

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Fortifikace pšeničného pečiva moučkou z *Nauphoeta
cinerea***

Diplomová práce

Bc. Žáková Žaneta

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. et Ing. Lucie Jurkaninová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Fortifikace pšeničného pečiva moučkou z *Nauphoeta cinerea*" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. et Ing. Lucii Jurkaninové, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady a čas, který věnovala mně a mé práci. Dále bych ráda poděkovala své odborné asistentce Ing. Evě Kudrnáčové, Ph.D., která se mi taktéž věnovala. V poslední řadě bych ráda poděkovala účastníkům senzorické analýzy, kteří byli ochotni zhodnotit experimentální bulky.

Fortifikace pšeničného pečiva moučkou z *Nauphoeta cinerea*

Souhrn

Hmyz je v dnešních dobách obecně považován za nutričně přínosný, především z důvodu vysokého obsahu bílkovin, tuků, vitamínu a minerálních látek, kterými disponuje. Dalším pozitivem je relativní nenáročnost chovu, údržba a nízká produkce skleníkových plynů, které zatěžují planetu. S ohledem na aktuální stav planety, mezilidské a sociální výkyvy v určitých oblastech, chudobu, nedostatek potravin a jiné, je trend poptávky po jedlém hmyzu rostoucí.

Cílem této diplomové práce byla implementace švábi moučky do těsta běžného pečiva, zjištění sensorických, nutričních a technologických náležitostí takto fortifikovaného pečiva. Receptura obsahovala v základu hladkou pšeničkou mouku T530, která byla obohacena moučkou ze švába šedého ve verzi s nožičkami, krovkami a křídly a ve verzi očištěné tzn. bez předešle vypsáných, konkrétně v koncentracích 5 %, 10 % a 15 % pro obě varianty. Moučka byla připravena ze všech vývojových stádií švába šedého (*Nauphoeta cinerea*). Reologické náležitosti a vlastnosti těsta byly zjišťovány pomocí přístroje Mixolab 2, taktéž byly zkoumány obě varianty moučky. Sensorická analýza byla prováděna pomocí konzumentských testů neodborným a neškoleným sensorickým panelem. Součástí sensorického zkoumání byl posudek barvy, aromatu, chuti, střídy a celkového dojmu. Jako poslední byla zjišťována preference konzumentů, zda preferují verzi s nožičkami, krovkami a křídly, či verzi druhou.

Výsledkem bylo zjištění, že již nejmenší procento přídavku ovlivnilo technologické vlastnosti těsta a způsobilo sensorickou změnu.

Klíčová slova: Šváb šedý, *Nauphoeta cinerea*, pekařské výrobky, legislativa, jakostní parametry, nové potraviny, fortifikace

The effect of the insect meal addition on the leavened doughs properties

Summary

Nowadays, insects are generally considered nutritionally beneficial, mainly because of the high protein content, fats, vitamins and minerals found in them. Another positive is the relatively undemanding breeding, maintenance and low production of greenhouse gases that burden the planet. Considering the current state of the planet, interpersonal and social fluctuations in certain areas, poverty, lack of food and others, the demand for edible insects is increasing.

The aim of this diploma thesis was the implementation of cockroach flour in the dough of ordinary pastries, the identification of the sensory, nutritional and technological requirements of such fortified pastries. The recipe basically contained plain wheat flour T530, which was enriched with gray cockroach flour with legs, trusses and wings and in the purified version, i.e. without previously listed, specifically in concentrations of 5 %, 10 % and 15 % for both variants. The flour was prepared from all developmental stages of the gray cockroach (*Nauphoeta cinerea*). The rheological properties and properties of the dough were analyzed using the Mixolab 2 device, and both flour variants were also examined. The sensory analysis was carried out using consumer tests by an unprofessional and untrained sensory panel. Part of the sensory examination was an assessment of color, aroma, taste, texture and overall impression. Lastly, the preference of consumers was determined, whether they prefer the version with legs, trusses and wings, or the second version.

The result was the finding that even the smallest percentage of addition affected the technological properties of the dough and caused a sensory change.

Keywords: Lobster cockroach, *Nauphoeta cinerea*, bakery products, legislation, quality parameters, novel food, fortification

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Základní složky ve výživě člověka	10
3.1.1 Makronutrienty.....	10
3.1.1.1 Sacharidy.....	10
3.1.1.2 Proteiny.....	11
3.1.1.3 Lipidy.....	12
3.1.2 Mikronutrienty.....	12
3.1.2.1 Vitaminy.....	12
3.1.2.2 Minerální látky	13
3.2 Obiloviny	13
3.2.1 Kvalitativní parametry pšenice ozimé	14
3.2.2 Jakostní parametry pšenice ozimé	14
3.2.2.1 Odrůda jako kvalitativní ukazatel	14
3.2.2.2 Kvalita proteinů	16
3.2.2.3 Obsah mokrého lepku.....	16
3.2.2.4 Gluten index (GI).....	17
3.2.2.5 Objemová hmotnost.....	17
3.2.2.6 Měrný objem pečiva (objemová výtěžnost)	17
3.2.2.7 Sedimentační index (SEDI)	17
3.2.2.8 Číslo poklesu	17
3.2.2.9 Vaznost mouky	18
3.2.2.10 Mixolab	18
3.2.3 Zpracování obilovin v České republice	20
3.2.3.1 Základní etapy zpracování obilí ve mlýně.....	20
3.2.3.2 Členění a označování mouk na území České republiky	21
3.2.4 Nové potraviny	21
3.2.4.1 Legislativa EU	22
3.2.5 Hmyzí protein	22
3.2.5.1 Hmyz	22
3.2.5.2 Jedlý hmyz.....	22
3.2.5.3 Nauphoeta cinerea	24

4 Metodika	26
4.1 Příprava hmyzí moučky	26
4.1.1 Materiál a přístroje:	26
4.1.2 Pracovní postup	26
4.2 Pekařský pokus	26
4.2.1 Materiál a přístroje	26
4.2.2 Pracovní postup	27
4.3 Měření reologických vlastností	28
4.3.1 Materiál a přístroje	28
4.3.2 Pracovní postup	28
4.4 Senzorická analýza	29
4.5 Statistické vyhodnocení	29
5 Výsledky	30
5.1 Korelační analýza	30
5.2 Senzorická analýza	32
5.2.1 Výsledky senzorické analýzy pro očištěnou variantu	32
5.2.2 Výsledky senzorické analýzy pro neočištěnou variantu	36
5.2.3 Výsledky senzorické analýzy – porovnání očištěné a neočištěné varianty	39
5.3 Vyhodnocení výsledků z přístroje Mixolab 2	43
5.4 Vyhodnocení pekařského pokusu	45
5.4.1 Výpočet specifického objemu pečiva	45
5.4.2 Vyhodnocení poměrového čísla	46
5.4.3 Vyhodnocení objemové výtěžnosti.....	48
6 Diskuze	49
7 Závěr	51
8 Literatura	52
9 Seznam tabulek	58
10 Seznam obrázků	59
11 Seznam grafů	60
12 Seznam použitých zkratk a symbolů	61
13 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

V časovém horizontu posledních pár desetiletí dochází k významnému a rychlému nárůstu světové populace. V minulém roce, tedy v roce 2023, přesahovalo lidstvo hranici 8 miliard lidí, což představuje dvojnásobek v porovnání s rokem 1974. Pokrokem v moderní medicíně dochází taktéž ke zvýšení průměrné délky života, která nyní představuje přibližně 73 let, kdežto v roce 1974 tato průměrná hranice představovala 58 let (Macrotrends, 2023).

Dlouhodobě dochází celosvětově ke zlepšování životní úrovně, nicméně dle organizace Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) jsou téměř dvě miliardy lidí ohroženy nedostatkem potravin (FAO, 2017). Dalším z problémů, který s tímto úzce souvisí je potravinová bezpečnost, která v některých zemích vykazuje velmi nízkou úroveň, jedná se především o rozvojové státy (Patel et al., 2019).

Zemědělství a hospodaření s dobytkem je v dnešní době spojováno s klimatickými změnami, zejména kvůli hospodaření s užitkovou vodou, které se světově využívá přibližně 70 % na zavlažování a dalším velkým a významným tématem spojeným se zemědělstvím je vznik skleníkových plynů (Alae-Carew et al., 2022). Vzhledem k výše zmíněnému růstu životní úrovně roste také poptávka po mase a živočišných produktech, ale jelikož živočišná produkce není považována za udržitelnou, je dobré hledat nové a alternativní zdroje plnohodnotných bílkovin, které dokáží alespoň částečně substituovat maso a živočišné produkty (Liu et al., 2015). Od roku 2010 se organizace FAO intenzivně věnuje analýze jedlého hmyzu a možnostem jeho využití za účelem zajištění kvalitní stravy celému světu (van Huis, 2013).

Hmyz obecně je považován za nutričně přínosný, především kvůli jeho vysokému obsahu bílkovin, tuků, vitaminů a minerálních látek. Rovněž je hmyz ceněn pro svou relativní nenáročnost, úsporu místa a zejména z hlediska nízké produkce skleníkových plynů (Durst, et al. 2010). Na druhé straně hmyz může být problematický v obsahu různých antinutričních a toxických látek. Pokud nejsou dodrženy správné hygienické podmínky nebo je hmyz podroben nevhodným úpravám, či skladování, potom může představovat mikrobiální, chemické či jiné riziko pro konzumenta (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Teoretická část této diplomové práce je orientovaná na základy racionální výživy, hodnocení pšeničné mouky na základě kvalitativních parametrů, potravinový nového typu a jejich legislativní požadavky. Dále se zabývá jedlým hmyzem a švábem šedým (*Nauphoeta cinerea*), který na území České republiky není schválen a zařazen mezi povolený hmyz ke konzumaci. V praktické části je popsán a vyhodnocen pekařský pokus experimentálních bulek s příměsí moučky ze švába šedého, dále jsou prezentovány výsledky sensorické analýzy spojené s pekařským pokusem.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce byl vývoj receptury běžného pečiva, konkrétně bulek, obohaceného o moučku ze švába šedého. Dalším cílem bylo posouzení vhodnosti přídavku švábí moučky na technologii, výrobu a kvalitu konečného výrobku.

Hypotéza byla položena ve znění: Částečná náhrada pšeničné mouky moučkou ze švába šedého (*Nauphoeta cinerea*) ovlivní technologické vlastnosti těsta a sensorickou jakost běžného pečiva.

3 Literární rešerše

Základem pro zdravý vývoj každého organismu je výživa. Pod pojmem „lidská výživa“ je zahrnuto zajištění všech potřebných živin, minerálních látek, vitaminů, vlákniny, stopových prvků, vody a dalších látek nezbytných pro život organismu (Andrews, Johnson, 2020). Výživa zajišťuje správný chod metabolismu, správnou funkci orgánů, umožňuje tvorbu nových tkání, poskytuje stavební materiál, je stálým zdrojem energie a tepla. Přebytečná potrava, která není využita organismem ihned, se ukládá ve formě rezerv pro případnou pozdější mobilizaci (Brunstrom, 2007). Energie je pro lidské tělo nezbytná i v naprosto klidovém stavu za účelem udržení chodu všech orgánů a metabolických procesů, proto strava a její jednotlivé komponenty jsou důležitou součástí lidského života (Sharma, 2018).

3.1 Základní složky ve výživě člověka

Dle Sharmy (2018) živiny přijaté ve stravě se dělí do dvou základních skupin – makronutrienty a mikronutrienty:

3.1.1 Makronutrienty

Makronutrienty – neboli makroživiny, jak předpona makro indikuje, jedná se o živiny, které jsou potřebné v relativně velkém množství pro správnou funkci organismu (Oliphant, Allen-Vercoe, 2019). Tato skupina se dále dělí do tří základních podskupin, a to jsou, sacharidy (cukry), proteiny (bílkoviny) a lipidy (tuky) (Svačina, 2008). Každá z těchto makroživin hraje odlišnou roli v produkci energie a podílí se jiným způsobem na správném fungování lidského těla. Vyvážení makroživin je nezbytné pro celkové zdraví člověka (Bray, Siri-Tarino, 2016). Vhodné zastoupení jednotlivých makronutrientů se může lišit v závislosti na různých biologických a fyziologických faktorech.

Obecně je však dáno, že sacharidy mají představovat 35 % až 65 % z celkového příjmu, bílkoviny 20 % až 40 % a tuky 20 % až 35 % (Taubes, 2016).

3.1.1.1 Sacharidy

Tato skupina poskytuje lidskému organismu primární zdroj energie. Jedná se zejména o rychlou energii nezbytnou pro podporu každodenních činností (Grembecka, 2015). Sacharidy lze dále dělit do podskupin podle počtu sacharidových jednotek. Monosacharidy jsou cukry v pravém významu, což je také první a nejjednodušší podskupina. Tento druh obsahuje pouze jednu sacharidovou jednotku (Sosicka, Freeze, 2019). Je sem řazena fruktóza, glukóza a galaktóza (Černý et al., 2016). Další podskupinou jsou oligosacharidy, jedná se o struktury o velikosti dvou až deseti spojených monosacharidů. Tyto monosacharidy jsou navzájem spojeny glykosidickou vazbou. Mezi zástupce se řadí: maltóza, laktóza, sacharóza a další (Staněk, Černý, Pacák, 1965). Poslední podskupinou jsou polysacharidy, souhrnně se této podskupině říká glukany, které se skládají z více jak deseti monosacharidových jednotek. Do této skupiny jsou řazeny převážně škroby (Clark, 2000).

Mezi zdroje bohaté na sacharidy v lidské výživě patří obiloviny (chléb, rýže, těstoviny), ovoce, zelenina a luštěniny (Clark, 2000).

3.1.1.2 Proteiny

V současné době je velkým světovým tématem diskuse o udržitelných, využitelných a kvalitních zdrojích proteinů. Mezi aktuálně zmiňovaná řešení patří řasy, luštěniny, hmyzí alternativy a mnoho dalších. Toto je jeden z důvodů vzniku této diplomové práce, která zkoumá technologickou použitelnost a využitelnost švába šedého v návaznosti na „bílkovinnou krizi“. Toto závažné téma je i předmětem Evropské komise, která upírá svou pozornost zejména na bílkovinné plodiny v EU a snaží se reagovat na potřeby zemědělců, výrobců a spotřebitelů. Výše zmíněné je obsaženo i ve Zprávě evropské strategie v oblasti bílkovin, existuje zde i zmínka o možné regulaci živočišných bílkovin (Evropská komise, 2018).

Proteiny jsou nezbytnou složkou pro stavbu a regeneraci tkání, enzymů, hormonů a dalších molekul v lidském těle. Jsou řazeny mezi makromolekuly, které obsahují jeden nebo více dlouhých řetězců aminokyselinových zbytků (Nadathur, Wanasundara, Scanlin, 2017). Tato skupina makroživin neslouží jako zdroj energie, může jím být, a to pouze v extrémních případech, když lidské tělo hladoví, nebo je exponováno extrémní fyzické zátěži (Kunová, 2004). Proteiny, které jsou obsaženy ve stravě se skládají z dvaceti různých aminokyselin, z nichž je devět esenciálních (Massey, 2013). Esenciální aminokyseliny si lidské tělo nedokáže syntetizovat samo, proto je musí přijmout externím způsobem (v tomto případě formou potravy) (Hou, Wu, 2018). Tyto esenciální aminokyseliny jsou: histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin (Lopez, Mohiuddin, 2023). Proteiny lze dále dělit podle původu, funkce, struktury, rozpustnosti, stavu a výživového hlediska (Kunová, 2004).

Dělení podle funkce značí, jakou funkci v lidském těle příslušené bílkoviny vykonávají. Jedná se o funkce stavební, katalytickou, regulační, obrannou, transportní, zásobní a pohybovou (Whitford, 2013).

Dělení dle struktury se hodnotí na základě terciární struktury bílkovin, dělí se na fibrilární (tvar dlouhého vlákna) a na globulární (tvar klubka) (Kufareva, Abagayn, 2012). S tímto dělením úzce souvisí i dělení dle rozpustnosti, jelikož většina fibrilárních proteinů je nerozpustná v čisté vodě, naopak globulární bílkoviny jsou rozpustné (Kodíček, Valentová, Hynek, 2018).

Dělení podle stavu vyjadřuje, v jakém stavu se bílkoviny nacházejí. Mohou být ve stavu nativním neboli v přírodní formě, dále mohou být denaturované. Denaturace bílkovin je nevratný proces, kdy dochází ke změnám prostorové struktury některých biomolekul, v lidské stravě je tento typ bílkovin preferován, jelikož proteiny v takovémto stavu jsou jednodušší na strávení. Posledním stavem jsou bílkoviny upravené – modifikované, různá aditiva (Kodíček, Valentová, Hynek, 2018).

Z výživového hlediska se bílkoviny dělí na plnohodnotné – obsahují všechny esenciální aminokyseliny zastoupeny v potřebném množství, téměř plnohodnotné – některé esenciální aminokyseliny jsou mírně nedostatkové a nedostatkové neboli limitující (Kunová, 2004).

3.1.1.3 Lipidy

Lipidy jsou poslední ze skupin makroživin. Jedná se o další zdroj energie a jsou nezbytné při vstřebávání vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E, K). Existuje mnoho druhů tuků jako například nasycených, nenasycených (mononenasycených a polynenasycených) a trans-tuků (Yaqoob, 2013).

Nasycené mastné kyseliny mají v uhlíkatých řetězcích pouze jednoduché vazby, nacházejí se především ve výrobcích pocházejících z živočišné produkce – uzeniny, máslo, sádlo, tučné mléčné výrobky, mohou se vyskytovat i v tropických tucích jako je kokosový a palmový tuk (Svačina, 2008).

Nenasycené mastné kyseliny se dělí na monoenoové a polyenoové, tyto tuky mají ve své struktuře jednu nebo více dvojných vazeb mezi uhlíky (Svačina, 2008).

Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA) mají v řetězci jednu dvojnou vazbu, která vytváří v molekule zlom. Zlom umožňuje, aby tyto tuky zůstaly tekuté při pokojové teplotě. Nejznámějším zdrojem je olivový olej, další zdroje jsou ořechy (mandle, arašídové, kešu), avokádo, semena (sezamová, dýňová) (Mashek, Wu, 2015).

Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) mají v řetězci více dvojných vazeb, což je činí tekutými (Sharma, 2018).

3.1.2 Mikronutrienty

Mikroživiny také patří mezi základní živiny, které jsou ale potřebné pro lidské tělo v malém množství za účelem udržení zdraví a správných funkcí organismu. Mikroživiny se podílí na chodu organismu jiným způsobem než makroživiny (Quigg, 2016). Zde se nejedná o přeměnu energie, nýbrž tato skupina je klíčová pro zajištění různých biochemických procesů v těle. Mikronutrienty se nacházejí v široké škále potravin, včetně ovoce, zeleniny, obilovin a živočišných produktů. Dále se dělí na dvě podskupiny – vitaminy a minerální látky (Grofová, 2007).

3.1.2.1 Vitaminy

Jedná se o organické sloučeniny, které hrají významnou roli v různých fyziologických funkcích. Dále se dělí na vitaminy rozpustné ve vodě a vitaminy rozpustné v tucích. Mezi vitaminy rozpustné ve vodě patří vitamin C a všechny vitaminy skupiny B (Maqbool, 2017). Vzhledem k rozpustnosti ve vodě se v těle dlouhodobě neukládají a odchází ven z těla formou moči, proto je nutné tyto vitaminy stále doplňovat prostřednictvím stravy. Mezi vitaminy rozpustné v tucích spadají vitaminy A, D, E a K (Barker, 2023). Tato podskupina se vstřebává společně s tuky ve stravě a ukládá se dlouhodobě v těle, což znamená, že jejich dlouhodobý nadměrný příjem může vést k toxicitě (Svačina, 2008).

3.1.2.2 Minerální látky

Minerální látky jsou anorganické prvky, které jsou nezbytné pro různé tělesné funkce, jako je zdraví kostí, rovnováha tekutin a dalším příkladem je správné fungování nervové soustavy. Mezi běžné minerální látky patří vápník, draslík, hořčík, sodík, železo, zinek a selen (Gharibzahedi, Jafari, 2017).

