

Fortifikace pizza těsta jedlým hmyzem

Bc. Debora Plánková

Diplomová práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Debora Plánková
Osobní číslo:	T19426
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Fortifikace pizza těst jedlým hmyzem

Zásady pro vypracování

1. Studium dostupné literatury a provedení literární rešerže na dané téma
2. Senzorická analýza pizzy obohacené o jedlý hmyz
3. Chemická analýza pizzy obohacené o jedlý hmyz
4. Zpracování výsledků a diskuze

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kim, Y., Kim, I., Jeong, Y. Quality characteristics of white pan bread added with *Tenebrio molitor* powder (2019) *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 48 (2), pp. 253-259
- [2] Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F., Aquilanti, L. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation (2018) *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48, pp. 150-163
- [3] Veděcké zdroje uvedené v databázích Web of Science, SCOPUS, knižní odborné publikace[aj].

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....

podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na fortifikaci pizza těsta jedlým hmyzem, konkrétně moučkou z larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). Larvy potemníka moučného obsahují bílkovin až 76 % v sušině, vykazují dobré aminokyselinové složení. Potemník moučný může být také cenným zdrojem vitaminů – A, D, E, K, C a minerálních látek, především zinku, hořčíku, mědi, fosforu či draslíku. Práce sleduje především změny obsahu dusíkatých látek, aminokyselin a vybraných minerálních látek vlivem přídavku 5 % a 10 % hmyzí moučky. Výsledky stanovení dusíkatých látek, aminokyselin a minerálních látek byly sledovány ve vzorcích bez přídavku moučky s 5 % a 10 % moučky potemníka moučného. Bylo dokázáno, že vlivem přídavku hmyzí moučky se obsah sušiny nemění, roste však podíl bílkovin v sušině. Získané výsledky ukázaly, že vlivem přídavku 5 % moučky potemníka moučného se obsah aminokyselin nezvyšoval, případně jen nepatrně, v přídavku 10 % této moučky byly hodnoty již výrazně vyšší, především pro esenciální aminokyseliny, oproti vzorkům bez a s 5 % přídavkem moučky. Analýzou minerálních látek bylo zaznamenáno zvýšení obsahu vybraných minerálních prvků vlivem přídavku hmyzí moučky, a to v případě 5% i 10% přídavku této moučky. Nejvyššího růstu dosahoval zinek, fosfor, železo, hořčík a měď. Měření termodynamickými senzory bylo zjištěno, že s přídavkem hmyzí moučky došlo k nárůstu počátku fermentace vzorku. Výsledky elektronického nosu prokázaly, že s přídavkem moučky roste rychlost kynutí.

Klíčová slova: jedlý hmyz, fortifikace, těsto, pizza, potemník moučný, aminokyseliny, minerální látky

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the fortification of pizza dough by edible insects, specifically flour from the larvae of mealworm (*Tenebrio molitor*). Mealworm flour larvae contains up to 76 % protein in dry matter, they have a good amino acid composition. The thesis mainly monitors changes in the content of nitrogenous substances, amino acids and selected minerals due to the addition of 5% and 10% insect flour. Powdery mealworm can also be a valuable source of vitamins – A, D, E, K, C and minerals, especially zinc, magnesium, copper, phosphorus or potassium. The results of the determination of nitrogenous substances, amino acids and minerals were monitored in samples without the addition of flour, with 5 % and 10 % of flour. It has been shown, that the dry matter content does not change due to the addition of insect flour, but the proportion of protein in the dry matter increases. The obtained results showed, that due to the addition of 5% flour, the amino acid content did not increase, or only slightly, in the addition of 10 % of this flour the values were significantly higher, especially for essential amino acid, compared to samples without and with 5 % flour, The analysis of mineral substances showed an increase in the content of selected mineral element due to the addition of insect flour, both in the case of 5% and 10% of the addition of this flour. Zinc, phosphorus, iron, magnesium and copper had the highest growth. Measurements by thermodynamic sensors revealed that with the addition of insect flour, the onset of fermentation of the sample increased. The results of the electronic nose showed a correlation between the addition of insect flour and the rate of leavening.

