protein for Food Purposes - Extraction and Functional Properties. *PLOS ONE* **11**(2) (e0147791) DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0147791.
- Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International* **77**:460-466.
- Zielińska E, Pankiewicz U. 2020. Nutritional, Physicochemical, and Antioxidative Characteristics of Shortcake Biscuits Enriched with *Tenebrio molitor* Flour. *Molecules* **25** (e5629) DOI: 10.3390/molecules25235629.

## 9 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Průměrné nutriční složení (%) a obsah energie (kcal/100 g) jedlého hmyzu (na základě sušiny) (Rumpold & Schlüter 2013a) .....	13
<b>Tabulka 2:</b> Obsah bílkovin a esenciálních aminokyselin jedlého hmyzu (na základě sušiny) (Xiaoming et al. 2010) .....	14
<b>Tabulka 3:</b> Průměrné množství jednotlivých druhů mastných kyselin (Rumpold & Schlüter 2013a) ..	15
<b>Tabulka 4:</b> Ingredience a jejich množství pro čokoládové sušenky (Castro Delgado et al. 2020).....	18
<b>Tabulka 5:</b> Ingredience a jejich množství pro sušenky z moučky ze cvrčka domácího (Bíró et al. 2020).....	19
<b>Tabulka 6:</b> Ingredience a jejich množství pro čirokovo-hmyzí sušenky (Awobusuyi et al. 2020a) ....	21
<b>Tabulka 7:</b> Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z termitů (Niaba et al. 2013) .....	23
<b>Tabulka 8:</b> Nutriční složení sušenek z moučky ze cvrčků a termitů dle několika autorů (Bíró et al. 2020), (Awobusuyi et al. 2020b) a (Niaba et al. 2013).....	24
<b>Tabulka 9:</b> Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z termitů (Ogunlakin et al. 2018).....	25
<b>Tabulka 10:</b> Ingredience a jejich množství pro sušenky z mouček tří druhů hmyzu (Akullo et al. 2018).....	26
<b>Tabulka 11:</b> Ingredience a jejich množství pro hmyzí krekry z moučky potemníka moučného (Djouadi et al. 2022) .....	28
<b>Tabulka 12:</b> Nutriční složení sušenek z moučky potemníka moučného dle několika autorů (Azzollini et al. 2018; Zielińska & Pankiewicz 2020; Djouadi et al. 2022) .....	29
<b>Tabulka 13:</b> Ingredience a jejich množství pro hmyzí sušenky z moučky z kobylek (Dewi et al. 2020) .....	30
<b>Tabulka 14:</b> Ingredience a jejich množství pro výrobu sušenek z mouček z bource morušového a sarančat (Akande et al. 2020).....	31
<b>Tabulka 15:</b> Nutriční složení sušenek z moučky jedlého hmyzu dle několika autorů (Dewi et al. 2020), (Akande et al. 2020) a (Ayensu et al. 2019).....	33
<b>Tabulka 16:</b> Chuť vybraných druhů jedlého hmyzu (Ramos-Elorduy 1998) .....	36
<b>Tabulka 17:</b> Připravené směsi a jejich označení .....	40
<b>Tabulka 18:</b> Vlhkost a vaznost zadaná do Mixolab 2.....	41
<b>Tabulka 19:</b> Navážka pšeničné mouky/směsi a množství vody .....	42
<b>Tabulka 20:</b> Základní receptura máslových sušenek .....	43
<b>Tabulka 21:</b> Upravené množství směsi a másla u vzorků z moučky z potemníka moučného .....	43
<b>Tabulka 22:</b> Korelace vlhkosti a vaznosti u těsta s přidavkem moučky z potemníka moučného .....	45
<b>Tabulka 23:</b> Korelace vlhkosti a vaznosti u těsta s přidavkem moučky z cvrčka domácího .....	46
<b>Tabulka 24:</b> Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z potemníka moučného I.....	47
<b>Tabulka 25:</b> Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z potemníka moučného II .....	47
<b>Tabulka 26:</b> Závislost vlastností těsta na množství přidané moučky z potemníka moučného.....	48
<b>Tabulka 27:</b> Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího I .....	49
<b>Tabulka 28:</b> Výsledky Mixolab 2 u těst s přidavkem moučky z cvrčka domácího II .....	49
<b>Tabulka 29:</b> Závislost vlastností těsta na množství přidané moučky z cvrčka domácího .....	49
<b>Tabulka 30:</b> Závislost hodnocených sensorických vlastností sušenek s přidavkem moučky z potemníka moučného na věku hodnotitelů.....	51
<b>Tabulka 31:</b> Závislost mezi množstvím přidané moučky z potemníka moučného a hodnocením sensorických vlastností .....	52
<b>Tabulka 32:</b> Statistické rozdíly v hodnocení barvy dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný) .....	52
<b>Tabulka 33:</b> Statistické rozdíly v hodnocení vůně dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný) .....	53
<b>Tabulka 34:</b> Statistické rozdíly v hodnocení textury dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný) .....	54
<b>Tabulka 35:</b> Statistické rozdíly v hodnocení chuti dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný) .....	54