Pro zajištění dostatečného příjmu mikroživin je nezbytná vyvážená a pestrá strava, jejíž součástí je široká škála potravin. Přílišný nadbytek nebo naopak nedostatek konkrétních mikroživin může způsobovat nebo vést ke zdravotním problémům (Wang et al., 2021). Ve specifických případech je potřebné zajistit určité mikronutrienty pomocí doplňků stravy, avšak při racionálním stravování a bez zdravotních důvodů není nutné tyto doplňky stravy využívat (Kvasničková, 1998).

3.2 Obiloviny

Obiloviny sehrávají významnou roli v lidské výživě, poskytují cenný zdroj základních živin a energie. Jedná se o travní plodiny pěstované pro jejich jedlá semena (zrna) a tvoří tak základní potravinu v mnoha částech světa. Botanicky spadají do čeledi lipnicovitých (*Poacea*) (Sarwar et al., 2013). Mezi nejčastěji konzumované obiloviny je řazena pšenice, rýže, kukuřice, oves, ječmen a žito. Semena těchto plodin jsou v lidské výživě spotřebovávána buď celá (vařené obilné kaše, vločky, müsli, naklíčená obilná zrna), broušená (částečně nebo úplně zbavena obalu zrn – kroupy, bílá rýže) nebo semleta na mouky s různou granulací. Je odhadováno, že obiloviny tvoří 60–70 % z celkové výživy lidstva. (Gabrovská et al., 2015). Vzhledem k postupujícím rokům ubývá orné/zemědělské půdy, což má dopad i na lidskou výživu. Společně s úbytkem orné půdy ubývá i rozmanitost osázených obilovin. Dříve obilné produkty obsahovaly vyšší procento ječmene a ovsu, což vedlo k významnému množství přijatých gelotvorných, ve vodě bobtnavých polysacharidů – pentosany (z žita), β – glukany (z ječmene) (Shavanov, 2021). Jedná se o složky vlákniny, které vykazují specifické funkční vlastnosti a příznivě ovlivňují zdraví člověka (zejména jako prevence řady civilizačních onemocnění). Redukce příjmu těchto složek, obecně obilovin, pseudoobilovin a luštěnin vedla k některým velice závažným zdravotním důsledkům – ku příkladu zvýšení rizika rakoviny tlustého střeva a konečníku, poruchy metabolismu apod... Přirozeně k tomuto faktu bylo nahlédnuto a v dnešní době je toto řešeno skrze opětovné navýšení výživové hodnoty produktů. Šlechtí se nové odrůdy ječmene, které jsou bohatší na podíl β -glukanů, celkově vlákniny, vybraných esenciálních aminokyselin nebo minerálních látek (Bajerová et al., 2016).

Obiloviny jsou skvělým zdrojem sacharidů a představují nemalé procento v celkovém denním příjmu sacharidů. Sacharidy jsou pro lidské tělo primárním energetickým zdrojem. Další velice podstatnou složkou je již zmiňovaná vláknina. Celá semena, která zahrnují otruby, klíčky a endosperm jsou velice bohatá na vlákninu. Vláknina je nezbytná pro zdraví jedinců, přispívá k regulaci pohybu střev, tudíž přechází zácpě a dalším rizikům různých onemocnění. Obiloviny dále obsahují bílkoviny, ačkoliv kvalita těchto bílkovin může být někdy diskutabilní a častokrát se může lišit (Lafiandra, Riccardi, Shewry, 2014). V mnoha případech nejsou obiloviny plnohodnotnými bílkovinami, ale mohou doplňovat jiné zdroje bílkovin ve stravě.

Triviální názvy nerozpustných proteinů žita, ječmene, ovsa a dalších obilovin se prakticky nepoužívají, jelikož se vžilo obecné označení „lepek“. Nicméně žitný lepek se od pšeničného lepku liší obsahem některých aminokyselin, ale především viskoelastickými vlastnostmi (Bajerová et al., 2016).

Semena jsou také zdrojem vitaminů a minerálních látek. Obsahují některé vitaminy ze skupiny B (thiamin, riboflavin, niacin a folát) a vitamin E. Z minerálních látek obsahují nezanedbatelné množství železa, hořčíku a zinku. Železo je primárně důležitou složkou jako prevence proti anémii (McKevith, 2004). V celých zrnech jsou obsaženy antioxidantní látky, které jsou nápomocny při ochraně buněk před poškozením, zároveň snižují riziko chronických onemocnění a pohlcují volné kyslíkové radikály v lidském těle, aby nedošlo k stresu. Obiloviny obsahují v malé míře i lipidy, jedná se především o formu nenasycených mastných tuků (Bajerová et al., 2016).

Celá zrna se skládají z obalových vrstev, klíčku a endospermu, jsou obecně výživnější než rafinovaná zrna, ze kterých byly odstraněny otruby a klíčky (Bajerová et al., 2016).

3.2.1 Kvalitativní parametry pšenice ozimé

Jak již bylo zmíněno výše, obiloviny jsou základním kamenem světového zásobování potravinami a slouží jako primární zdroj výživy pro miliardy lidí. Zrna těchto plodin jsou nejeden hojná, ale také extrémně všestranná. Jedná se o velkou škálu využití – od chleba, po těstoviny, mouky, cereálie, až po krmivo pro zvířata. Zajištění kvality obilovin je prvořadé pro zaručení bezpečnosti, nutriční hodnoty a celkové přijatelnosti potravin, které jsou produkovány. Pro účely diplomové práce byla vybrána pšenice ozimá, s čímž se pojí hodnocení kvalitativních znaků této odrůdy (Bajerová et al., 2016).

3.2.2 Jakostní parametry pšenice ozimé

Sledované ukazatele jakosti, které jsou požadovány k pekárenskému zpracování jsou upravovány účinnými normami, případně Nařízeními komise EU (Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, 2020).

3.2.2.1 Odrůda jako kvalitativní ukazatel

Odrůda je jedním ze základních faktorů, které ovlivňují technologickou jakost zrna pšenice jakožto surovinu pro potravinářskou výrobu. Kvalita zrna pekárenské pšenice je souborem fyzikálních a chemických vlastností zrna (Yanling, Jichun, Xiangming, 2005). Hlavním cílem je kategorizovat a správně alokovat každou odrůdu do přesně definované jakostní kategorie, čímž se spotřebiteli umožní zvolit optimální odrůdu pro jeho užitkový směr. Seznam pěstovaných odrůd je zapsán ve Státní odrůdové knize České republiky (Prugar, 2008). Odrůdy se ode sebe liší v mnoha znacích, proto je nutno respektovat jejich užitkový směr, pěstitelské podmínky a požadavky na agrotechniku (Zimolka, 2005).

Na základě možnosti využití lze pšenici rozdělit do následujících kategorií:

- Pekárenské využití: kynutá těsta
- Pečivárenské využití: sušenky, oplatky a keksy
- Krmné využití
- Produkce škrobu
- Produkce etanolu (Palík, 2009)

Na základě platné normy ČSN 46 1100-2 účinné od roku 2002, jsou uvedeny v tabulce č. 1 základní rozdíly na jakost pšenice určené k pekárenským a pečivárenským účelům (Zimolka, 2005).

Ukazatel jakostního znaku	Pekárenská	Pečivárenská
Vlhkost [%]	max. 14	max. 14
Objemová hmotnost [kg/hl]	min. 76	min. 76
Nečistoty a příměsi [%]	max. 6	max. 6
Z toho nečistoty	max. 0,5	max. 0,5
Zeleného test [ml]	min. 30	min. 25
Číslo poklesu [s]	min. 220	min. 220
Obsah N-látek v sušině	min. 11,5	min. 11,5

Tabulka 1 Ukazatele jakosti pšenice pro pekárenské a pečivárenské účely dle požadavků ČSN 46 1100-2, Zdroj: Zimolka, 2005

U všech doposud registrovaných odrůd je sledován základní užitkový směr neboli jejich pekárenská jakost. Za účelem správného zařazení do jakostní skupiny je klíčových šest základních parametrů:

- Vlhkost
- Objemová hmotnost
- Obsah N-látek
- Obsah mokrého lepku v sušině
- Hodnota sedimentačního testu dle Zeleného
- Číslo poklesu
- Měrný objem pečiva
- Vaznost mouky (Aykroyd, Doughty, 1970)

Na základě těchto parametrů je pšenice dále dělena do 4 jakostních skupin:

- Elitní pšenice (označení E) – ve všech sledovaných parametrech nejlepší, primárně by měla sloužit k vylepšení jakosti potravin
- Kvalitní pšenice (označení A) – všechny parametry jsou vyhovující

- Chlebová pšenice (označení B) – v některých sledovaných parametrech je možné, že se tento typ pšenice bude pohybovat nahraně, v nepříznivých ročních obdobích je očekáváno, že nebude splňovat kvalitativní parametry
- Odrůdy nevhodné pro pekárenské využití (označení C) (Hubík, 1997)

Sledovaný parametr	E	A	B	C
Objemová výtěžnost [ml]	530	500	470	-
Obsah N-látek [%]	12,6	11,8	11,0	11,0
Zeleného test [ml]	49	35	21	20
Číslo poklesu [s]	286	226	196	170
Objemová hmotnost [g/l]	790	780	760	740
Vaznost mouky [%]	55,4	53,2	52,1	-

Tabulka 2 Hodnoty pro zařazení odrůd do jakostní skupiny, Zdroj: Palík, 2009

3.2.2.2 Kvalita proteinů

Proteiny u pšenice jsou velice odlišné od ostatních rostlinných proteinů, zejména svou schopností tvořit elastický gel (Fabriani, 1988). Gluten primárně tedy pšeničný lepek, jehož nejdůležitějšími složkami jsou frakce nerozpustné ve vodě – gliadiny a gluteniny (ve vzájemném poměru přibližně 2:3). Gliadin je rozpustný ve zředěném etanolu, a naopak glutenin je rozpustný v 0,2 % roztoku hydroxidu draselného. Charakteristickými vlastnostmi lepku je tažnost, pružnost a schopnost bobtnání ve zředěné kyselině mléčné (Varman, Sutherland, 1994). Poměr těchto dvou nerozpustných bílkovin je hlavní kritérium, které určuje výslednou kvalitu mouky. Gliadin byl frakcionován pomocí moderních metod (gelová elektroforéza) (Velíšek, 1999). Tyto frakce jsou charakteristické pro jednotlivé odrůdy pšenice, proto tato metoda také slouží k identifikaci jednotlivých odrůd. Lepková bílkovina se vyznačuje velmi malým množstvím jedné z esenciálních aminokyselin – lyzinu, naopak je pro ni dále charakteristický vysoký obsah kyseliny glutamové a prolinu (Nikolić et al., 2013). Celkový podíl gluteninové frakce představuje přibližně 40 % z celého obsahu bílkovin a je považován za klíčový faktor při výrobě těsta (Murray et al., 2002). Kvantita a vlastnosti glutenu patří mezi základní ukazatele pekařské jakosti pšenice a stanovuje se jako tzv. „mokrý lepek“. Toto stanovení se provádí ručně vypíráním těsta pod studenou vodou nebo pomocí automatizovaného specializovaného zařízení – Glutomatic 2000. Vypraný lepek v průměru obsahuje 90 % proteinů, 8 % lipidů, 2 % sacharidů v sušině. Při technologickém zpracování mouky a při zrání podléhá lepek změnám, z nichž nejpodstatnější je denaturace. Jedná se o zásadní změnu bílkovin, kdy globulární struktura je měněna na fibrilární, čímž ztrácí svou elasticitu (Biesiekierski, 2017).

3.2.2.3 Obsah mokrého lepku

Dle normy ČSN 46 1011-9 účinné od roku 1988 je mokrý lepek definován jako hlavní podíl pšeničné bílkoviny ve vodě nerozpustný, získaný vypíráním zadělaného těsta a zbavený přebytečné vlhkosti ručním nebo mechanickým způsobem (ČSN 46 1011-9). V dnešní době je mokrý lepek jedním z hlavních parametrů hodnocení pšenice (Hubík, 1997). Ke stanovení lze

použit ruční praní nebo automatizovaný přístroj Glutomatic 2000, který je náročný na spotřebu chemikálií, nicméně rychlý a přesný (ICC standard, 2010).

3.2.2.4 *Gluten index (GI)*

Gluten index neboli lepkový index je definován jako poměr množství lepku, které zůstalo na kovovém síti za přesně definovaných podmínek odstředování k celkovému množství lepku vloženého na sítko před odstředováním. Stanovení má za účel posoudit povahu lepku, zda se jedná o lepek slabý, střední nebo silný (ICC standards, 2010). Tato metoda je řazena mezi novodobější metody a umožňuje rychlou a efektivní kontrolu při přijímání surovin do mlýna (Monteiro, 2021).

3.2.2.5 *Objemová hmotnost*

Dle normy ČSN EN ISO 7971-2 účinné od roku 2019 je objemová hmotnost definována jako hmotnost vyjádřena v gramech jednoho litru zrna nasypného za podmínek zkoušky (ČSN EN ISO 7971-2). Tento ukazatel souvisí s výtěžností mouky, odvíjí se od pěstitelských podmínek, ročníku, zdravotního stavu, polehlosti a odrůdy. Hlavní roli stává termín sklizně, jelikož po deštivém počasí objemová hmotnost plně zralého zrna prudce klesá (Prugar, 2008).

3.2.2.6 *Měrný objem pečiva (objemová výtěžnost)*

Objemová výtěžnost představuje hlavní a nejdůležitější kritérium kvality, stanovuje se Rapid Mix Testem (pekařským pokusem). Součástí tohoto testu je komplexní hodnocení pečiva včetně pružnosti, vzhledu povrchu, lepivosti těsta, hnědnutí pečiva, křehkosti kůrky, stejnosměrnosti pórů, pružnosti střídy a chuti pečiva (Prugar, 2008).

3.2.2.7 *Sedimentační index (SEDI)*

Sedimentační index je stanovován takzvaným Zeleného testem dle ČSN EN ISO 5529 účinné od roku 2011. Popisuje kvalitu lepkové bílkoviny, koreluje s obsahem hrubé bílkoviny a objemem pečiva (ČSN EN ISO 5529). Tento test umožňuje vyselektovat odrůdy se špatnými viskoelastickými vlastnostmi lepkové bílkoviny (Dendy, Dobraszczyk, 2001). Hodnota sedimentačního testu je vyjadřuje objem sedimentu v mililitrech. Tento sediment vznikne za specifických podmínek ze suspenze testované mouky v roztoku kyseliny mléčné s přídavkem bromfenolové modři (Prugar, 2008).

3.2.2.8 *Číslo poklesu*

Dle normy ČSN EN ISO 3093 účinné od roku 2011 je číslo poklesu definováno jako celkový čas v sekundách od ponoření viskozimetrické zkumavky do vroucí vody, včetně času

potřebného na míchání viskozimetrickým míchadlem specifikovaným způsobem potřebný k poklesu míchadla o určenou vzdálenost ve vodném gelu, připraveného z mouky nebo celozrnného mletého výrobku (šrotu), který je obsažen ve viskozimetrické zkumavce, a kde dochází ke ztekucení (ČSN EN ISO 3093).

Číslo poklesu je jedním z nejpoužívanějších kritérií v Evropě, jelikož slouží pro odhalování poškození zásobních látek endospermu pšeničného zrna hydrolytickými enzymy, syntetizovanými v zrně v důsledku startu procesu klíčení zrna v klasu před sklizní (Zimolka, 2005). Optimální interval pro číslo poklesu je v rozhraní mezi 220 a 320 sekundami (Prugar, 2008). Velice nežádoucím stavem je, pokud číslo poklesu je nižší než spodní hranice 220 s, jelikož v takovém případě mouka nevytváří pružné hladké těsto a schopnost vázat vodu je snížena. Stejně tak není ani žádoucí překročení hranice (350-400 s), v takovémto případě bude tento typ mouky vytvářet suchá těsta, jelikož taková mouka má nízkou aktivitu α -amylázy, s čímž se pojí i malý objem výrobku (Sabáček, 2011).

3.2.2.9 Vaznost mouky

Vaznost mouky se odvíjí od celkového obsahu bílkovin a bobtnavosti mokrého lepku. Ovlivňuje výtěžnost a stabilitu těsta. Tudíž je tento ukazatel považován za indikátor/měřítka výtěžnosti a stability těsta. Vaznost je stanovována na přístroji farinograf (Prugar, 2008).

3.2.2.10 Mixolab

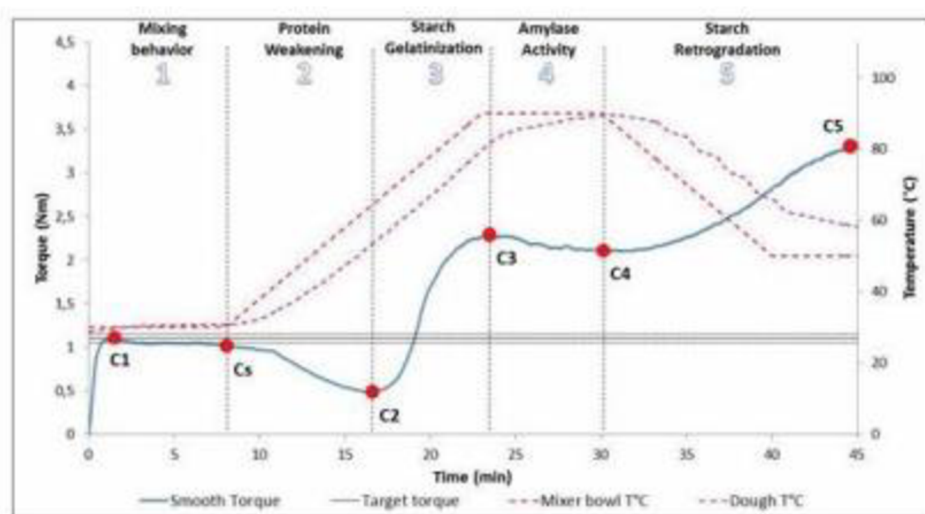
Mixolab je laboratorní zařízení, které je možné využít za účelem hodnocení kvality a pečící výkonnosti hydratované mouky. Tento přístroj funguje na principu hybridního spojení farinografu a viskoamylografu, jedná se tedy o hnětač se samo regulovanou teplotou, který zaznamenává vývoj těsta v čase. Teplotní rozsah Mixolabu se pohybuje v rozsahu od 30 °C do 90 °C.



Obrázek 1 Mixolab, Zdroj: Mixolab 2 - Dough Analysis, 2023

Uvnitř přístroje jsou umístěny dvě hnětací lopatky, které rotují ve směru proti sobě, tudíž v opačných směrech jedna od druhé. Vyvíjené těsto vytváří odpor vůči hnětení, tomuto odporu se říká konzistence. Točivý moment je kvantitativně zaznamenáván v jednotkách Nm

[Newton metr] a je přímo úměrný konzistenci těsta. Celý tento proces je řízen softwarem, který zapisuje data a následně je převádí do přehledných grafů. Přístroj popisuje reologické vlastnosti těsta, konkrétně v tomto případě se jedná o vaznost vody, dobu vývoje těsta, stabilitu těsta a amplitudu. Tyto faktory jsou měřeny během procesu hnětení těsta a pod vlivem teplotních změn. Účelem analýzy je zjistit chování těsta v běžných pracovních podmínkách (tzn. v pekárenském či pečivárenském provozu). Dalšími možnými parametry, které je možné zjistit při práci s Mixolabem je oslabení bílkovin v důsledku míchání a teplot, enzymatickou aktivitu, mazovatění a retrogradaci škrobu. Samotný přístroj disponuje několika možnými protokoly, které si může uživatel zvolit, nicméně nejpoužívanějším protokolem je „Chopin+“, který je standardizován na mezinárodní úrovni. Protokol probíhá v pěti fázích, které jsou označeny C1 – C5 (Mixolab, 2023).