Keywords: edible insect, fortification, dough, pizza, mealworm, amino acids, mineral substances

Srdečně děkuji prof. Ing. Jiřímu Mlčkovi, Ph. D., za cenné připomínky, ochotu a trpělivost při tvorbě diplomové práce. Dále děkuji Ing. Martinu Adámkovi, Ph. D. za velmi cenné konzultace. Také bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za nesmírnou pomoc a podporu po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HMYZ JAKO POTRAVINA	13
1.1 HISTORIE KONZUMACE HMYZU	14
1.2 KONZUMACE JEDLÉHO HMYZU	14
1.2.1 Chov potemníka moučného.....	16
1.2.2 Nutriční hodnoty	17
1.3 MONITOROVÁNÍ KYNUTÍ TĚSTA.....	19
1.3.1 Elektronický nos.....	19
1.3.2 Termodynamické senzory	20
2 PIZZA	21
2.1 HISTORIE VÝROBY A KONZUMACE PIZZY	21
2.2 CHARAKTERISTIKA SUROVIN PRO VÝROBU PIZZY	22
3 VYUŽITÍ HMYZU V POTRAVINÁŘSTVÍ	26
3.1 JEDLÝ HMYZ JAKO SOUČÁST TĚST V PEKAŘSKÝCH VÝROBCÍCH.....	26
3.2 VÝHODY A NEVÝHODY KONZUMACE HMYZU	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
4 CÍLE A HYPOTÉZA PRÁCE	31
4.1 CÍLE PRÁCE	31
4.2 HYPOTÉZA.....	31
5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
5.1 MATERIÁL.....	32
5.1.1 Příprava hmyzu	32
5.1.2 Příprava těsta	33
5.2 METODIKA MONITOROVÁNÍ KYNUTÍ TĚSTA	34
5.2.1 Metoda termodynamických senzorů	34
5.2.2 Metoda elektronického nosu	35
5.3 STANOVENÍ OBSAHU VYBRANÝCH NUTRIENTŮ	36
5.3.1 Stanovení dusíkatých látek upečené placky z těsta na pizzu	36
5.3.2 Stanovení obsahu aminokyselin	36
5.3.3 Stanovení minerálních látek metodou ICP-MS.....	37
5.3.4 Statistické vyhodnocení	38
6 VÝSLEDKY	39

6.1	OBSAH DUSÍKU, SUŠINA.....	39
6.2	MINERÁLNÍ LÁTKY	40
6.3	AMINOKYSELINY	40
6.4	TERMODYNAMICKÉ SENZORY.....	42
6.5	ELEKTRONICKÝ NOS.....	43
	DISKUZE	48
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	64
	SEZNAM TABULEK.....	65

ÚVOD

Když se řekne jedlý hmyz, mnoho lidí napadne delikatesa (Borkovcová, 2015) pro gurmány anebo nechutné a nebezpečné jídlo (Dion-Poulin et al., 2020). Se zvyšujícím se zájmem veřejnosti o netradiční zdroje potravin roste zájem v západních zemích i o oblast jedlého hmyzu. Vzhledem k přetrvávající averzi části populace k jedlému hmyzu a k části populace, která považuje jídla z jedlého hmyzu ve viditelné formě za nepřijatelné, upřednostňují výrobci potravin se složkou obsahující jedlý hmyz cestou uplatnění jedlého hmyzu v neviditelné formě. Několik studií (Adámková et al., 2020, Mlček et al., 2019) dokazuje, že lidé jsou mnohem více ochotni konzumovat jedlý hmyz v neviditelné formě (např. fortifikací perníkového těsta, slaných tyčinek atd.), než konzumovat hmyz v přímé viditelné formě (smažené larvy potemníka moučného, restované saranče stěhovavé a cvrček stepní) – mimo vlastního psychického odporu ke konzumaci jedlého hmyzu může averzi vyvolávat například dráždivý pocit v ústech při konzumaci nevhodně upraveného hmyzu (neodstraněné končetiny u sarančat a kobytek). Z tohoto důvodu jsou mnohem více upřednostňovány moučky z jedlého hmyzu, kterými se mohou fortifikovat různé potravinové komodity. Výhodou je zvýšení obsahu bílkovin a tím i aminokyselin. V závislosti na druhu hmyzu obsahuje aminokyselinová kompozice 16-79 % esenciálních aminokyselin (Dion-Poulin et al., 2020). Stravitelnost hmyzích proteinů se pohybuje podle (Dion-Poulin et al., 2020) od 77 do 98 %, což je více než u rostlinných materiálů, avšak může být méně než u běžných komodit živočišného původu. Na rozdíl od běžných komodit živočišného původu obsahuje však jedlý hmyz i chitin, který, přestože je pro lidský organismus téměř nestravitelný, působí na lidský organismus podobně jako rostlinná vláknina. Dále může hmyz obsahovat typicky fytoosteroly, které používá k syntéze cholesterolu – hmyz nemůže syntetizovat cholesterol ve svém těle přímo, ale musí k jeho syntéze používat rostlinné fytoosteroly (Mlček et al., 2019).