<b>Tabulka 36:</b> Statistické rozdíly v hodnocení celkové preference dle množství přidané hmyzí moučky (potemník moučný).....	54
<b>Tabulka 37:</b> Závislost hodnocených sensorických vlastností sušenek s přídavkem moučky z cvrčka domácího na věku hodnotitelů.....	55
<b>Tabulka 38:</b> Závislost mezi množstvím přidané moučky z cvrčka domácího a hodnocením sensorických vlastností .....	56
<b>Tabulka 39:</b> Statistické rozdíly v hodnocení barvy dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí).....	57
<b>Tabulka 40:</b> Statistické rozdíly v hodnocení vůně dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí).....	57
<b>Tabulka 41:</b> Statistické rozdíly v hodnocení textury dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí).....	58
<b>Tabulka 42:</b> Statistické rozdíly v hodnocení chuti dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí).....	58
<b>Tabulka 43:</b> Statistické rozdíly v hodnocení celkové preference dle množství přidané hmyzí moučky (cvrček domácí) .....	58
<b>Tabulka 44:</b> p-hodnoty jednotlivých sensorických vlastností při porovnání vzorků z obou druhů hmyzí moučky .....	59

## 10 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Příklad grafu Mixolab 2.....	38
<b>Obrázek 2:</b> Ideální profil mouky pro výrobu sušenek (Chopin Technologies 2012) .....	38
<b>Obrázek 3:</b> Upečené sušenky s přídavkem moučky z potměníka moučného a kontrolní vzorek .....	53
<b>Obrázek 4:</b> Upečené sušenky s přídavkem moučky z cvrčka domácího a kontrolní vzorek .....	57

## 11 Seznam grafů

<b>Graf 1:</b> Celková obliba [%] tří vzorků čokoládových sušenek v jednotlivých zemích (Castro Delgado et al. 2020).....	19
<b>Graf 2:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 9 = extrémně dobré) (Biró et al. 2020).....	20
<b>Graf 3:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 5 = velmi dobré) (Awobusuyi et al. 2020a).....	22
<b>Graf 4:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) (Kinyuru et al. 2009).....	23
<b>Graf 5:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 7 = velmi dobré) (Niaba et al. 2013).....	24
<b>Graf 6:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 7 = velmi dobré) (Ogunlakin et al. 2018).....	25
<b>Graf 7:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek z různých druhů hmyzu dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 9 = velmi dobré) (Akullo et al. 2018).....	27
<b>Graf 8:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 9 = velmi dobré) (Akullo et al., 2018).....	27
<b>Graf 9:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = velmi špatné; 4 = velmi dobré) (Dewi et al. 2020).....	30
<b>Graf 10:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých vlastností sušenek dle hodnotící škály (1 = extrémně špatné; 7 = extrémně dobré) (Akande et al. 2020).....	32
<b>Graf 11:</b> Závislost vaznosti a vlhkosti na přídavku moučky z potměníka moučného.....	45
<b>Graf 12:</b> Závislost vaznosti a vlhkosti na přídavku moučky z cvrčka domácího.....	46
<b>Graf 13:</b> Indexy vlastností jednotlivých těst s přídavkem moučky z potměníka moučného.....	47
<b>Graf 14:</b> Změny vlastností jednotlivých těst s přídavkem moučky z potměníka moučného.....	48
<b>Graf 15:</b> Indexy vlastností jednotlivých těst s přídavkem moučky z cvrčka domácího.....	50
<b>Graf 16:</b> Změny vlastností jednotlivých těst s přídavkem moučky z cvrčka domácího.....	50
<b>Graf 17:</b> Pohlaví hodnotitelů sensorické analýzy sušenek s přídavkem moučky z potměníka moučného.....	51
<b>Graf 18:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých sensorických vlastností sušenek s moučkou z potměníka moučného (modus).....	52
<b>Graf 19:</b> Pohlaví hodnotitelů sensorické analýzy vzorků s přídavkem moučky z cvrčka domácího.....	55
<b>Graf 20:</b> Výsledky hodnocení jednotlivých sensorických vlastností sušenek s moučkou z cvrčka domácího (modus).....	56
<b>Graf 21:</b> Hodnocení barvy (modus).....	59
<b>Graf 22:</b> Hodnocení vůně (modus).....	60
<b>Graf 23:</b> Hodnocení textury (modus).....	60
<b>Graf 24:</b> Hodnocení chuti (modus).....	61
<b>Graf 25:</b> Hodnocení celkové preference (modus).....	61