Obrázek 2, Pět vývojových fází – protokol Chopin +, Zdroj: Mixolab 2 - Dough Analysis, 2023

Fáze C1 neboli první fáze probíhá za konstantní teploty, kde je nejprve monitorována schopnost mouky vázat přidanou vodu. Absorpční kapacita mouky je hydratace potřebná k dosažení optimální konzistence těsta. U zvoleného protokolu Chopin+ je tato konzistence rovna 1,1 Nm (s odchylkou +/- 0,05 Nm), ekvivalentem k tomuto číslu je 500 farinografických jednotek. Absorpční potenciál odráží složení mouky (bílkoviny, škrob, vláknina aj.) a zároveň ovlivňuje výtěžnost těsta. Další parametr, který je v této fázi zaznamenáván je chování těsta během míchání, čímž se rozumí stabilita a doba vývoje. Ve fázi C2 neboli v druhé fázi dochází ke zvýšení teploty, což snižuje konzistenci těsta. Míra poklesu se odvíjí od kvality bílkovin a na jejich odolnosti vůči zvýšení teploty. Ve fázi C3 neboli ve třetí fázi dochází k nárůstu konzistence, tento fakt je uskutečněn kvůli mazovatění škrobu. V následující fázi dochází k měření aktivity amyláz, zde je přímá úměra mezi poklesem konzistence a aktivitou amyláz. Ve fázi C5 neboli poslední fázi dochází k retrogradaci škrobu a následnému zvýšení konzistence. Tento fakt nastává, jelikož dochází k ochlazení těsta. Retrogradace škrobu je ovlivněna při hydrolýze testu, celkově působí na trvanlivost výsledného produktu – čím vyšší retrogradace, tím nižší údržnost. Jednotlivé fáze jsou obrazně znázorněny na obrázku č. X „Pět vývojových fází – protokol Chopin+“ (Mixolab 2 - Dough Analysis, 2023).

3.2.3 Zpracování obilovin v České republice

Mlynářství je hluboce zakořeněno v historii Čech a je tedy velkou tradicí zpracování různých druhů zrn obilovin. Přibližně je zde zpracováváno okolo 1 200 tisíc tun pšenice a 180 tisíc tun žita. Ostatní obiloviny mají minoritní zastoupení, nicméně jsou zde taktéž zpracovávány (Dreslerová, Kočár, 2013).

Vzhledem ke specifickým kvalitativním požadavkům na mouku na území České republiky je zde klasická technologie mletí odlišná od technologií používaných jinde. Je zde využíváno složitější technologie, která zajišťuje šetrné mletí a čištění krupic, všechny mouky jsou také vyráběny najednou v kontinuálním výrobním procesu (Sluková, Skřivan, Hrušková, 2017).

3.2.3.1 Základní etapy zpracování obilí ve mlýně

3.2.3.1.1 Předčištění a příprava obilí na zámel

V první řadě je u vzorků zrna důležité stanovit základní parametry jakosti, poté je zrno předčištěno na vzduchovém tříděči a magnetických separátorech, kde jsou odstraněny veškeré kovové příměsi, aby nedošlo k poškození mlýna a ke znehodnocení výsledného produktu. Na základně stanovené kvality je pak obilí uskladňováno v silech. Vzhledem ke kvalitě zrn je dále sestaven zámel – neboli směs obilí (Mlýnsko-pekárenský průmysl a technika skladování obilí, 1984).

3.2.3.1.2 Čištění obilí

Hlavním úkolem při čištění je zbavit zrna všech druhů příměsí, nečistot, sevrklých, nevyvinutých a nedozrálých obilek. Technika používaná při čištění (Štěpán, Urbánek, Klimešová, 2008):

- Odkaménkovač – odděluje částice o přibližně stejné velikosti, ale jiné hmotnosti
- Sítový tříděč s připojenou aspirační skříní – odstraňování nečistot a příměsí z obilné masy, oddělování lehkých částic, oddělování reziduálních kovových nečistot
- Triéry – oddělují zrna na základě velikosti (Štěpán, Urbánek, Klimešová, 2008)

Ještě před začátkem mletí jsou zrna nakrápěna v intenzivním nakrápěči, který dávkuje objem vody na základě vlhkosti zrn. Tento proces je nezbytný, za účelem zvětšení zrna a snížení jeho křehkosti. Nakropená zrna putují do malop průměrové odíračky, kde dochází k povrchovému čištění a odstranění oplodí, vousků a vyčištění obilní rýhy. Dále následuje finální úprava vlhkosti před prvním šrotem. Vlhkost obilí před mletím dosahuje 15-16 % (Štěpán, Urbánek, Klimešová, 2008).

3.2.3.1.3 Samotný proces mletí

Cílem mletí je co nejlépe odstranit obalové vrstvy od endospermu a rozmělnit na jemné podíly předepsané granulace. Tento proces neprobíhá naráz, ale postupně a stává se z několika chodů/pasáží, kde je vždy zahrnuta jedna drtící operace s následným tříděním meliva podle velikosti a podle jakosti. Z každého chodu/pasáže je získána minimálně jedna nebo více pasážních mouk (Sluková, Skřivan, Hrušková, 2017).

3.2.3.1.4 Příprava obchodních mouk

Primárním jakostním parametrem je na území ČR obsah popela tedy soboru minerálních látek, které zbydou po spálení mouky. Dalším hodnoceným kritériem je granulace (hrubé, polohrubé, hladké mouky). Zbarvení mouky je závislé na stupni vymletí, použitých přísadách a barvě zrna. Pro pekárenské účely jsou dále zajímavými parametry kyselost, lepek a další jeho vlastnosti (Lukow, 2006).

Čerstvě semletá mouka není vhodná na použití, prvně musí vyzrát. Plné pekařské hodnoty nabývá až po odležení cca 2-4 týdnech. Rychlost zrání mouky je ovlivněna teplotou a přístupem vzduchu. Během procesu zrání se zlepšuje kvalita lepku, oxidací dochází k tvorbě disulfidických můstků a zlepšení viskoelastických vlastností lepku (Sluková, Skřivan, Hrušková, 2017).

3.2.3.2 Členění a označování mouk na území České republiky

Na území ČR jsou mouky označovány dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. Třídění je následovné:

- Mouky hladké:
 - Pšeničná světlá (obsah popela v sušině max. 0,60 %)
 - Pšeničná polosvětlá (obsah popela v sušině max. 0,75 %)
 - Pšeničná chlebová (obsah popela v sušině max. 1,15 %)
 - Žitná světlá, výražková (obsah popela v sušině max. 0,65 %)
 - Žitná tmavá, chlebová (obsah popela v sušině max. 1,10 %)
- Mouka polohrubá, pšeničná (obsah popela v sušině max. 0,50 %)
- Mouka hrubá, pšeničná (obsah popela v sušině max. 0,50 %)
- Mouka celozrnná, pšeničná (obsah popela v sušině max. 1,90 %) (Vyhláška Mze č. 333/1997 Sb., předpis č. 110/1997 Sb.)

3.2.4 Nové potraviny

Nové potraviny/potraviny nového typu jsou celosvětově probíraným tématem. Tyto potraviny jsou nejčastěji označovány anglickým pojmem „novel food“, který v sobě zahrnuje potraviny nového typu, tj. všechny potraviny, které nebyly v Evropské unii schváleny před květnem roku 1997. Potraviny nového typu musí spadat alespoň do jedné z kategorií, jako jsou

potraviny izolované z rostlin nebo vyrobené z rostlin a částí rostlin, potraviny s novou nebo záměrně modifikovanou molekulární strukturou, potraviny sestávající, izolované nebo vyrobené z mikroorganismů, hub nebo řas, potraviny sestávající, izolované nebo vyrobené z minerálních látek, potraviny, které sestávají z těl živočichů nebo jejich částí, potraviny sestávající, izolované nebo vyrobené z buněčné nebo tkáňové kultury, potraviny získané za využití výrobního postupu, který se v Unii před květnem 1997 k produkci potravin nepoužíval, potraviny, které obsahují umělé nanomateriály, vitamíny, minerální látky a jiné látky vyrobené novým výrobním postupem nebo obsahující umělé nanomateriály (Majid et al., 2018). Do těchto kategorií spadají nově vyvinuté, inovativní potraviny, potraviny vyrobené pomocí nových technologií a výrobních postupů, ale i potraviny, které se tradičně konzumují mimo Evropskou unii. Patří sem například chia semínka, noni džus, UV ozářené potraviny (mléko, chléb, houby a kvasinky), vše však musí řádně splňovat legislativní požadavky EU (Pisanello, Caruso, 2018).

3.2.4.1 *Legislativa EU*

Novými potravinami nebo složkami nových potravin se rozumí potraviny, u nichž nebyla doložena historie spotřeby před 15.5.1997, respektive datem, kdy vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 258/1997 ze dne 27. ledna 1997 o nových potravinách a nových složkách potravy. Od 1. ledna 2018 platí nové nařízení o nových potravinách – nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283. Primárním cílem tohoto nařízení je zajistit, aby na evropský trh nepronikly potraviny, které by potenciálně mohly poškodit zdraví konzumentů. Mezi další legislativní opatření patří seznam Unie pro nové potraviny (Prováděcí nařízení Komise 2470/2017), který slouží jako seznam k vyhledání jakékoli složky či potraviny, u níž si výrobce není jist, jestli se jedná či nejedná o novou potravinu (Informační centrum bezpečnosti potravin).

3.2.5 **Hmyzí protein**

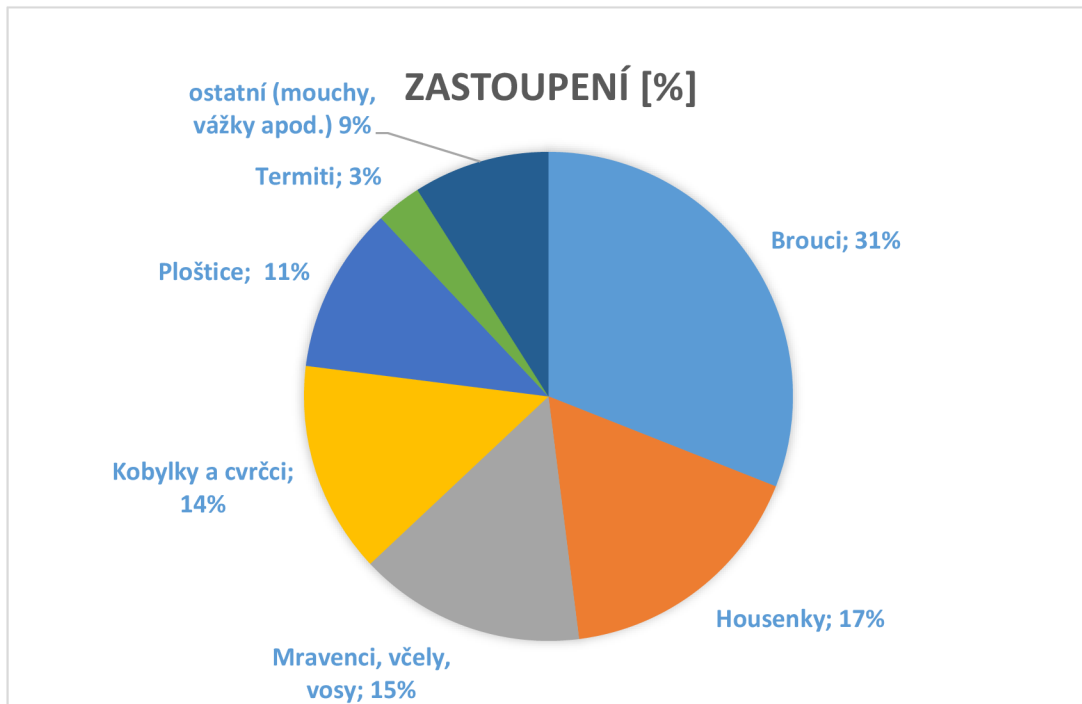
3.2.5.1 *Hmyz*

Hmyz je vědecky klasifikován a přísluší do říše Animalia, kmene členovců (*Arthropoda*), podkmen šestinohých (*Hexapoda*) a do třídy hmyzu, tedy *Insecta*. Jedná se o členovce, z čehož vyplývá, že tento kmen je vybaven článkovanými nohami a exoskeletem. Na rozdíl od jiných kmenů má tři páry nohou a obvykle 1-2 páry křídel. Tělo členovců je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček. Hmyzí tělo procházelo během evoluce složitými změnami, až do podoby, jaká je známa lidstvu nyní (Rumpold, Schlüter, 2013).

3.2.5.2 *Jedlý hmyz*

Pojídání hmyzu nese odborný název „entomofagie“ a je běžnou součástí v některých etnických skupinách v Africe, jižní Americe a Asii již po několik tisíc let. Pojídání jedlého hmyzu je totiž považováno za levný a efektivní zdroj bílkovin pro lidské tělo. Hmyz je možné

konzumovat v různých podobách – například hmyzí vajíčka, larvy, kukly i dospělé jedince některých druhů (Van Huis, 2020). Stejně tak je možné jedlý hmyz konzumovat v mnoha podobách – vcelku, formou hmyzí moučky, určité části těl. Orientačně je konzumováno přes 2 000 druhů jedlého hmyzu. V grafu č.1 je vyobrazeno procentuální zastoupení konzumovaných druhů hmyzu ve světě (Belluco et al., 2013).



Graf 1 Vyobrazení procentuálního zastoupení druhů konzumovaného hmyzu, Zdroj: Belluco et al., 2013

3.2.5.2.1 Legislativa EU

Od roku 2018 je použitelné nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283, kde jsou hmyz a výrobky z hmyzu definovány jako nová potravinová skupina ve smyslu tohoto nařízení. Je zde kladen velký důraz na zdravotní nezávadnost a na celkovou vhodnost hmyzu, proto hmyz musí projít schvalovacím procesem a hodnocením bezpečnosti před uvedením na trh EU. V tabulce č. 3 jsou uvedeny druhy hmyzu, které je možné uvádět na trh na území České republiky (vcelku či formou hmyzí moučky) v rámci přechodových opatření nařízení (EU) č. 2015/2283.

Druh hmyzu	Vývojové stádium
Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>)	Imago, larva
Potemník stájový – Buffalo (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	Larva
Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	Larva
Saranče stěhovavá (<i>Locusta migratoria</i>)	Imago, larva

Tabulka 3 Přehled jedlého hmyzu na území ČR, Zdroj: Bednářová et al., 2013

Larva potemníka moučného (tzv. moučného červa) se stal prvním hmyzím druhem, který prošel schvalovacím procesem a byl schválen prováděcím nařízením Komise (EU) 2021/882 ze dne 1. června 2021. Dalším hmyzím druhem, který prošel schvalovací komisí dne 12. listopadu 2021 je saranče stěhovavá. Cvrček domácí byl schválen jako povolená nová potravina prováděcím nařízením Komise (EU) 2022/188 dne 10. února 2022.

3.2.5.3 *Nauphoeta cinerea*

Nauphoeta cinerea, česky nazývaný šváb šedý, je druhem hmyzu z řádu švábi (*blattodea*), čeledi *blaberidae*. Jako u ostatního hmyzu lze jeho tělo rozdělit na hlavu, hrud' a zadeček, které jsou tvořeny srostlými články. Každý ze tří hrudních článků nese jeden pár nohou. Přední pár je nejmenší, zatímco zadní je největší a nejsilnější. Šváb šedý disponuje dvěma páry křídel, které používá k rozdílným účelům. Vnější tuhá křídla poskytují ochranu, naproti tomu pár vnitřních křídel slouží k plachtění. Tento druh ovšem není schopen samostatného letu. Tvarem těla připomíná ostatní šváby, je oválný, v dospělosti může dosahovat velikosti až 30 mm, přičemž samice obvykle dorůstají větší velikosti než samci. Měkké vnitřní orgány jsou chráněny exoskeletem, na který se zevnitř upínají svaly. Šváb šedý je velmi plochý, což mu umožňuje prolézt i velmi úzkými štěrbinami (Adedara et al., 2023).

Šváb šedý prochází nedokonalou proměnou. Z vajíčka se vylíhne neokřídlená nymfa, která pak skrze několik svlékání doroste v dospělého jedince zvaného imago. Na rozdíl od hmyzu s proměnou dokonalou jsou nymfy anatomicky podobné imagu a netvoří kuklu. Stadium nymfy trvá 2 až 3 měsíce, u samic déle než u samců. Samice během života snese kolem 6 snůšek, z nichž každá v průměru obsahuje 33 vajíček (Corley et al.1999). V nepřítomnosti samců jsou některé samice schopné přejít na asexuální způsob rozmnožování a klást neoplozená vejce. Tento způsob rozmnožování se nazývá fakultativní partenogenezi. Samičky bez oplození snesou během života méně snůšek, které mají menší počet vajec. Takto zplozeným jedincům trvá delší dobu, než dosáhnou dospělosti a jejich život je kratší v porovnání ostatními jedinci. Za normálních podmínek se šváb šedý dožívá jednoho roku. Tak jako u některých ostatních druhů švábů u něj lze pozorovat sociální interakce mezi jednotlivci (Chou et al., 2007).

Tento druh pochází původem ze severovýchodní Afriky, ale vlivem člověka byl zavlečen do dalších území, takže ho dnes lze nalézt na mnoha místech s teplým klimatem, jako je jižní a centrální Amerika, Austrálie, či jihovýchodní Asie. Ideální teplota pro chov se pohybuje v rozmezí 25 až 30 °C (Segato et al., 2018). Šváb šedý je všežravý a velmi málo

vybíravý. Může se živit prakticky libovolným krmivem. Pro maximální růst a množení jedinců je nicméně vhodné, aby měla strava dostatek proteinu, např. krmné granule pro psy.

Díky nenáročnosti a enormní rychlosti množení je často chován jako krmné zvíře pro plazy a jiné insektovorní predátory (de Oliveira et al., 2022).

3.2.5.3.1 Srovnání švába šedého s ostatními druhy jedlého hmyzu

Využití švába šedého v potravinářství se odvíjí od nutričního obsahu jeho těla. Srovnání s ostatními druhy jedlého hmyzu je provedeno na základě orientačních dat (Ramos-Elorduy et al., 1997). Nutriční obsah může být významně ovlivněn druhem přípravy, použitím rozdílných vývojových stádií, popř. odstraněním některých hůře stravitelných částí jako jsou krovky či nohy (de Oliviera et al., 2017).

	úprava	Protein [g/100 g]	Tuk [g/100 g]	Popeloviny [g/100 g]
<i>Nauphoteca cinerea</i>	Usušen v troubě	63,59	23,29	4,63
<i>Tenebro molitor</i>	Sušen mrazem	48,82	30,69	4,25
<i>Acheta domesticus</i>	Sušen mrazem	56,58	27,08	4,02
<i>Locusta migratoria</i>	Blanšírován, poté sušen v troubě	51,97	23,15	2,95
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Neindikováno	55,67	14,02	5,22

Tabulka 4 Nutriční hodnoty vybraných druhů hmyzu, Zdroj: de Oliviera et al., 2017

Ve srovnání s jedlými druhy hmyzu vykazuje šváb šedý vysoký podíl proteinu, zejména relativně k obsahu tuku. To může být velkou výhodou, protože jedním z cílů obohacování pečiva hmyzí moučkou je zvýšení obsahu proteinu ve výsledném produktu. V kombinaci s velkou odolností a rychlým množením je šváb šedý potenciálně velmi dobrým kandidátem pro využití v lidské výživě (Elpidina et al., 2001).

4 Metodika

4.1 Příprava hmyzí moučky

4.1.1 Materiál a přístroje:

Materiál:

Zmražený šváb šedý

Přístroje:

Laboratorní lyofilizátor, mixér Silvercrest SSMS 600 D4

4.1.2 Pracovní postup

Při vyhotovování praktické části diplomové práce byl použit hmyz z rodu *Nauphoeta*, konkrétně se jednalo o švába šedého (*Nauphoeta cinerea*) ve všech vývojových stádiích. Hmyz byl obdržen ze speciální chovné stanice v hluboce zmraženém stavu. O bližších detailech chovu není záznam. Švábi byli usmrceni při teplotě -15 °C po 24 hodinách hladovění.