V porovnání s jinými hospodářskými zvířaty vyprodukuje jedlý hmyz při stejné produkci stravitelných bílkovin méně amoniaku a skleníkových plynů a vyžaduje méně půdy a vody. Výhodou chovu jedlého hmyzu také je, že je hmyz možné chovat ve více patrech. Navíc má hmyz vyšší účinnost konverze krmiva (hmyz je studenokrevný a nespotřebovává energii na ohřev těla) a rychlejší životní cyklus. Jednou z dalších možných výhod hmyzu je konverze organického odpadu na hnojivo (Papek, 2020).

Hmyz má kromě výhod i nevýhody jako je možná toxicita a zdravotní riziko při nevhodné kulinářské úpravě či možné riziko alergií (alergici na korýše bývají často alergičtí také na hmyzí chitin).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HMYZ JAKO POTRAVINA

S rostoucí populací klesá kapacita zdrojů potravy a také proto se postupně rozšiřuje konzumace hmyzu i do oblastí, kde to není úplně běžné. Předpokladem je, že hmyz bude tvořit určitou část trhu s potravinami a bude zastupovat alternativní zdroj bílkovin dostupných z živočišné produkce.

Používáním hmyzu jako potravy se zabývá entomofagie (z řeckých slov *éntomon* – hmyz a *phagein* – jíst) (Sponheimer et al., 2005). Silný vliv má na entomofággii kultura a náboženství, přitom je hmyz obvykle konzumován v mnoha oblastech světa, protože z hlediska výživy je nadmíru ceněný. V dnešních dnech hmyz běžně konzumuje přes dvě miliardy lidí především z Asie, Afriky a Jižní Ameriky (van Huis, 2013). V Evropě a Severní Americe konzumuje spíše jako doplněk ve formě pochutin s různými příchutěmi, jako součást pekařských výrobků, nabízí se v experimentálních restauracích (Doskočil, 2021). Hmyz jde konzumovat několika odlišnými způsoby. Třeba v Japonsku je pojídání hmyzu povýšeno na přepychovou záležitost, kdy je hmyz v drahých restauracích prodáván za vysoké částky a spadá tak do záležitosti pro „horních deset tisíc“. V Africe či na jihovýchodě Asie je konzumace hmyzu zcela normální záležitostí pro běžné lidi (Borkovcová, 2008).

Hmyz můžeme nalézt všude, a to především na potravinářských plodinách. I přes všechna úsilí zemědělců a pěstitelů se ne vždy podaří hmyz z plodin stoprocentně zlikvidovat. Mnozí lidé však tvrdí, že by hmyz do úst nikdy nevzali, ale i tito neentomofágové pojídají hmyz nevědomky, protože je skoro nereálné zabránit kontaminaci hmyzem nebo jeho části v potravinách. Dle různých výpočtů je zjištěno, že každý z nás nevědomky zkonsumuje přibližně 500 g hmyzu ročně. To znamená, že i naše jídlo je obohaceno kvalitními hmyzími bílkovinami (Dicke, 2012).

Výživové hodnoty jsou velmi různorodé. Závisí na druhu, metamorfním stádiu, krmivu a dalších aspektech. Obsah energie je přímo úměrný procentuálnímu podílu tuku, více energie obsahují stádia larvy a kukly než dospělce. Důležitým faktorem je také to, jestli se hmyz jí čerstvý nebo sušený. Energetický obsah hmyzu v porovnání s hospodářskými zvířaty může být i několikanásobný a je velmi cenným výživným zdrojem. Bílkoviny hmyzu jsou srovnatelně kvalitní s bílkovinami masa hospodářských zvířat a zároveň má nižší požadavky na chov a krmivo, též metabolizuje podstatně méně bioplynu (Doskočil, 2021).

1.1 Historie konzumace hmyzu

V počátcích lidské historie byla potravinová skladba závislá na tom, co příroda snadno poskytla. Člověku dostupné byly kořínky, semena, plody, ořechy, vejce a drobní živočichové jako plazy, hlodavci a hmyz (Pánek et al., 2002). Zemědělství se následně rozvíjelo a získávaly se nové informace a poznatky o druzích a následné úpravě hmyzu. Dále se rozrůstal také lov volně žijících savců a domestikace zvířat (Mlček et al., 2014). Konzumace hmyzu byla z velké části ovlivněna náboženstvím a zvyky, ty ale byly na některých kontinentech potlačeny (Schouteten et al., 2016).