## 12 Seznam použitých zkratk a symbolů

AMK	aminokyseliny
CNS	centrální nervová soustava
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GIT	gastrointestinální trakt
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny

## 13 Samostatné přílohy

### Příloha 1 – Hodnocení sušenek

**Pohlaví:**

**Věk:**

**Zdravotní stav:**

Jednotlivé vzorky ohodnoťte na stupnici od 1 (velmi špatné) do 6 (vynikající).

	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.4	Vzorek č.5	Vzorek č.6	Vzorek č.7
BARVA							
VŮŇ							
TEXTURA							
CHUŤ							
CELKOVÁ PREFERENCE							

#### BARVA

- 6 vynikající, rovnoměrná, nepřipálená, čistá
- 5 dobrá, rovnoměrná, světlejší, tmavší, nepřipálená
- 4 ucházející, mírně nerovnoměrná, světlejší, tmavší
- 3 neutrální, mírně nerovnoměrná, příliš světlá, příliš tmavá
- 2 špatná, příliš světlá, příliš tmavá, připálená
- 1 velmi špatná, příliš světlá, příliš tmavá, připálená

#### VŮŇ

- 6 vynikající, typická, jemná, plná, nasládlá, „máslová“, bez cizích příchutí
- 5 dobrá, atypický nádech, „máslová“, „tuková“
- 4 ucházející, atypický nádech, „tuková“
- 3 neutrální, cizí příchutě
- 2 špatná, ještě přijatelná, cizí příchutě, štiplavá
- 1 nepříjemná, velmi intenzivní, štiplavá, velmi ostrá

#### TEXTURA

- 6 vynikající, křupavá, křehká, jemná, rozplývající se, typická
- 5 dobrá, křupavá, jemná, s pevnější strukturou
- 4 ucházející, tvrdší, měkčí, mírně se rozpadající
- 3 neutrální, příliš tvrdá, příliš měkká, lámavá
- 2 špatná, příliš tvrdá, příliš měkká, tuhá, drobivá
- 1 nepříjemná, tvrdá, rozbředlá, hutná, sensoricky nepříjemná

#### CHUŤ

- 6 vynikající, typická, „máslová“, příjemná
- 5 dobrá, „máslová“, sladší, příjemná
- 4 ucházející, méně dobrá, moučná, příliš sladká, málo sladká
- 3 neutrální, méně dobrá, moučná, příliš sladká, málo sladká, s cizí příchutí
- 2 špatná, mdlá, s cizí příchutí
- 1 nepříjemná, s cizí příchutí, sensoricky nepříjemná

#### CELKOVÁ PREFERENCE

- 6 vynikající; určitě bych si ji koupil/a
- 5 dobrá; spíše bych si jí koupil/a
- 4 ucházející; nevím, nejspíš bych si ji koupil/a
- 3 neutrální; nevím, nejspíš bych si ji nekoupil/a
- 2 špatná; spíše bych si ji nekoupil/a
- 1 nepříjemná; určitě bych si ji nekoupila

VLASTNÍ HODNOCENÍ: .....