Hmyz byl vyňat z laboratorního mrazáku a opracován dvěma způsoby k následné lyofilizaci. Varianta neočištěných švábů byla pouze pokrájena na menší kusy, kdežto varianta očištěných švábů byla zbavena krovek, křídel a všech nohou. Takto připravený hmyz byl podroben lyofilizaci v laboratorním lyofilizátoru. Mrazem sušený hmyz byl následně namlet na moučku pomocí ručního mixéru značky Silvercrest SSMS 600 D4, mixování bylo uskutečněno v sedmi cyklech po 8 vteřinách.

4.2 Pekařský pokus

Pekařský pokus byl vyhotoven za účelem hodnocení pekařských výrobků, jak kvalitativním způsobem, tak senzorickým profilem. Bylo připraveno 7 druhů těst, které byly od sebe odlišné v procentuální příměsi švábí moučky a dalším faktorem byl obsah švábí moučky. Sypké směsi s různým procentuálním zastoupením švábí moučky byly míchány před vložením do stroje promylograph Egger.

4.2.1 Materiál a přístroje

Materiál:

Pernerka mouka pšeničná hladká T530 (výrobce společnost Mlýn Perner) s garantovaným původem obilovin, směsi výše zmíněné mouky a švábí moučky v koncentracích 5 %, 10 %, 15 %, všechny koncentrace byly namíchány jak v očištěné, tak neočištěné variantě, destilovaná voda, sůl, droždí

Přístroje:

Analytická váhy, Promylograph Egger, trouba se záparou, kynárna, rozvalovačka těst

4.2.2 Pracovní postup

Pekařský pokus probíhal ve dvou dnech, které nebyly po sobě jdoucí. V prvním turnusu pečení byla připravována těsta z neočištěné švábí moučky, tj. s obsahem křídélek, krovek a nožiček. Těsta byla připravována po 104,67 g sypké směsi v jednotlivých koncentracích 5 %, 10 % a 15 %, kontrola byla zahrnuta v obou turnusech pečení. Pekařský pokus byl upraven dle standardů univerzity, tj. České zemědělské univerzity v Praze. Receptura pekařského pokusu byla složena z:

	0 %	5 %	10 %	15 %
mouka pšeničná hladká T530 (g)	100	95	90	85
podíl švábí moučky (g)	0	5	10	15
sůl (g)	1,67	1,67	1,67	1,67
droždí (g)	3	3	3	3

Tabulka 5 Základní receptura, Zdroj: Vlastní zpracování

Těsto bylo připraveno ze všech surovin naráz, destilovaná voda byla přidávána na základě vaznosti dle stupnice na přístroji promylograph od výrobce Egger, zde bylo těsto i následně hněteno. Vyvinuté těsto bylo přemístěno na plastový tácek, přiklopeno plastovou miskou, aby nedocházelo k nechtěnému okorávání. Takto připravené těsto bylo vloženo do kynárny, kde docházelo k procesu kynutí po dobu 45 minut. Laboratorní kynárna byla nastavena na teplotu ± 32 °C a relativní vlhkosti vzduchu 80 ± 5 %. Po nakynutí bylo těsto zváženo a rozděleno na přesné poloviny, jelikož klonky nedosahovaly hmotnosti 80 g, hmotnost jednotlivých klonků se pohybovala přibližně okolo 78–79 g. Navážené a rozdělené kusy těsta byly uváleny v klonky v rozvalovačce těst, takto připravené kusy byly přemístěny na máslem vymazané plíšky a vloženy do kynárny na dalších 50 minut. Dalším krokem bylo pečení v zapařené peci (před každým pečením byl nutný přídavek destilované vody), doba pečení činila 14 minut při teplotě 220-230 °C. Při pekařském pokusu byly zjišťovány následující ukazatele: hmotnost těsta, výška, šířka, měrný objem. Jakákoliv manipulace s hotovým výrobkem probíhala 90 minut po vyndání výrobků z trouby.

4.3 Měření reologických vlastností

4.3.1 Materiál a přístroje

Materiál:

Pernerka mouka pšeničná hladká T530 (výrobce společnost Mlýn Perner) s garantovaným původem obilovin, směsi výše zmíněné mouky a švábí moučky v koncentracích 5 %, 10 %, 15 %, všechny koncentrace byly namíchány jak v očištěné, tak neočištěné variantě, destilovaná voda

Přístroje:

Analytická váha, infra váha, analyzátor vlhkosti Radwag MAC 110, Mixolab 2

4.3.2 Pracovní postup

Prvním krokem bylo vyhotovení směsí dle příslušných poměrů 5 %, 10 %, 15 %, a to v obou variantách, jak v očištěné verzi, tak v neočištěné verzi. U takto namíchané směsi byla zjištěna vlhkost, prvotní způsob měření vlhkosti byl pomocí infra váhy, kde byl rovnoměrně distribuován 1 g směsi na hliníkovou destičku. Následně byly směsi přeměřeny na speciálním analyzátoru vlhkosti, kde bylo naváženo a rovnoměrně rozprostřeno přibližně 10 g směsi. Měření v infra váze probíhalo v jednom opakování, měření ve speciálním analyzátoru vlhkosti probíhalo ve dvou opakováních. Všechny naměřené hodnoty byly zprůměrovány a použity pro samotnou analýzu. Po takto zjištěné vlhkosti následovala samotná analýza na přístroji Mixolab 2. Kromě vlhkosti bylo nutno vyplnit hodnotu vaznosti, která byla odhadnuta na základě procenta příměsi švábí moučky. V případě, že nebyla vaznost odhadnuta správně, bylo nutné test zastavit a zopakovat. Toto měření bylo realizováno s kontrolou, aby existovalo názorné srovnání mezi čistou látkou a látkou s příměsí moučky ze švába šedého.

Podíl hmyzí moučky	Vlhkost (%)	Vaznost (%)
kontrolní měření	13,5	56,1
pět procent neočištěno	15,4	55
deset procent neočištěno	10,6	54,4
patnáct procent neočištěno	9,7	54
pět procent očištěno	10,8	52,9
deset procent očištěno	10,6	57
patnáct procent očištěno	9,5	53,9

Tabulka 6 Vstupní parametry pro analýzu v přístroji Mixolab 2, Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě takto vyplněných parametrů software vypočetl navážku sypké složky a množství vody, která byla tryskou vpravena samotným přístrojem. Navážka příslušené směsi byla realizována na analytické váze, kterou disponuje laboratoř pro analýzu potravin, kádinka s navážkou byla vsypána do hnětačky Mixolabu 2. Destilovaná voda, která byla zahřáta přístrojem na 30 °C byla automaticky nadávkována a přilita k sypké směsi. Celková doba trvání analýzy skýtala 45 minut, jelikož byl zvolen protokol Chopin +. Každé měření probíhalo pouze s jedním opakováním.

4.4 Senzorická analýza

Senzorická analýza probíhala ve dvou turnusech stejně jako pekařský pokus. Hodnocení probíhalo vždy následující den po uskutečněním pekařském pokusu. Obou hodnocení se zcela dobrovolně zúčastnilo 27 neškolených hodnotitelů ve věkovém rozmezí 22 až 49 let, zastoupena byla obě pohlaví, nicméně tyto dvě kategorie nebyly zahrnuty ve zpracování výsledků, jelikož 76 % účastníků neuvedlo věk a pohlaví. Hodnotitelům bylo vysvětleno, za jakým účelem hodnotí experimentální bulky, byli seznámeni se složením jednotlivých vzorků. Vzorky byly připraveny na Petriho miskách pro senzorickou analýzu, aby nedošlo ke kontaminaci vzorků. Každý vzorek byl zakódovaný pod písmenem a vzorky byly podávány náhodně, tudíž hodnotitelé předem neznali koncentraci příměsí ve vzorku. Hodnocení probíhalo metodou senzorického profilu s číselnou stupnicí 1-6, přičemž 1 představovala nejhorší výsledek a naopak číslo 6 představovalo nejlepší výsledek, senzorický dotazník je zahrnut v příloze viz. Příloha 1.

Dotazník byl předložen hodnotitelům přibližně 10 minut před degustací, aby měli hodnotitelé prostor k seznámení s hodnotící tabulkou. Samozřejmě během této prodlevy byly zodpovězeny veškeré otázky hodnotitelů. U každého vzorku byla hodnocena barva, aroma, textura kůrky, textura střídý, chuť a celkový dojem. Kromě hodnotící tabulky obsahoval formulář i záhlaví s prostorem pro vyplnění pohlaví, věku a zdravotního stavu.

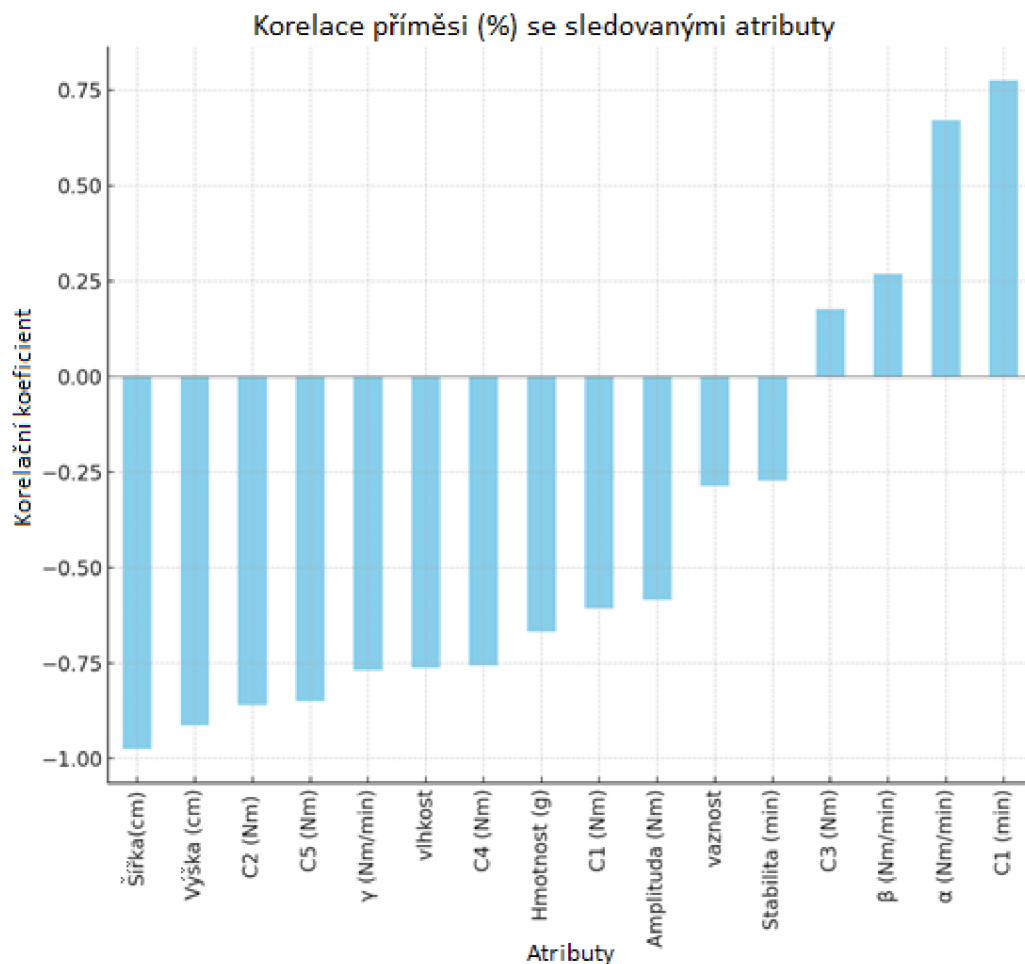
4.5 Statistické vyhodnocení

Analýza dat byla vyhotovena pomocí softwaru Microsoft Office Excel 2019 (Microsoft Corporation, USA), programu Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., USA) a pomocí programu SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, IBM, USA). Při korelační analýze vybraných parametrů byl použit Pearsonův korelační koeficient. Při hodnocení senzorické analýzy byly použity neparametrické testy. Byla použita analýza rozptylů n-way ANOVA a one-way ANOVA s Post-hoc testováním. Pro hodnocení závislostí jednotlivých parametrů byl použit Spearmanův korelační koeficient. Vyhodnocení probíhalo na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

5.1 Korelační analýza

Na základě přílohy č. 2 byla vyhotovena korelační analýza. Korelace byla spočítána na základě příměsí v pečivu a ostatními atributy, za účelem zjištění, zda se kvalitativní a technologické parametry s rostoucí koncentrací přídavku moučky ze švába šedého mění.



Obrázek 3 Korelační analýza vybraných atributů, Zdroj: Vlastní zpracování dat

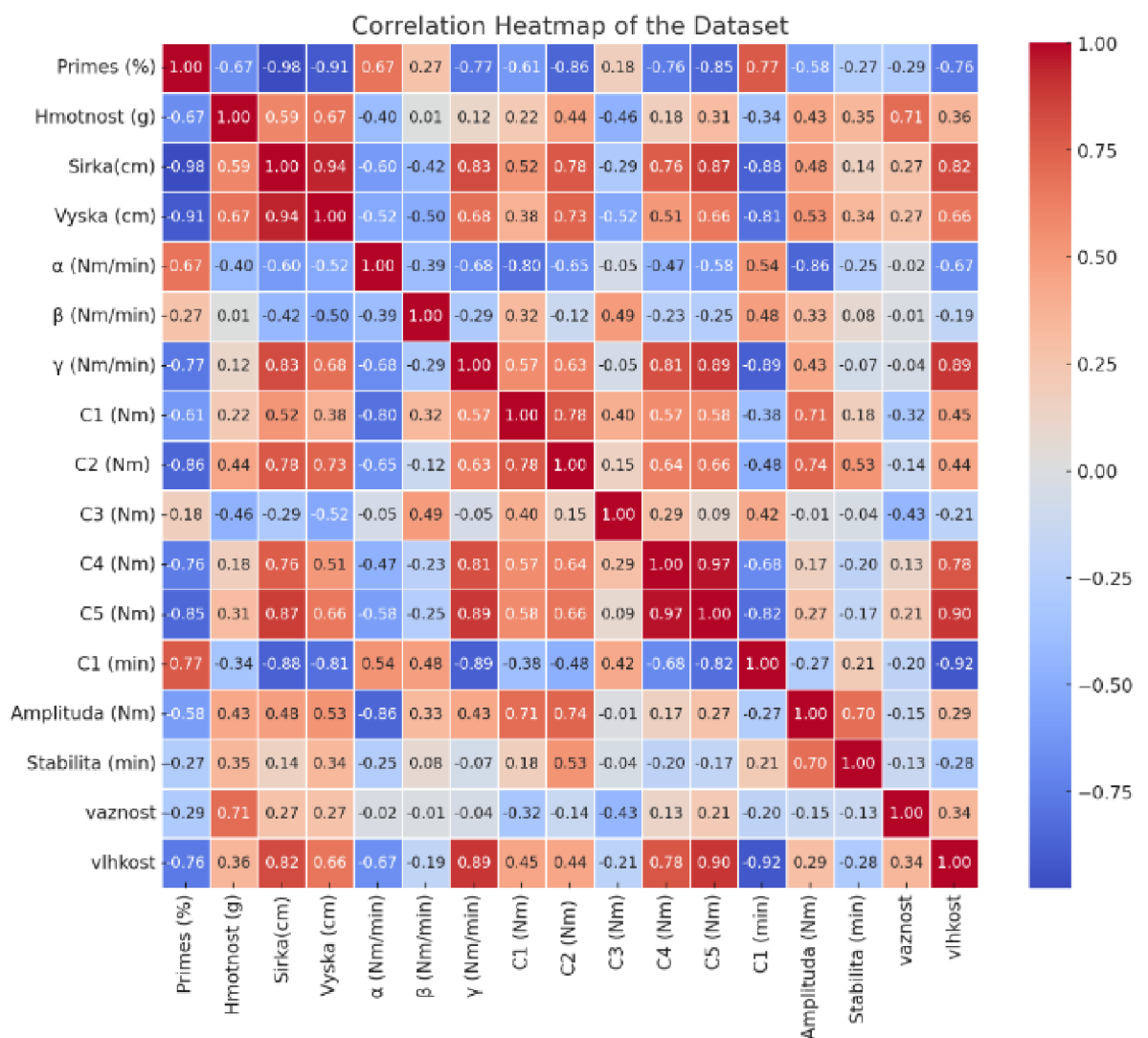
K vizuálnímu znázornění byl použit sloupkový graf, který má na ose y korelační koeficient v závislosti na procentu příměsí švábí moučky. Tento graf tedy zohledňuje 0 %, 5 %, 10 % a 15 % v obou variantách, jak ve verzi s krovkami a nožičkami, tak očištěnou verzi. K vlastní analýze byly použity průměrné hodnoty z naměřených dat.

Na základě korelační analýzy bylo zjištěno, že hmotnost upečených bulek negativně koreluje (-0,67) s rostoucím přídavkem švábí moučky. Dále bylo zjištěno, že výška a šířka upečených bulek velice silně negativně koreluje se zvyšujícím se přídavkem (-0,98, -0,91). Dalším parametrem, který negativně koreluje s přídavkem hmyzí moučky je vaznost těsta. Fyzikální parametry těsta vykazovaly negativní i pozitivní korelační koeficienty. Například α

vykazuje pozitivní korelaci (0,67), což může indikovat pozitivní změny některých mechanických vlastností těsta s vyšším přidavkem příměsí do těsta. Naopak ostatní parametry jako například C2 – neboli druhá fáze, ve které dochází k ke zvýšení teploty těsta a zároveň ke snížení konzistence, C4 – čtvrtá fáze, ve které dochází k měření aktivity amyláz, C5 – pátá fáze, ve které dochází k retrogradaci škrobu, tyto fáze vykazují silnou negativní korelaci ve vztahu s rostoucí příměsí. Vlhkost těsta také vykazuje silnou negativní korelaci (-0,76).

Na základě analýzy je možné konstatovat, že s vyšším přidavkem švábí moučky klesá hmotnost, šířka i výška upečených bulek, dochází celkově k podstatnému zmenšení, což může znamenat zhutnění struktury pečiva. Také s vyšším přidavkem podílu švábí moučky dochází ke snížení vlhkosti výrobku, což může negativně ovlivnit údržnost hotového výrobku.

Za účelem dalšího grafického vyobrazení byla vyhotovena i korelační matice viz. obrázek č. 4 Korelační matice. Tato korelační matice slouží jako nástroj pro rychlou identifikaci proměnných, které by mohly být následně modelovány separátně, zejména pokud se prokáže přímý vliv (silné korelace).



Obrázek 4 Korelační matice, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Z grafického znázornění korelační matice je patrné, že velká část fyzikálních vlastností jako je C1 (první fáze), C2 (druhá fáze), C3 (třetí fáze), C4 (čtvrtá fáze), C5 (pátá fáze) vykazují silné vzájemné pozitivní korelace. Což znamená, že když se jedno z těchto měření zvýší, ostatní budou mít také tendenci se zvýšit.

Amplituda vykazuje mírné pozitivní korelace s proměnnými jako C1 (fáze jedna) a C2 (fáze dva). Tento fakt implikuje, že s rostoucí amplitudou rostou i určité fyzikální vlastnosti těsta.

Proměnné jako α , β a γ vykazují různé stupně negativních korelací s fázemi C1 až C5. Tento poznatek může indikovat, že rychlost změn těchto proměnných (v minutách) může zvyšovat absolutní hodnoty fází C1 až C5. Stejně tak toto může fungovat i naopak.

Hmotnost a rozměry jako výška a šířka vykazují velmi nízké korelace s mnoha fyzikálními vlastnostmi těsta. Tento fakt indikuje, že velikost nebo hmotnost vzorků není silně spojena s mechanickými/fyzikálními vlastnostmi v tomto souboru dat.

Vnitřní faktory jako je vlhkost také vykazují slabé korelace s většinou fyzikálních vlastností, což poukazuje na omezený přímý vliv na měřený parametr.