Hmyz ke konzumaci se nejčastěji sbíral ve volné přírodě. Některé druhy produkovaly cenné látky, a proto byly domestikovány. Mezi tyto druhy patří například bourec morušový (*Bombix mori*), který se chová k produkci hedvábí přes 5000 let (van Huis., 2013), včela medonosná (*Apis mellifera*) – chov započal před 4000 lety v Egyptě (Veselý, 1985). Z dalších druhů lze jmenovat nopálovce karmínového (*Laccifer lacca*) a samičky červce nopálového (*Dactylopius coccus Costa*) jako zdroj barviva. Dále se hmyz chová například pro tanin – polyfenol rostlinného původu, extrahován ze žlabatky dubové (*Cynips quercusfolii*) nebo chitin (má vysokou zdravotní a nutriční hodnotu) (Burton a Zaccone, 2007).

Mezi světově nejkonzumovanější druhy hmyzu patří včely, mravenci, vosy, následují cikády, kobylky, cvrčci, vážky, termiti, mouchy, housenky různých druhů a další (Jongema, 2015).

1.2 Konzumace jedlého hmyzu

Otázky chovu bezpečnosti a nutričních hodnot jedlého hmyzu jako výživy člověka řeší zejména organizace EFSA (European Food Safety Authority). Organizace EFSA doporučuje, že následující druhy hmyzu je možné v Evropě chovat i konzumovat. Patří sem: potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), potěmník brazilský (*Zophobas morio*), potěmník stájo-vý (*Alphitobius diaperinus*), cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček banánový (*Gryllus assimilis*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*), včela medonosná (*Apis mellifera*), zavíječ voskový (*Galleria mellonella*) (EFSA, 2015).

Výživová hodnota hmyzu je srovnatelná s dnes obvykle konzumovanou stravou. Můžeme dobře ovlivnit budoucí výživnost hmyzu dle toho, jakou stravou tento hmyz krmíme. Bez problému do jejich krmiva můžeme dodávat práškové vitamíny, nebo přídatek ovoce a

zeleniny. Hmyz absorbuje velké množství vitaminů, které jsou nepostradatelné pro lidské tělo, jako je vitamín A, C, D, E či B-komplex. Může být i významným zdrojem minerálních látek, např. vápníku, zinku, hořčíku a železa. Tělo hmyzu se až z 80 % skládá z kvalitních bílkovin a aminokyselinové složení je srovnatelné s konvenčními druhy masa. V některých druzích hmyzu můžeme nalézt i hodně tuků a nenasycených mastných kyselin. Hmyz taktéž můžeme pojídat celý, na rozdíl od běžné zvířecí stravy, kde si značně volíme a jíme jen některé kusy těla (Burkert, 2008).

Jako modelový organismus byl vybrán potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), jeho výhodou je krátký životní cyklus a nenáročnost chovu (Yi et al., 2013).

Aktuálně je evidováno přes 2000 jedlých druhů hmyzu. Mezi světově nejkonzumovanější patří larvy brouků, druhově jsou nejčastěji zastoupeny vosy, housenky, včely, mravenci. Následují cvrčci, kobylky, cikády, sarančata a podobné druhy (Cerritos, 2009).

Například v Africe je důležitým zdrojem potravy velké množství různých druhů hmyzu, převážně v období dešťů, kdy je problémem lovit zvěř a ryby (Vantomme et al., 2004).

V Asii je trend konzumace hmyzu spíše v důsledku migrace obyvatel za prací do turistických oblastí, z této oblasti se rozšířil do celé země (Yen, 2009). Odhaduje se, že v jihovýchodní Asii se konzumuje asi 150-200 druhů, mezi ně patří například vyhledávaná delikatesa ságo červ (*Rhynchophorus ferrugineus*). V oblastech kolem Indie, Pákistánu a Srí Lanky se konzumuje přes 50 druhů a v oblasti Papua-Nová Guinea a dalších tichomořských ostrovech je běžná konzumace asi 39 druhů hmyzu (Johnson, 2010).

Situace v Jižní Americe se týká především latinské Ameriky. V Mexiku je součástí jídelníčku přes 450 druhů hmyzu (Jongema, 2017). Je to dáno také tím, že již původní obyvatelé se zaměřovali na zdroje stravy, a to rostlinného i živočišného původu. Hmyz, který tradičně sbírali, znali velmi dobře včetně jeho životního cyklu či různých jevů v přírodě. (Milton, 1984).