5.2 Senzorická analýza

Výsledky sensorické analýzy byly vyhodnocovány pomocí rozptylového testu ANOVA s hladinou významnosti 5 % ($\alpha = 5\%$). Každá kategorie je hodnocena na číselné stupnici od 1 do 6, kdy 1 je nejvíce negativní smyslový vjem a 6 nejvíce pozitivní viz. příloha č. 1 Sensorický dotazník. Jednalo se o separátní vyhodnocení varianty, která byla očištěna, varianty, která byla neočištěna a poté celkového hodnocení obou variant proti sobě. K vizuálnímu vyobrazení byly použity krabicové grafy. Při zpracování dat nebyl brán ohled na věk a pohlaví konzumentů, jelikož 76 % konzumentů nevyplnilo tato pole. Nulová hypotéza byla stanovena ve znění: Mezi dvojicí alespoň dvou průměrů neexistuje statisticky významný rozdíl. Alternativní hypotéza byla stanovena ve znění: Mezi alespoň jednou dvojicí průměrů existuje významný statistický rozdíl.

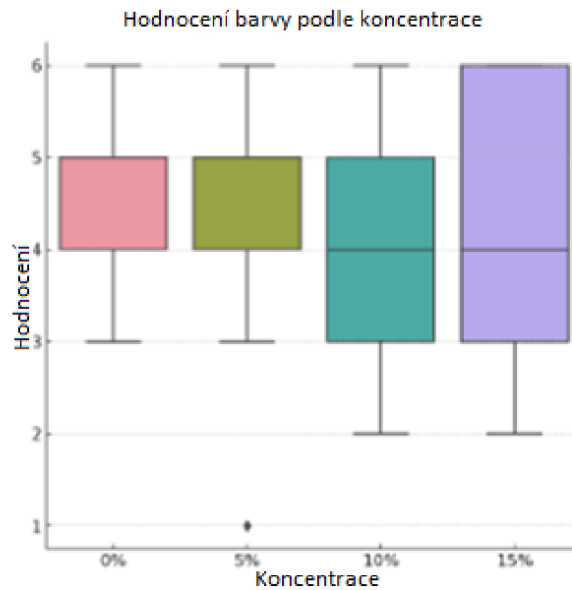
5.2.1 Výsledky sensorické analýzy pro očištěnou variantu

	Barva	Aroma	Textura kůrky	Textura střídý	Chuť	Celkový dojem
P-hodnota	0,35000	0,00006	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001

Tabulka 7 Vyhodnocení sensorické analýzy očištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat

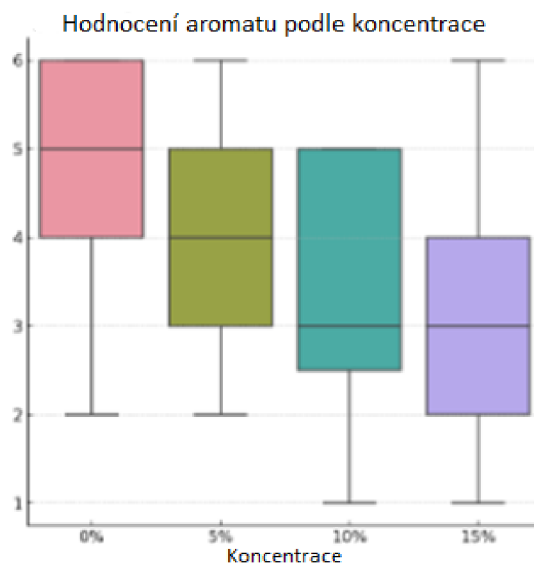
Na základě p-hodnoty lze konstatovat, že hodnocení barvy napříč koncentracemi nevykazuje statisticky významnou změnu. Z čehož plyne, že barva jakožto hodnotící faktor nikterak nebyla považována konzumenty za měnící se faktor. Významné rozdíly ve vůni,

texturách, chuti a celkovém dojmu naznačují, že různé koncentrace příměsi švábí moučky významně ovlivňují tyto senzorické vlastnosti.



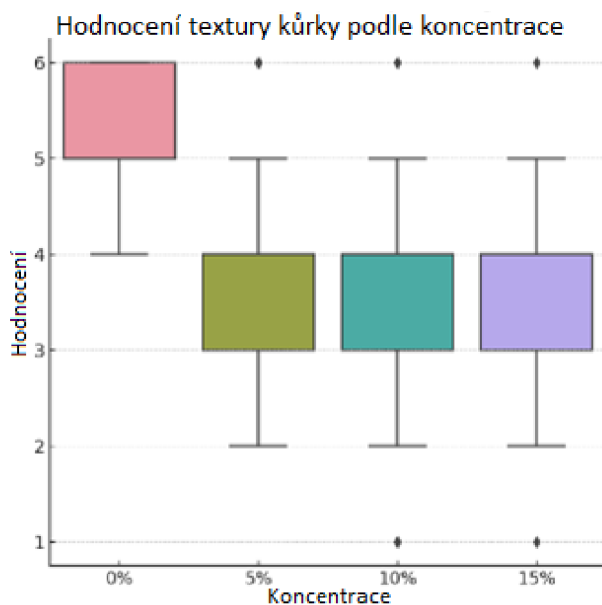
Obrázek 5 Senzorická analýza barvy – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Hodnocení jsou relativně konzistentní napříč koncentracemi, korelují s výsledkem ANOVA, který nevykazuje žádné významné rozdíly.



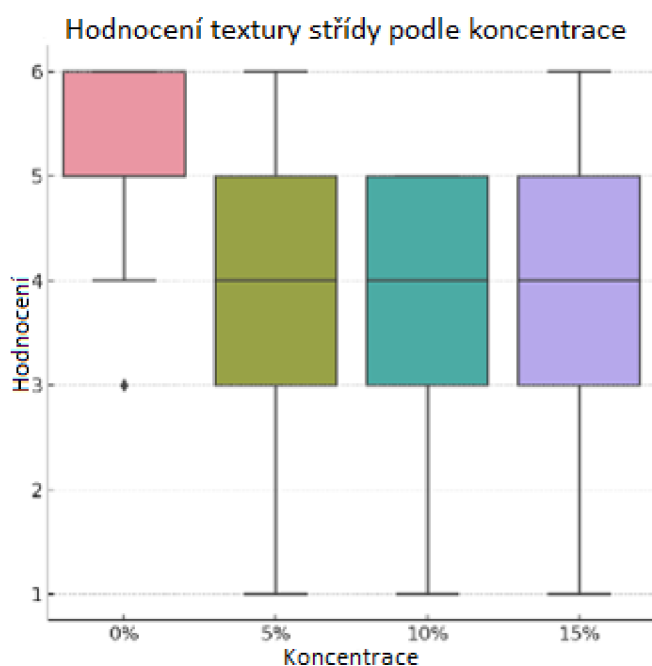
Obrázek 6 Senzorická analýza aromatu – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Lze zde pozorovat viditelné rozdíly v hodnocení s různými koncentracemi, zejména vyššími mediány a užšími mezikvartilovými rozmezími u určitých koncentrací.



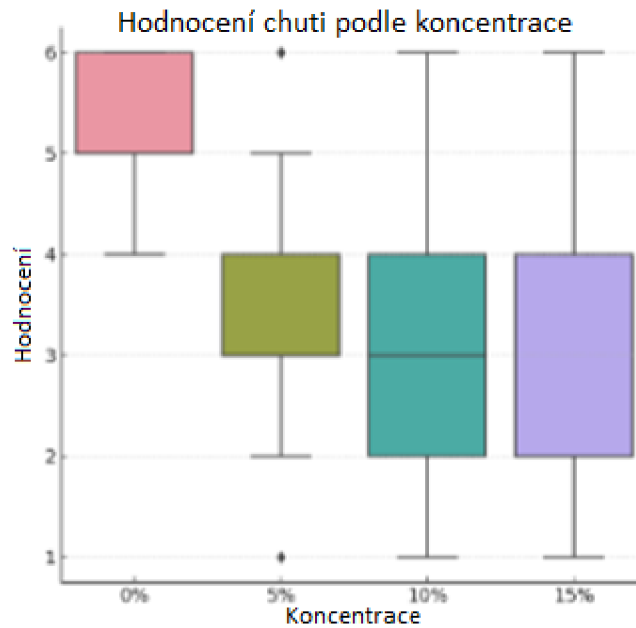
Obrázek 7 Sensorická analýza textury kůrky – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

U textury kůrky lze pozorovat, že konzumenti reflektovali velice pozitivně na kontrolní vzorek a bulky s příměsí byly hodnoceny téměř stejně bez ohledu na množství příměsí.



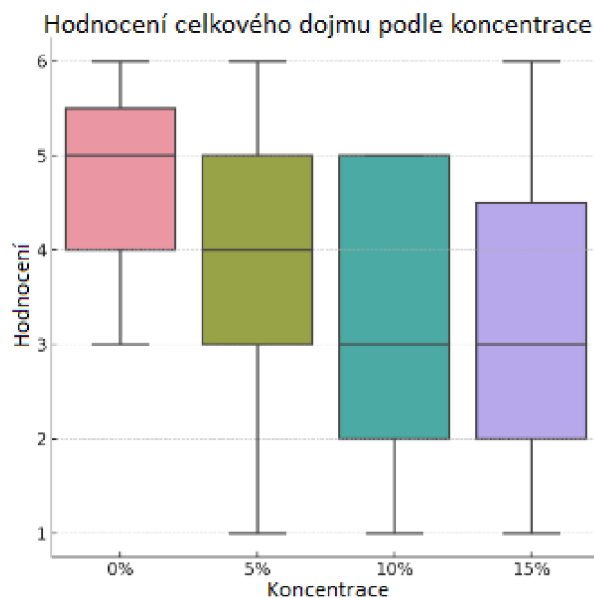
Obrázek 8 Sensorická analýza textury střídy – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Hodnocení textury střídy ukazuje jasné rozdíly v rozptylu a střední hodnotě mezi různými koncentracemi.



Obrázek 9 Senzorická analýza chuti – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

U senzoričkého hodnocení chuti lze pozorovat, že existují značné rozdíly v hodnocení, zejména s vyššími koncentracemi, které mají tendenci mít velký rozptyl v hodnocení, což poukazuje na silný vliv švábí moučky v chuťovém vjemu.



Obrázek 10 Senzorická analýza celkového dojmu – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Hodnocení celkového dojmu má obdobné vyhodnocení jako u předchozího ukazatele chuti. Existují zde výrazné variace, přičemž některé koncentrace dostávají celkově vyšší a lepší hodnocení, což poukazuje na smyslově lepší zážitek. Lze konstatovat, že kontrolní vzorek

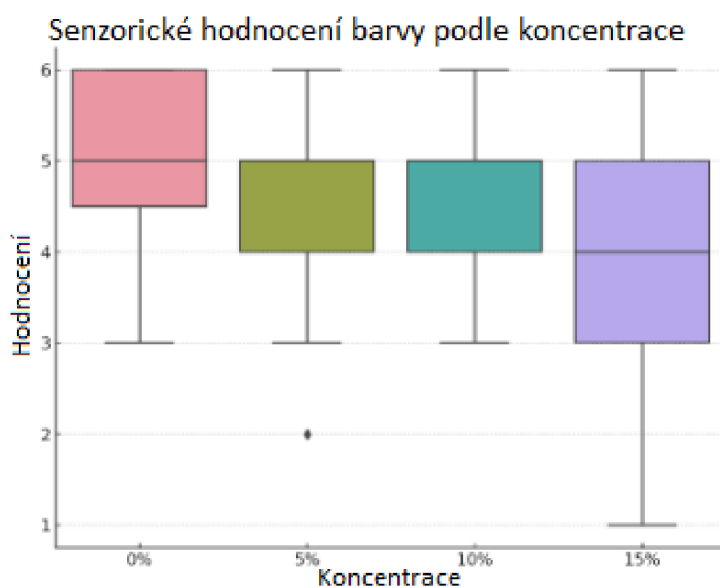
dosáhl nejlepších výsledků, nicméně koncentrace 5 % příměsi byla také hodnocena konzumenty kladně.

5.2.2 Výsledky senzoričké analýzy pro neočištěnou variantu

	Barva	Aroma	Textura kůrky	Textura střídy	Chuť	Celkový dojem
p-hodnota	0,01990	0,00000	0,00042	0,00000	0,00000	0,00000

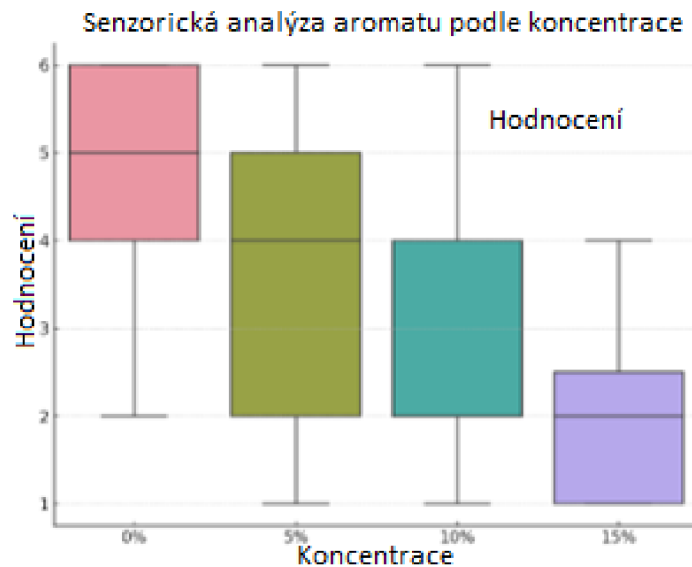
Tabulka 8 Vyhodnocení senzoričké analýzy neočištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Rozptyl a medián se významně liší ve sledovaných kategoriích, což implikuje, že koncentrace, ve které je švábí moučka přidávána hraje významnou senzoričkou roli. Kategorie jako chuť a celkový dojem vykazují výrazné posuny mediánu, které jsou přímo úměrné rostoucí koncentraci švábí moučky, což znovu poukazuje na to, jak důležitou senzoričkou roli tato příměs má. Každá z těchto kategorií vykazuje signifikantní statistické rozdíly, které jsou vyjádřeny pomocí p-hodnot. Tyto hodnoty se pohybují pod typickou hladinou α , což indikuje významný dopad na smyslové vnímání u každého atributu.



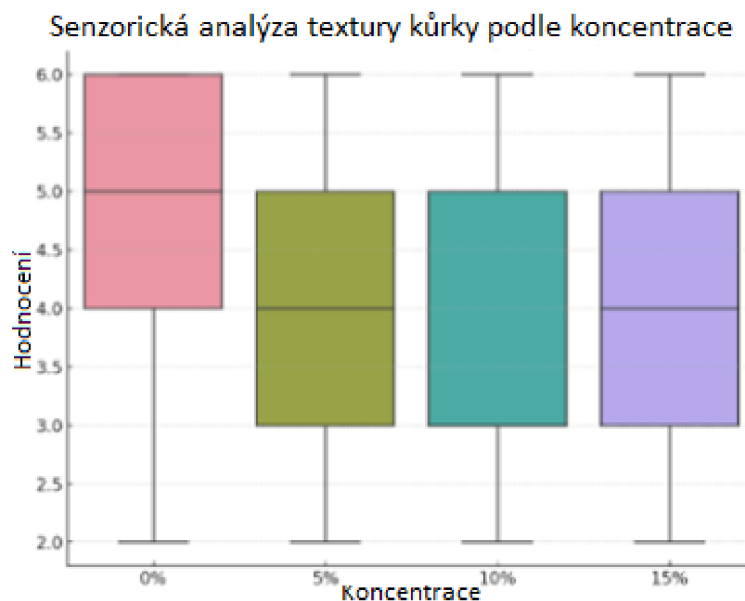
Obrázek 11 Senzoričká analýza barvy – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Na grafu senzoričkého hodnocení barvy je možné vidět, že nejlepšího hodnocení dosáhl kontrolní vzorek, vzorky s 5 % a 10 % příměsi dosáhly obdobného výsledku a vzorek s 15 % příměsí dopadl nejhůře. U hodnocení barvy vykazuje p-hodnota statisticky významný rozdíl, nicméně v porovnání s jinými kategoriemi není tato hodnota tak blízko k nule, ale stále se vyznačuje a působí znatelné senzoričké změny.



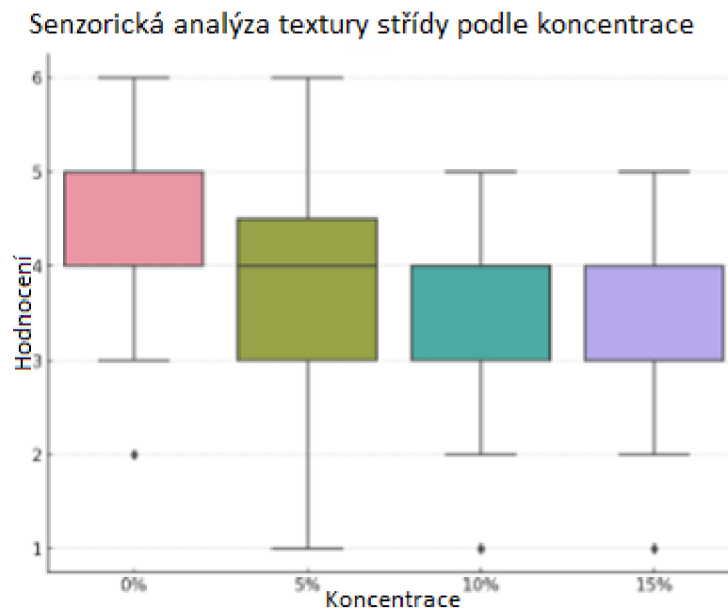
Obrázek 12 Senzorická analýza aromatu – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

U hodnocení aromatu švábích bulek pro neočištěnou variantu vykazuje p-hodnota extrémně nízkou hodnotu, což zcela popírá nulovou hypotézu, že mezi skupinami není žádný rozdíl. Naopak tato nízká hodnota poukazuje na důležitost příměsi při sensorickém hodnocení konzumenty.



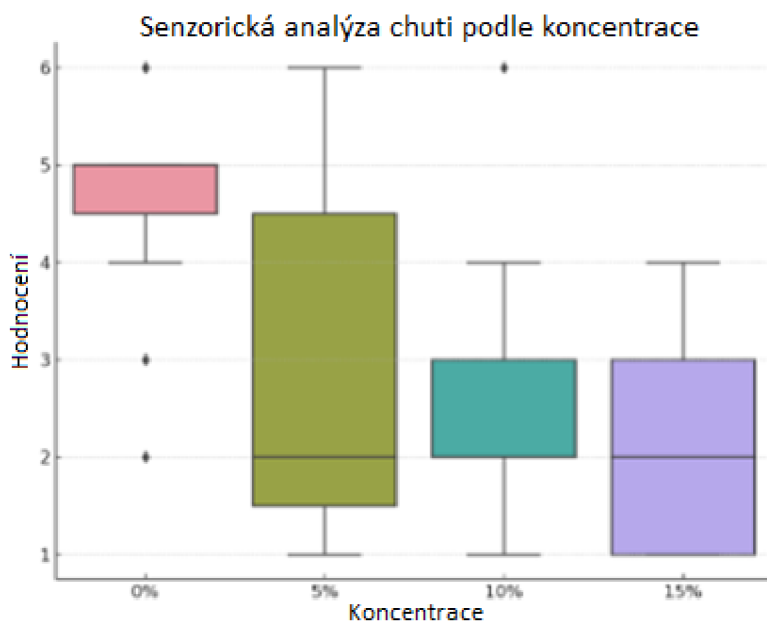
Obrázek 13 Senzorická analýza textury kůrky – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Zde na grafu hodnocení textury kůrky je možné vidět rozdíl mezi hodnocením kontrolního vzorku a vzorků s příměsemi, nicméně žádná z příměsí není hodnocena výrazně hůře, z čehož lze soudit, že různé procento koncentrace neovlivňuje kvalitativní parametry kůrky dle konzumentů.



Obrázek 14 Senzorická analýza textury střídy – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

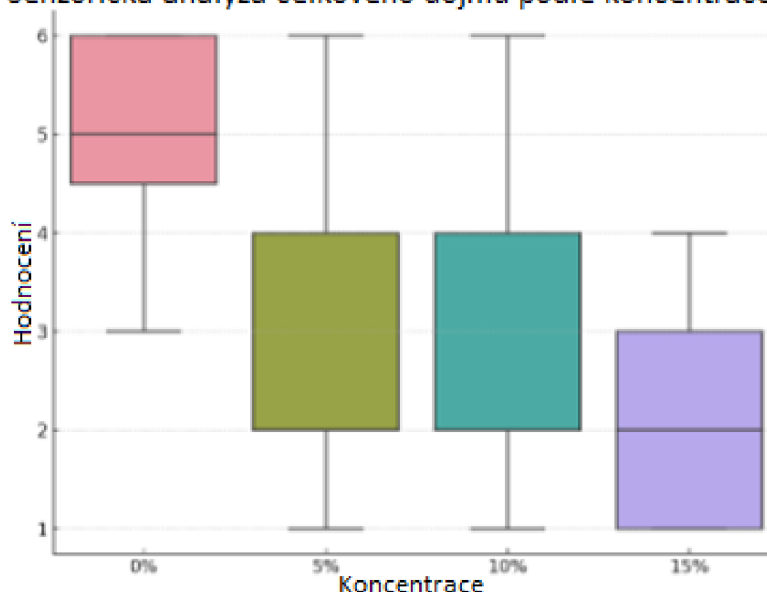
U hodnocení textury střídy je viditelné, že kontrolní vzorek a vzorek s nejmenší příměsí (5 %) dopadly lépe, jak vzorky s vyšší příměsí (10 %, 15 %), z čehož vyplývá, že s rostoucí koncentrací příměsí švábí moučky dochází k pozorovatelné změně střídy dle konzumentů.



Obrázek 15 Senzorická analýza chuti – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

U tohoto grafu je vidět již výše zmiňovaný posun mediánu a rozptylu se zvyšující se koncentrací. Zde se do grafu promítá velice nízká p-hodnota.

Senzorická analýza celkového dojmu podle koncentrace



Obrázek 16 Senzorická analýza celkového dojmu – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

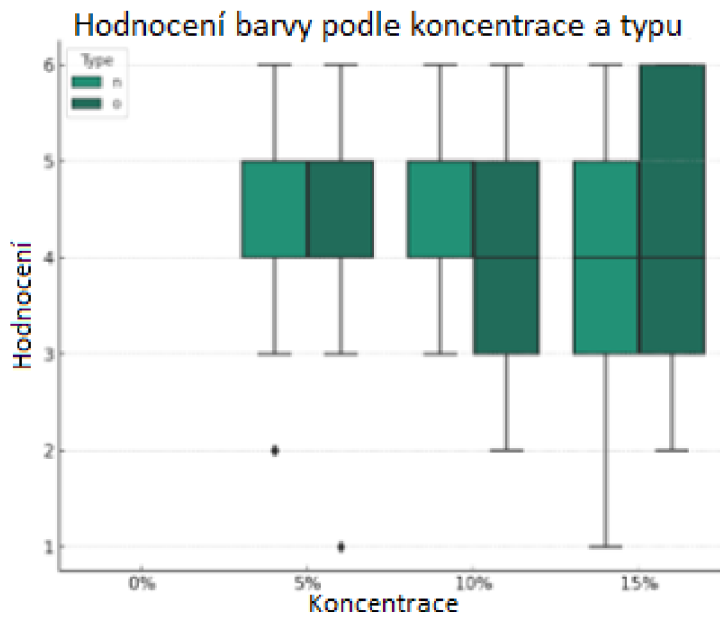
Na výsledném grafu celkového dojmu lze vidět, že konzumenti reflektovali nejlépe na kontrolní vzorek, oproti tomu nejhůře dopadl vzorek s příměsí 15 %, lze tedy shrnout, že celkový dojem bulek s příměsí švábí moučky byl rozeznatelný a konzumenti tyto vzorky hodnotili hůře, jedná se o výrazný rozdíl oproti normálnímu pečivu.

5.2.3 Výsledky senzorické analýzy – porovnání očištěné a neočištěné varianty

	Barva	Aroma	Textura kůrky	Textura střídy	Chuť	Celkový dojem
p-hodnota	0,42100	0,00004	0,69500	0,19800	0,00083	0,00016

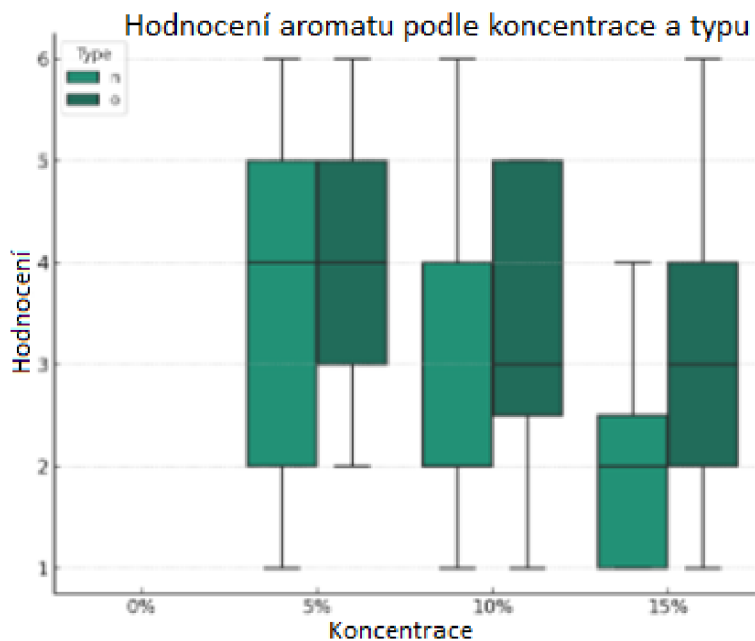
Tabulka 9 Vyhodnocení senzorické analýzy očištěné a neočištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Na základě porovnání p-hodnot napříč různými koncentracemi příměsí švábí moučky ve variantě očištěných – neboli upravených švábů a ponechaných bez úprav lze říci, že zde dochází k výraznému statistickému rozdílu v kategoriích aroma, chuti a celkového dojmu. Na základě těchto prokazatelných a statisticky signifikantních rozdílů lze soudit, že postmortální úprava švábů před implementací do pečiva hraje roli, která není zanedbatelná. Tento fakt může negativně ovlivnit výrobní proces, zpomalit rychlost práce a zvýšit finanční náklady na zpracování takovéto suroviny. V grafickém vyobrazení statistické významnosti je použito písmeno „n“, které značí švábí moučky bez předchozí úpravy a písmeno „o“, které značí švábí moučku podrobenou úpravě. U této analýzy nebyl brán ohled na kontrolní vzorky, jelikož účelem je čistě porovnání dvou variant mezi sebou napříč rostoucími koncentracemi příměsí.



Obrázek 17 Sensorické hodnocení barvy neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

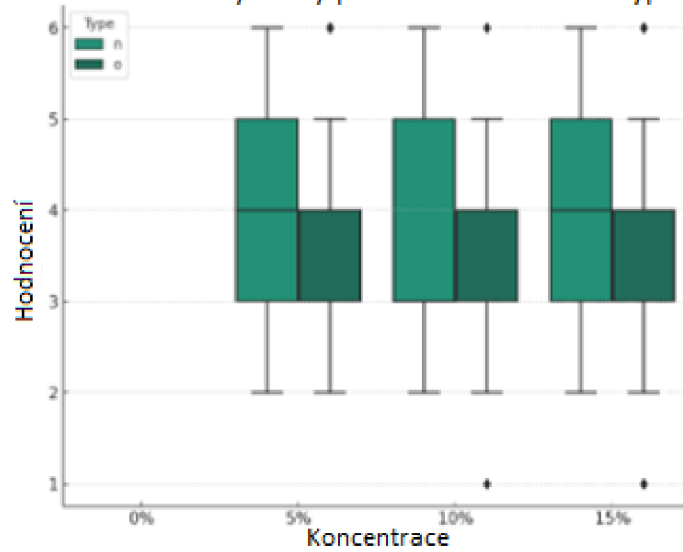
Porovávání výsledné barvy upečených bulek ve variantě očištěné a ponechané nevykazuje statisticky významné rozdíly mezi sebou. Kategorie barvy vykazuje relativně uniformní distribuci mezi typy i koncentracemi.



Obrázek 18 Sensorické hodnocení aromatu neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Na grafu, který vyobrazuje rozdíly v aromatu je viditelný rozdíl, jak mezi koncentracemi, tak zároveň i mezi typem úpravy. Zde je zcela patrné, že zejména u vyšších koncentrací konzumenti preferují variantu očištěnou.

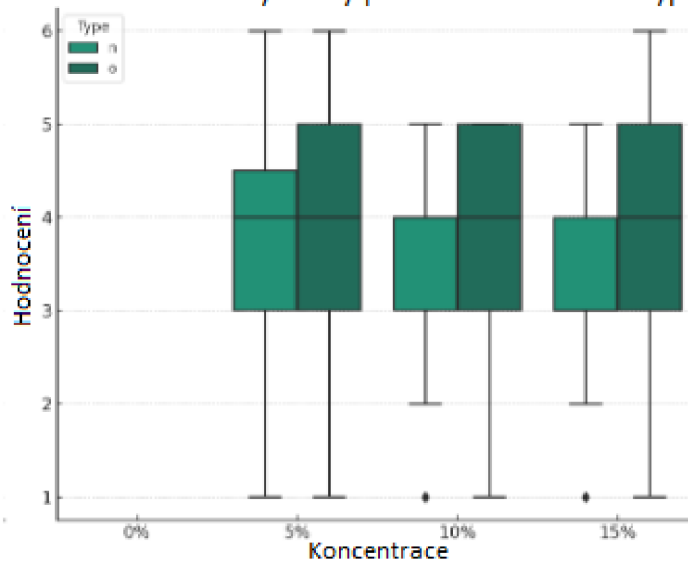
Hodnocení textury kůrky podle koncentrace a typu



Obrázek 19 Sensorické hodnocení textury kůrky neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

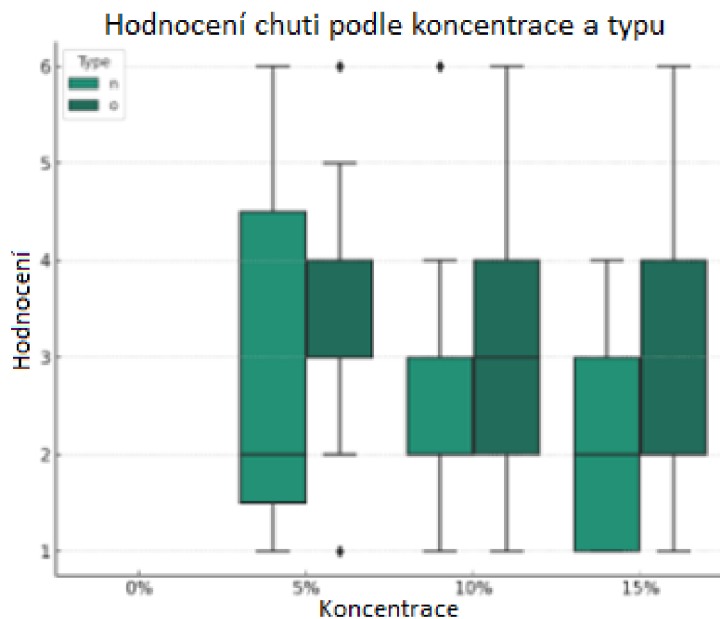
Zde u textury kůrky vykazují vzorky konzistentní hodnocení napříč typy a koncentracemi s mírnými odchylkami, ale bez významných statistických rozdílů.

Hodnocení textury střídy podle koncentrace a typu



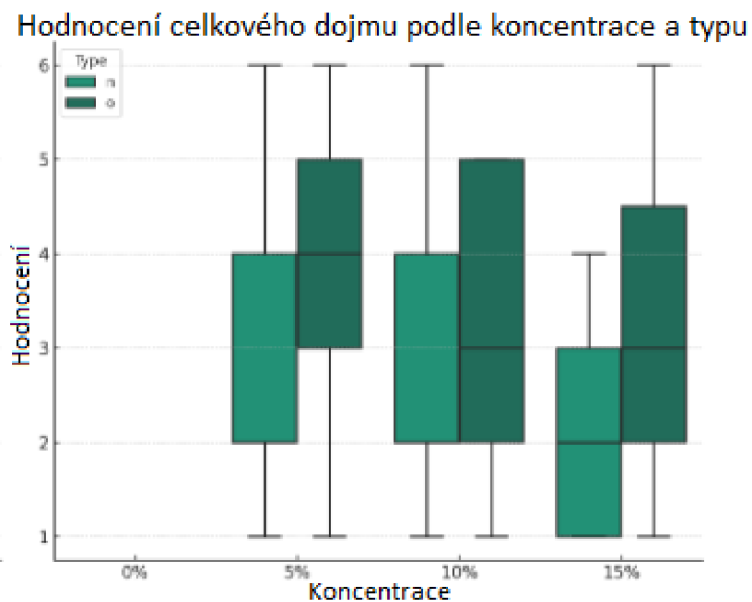
Obrázek 20 Sensorické hodnocení textury střídy neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Zde u textury střídy taktěž vykazují vzorky konzistentní hodnocení napříč typy a koncentracemi s mírnými odchylkami, ale bez významných statistických rozdílů.



Obrázek 21 Sensorické hodnocení chuti neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat

V analýze rozdílu chuti je patrné, že je mezi koncentracemi i typy významný rozdíl, zejména mezi typy při specifických koncentracích. Je možné říci, že konzumenti preferují očištěnou variantu nad tou neočištěnou, a to zejména s rostoucí koncentrací příměsi.



Obrázek 22 Sensorické hodnocení celkového dojmu neočištěno vs. očištěno

U hodnocení celkového dojmu je vidět obdobný trend jako u výsledků hodnocení chuti. Zde konzumenti také preferují očištěnou variantu nad tou neočištěnou. Je zde patrný a prokazatelný statistický rozdíl, který je viditelný zejména s rostoucí koncentrací příměsi.

5.3 Vyhodnocení výsledků z přístroje Mixolab 2

Výsledky z přístroje Mixolab 2 u těst s přídavkem švábí moučky demonstruje tabulka č. 10 a tabulka č.11. Z tabulky č. 10 je patrné, že čas vývinu těsta byl nejkratší u kontrolního vzorku a s postupným přídavkem švábí moučky se zvyšoval ve všech případech kromě 5% přídavku v neočištěné verzi, jedním z možných vysvětlení může být i nedokonalá homogenizace vzorku. Amplituda, která udává pružnost mouky byla nejvyšší u 10% koncentraci v neočištěné verzi, nicméně nejvyšší stabilitu bílkovin vykazovalo kontrolní těsto.

Záporný parametr α (směrnice hdonot) indikuje, že během počátečního záhřevu došlo vlivem mechanického namáhání těsta k denaturaci proteinů a tím uvolnění vody, což mělo za následek zeslábnutí těsta a snížení jeho viskozity. U všech koncentrací byl tento jev patrný, nicméně s rostoucí koncentrací se snižovala hodnota α .

Kladné hodnoty parametru β (směrnice hdonot) indikují, že mazovatění škrobu přispělo k opětovnému zahuštění těsta.

Parametr γ (směrnice hodnot) nabýval záporných hodnot ve všech koncentracích, což indikuje opětovné snížení konzistence.

Vzorek	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)	C1 (min)	Amplituda (Nm)	Stabilita (min)
kontrola	1,104	0,364	1,472	0,746	1,210	1,380	0,083	5,900
5 % očištěno	1,134	0,376	1,902	0,927	1,197	2,350	0,076	5,800
10 % očištěno	1,068	0,319	1,764	0,713	0,904	2,830	0,057	5,100
15 % očištěno	1,079	0,307	1,632	0,424	0,520	2,530	0,056	4,700
5 % neočištěno	1,121	0,338	1,757	1,066	1,566	1,280	0,068	4,400
10 % neočištěno	1,133	0,341	1,808	0,522	0,709	2,820	0,086	5,700
15 % neočištěno	1,057	0,310	1,696	0,430	0,529	2,780	0,067	5,600

Tabulka 10 Fyzikální parametry těsta, výstup z protokolu Chopin +, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Vzorek	α (Nm/min)	β (Nm/min)	γ (Nm/min)
kontrola	-0,090	0,362	-0,088
5 % očištěno	-0,080	0,432	-0,098
10 % očištěno	-0,066	0,524	-0,146
15 % očištěno	-0,062	0,422	-0,146
5 % neočištěno	-0,092	0,490	-0,062
10 % neočištěno	-0,096	0,776	-0,130
15 % neočištěno	-0,070	0,470	-0,126

Tabulka 11 Tabulka č. 11 Směrnice α , β , γ , výstup z protokolu Chopin +, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Na tabulce č.12 je možné pozorovat změnu parametrů α , β a γ v porovnání s kontrolním vzorkem.

Parametr α obecně vykazuje malé změny, přičemž většina vzorků vykazuje mírný nárůst či pokles vzhledem ke kontrolnímu vzorku. Zajímavé jsou hodnoty α pro 10 % a 15 % koncentraci v očištěné verzi, což indikuje, že tyto dva typy těst vykazují vyšší odolnost na působení mechanického namáhání (nebo s menší deformací). Tento fakt může být prospěšný při procesech pečení, kdy je žádoucí silnější těsto za účelem udržení tvaru, struktury a textury.

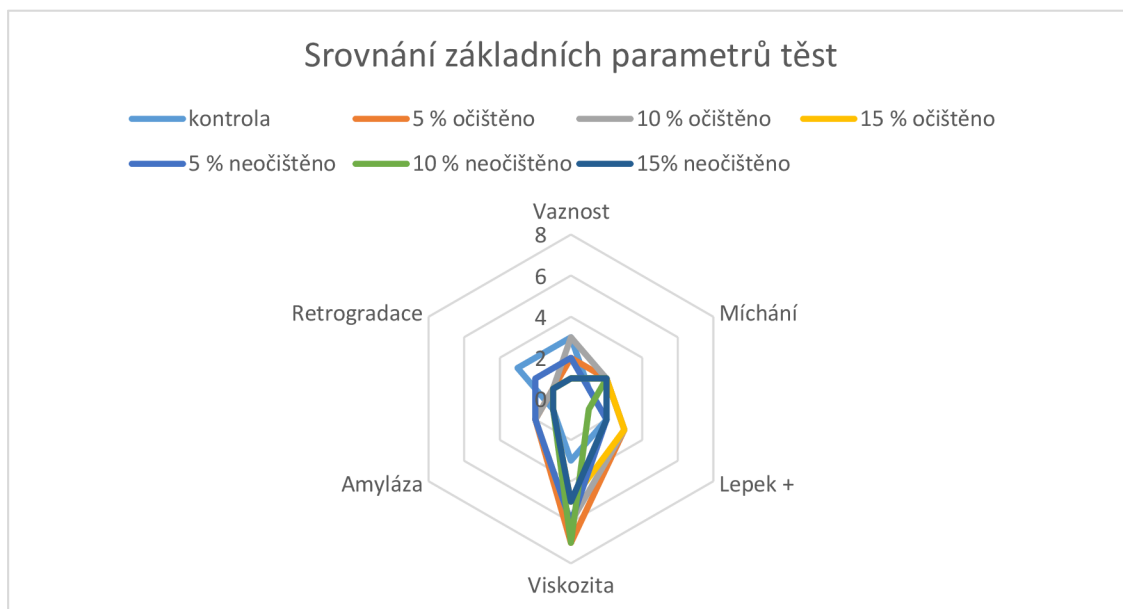
U parametru β vykazují všechny vzorky nárůst hodnoty ve srovnání s výchozím kontrolním vzorkem, přičemž 10 % koncentrace neočištěné verze vykazuje významný nárůst, což indikuje vyšší odolnost vůči mechanickému natahování nebo silnější lepkovou síť.