V Evropě a Severní Americe je situace s užíváním hmyzu jako potravin výrazně nižší. Evropský konzument má stavbu potravy nápadně jinou a hmyz považuje spíše jako zdroj nemocí, něco nehygienického a jako jídlo chudých (Schouteten et al., 2016). Nicméně v těchto dobách roste zájem o entomofágii a mění se postoj veřejnosti v Evropě k tomuto tématu díky ekonomičnosti a ekologičnosti chovu a v neposlední řadě také vhodnému potenciálnímu zdroji potravin, především proteinů (Yen, 2009; Oonincx et al., 2010). Dalším důvodem, proč evropský konzument zařazuje do svého jídelníčku hmyz, může být i strach

z možné nákazy ze zvířat (například ptačí chřipkou, nemocí šilných krav) (Edible Insects Market, 2018). Jedlý hmyz se prodává vcelku s různými příchutěmi a v rozličných úpravách nebo ve formě moučky v některých druzích pekárenských výrobků. Prodávají se na e-shopech (Culliney, 2019, Tolimat, 2019, Crickeaters, 2021), je dostupný v experimentálních restauracích (Amigo, 2012) nebo na různých food festivalech (Brouk na talíři, 2016).

V České republice nebylo nezvyklé jíst hmyz. Existují recepty z 1. poloviny 20. století, které obsahovaly hmyz – například chroustová polévka, kdy časem tato surovina vlivem ekonomického rozvoje vymizela (Ondráčková, 1937). Dnes jsou na tom občané České republiky velice obdobně jako obyvatelé ostatních částí Evropy (Bednářová et al., 2013). Znalosti o sběru, úpravě a konzumaci vymizely. O hmyz se ze začátku zajímala jen malá část nadšenců, a i u nás je konzumace hmyzu spíše delikatesou a specialitou (Borkovcová, 2009). Nicméně dnes se i v naší zemi můžeme setkat s firmami, které upravují a prodávají hmyz ke konzumaci. Jde např. o firmy WormUp s. r. o. se sídlem ve Vamberku a SENS food s ústředím v Praze a pobočkou v Londýně. (WormUp, 2021, Sens food, 2020).

1.2.1 Chov potemníka moučného

Potemník moučný, kterého můžeme znát taky pod latinským názvem *Tenebrio molitor L.* či lidového pojmenování „moučný červ“. Toto lidové označení má přímou souvislost se způsobem života nedospělých jedinců, kdy samička naklade do mouky či do odpadků moučných produktů vajíčka, ze kterých se následně líhnou larvy bělavé barvy (Javorek, 1968).

Potemník moučný je škůdcem ve skladech mouky a pekárenských výrobků, proto bývá označován i jako „chlebový brouk“. Z toho vychází podmínky pro jeho život a rozmnožování jako je teplota 22–33 °C a relativní vlhkost 65–70 % (Ondráček, 1992). Pochází z Jižní Ameriky (Wang et al., 2012). Dorůstá do velikosti 12–15 mm a živí se škrobnatými surovinami (Ondráček, 1992).

Potemníka moučného lze chovat ve více vývojových stádiích v jednom boxu, nicméně může zde docházet ke kanibalismu a mezigeneračnímu přenosu parazitů. Proto se chov odděluje podle vývojových stádií. Při rozmnožování se používají kladiště. Do spodní části kladou samice vajíčka, dospělci se nachází v části horní. Jako chovné nádoby se využívají boxy či bedny, podestýlku tvoří tkanina (juta, bavlna). Hmyz se krmí např. směsí šrotu

s krví, sušeným mlékem nebo masokostní moučkou. Larvy lze dále přikrmovat suchou směsí, kvasnicemi, vitaminy ve formě tablet, ovocem a zeleninou (Hůrka, 2005). V případě, že se při chovu nepoužívá kladiště, se jako podestýlka pro dospělé používá vlnitý papír nebo borka stromů, aby do nich mohla samice vajíčka naklást. Úskalím při nedostatku vody bývá situace, kdy mohou imága a larvy pojídat vajíčka, kukly a čerstvě svlečené larvy, čímž se výrazně snižuje výtěžnost (Ondráček, 1992).



Obrázek 1: Vývojová stádia *Tenebrio molitor* – larva, kukla a dospělec (freenatureimages.eu)

Vajíčka z kladiště se přemístí do menší nádoby a inkubují asi 12 dní, přičemž samostatný vývoj vajíčka trvá přibližně týden. Následuje stádium larvy (trvá 8-10 týdnů), poté stádium kukly (trvá zhruba týden) a následně imága (pohlavní dospívání během pěti až sedmi dní). Larvy tohoto druhu lze využívat pro aplikaci léčiv a vitaminů do organismů některých plazů a ptáků (Ondráček, 1992).