Pro parametr γ je většina změn záporných, což indikuje, že kromě 5 % koncentrace v neočištěné verzi mají všechny ostatní vzorky tendenci slábnout rychleji pod podobným zatížením ve srovnání s kontrolním vzorkem. Největší pokles vykazuje 10 % koncentrace v očištěné verzi.

Vzorek	α (Nm/min)	β (Nm/min)	γ (Nm/min)
5 % očištěno	0,010	0,070	-0,010
10 % očištěno	0,024	0,162	-0,058
15 % očištěno	0,028	0,060	-0,058
5 % neočištěno	-0,002	0,128	0,026
10 % neočištěno	-0,006	0,414	-0,042
15 % neočištěno	0,020	0,108	-0,038

Tabulka 12 Porovnání parametrů α , β , γ s kontrolním vzorkem, Zdroj: Vlastní zpracování dat

Na základě protokolů formátu Chopin + z přístroje Mixolab 2 bylo vyhotoveno grafické zpracování základních parametrů těst, které je možné vidět na paprskovém grafu s názvem Srovnání základních parametrů těst.



Graf 2 Srovnání základních parametrů těst, Zdroj: Vlastní zpracování dat

5.4 Vyhodnocení pekařského pokusu

5.4.1 Výpočet specifického objemu pečiva

Za účelem výpočtu specifického měrného objemu výrobků byl využit Archimedův zákon. Odměrný válec byl naplněn hořčičnými semínky po okraj. Vložením vzorku došlo k nahrazení části semínek ve válci, které představovaly objem vzorku, tento přebytek byl následně změřen v dalším odměrném válci. Pro výpočet byl využit následující vzorec:

$$Spec. V = \frac{V_p}{m_p} \quad (1.1)$$

Kde: Spec. V Specifický objem pečiva [ml/g]
 V_p Objem pečiva [ml]
 m_p Hmotnost pečiva [g]

Na tabulce č. 13 je možné vidět výsledky výše zmiňovaného vzorce. Výsledky specifických měrných objemů se pohybují od 1,11 ml/g do 4,66 ml/g. Vzorky s vysokými specifickými měrnými objemy indikují, že upečený vzorek je méně hustý, více porézní, což umožňuje větší prostor na jednotku hmotnosti. Nejvyšších specifických měrných objemů dosahují kontrolní vzorky, s rostoucí koncentrací příměsí švábí moučky klesá specifický měrný objem.

Typ vzorku	Příměs [%]	Hmotnost [g]	Objem [ml]	Specifický měrný objem [ml/g]
kontrola	0	69,33	320	4,6156
kontrola	0	68,67	320	4,6600
očistěno	5	64	180	2,8125
očistěno	5	64,7	180	2,7821
očistěno	10	66,5	100	1,5038
očistěno	10	67	100	1,4925
očistěno	15	63	90	1,4286
očistěno	15	65	90	1,3846
neočistěno	5	64,3	220	3,4215
neočistěno	5	64,5	220	3,4109
neočistěno	10	66,2	110	1,6616
neočistěno	10	66,1	110	1,6641
neočistěno	15	62,8	70	1,1146
neočistěno	15	62,5	70	1,1200

Tabulka 13 Výsledky specifických měrných objemů, Zdroj: Vlastní zpracování dat

5.4.2 Vyhodnocení poměrového čísla

Tvar pečiva je stanoven poměrem výšky (v) proti jeho průměru (šířce). Tato veličina je bezrozměrná, tudíž nemá žádnou jednotku. Dle této veličiny lze posoudit kvalitu mouky, ze které bylo pečivo vyrobeno. Na tabulce č. 14 jsou vyobrazeny intervaly, na základě, kterých se tato kvalita hodnotí.

Samotný vztah byl vyjádřen dle vzorce:

$$PM = \frac{V}{\bar{S}} \quad (1.2)$$

Kde: PM Poměrové číslo
 V Výška [cm]
 Š Šířka [cm]

Na tabulce č.14 jsou vyobrazeny výsledky na základě vzorce uvedeného výše společně se slovním hodnocením dle tabulky kritérií.

	Velmi dobrá	Dobrá	Slabá	Velmi slabá
Poměr [v/š]	> 0,7	0,6 - 0,7	0,5 - 0,6	do 0,5

Tabulka 14 Hodnotící kritéria, Zdroj: (Skoupil, 1989)

Typ vzorku	Příměs [%]	Šířka [cm]	Výška [cm]	Poměrové číslo	Vyhodnocení poměrového čísla
kontrola	0	9,3	7,1	0,7634	velmi dobrá
kontrola	0	9,4	6,4	0,6809	dobrá
očištěno	5	8,3	4,9	0,5904	slabá
očištěno	5	8,5	5,2	0,6118	dobrá
očištěno	10	7,8	4,3	0,5513	slabá
očištěno	10	7,4	4	0,5405	slabá
očištěno	15	7,3	4,1	0,5616	slabá
očištěno	15	7,1	4	0,5634	slabá
neočištěno	5	8,9	5,1	0,5730	slabá
neočištěno	5	8,5	4,9	0,5765	slabá
neočištěno	10	7,5	4,1	0,5467	slabá
neočištěno	10	7,4	4,2	0,5676	slabá
neočištěno	15	7,2	4,1	0,5694	slabá
neočištěno	15	6,9	3,8	0,5507	slabá

Tabulka 15 Výsledky vyhodnocení poměrového čísla

Na základě výsledků lze konstatovat, že příměs švábí moučky do těsta výrazně ovlivňuje prostorové dispoziční výsledného produktu a klenutost pečiva.

5.4.3 Vyhodnocení objemové výtěžnosti

Objemová výtěžnost vyjadřuje objem výsledného pečiva na 100 g mouky. Tato veličina byla vyjádřena pomocí vzorce:

$$\text{Obj. výtěžnost} = \frac{V_p}{m_m} * 100 \quad (1.3)$$

Kde: Obj. výtěžnost ... Objemová výtěžnost [ml/100 g mouky]
 V_p Objem pečiva [ml]
 m_m Hmotnost mouky [g]

Na tabulce č.16 jsou vyjádřeny výsledky vypočítané na základě výše uvedeného vzorce. Z výsledků je možné říci, že s rostoucí koncentrací příměsi švábí moučky klesá objemová výtěžnost mouky.

Typ vzorku	Příměs [%]	Objem [ml]	Objemová výtěžnost [ml/100 g]
kontrola	0	320	640
kontrola	0	320	
očistěno	5	180	360
očistěno	5	180	
očistěno	10	100	200
očistěno	10	100	
očistěno	15	90	180
očistěno	15	90	
neočistěno	5	220	440
neočistěno	5	220	
neočistěno	10	110	220
neočistěno	10	110	
neočistěno	15	70	140
neočistěno	15	70	

Tabulka 16 Výsledky vyhodnocení objemové výtěžnosti, Zdroj: Vlastní zpracování dat

6 Diskuze

Přídavek moučky ze švába šedého do kynutého těsta zapříčinil zásadní změnu v technologických vlastnostech těsta a ovlivnil senzoryckou jakost výsledných experimentálních bulek, čímž došlo k potvrzení počáteční hypotézy. Rozdíly byly patrné jak v reologických, tak v senzoryckých parametrech, většina parametrů vykazovala nějaký druh trendu, v některých případech klesající, v některých rostoucí v závislosti na množství přidané hmyzí moučky.

Prvním krokem této práce byla manipulace s mraženými šváby, v jedné variantě došlo k postmortálním úpravám, konkrétně zbavení křídel, krovek a všech párů nohou, ve druhé variantě byli švábi pouze pokrájeni. Následujícím krokem byla lyofilizace hmyzu a poté došlo k pomletí na moučku. Mletí švábů probíhalo bez obtíží v obou variantách. Výsledná moučka byla sypká a nevykazovala žádné neočekávané parametry. Homogenizace nebyla zcela dokonalá, jelikož některé části exoskeletu zůstávaly soudržné i po opakovaném mixování.

Analýza reologických vlastností a vlhkosti byla prováděna pomocí přístroje Mixolab 2. Jelikož nebyla předem stanovena a ani analyzována přibližná vaznost moučky ze švába šedého, bylo obtížné tyto parametry odhadnout a měření bylo prováděno opakovaně. Z výsledků je patrné, že příměs švábí moučky vaznost snižuje a snižuje i vlhkost výsledné směsi. Vzhledem k tomu, že autor nenašel žádné vědecké články či studie, které by se přímo zabývaly vazností švábí moučky, budou reologické vlastnosti porovnány s moučkou jiného jedlého hmyzu, konkrétně s moučkou ze cvrčka domácího (*Acheta domestica*). Ve studiích Pareyt et al. (2011), Guzmán et al. (2015) a González et al. (2019) se autoři zabývali reologickými vlastnostmi těst s přídavkem cvrččí moučky a došli v obou studiích k závěru, že výsledná vaznost klesá s rostoucím množstvím příměsi. Stejný výsledek byl pozorován i u přídavku moučky ze švába šedého.

S rostoucím procentem příměsi švábí moučky následně docházelo i k prodloužení doby vývoje těsta, což je stejné zjištění, jako tomu bylo ve studii González et al. (2019), kde při přídavku moučky ze cvrčka domácího také docházelo k prodloužení doby vývoje těsta.

S přibývajícím procentem příměsi švábí moučky bylo pozorováno, že dochází ke změně barvy, ke tmavnutí experimentálních bulek, k tomuto jevu docházelo i ve studiích Michalska et al. (2008), Homann et al. (2017) nebo González et al. (2019). Dle Michalska et al. (2008) tento jev může být způsoben z důvodu zvýšeného obsahu proteinů, což může následně přispět ke zvýšené tvorbě produktů Maillardovi reakce. González tento fakt přisuzuje rozdílnému profilu aminokyselin, které jsou odlišné v případě hmyzí moučky a pšenice (González et al., 2019).

V hodnocení barvy dosáhl nejlepších výsledků kontrolní vzorek, hodnocení se snižovalo na bodové stupnici s rostoucí příměsí moučky, zejména ve variantě neočištěné, u očištěné varianty konzumenti nevykazovali statisticky významné rozdíly v hodnocení. Nicméně celkové porovnání hodnocení barvy vykazovalo uniformní výsledky bez významných statistických odchylek, ačkoliv barevná změna byla patrná, dle konzumentů tento faktor nehrál významnou roli v hodnocení. Ke stejnému závěru dospěla také studie, která probíhala v Brazílii. Dle jejich vyhodnocení taktéž došlo k mírnému ztmavnutí pečiva, ani v této studii konzumentům výsledná barva nepřekážela (de Oliveira et al., 2017).

V hodnocení aromatu byl pozorován silný klesající trend u konzumentů. Nejlépe dopadl kontrolní vzorek a napříč rostoucí koncentrací docházelo k významným statistickým rozdílům v hodnocení. Konzumenti samotní přirovnávali vůni výsledného pečiva k siláži. Dle studie Dewi et al. (2020), která se zabývala přidavkem moučky z kobylek (*Melanoplus cinereus*) konzumenti zmiňovali obdobné připomínky, nicméně v jejich případě se jednalo navíc o aroma připomínající rybinu, což v tomto konkrétním případě tomu tak nebylo.

U hodnocení textury kůrky a textury střidy nebylo patrné výrazného zhoršení, výsledky vykazovaly uniformní charakter. Nejlépe dopadl kontrolní vzorek, nicméně s rostoucí koncentrací příměsí konzumenti nezaznamenávali výrazné zhoršení, i v porovnání očištěné a neočištěné varianty mezi sebou.

Závěr studie, která zkoumala příměs švábí moučky do pečiva byl takový, že 10 % koncentrace přídavku byla hodnocena jako nejlepší v porovnání s 5 % přídavkem a 15 % přídavkem (de Oliviera et al., 2017). V případě této diplomové práce byl závěr odlišný, zde byla nejlépe hodnocena 5 % koncentrace příměsí v obou variantách. Očištěná verze dopadla lépe než verze neočištěná. Rozdílné závěry mohou být způsobeny odlišnými preferencemi konzumentů na základě různých odlišných stravovacích návyků. Dalším faktorem, který by mohl způsobit rozdílné závěry je postmortální úprava *Nauphoeta cinerea*, jelikož ve studii de Oliviera et al. (2017) byl hmyz sušen v troubě a v případě diplomové práce byl hmyz upraven pomocí lyofilizátoru.

Celková preference byla ovlivněna zejména chutí a aromatem, tyto dva parametry vykazovaly signifikantní statistické rozdíly. Dále je možné se domnívat, že by hodnocení bylo odlišné, pokud by konzumenti nebyli předem seznámeni se složením experimentálních bulek.

V hodnocení pekařského pokusu byl zohledněn výpočet specifického měrného objemu pečiva, poměrového čísla a objemové výtěžnosti. Ve všech těchto ukazatelích byly patrné velké rozdíly oproti kontrolnímu vzorku. Trend všech ukazatelů byl klesající, ke stejnému závěru došla i studie de Oliviera et al. (2017).

Jedním z limitů této práce byla nedostatečná hodnotitelská základna, dále nebylo použito hédonické hodnotící stupnice, která by umožnila vyhodnocení senzorické analýzy pomocí parametrických testů. Dalším parametrem, který mohl nepříznivě ovlivnit či zkreslit hodnocení bylo obeznámení hodnotitelů se složením sušenek, zde mohlo dojít k prostoru pro předsudky a celkovou neochotu pojídat hmyz (Kouřimská et al., 2020). Hodnotitelé byli obeznámeni předem, aby mohli odmítnout, pokud by tyto experimentální bulky byly v rozporu s jejich etickými, náboženskými, či mravními hodnotami. Dalším možným limitem je, že hodnotitelé nebyli školení a 76 % hodnotitelů nevyplnilo údaje o pohlaví a věku, tudíž nemohlo dojít k podrobnější analýze, zda existuje nějaká skupina konzumentů, která by byla ochotna někdy v budoucnu si takovéto pečivo zakoupit.

7 Závěr

Předmětem této práce bylo posoudit nulovou hypotézu, zda částečná náhrada pšeničné mouky moučkou ze švába šedého ovlivní technologické vlastnosti těsta a senzoricou jakost běžného pečiva. Technologické parametry vykazovaly změny již při 5 % substituci pšeničné mouky švábí moučkou, přičemž se zvyšující se koncentrací docházelo k výraznějším změnám. Přídavek moučky ze švába šedého vykazoval klesající trend v parametru vlhkosti a vaznosti, nicméně došlo k ojedinělým výjimkám – konkrétně vlhkost vzrostla při přídavku 5 % švábí moučky v očištěné verzi o 1,9 a vaznost vykazovala vyšší hodnotu než kontrolní vzorek při přídavku 5 % neočištěné varianty o 0,9. Přídavek švábí moučky rovněž zapříčinil prodloužení doby vývoje těsta a ke snížení jeho stability.

Výsledky senzoricke analýzy ukázaly, že přídavek hmyzí moučky ovlivnilo barvu, zejména v neočištěné verzi hmyzí moučky. V hodnocení byl patrný klesající trend v hodnocení. Konzumenti reflektovali na tuto změnu spíše negativně a světlejší barvy pečiva hodnotili pozitivněji. Obdobné hodnocení následovalo ve všech kategoriích, kromě textury střídy a kůrky, v těchto dvou kategoriích konzumenti nezaznamenávali výrazné zhoršení kvality bulek. Jakožto nejdůležitější faktory byly považovány chuť a celkový dojem pečiva. Tyto dva aspekty dosahovaly horšího hodnocení konzumentů s rostoucím podílem příměsi švábí moučky. V posuzování celkové preference byla nejlépe hodnocena očištěná varianta, a to zejména v nejnižší koncentraci 5 % napříč všemi kategoriemi.

Ačkoliv došlo k prokazatelným změnám ve fyzikálních a technologických vlastnostech těst, tak manipulace s nimi nebyla obtížná, tudíž lze považovat švába šedého za vhodný hmyz pro výrobu kynutých těst. V budoucnu by bylo dobré zabývat se dále tímto tématem, odhalit limity této hmyzí moučky a najít optimální koncentraci, jak pro technologické zpracování, tak pro konzumentské preference. Dále by bylo vhodné provést podrobnou analýzu nutričních hodnot takto fortifikovaného pečiva, zejména se zaměřit na skladbu a profil aminokyselin a tuků.

8 Literatura

1. ADEDARA, Isaac A., et al. Nauphoeta cinerea as an emerging model in neurotoxicology. In: Advances in neurotoxicology. Academic Press, 2023. p. 181-196.
2. ALAE-CAREW, Carmelia, et al. The role of plant-based alternative foods in sustainable and healthy food systems: Consumption trends in the UK. Science of the Total Environment, 2022, 807: 151041.
3. ANDREWS, Peter; JOHNSON, R. J. Evolutionary basis for the human diet: consequences for human health. Journal of internal medicine, 2020, 287.3: 226-237.
4. AYKROYD, W.R., DOUGHTY, J. Wheat in human nutrition. Rome: Food and agriculture organization of the UN, 1970
5. BAJEROVÁ, Eva, Dana GABROVSKÁ, Veronika HAVELKOVÁ, et al. Obiloviny v lidské výživě. 1. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2016. ISBN 978-80-88019-16-9.
6. BARKER, Tyler. Vitamins and Human Health: Systematic Reviews and Original Research. Nutrients, 2023, 15.13: 2888.
7. BEDNÁŘOVÁ, Martina, et al. Edible insects-species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2013.
8. BELLUCO, Simone, et al. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2013, 12.3: 296-313.
9. BIESIEKIERSKI, Jessica R. What is gluten? Journal of gastroenterology and hepatology, 2017, 32: 78-81.
10. BRAY, George A.; SIRI-TARINO, Patty W. The role of macronutrient content in the diet for weight management. Endocrinology and Metabolism Clinics, 2016, 45.3: 581-604.
11. BRUNSTROM, Jeffrey M. Associative learning and the control of human dietary behavior. Appetite, 2007, 49.1: 268-271.
12. CARAPELLI, Antonio, et al. Phylogenetic analysis of mitochondrial protein coding genes confirms the reciprocal paraphyly of Hexapoda and Crustacea. BMC evolutionary biology, 2007, 7: 1-13.
13. CLARK, N. Sportovní výživa. Praha: GradaPublishing, 2000. 272 s. ISBN 80-247-9047-5
14. CORLEY, Laura S., et al. Developmental constraints on the mode of reproduction in the facultatively parthenogenetic cockroach Nauphoeta cinerea. Evolution & Development, 1999, 1.2: 90-99.
15. ČERNÝ, Miloslav; TRNKA, Tomáš; BUDEŠŤÍNSKÝ, Miloš a MCNAUGHT, Alan D. Sacharidy. 2. vydání. Přeložil Miloslav ČERNÝ, přeložil Karel KEFURT. Chemické listy. Praha: Česká společnost chemická, 2016. ISBN 978-80-86238-92-0.
16. ČESKO. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta [online]. 2020. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18>

17. ČSN 46 1011-9 – Obiloviny – Stanovení mokrého lepku – Praktická referenční metoda. Praha: Český normalizační institut, 1993
18. ČSN EN ISO 3093 – Pšenice, žito a pšeničná a žitná mouka – Stanovení čísla poklesu – Praktická referenční metoda. Praha: Český normalizační institut, 2010.
19. ČSN EN ISO 7971-2 – Obiloviny – Stanovení objemové hmotnosti zvané „hektolitrová váha“ – Metoda sledovatelnosti pro měřicí přístroje k ověření přístroje podle mezinárodního standardu. Praha: Český normalizační institut, 2019.
20. ČSN ISO 5529 – Pšenice – Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného testu – Praktická referenční metoda. Praha: Český normalizační institut, 2000.
21. DE OLIVEIRA, Lauren Menegon, et al. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2017, 44: 30-35.
22. DE OLIVEIRA, Thalyta Julyanne Silva, et al. *Paullinia cupana* (Kunth) stimulates behavior patterns and regulates oxidative stress markers in lobster cockroach *Nauphoeta cinerea*. *Brazilian Journal of Science*, 2022, 1.11: 27-44.
23. DENDY, D.A., DOBRASZCZYK, B.J. *Cereals and Cereal Products. Chemistry and technology*. Gaithersburg: Aspen Publisher, 2001.
24. DEWI, T., et al. Formulation of baby biscuits with substitution of wood grasshopper flour (*Melanoplus cinereus*) as an alternative complementary food for children. *Food Research*, 2020, 4.3: 114-122.
25. DRESLEROVÁ, Dagmar; KOČÁR, Petr. Trends in cereal cultivation in the Czech Republic from the Neolithic to the Migration period (5500 BC–AD 580). *Vegetation history and archaeobotany*, 2013, 22: 257-268.
26. DURST, Patrick B.; SHONO, Kenichi. Edible forest insects: exploring new horizons and traditional practices. *Forest insects as food: humans bite back*, 2010, 1-4.
27. ELPIDINA, Elena N., et al. Compartmentalization of proteinases and amylases in *Nauphoeta cinerea* midgut. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*, 2001, 48.4: 206-216.
28. EVROPSKÁ KOMISE. ZPRÁVA KOMISE RADĚ A EVROPSKÉMU PARLAMENTU o rozvoji rostlinných bílkovin v Evropské unii [online]. Brusel, 2018, 22.11.2018. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0757>
29. FABRIANI, G. *Wheat: Chemistry and Technology*. Vol. 1. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1988, 514 s. ISBN 0-913250-65-1.
30. 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.
31. GABROVSKÁ, Dana, Ilona HÁLOVÁ, Diana CHRPOVÁ, et al. *Obiloviny v lidské výživě*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2015. ISBN 9788087250280, 8087250281.
32. GHARIBZAHEDI, Seyed Mohammad Taghi; JAFARI, Seid Mahdi. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 62: 119-132.

33. GONZÁLEZ, Cristina M.; GARZÓN, Raquel; ROSELL, Cristina M. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2019, 51: 205-210.
34. GOYAL, Kanya, et al. Kjeldahl method. *Advanced Techniques of Analytical Chemistry*, 2022, 1: 105-112.
35. GREMBECKA, Małgorzata. Natural sweeteners in a human diet. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 2015, 66.3.
36. GROFOVÁ, Zuzana. *Nutriční podpora: praktický rádce pro sestry. Sestra (Grada)*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1868-2.
37. GUZMÁN, Carlos, et al. 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*, 2015, 66: 59-65.
38. HOLEČEK, Milan. *Aminokyseliny: fyziologie, patofyziologie a jako doplněk stravy*. Praha: Grada Publishing, 2023. ISBN 978-80-271-3655-1.
39. HOMANN, A. M., et al. 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*, 2017, 3.2: 95-103.
40. HOU, Yongqing; WU, Guoyao. Nutritionally essential amino acids. *Advances in Nutrition*, 2018, 9.6: 849-851.
41. HUBÍK, K. *Mlynářská ročenka 1997*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 1997
42. HUBÍK, K. *Mlynářská ročenka 1997*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 1997.
43. Chopin Technologies. 2012. *Mixolab application handbook*. Chopin Technologies, France.
44. CHOU, Szu-Ying, et al. Antenna contact and agonism in the male lobster cockroach, *Nauphoeta cinerea*. *Hormones and behavior*, 2007, 52.2: 252-260.
45. ICC Standard No. 155 – Stanovení obsahu mokrého lepku a lepkového indexu na přístroji Glutomatic. International Association for Cereal Science and Technology, 2010.
46. Julieta Ramos-Elorduy, Jose Manuel Pino Moreno, Esteban Escamilla Prado, Manuel Alvarado Perez, Jaime Lagunez Otero, Oralía Ladron de Guevara, Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 10, Issue 2, 1997, Pages 142-157, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>,
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157597905305>)
47. KANNER, Joseph. Dietary advanced lipid oxidation endproducts are risk factors to human health. *Molecular nutrition & food research*, 2007, 51.9: 1094-1101.
48. KODÍČEK, Milan; VALENTOVÁ, Olga a HYNEK, Radovan. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět. 2. přepracované vydání*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2018. ISBN 978-80-7592-013-3.
49. KOUŘIMSKÁ, Lenka, et al. Attitude of assessors in the Czech Republic to the consumption of house cricket *Acheta domestica* L.–A preliminary study. *Czech Journal of Food Sciences*, 2020.

50. KUFAREVA, Irina; ABAGYAN, Ruben. Methods of protein structure comparison. Homology modeling: Methods and protocols, 2012, 231-257.
51. KUNOVÁ, Václava, 2004. Zdravá výživa. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3433-0.
52. KUNOVÁ, Václava. Zdravá výživa. 2., přeprac. vyd. Zdraví & životní styl. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3433-0.
53. KVASNIČKOVÁ, Alexandra. Minerální látky a stopové prvky: Essenciální minerální prvky ve výživě. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. ISBN 80-85120-94-1.
54. LAFIANDRA, Domenico; RICCARDI, Gabriele; SHEWRY, Peter R. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *Journal of cereal science*, 2014, 59.3: 312-326.
55. Lauren Menegon de Oliveira, Andressa Jantzen da Silva Lucas, Carolina Lopes Cadaval, Myrian Sallas Mellado, Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*), *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 44, 2017, Pages 30-35, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.015>, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856416308682>)
56. LIU, Jianguo, et al. Systems integration for global sustainability. *Science*, 2015, 347.6225: 1258832.
57. LOPEZ, Michael J.; MOHIUDDIN, Shamim S. Biochemistry, essential amino acids. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing, 2023.
58. LUKOW, O. M., et al. Wheat flour classification. *Bakery Products: Science and Technology*, 2006, 69-86.
59. MAJID, Ishrat, et al. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2018, 17.4: 454-462.
60. MAQBOOL, Muhammad Amir, et al. Biological importance of vitamins for human health: A review. *J. Agric. Basic Sci*, 2017, 2.3: 50-58.
61. MASHEK, Douglas G.; WU, Chaodong. MUFAs. *Advances in Nutrition*, 2015, 6.3: 276.
62. MASSEY, Linda K. Dietary animal and plant protein and human bone health: a whole foods approach. *The Journal of nutrition*, 2003, 133.3: 862S-865S.
63. MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*, 2004, 29.2: 111-142.
64. MELGAR-LALANNE, Guiomar; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, Alan-Javier; SALINAS-CASTRO, Alejandro. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, 18.4: 1166-1191.
65. MICHALSKA, Anna, et al. Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of cereal science*, 2008, 48.1: 123-132.
66. Mlýnsko-pekárenský průmysl a technika skladování obilí: technickoekonomický dvouměsíčník ministerstva zemědělství a výživy ČR. 1984. Praha: Mlýnský a pekárenský průmysl, 1962-. ISSN 0026-7058
67. MONTEIRO, Jordanna S., et al. A systematic review on gluten-free bread formulations using specific volume as a quality indicator. *Foods*, 2021, 10.3: 614.

68. MURRAY, K., GRANNER, K. D., MAYES, P. A., RODWELL, V. W. Harperova biochemie. 23. vyd. Jinočany: Nakladatelství H+H, 2002.
69. NADATHUR, S. R.; WANASUNDARA, J. P. D.; SCANLIN, L. Proteins in the diet: Challenges in feeding the global population. In: Sustainable protein sources. Academic Press, 2017. p. 1-19.
70. NIKOLIĆ, Nada Č., et al. The effect of some protein rich flours on farinograph properties of the wheat flour. *Adv Technol*, 2013, 2.1: 20-25
71. OLIPHANT, Kaitlyn; ALLEN-VERCOE, Emma. Macronutrient metabolism by the human gut microbiome: major fermentation by-products and their impact on host health. *Microbiome*, 2019, 7: 1-15.
72. 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.
73. PALÍK, S. a kol. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Kroměříž: Agrotestyto, 2009, 68 s. ISBN 978-80-86888-07-1.
74. PAREYT, Bram, et al. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 2011, 54.3: 266-279.
75. Patel S, Suleria HAR, Rauf A. 2019. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science & Technology* 86:352-359.
76. PISANELLO, Daniele a Giorgia CARUSO. Novel Foods in the European Union [online]. 1. Springer International Publishing, 2018 [cit. 2023-11-13]. ISBN 9783319936208, 3319936204.
77. PRUGAR, J. a kol. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. 2008, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
78. PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. Mlýnářská technologie (svazek 1) Hodnocení kvality. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 2007, 187 s. ISBN 978-80-239-9475-9.
79. PŘÍHODA, Josef; SLUKOVÁ, Marcela a DŘÍZAL, Jaromír. Chléb a pečivo. Jak poznáme kvalitu? Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2013. ISBN 978-80-87719-11-4.
80. QUIGG, Antonietta. Micronutrients. *The physiology of microalgae*, 2016, 211-231.
81. Rumpold, B.A. and Schlüter, O.K. (2013), Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.*, 57: 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
82. SABÁČEK, Radek. Kvalita potravinářských odrůd pšenice v ZD Hodonice. 2011.
83. SARWAR, Muhammad Haroon, et al. The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in human health: A review. *Journal of cereals and oilseeds*, 2013, 4.3: 32-35.
84. SEGATTO, Ana Lúcia Anversa, et al. De novo transcriptome assembly of the lobster cockroach *Nauphoeta cinerea* (Blaberidae). *Genetics and Molecular Biology*, 2018, 41: 713-721.
85. SHARMA, Sangita. Klinická výživa a dietologie: v kostce. Přeložil Hana POSPÍŠILOVÁ. Sestra (Grada). Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0228-0.

86. SHAVANOV, M. V. The role of food crops within the Poaceae and Fabaceae families as nutritional plants. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012111.
87. SKOUPIL, Jan. Suroviny pro učební obor pekař, pekařka. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00019-X.
88. SLUKOVÁ, Marcela; SKŘIVAN, Pavel a HRUŠKOVÁ, Marie. Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin – mlýnská a těstářenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017. ISBN 978-80-7592-000-3.
89. SOSICKA, Paulina; NG, Bobby G.; FREEZE, Hudson H. Therapeutic monosaccharides: looking back, moving forward. *Biochemistry*, 2019, 59.34: 3064-3077.
90. STANĚK, Jaroslav; ČERNÝ, Miloslav a PACÁK, Josef. The oligosaccharides. Prague: Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1965.
91. SVAČINA, Štěpán. Klinická dietologie. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
92. ŠTĚPÁN, Luděk; URBÁNEK, Radim a KLIMEŠOVÁ, Hana. Dílo mlynářů a sekerníků v Čechách II. Praha: Argo, 2008. ISBN 978-80-257-0015-0.
93. TAUBES, Gary. The Case Against Sugar. 1. Knopf Doubleday Publishing Group, 2016. ISBN 9780451493996, 0451493990.
94. THOMASON, W. E., et al. Variable nitrogen rate determination from plant spectral reflectance in soft red winter wheat. *Precision Agriculture*, 2011, 12: 666-681.
95. VAN HUIS, Arnold, et al. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and agriculture organization of the United Nations, 2013.
96. VAN HUIS, Arnold. Edible insects. *Handbook of eating and drinking: Interdisciplinary perspectives*, 2020, 965-980.
97. VARMAN, A., SUTHERLAND, J. M. *Beverages: Technology, Chemistry, and Microbiology*, Amsterdam: Springer, 1994
98. VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Tábor OSSIS, 1999, 352 s. ISBN 978-80-86659-15-2.
99. VODRÁŽKA, Z. *Biochemie*. 2. vyd. Praha: Academia, 1996
100. WANG, Xuan, et al. Approaches to evaluate nutrition of minerals in food. *Food Science and Human Wellness*, 2021, 10.2: 141-148.
101. WHITFORD, David. *Proteins: structure and function*. John Wiley & Sons, 2013.
102. YANLING, Liu; JICHUN, Tian; XIANGMING, Han. Comparison of different dough rheological measurement and the path coefficient analysis on bread quality. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38.1
103. YAQOOB, Parveen. Role of lipids in human nutrition. In: *Handbook of olive oil: Analysis and properties*. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 655-675.
104. ZIMOLKA, J. a kol. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press, s.r.o., 2005, 180 s. ISBN 80-86726-09-6.

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Ukazatele jakosti pšenice pro pekařské a pečivářenské účely dle požadavků ČSN 46 1100-2, Zdroj: Zimolka, 2005	15
Tabulka 2 Hodnoty pro zařazení odrůd do jakostní skupiny, Zdroj: Palík, 2009	16
Tabulka 3 Přehled jedlého hmyzu na území ČR, Zdroj: Bednářová et al., 2013	24
Tabulka 4 Nutriční hodnoty vybraných druhů hmyzu, Zdroj: de Oliviera et al., 2017	25
Tabulka 5 Základní receptura, Zdroj: Vlastní zpracování.....	27
Tabulka 6 Vstupní parametry pro analýzu v přístroji Mixolab 2, Zdroj: Vlastní zpracování.....	28
Tabulka 7 Vyhodnocení senzorické analýzy očištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	32
Tabulka 8 Vyhodnocení senzorické analýzy neočištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	36
Tabulka 9 Vyhodnocení senzorické analýzy očištěné a neočištěné varianty p-hodnoty, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	39
Tabulka 10 Fyzikální parametry těsta, výstup z protokolu Chopin +, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	43
Tabulka 11 Tabulka č. 11 Směrnice α , β , γ , výstup z protokolu Chopin +, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	44
Tabulka 12 Porovnání parametrů α , β , γ s kontrolním vzorkem, Zdroj: Vlastní zpracování dat	44
Tabulka 13 Výsledky specifických měrných objemů, Zdroj: Vlastní zpracování dat	46
Tabulka 14 Hodnotící kritéria, Zdroj: (Skoupil, 1989)	47
Tabulka 15 Výsledky vyhodnocení poměrového čísla	47
Tabulka 16 Výsledky vyhodnocení objemové výtěžnosti, Zdroj: Vlastní zpracování dat	48

10 Seznam obrázků

Obrázek 1, Mixolab, Zdroj: Mixolab 2 - Dough Analysis, 2023	18
Obrázek 2, Pět vývojových fází – protokol Chopin +, Zdroj: Mixolab 2 - Dough Analysis, 2023	19
Obrázek 3 Korelační analýza vybraných atributů, Zdroj: Vlastní zpracování dat	30
Obrázek 4 Korelační matice, Zdroj: Vlastní zpracování dat	31
Obrázek 5 Sensorická analýza barvy – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	33
Obrázek 6 Sensorická analýza aromatu – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	33
Obrázek 7 Sensorická analýza textury kůrky – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	34
Obrázek 8 Sensorická analýza textury střídy – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	34
Obrázek 9 Sensorická analýza chuti – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	35
Obrázek 10 Sensorická analýza celkového dojmu – očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat ..	35
Obrázek 11 Sensorická analýza barvy – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	36
Obrázek 12 Sensorická analýza aromatu – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	37
Obrázek 13 Sensorická analýza textury kůrky – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	37
Obrázek 14 Sensorická analýza textury střídy – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	38
Obrázek 15 Sensorická analýza chuti – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	38
Obrázek 16 Sensorická analýza celkového dojmu – neočištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	39
Obrázek 17 Sensorické hodnocení barvy neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	40
Obrázek 18 Sensorické hodnocení aromatu neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	40
Obrázek 19 Sensorické hodnocení textury kůrky neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	41
Obrázek 20 Sensorické hodnocení textury střídy neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat.....	41
Obrázek 21 Sensorické hodnocení chuti neočištěno vs. očištěno, Zdroj: Vlastní zpracování dat	42
Obrázek 22 Sensorické hodnocení celkového dojmu neočištěno vs. očištěno	42

11 Seznam grafů

Graf 1 Vyobrazení procentuálního zastoupení druhů konzumovaného hmyzu, Zdroj: Belluco et al., 2013	23
Graf 2 Srovnání základních parametrů těst, Zdroj: Vlastní zpracování dat	45

12 Seznam použitých zkratk a symbolů

MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
SEDI	sedimentační index
GI	lepkový index/gluten index
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations

13 Samostatné přílohy

SENZORICKÉ HODNOCENÍ PEČIVA

Pohlaví:

Zdravotní stav:

Věk:

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

	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5	Vzorek 6	Vzorek 7
BARVA							
AROMA							
TEXTURA KŮRKY							
TEXTURA STŘÍDKY							
CHUŤ							
CELKOVÝ DOJEM							

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

AROMA

- 6 vynikající, typická, jemná, plná, nasládlá, bez cizích přípachů
- 5 dobrá, atypický nádech
- 4 ucházející, intenzivnější atypický nádech
- 3 neutrální, cizí přípachy
- 2 špatná, ještě přijatelná, cizí přípachy, štiplavá
- 1 velmi špatná, velmi intenzivní, štiplavá, velmi ostrá

TEXTURA KŮRKY

- 6 vynikající, křupavá, křehká, typická
- 5 dobrá, křupavá, s pevnější strukturou
- 4 ucházející, tvrdší, měkčí, mírně se rozpadající
- 3 neutrální, příliš tvrdá, příliš měkká, mírně se rozpadající
- 2 špatná, příliš tvrdá, příliš měkká, rozpadající se
- 1 velmi špatná, tvrdá, rozbředlá, sensoricky nepřijatelná

TEXTURA STŘÍDKY

- 6 vynikající, jemná, křehká, nadýchaná, typická
- 5 dobrá, jemná, křehká, nadýchaná, s pevnější strukturou
- 4 ucházející, tvrdší, měkčí, mírně se rozpadající
- 3 neutrální, příliš tvrdá, příliš měkká, mírně se rozpadající
- 2 špatná, příliš tvrdá, příliš měkká, rozpadající se
- 1 velmi špatná, tvrdá, rozbředlá, sensoricky nepřijatelná

CHUŤ

- 6 vynikající, typická, příjemná
- 5 dobrá, příjemná
- 4 ucházející, méně dobrá
- 3 neutrální, méně dobrá, s cizí příchutí
- 2 špatná, mdlá, s intenzivní cizí příchutí
- 1 velmi špatná, nepříjemná, s intenzivní cizí příchutí, sensoricky nepřijatelná

CELKOVÝ DOJEM

- 6 vynikající
- 5 dobrý
- 4 ucházející
- 3 neutrální
- 2 špatný
- 1 velmi špatný

Příloha č. 1, Sensorický dotazník

Typ vzorku	Primes (%)	Hmotnost (g)	Sírka (cm)	Vyska (cm)	(Nm/min)	(Nm/min)	(Nm/min)	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)	C1 (min)	iplituda (mi)	nabilita (mi)	vaznost	vlhkost
kontrola	0	69,0000	9,3500	6,7500	-0,0900	0,3620	-0,0880	1,1040	0,3640	1,4720	0,7460	1,2100	1,3800	0,0830	5,9000	56,1000	13,5000
ocisteno	5	64,3500	8,4000	5,0500	-0,0800	0,4320	-0,0980	1,1340	0,3760	1,9020	0,9270	1,1970	2,3500	0,0760	5,8000	52,9000	10,8000
ocisteno	10	66,7500	7,6000	4,1500	-0,0660	0,5240	-0,1460	1,0680	0,3190	1,7640	0,7130	0,9040	2,8300	0,0570	5,1000	57,0000	10,6000
ocisteno	15	64,0000	7,2000	4,0500	-0,0620	0,4220	-0,1460	1,0790	0,3070	1,6320	0,4240	0,5200	2,5300	0,0560	4,7000	53,9000	9,5000
neocister	5	64,4000	8,7000	5,0000	-0,0920	0,4900	-0,0620	1,1210	0,3380	1,7570	1,0660	1,5660	1,2800	0,0680	4,4000	55,0000	15,4000
neocister	10	66,1500	7,4500	4,1500	-0,0960	0,7760	-0,1300	1,1330	0,3410	1,8080	0,5220	0,7090	2,8200	0,0860	5,7000	54,4000	10,6000
neocister	15	62,6500	7,0500	3,9500	-0,0700	0,4700	-0,1260	1,0570	0,3100	1,6960	0,4300	0,5290	2,7800	0,0670	5,6000	54,0000	9,7000