1.2.2 Nutriční hodnoty

Mezi nutriční hodnoty potměníka moučného můžeme zařadit jeho energetickou hodnotu, obsah bílkovin, sušiny, tuků, sacharidů a minerální látky či vitamíny. Energetická hodnota potměníka moučného se obecně udává v hodnotách 160-762 kcal/100 g, přičemž tato hodnota je přímo úměrná obsahu tuku. Velké rozmezí je dáno kvalitou chovu a použitým krmivem. Dospělci mají zpravidla nižší hodnoty energie než larvy, proto se larvy konzumují častěji (Baek et al., 2019; Elorduy, 1997; Nowak et al., 2016). Nowak et al. (2016) udává obsah sušiny potměníka moučného v hodnotách mezi 29 % a 45 %.

Bílkoviny jsou jedním z nejdůležitějších makronutrientů a důvodem, proč je potměnk moučný velmi oblíbeným chovným druhem jedlého hmyzu. Obsah bílkovin v larválním stádiu potměnka se pohybuje od 47 do 76 % v sušině (Rumpold a Schlüter, 2013, Li et al., 2013). Obsah bílkovin larvy potměnka v čerstvém stavu je 14 – 23,65 % (Nowak et al., 2014). Hodnoty jsou proměnlivé také podle typu krmiva jedlého hmyzu (Li et al., 2013). Bílkoviny v lidské stravě plní důležitou roli, protože mají zásadní vliv na syntézu a degradaci živin. Bílkoviny jsou nezbytné pro stavbu a sílu svalové hmoty. Proteinová malnutrice a zabezpečení bílkovin jsou výzvou v globálním měřítku, a především v zemích s obecně nízkým příjmem potravy a nepříznivými vlivy prostředí. V rozvinutých zemích s vysokou životní úrovní je doporučený denní příjem bílkovin 0,66 g na kilogram tělesné hmotnosti. Této hodnoty běžně dosahují dospělí jedinci, kteří konzumují smíšenou stravu. Neoptimální příjem bílkovin je běžnější u starších jedinců. Vlivem sarkopenie může dojít ke ztrátě svalové hmoty a snížení funkce kosterního svalstva. Z toho důvodu je výzvou pro moderní potravinářský průmysl vývoj atraktivních potravin obohacených o hodnotné bílkoviny. Kromě zvýšení množství příjmu bílkovin může potencionálně dojít k obohacení potravy a zlepšení kvality bílkovin ve stravě například přidávkem esenciálních aminokyselin. Proto je důležité hledat alternativy zdrojů bílkovin. V dnešní době se zkoumá, jak zvýšit příjem bílkovin konzumací chleba, jako řešení se jeví použití kmínu a jeho produktů, bílkovinných hydrolyzátů ze sóje a hmyzích mouček (Roncolini et al., 2019). Mezi esenciální aminokyseliny se řadí valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. Kromě sóje, quinoi a pohanky jsou obsaženy pouze v živočišné stravě, například v mase, vejcích, mléčných výrobcích a mořských plodech (Vašáková, 2018). Potměnk moučný je nejen velmi vhodným zdrojem bílkovin obecně, ale vykazuje i dobrý profil aminokyselin. Zejména vyšší hodnoty esenciálních aminokyselin – lysin (2,67 g /100g sušiny), methionin (1,76 g /100g sušiny) a threonin (1,47 g /100g sušiny) dodávají této surovině vysokou biologickou hodnotu (Jajic et al., 2020).

Tuky jsou dalším velmi významným výživovým ukazatelem. Jsou dány způsobem chovu a krmivem tím, v jakém stádiu vývoje se hmyz nachází, jaké má pohlaví a věk. Nejvíce udávané hodnoty jsou: larva – 28-37 % tuku v sušině, kukla 31-35 % tuku v sušině a dospělí jedinci dosahují hodnot v rozmezí 13-23 % tuku v sušině (Xiaoming et al., 2008). Dalším cenným sledovaným faktorem jsou n-3 a n-6 mastné kyseliny. V důsledku nedostatku n-3 mastných kyselin v krmivu hmyzu jsou mastné kyseliny tohoto typu zastoupeny méně než-

li mastné kyseliny n-6. Z toho důvodu se doporučuje obohacovat krmivo n-3 mastnými kyselinami (Paul et al., 2017).

Sacharidy obsaženy v těle potměníka moučného jsou z převážné většiny chitin. Chitin se může projevit velmi silnou alergickou reakcí u jedinců citlivých na tuto látku. Na druhou stranu působí proti mikrobům a mikroskopickým houbám a tím může být lidstvu i přínosný (Hahn et al., 2018). Borkovcová (2009) uvádí, že nejčastěji se obsah sacharidů pohybuje mezi hodnotami 8-12 % v sušině.

Několik autorů uvádí potměníka moučného také významným zdrojem vitaminů. Jedná se převážně o vitaminy lipofilní (A, D, E, K), ale také vitaminu C a některých vitaminů z B-komplexu. Stejně jako u sacharidů je jejich skladba závislá na zdrojích potravy (Finke, 2004).

Konzumenta jedlého hmyzu (potažmo potměníka moučného) může zaujmout i zastoupení a množství minerálních látek. Obvykle obsahuje například vápník, fosfor, železo, zinek, sodík, draslík, hořčík, měď a mangan (Siemanowska et al., 2013). Finke (2002) ve svém experimentu stanovil hodnoty železa, zinku a mědi v potměníku moučném. Ve své práci uvádí, že obsah železa byl 20,6 mg /kg. U mědi tato hodnota činila 6,1 mg /kg a zinek v larvách byl obsažen v množství 52 mg /kg. Zielińska et al. (2015) v pozdější studii uvádí, že potměník moučný obsahuje 18,6 mg /kg mědi, 32,9 mg /kg železa a 112 mg /kg zinku.

1.3 Monitorování kynutí těsta

1.3.1 Elektronický nos

Elektronický nos je zařízení, které se používá na rozpoznávání pachů. Jeho využití je velmi široké. Může se uplatnit v kosmetice, zemědělství a dalších průmyslových odvětvích, ale i při ochraně před kriminalitou (Wilson a Baietto, 2009). V potravinářském průmyslu zahrnuje mlékárenství, pekařství, poslouží i při zpracování a výrobě kávy, oleje, vína, čaje, koření a dalších (Mendéz, 2016).

Historie elektronického nosu nesahá moc daleko, první model byl prodáván v roce 1982 a od té doby se stále zdokonaluje. Je schopen rozpoznat různé vůně podle určitého specifika a vývojáři toto zařízení postupně stále zmenšují. Princip, na kterém elektronický nos pracuje, je podobný tomu, jak pracuje lidský nos (Persaud a Dodd, 1982).

Elektronický nos se skládá ze tří hlavních částic. Patří sem systém pro doručování vzorků, detekční část a výpočetní systém. Detekční část je vybavena sadou senzorů a modulů, které jsou vzorek schopny rozeznat a generují signály k popisu a hodnocení vzorku (Hubálek et al., 2012). Před rozbořem vzorku se provádí kalibrace na referenční vzorky sloužící později k porovnávání s daným vzorkem. Proto je nutno elektronický nos nastavit a vytvořit datovou banku obsahující různé vzorky (Peris et al., 2009).

Aby se pach rozpoznal, je běžné používat senzory obsahující oxidy kovů nebo činidla s vodivými polymery. Elektronický nos může obsahovat dva typy čidel. Prvním jsou chemorezistivní senzory, na kterých dojde při analýze ke změně rezistivity na senzitivní vrstvě. Dalším typem jsou senzory piezoelektrické. Ty po zachycení chemické látky změni frekvenci na piezoelektrickém krystalu (Röck et al., 2008).

1.3.2 Termodynamické senzory

Termodynamické senzory (TDS) charakterizují a monitorují tepelné procesy v uzavřeném termodynamickém systému. Jejich principem je bilanční rovnováha. Tato metoda se řadí mezi vyšetřovací neanalytické. V praxi je možno TDS použít v případě monitoringu třecího tepla, při teplotní stabilizaci v rozsahu od reakční komůrky po širokopásmový převodník výkonu. V potravinářské problematice lze za použití TDS stanovit kupříkladu okamžik, kdy dojde k ukončení fermentaci při výrobě mléčných produktů (Adámek et al., 2010) či sledovat průběh kynutí různých druhů těst (Adámek, 2020). Z předpokladů vychází, že TDS najde uplatnění i v případech, kdy při technologické operaci dochází ke změnám tepelných vlastností nebo vývoji tepla. Jako příklad lze uvést potravinářská odvětví, jako jsou pivovarnictví, pekárenství, lihovarnictví, výroba kysaných výrobků (kvašené zelí) a výrobků, kde dochází k množení kvasinek a jiné mikroflóry (nakládané okurky) (Adámková et al., 2013).

Výhodami používání TDS jsou možnost analýzy bez kontaktu (a případné kontaminace) se vzorkem a v porovnání s jinými teplotními senzory (např. termočlánky) je tato metoda citlivější a rychlejší. Nutné je také zmínit nejvýznamnější nevýhodu, kterou je fakt, že přístroj měří pouze změny. Dalším problémem se jeví konstrukce, jelikož musí být pro každou skupinu měření jedinečná a její výsledky není možné porovnávat s jiným zařízením (Adámková et al., 2013).

2 PIZZA

Pizza je v dnešní době velmi oblíbený a vyhledávaný pokrm, který lze konzumovat v restauracích a pizzeriích či na ulici formou fast foodu. Jedná se převážně o slané placky s rajčatovým nebo smetanovým základem pokryté různými ingrediencemi. Základní a nejoblíbenější suroviny jsou šunka, různé druhy sýrů (mozzarella, parmazán, gorgonzola, scamorza), kukuřice, slanina, prosciutto, suché salámy, houby, ale i brokolice, špenát, olivy, beraní rohy a mnoho dalších. Některé restaurace nabízí pizzu i ve sladké verzi například s různými druhy ovoce, čokoládou či tvarohem.

2.1 Historie výroby a konzumace pizzy

Když se řekne pizza, každý ví, že se jedná o formu slaneého koláče, který má původ v Itálii (Kabourková, 2021). Historii pizzy lze datovat již kolem roku 500 př. n. l. Jednalo se o placky, které si vojáci Perské říše pekly na svých štítech, potírali olejem, sypali je sýrem a přidávali datle (Krupa, 2018) Do Itálie se první placky pizzy dostaly z Řecka, kde je nazývali „pita“, tedy chlebová placka. (Kabourková, 2021). Italové toto slovo později převzali v neapolském tvaru „picea“, což označovalo pečené placky z kynutého těsta s přidavkem dalších ingrediencí (Kotásek, 2010) a postupem doby se název změnil na „pizza“ – ten se používá dodnes.

První pizzy, které připomínaly dnešní podobu tohoto pokrmu, se připravovaly v italské Neapoli v době kolem 17. století pro chudé lidi. Tehdejší pizza sestávala z těsta, čerstvých rajčat, česneku, oleje, bazalky a oregana. Prodávala se jako pouliční jídlo z ručních vozíků. Tento pokrm si však získal velkou oblibu a zmínka o něm se začala velmi rychle šířit do dalších oblastí a lidé sem začali cestovat jen proto, aby mohli pizzu ochutnat (Kabourková, 2021).

Obecně nejoblíbenější druhy pizzy byly Marinara a Margherita (Kabourková, 2021). Původní těsto obsahovalo mouku, vodu, kvasnice a sůl (Kotásek, 2010). Marinara vytvořená v roce 1750, obsahovala rajčata, česnek, oregano a olivový olej (Originalpizza, 2018). Margherita vznikla mezi lety 1796-1810 a z ingrediencí zahrnovala rajčata, mozzarellu a bazalku. Barvami připomínala italskou vlajku a byla vytvořena pro italskou královnu Margheritu při její návštěvě Neapole. Kolem roku 1830 byla pizza již tak rozšířená, že se otevíraly první pizzerie (Kabourková, 2021).

Z Itálie se pizza nejdříve rozšířila do Spojených států amerických v 19. století. Italové vyráběli a prodávali pizzu Margherita nejdříve na ulicích Ameriky, později ve vlastních pizzeriích. Zde se začalo také s receptem experimentovat, přidávaly se různé ingredience a možnost vybrat si suroviny podle přání zákazníka. Tak vznikla podoba dnešní pizzy (Kabourková, 2021). Časem se pizza připravovala i na pánvi. Chicago – Style pizza se začala vyrábět roku 1943, byla to první americká pizza. Do roku 1945 se změnila na styl amerického fast foodu. Od roku 1948 bylo možné zakoupit již hotové těsto na pizzu a v 50. až 60. letech byla pizza standardním pokrmem z kategorie fast food. Roku 1957 uvedla firma Celentano Brothers na trh pizzu mraženou, což vedlo k velkému rozvoji mražených polotovarů (Kotásek, 2010). Pizza je dodnes velmi populárním fast foodovým pokrmem, velké oblibě se těší také pizzerie, které kromě pizzy nabízejí těstoviny či saláty. V obchodech lze nalézt mnoho druhů mražené pizzy.

2.2 Charakteristika surovin pro výrobu pizzy

Mouka

Pšeničná mouka se vyrábí postupným drcením a tříděním pšeničného zrna. Syrová mouka se nechává zrát, při tomto technologickém korku dochází ke změnám složek mouky. Dojde k tvorbě pružnějšího a pevnějšího lepku, mouka světlá. Nadměrné zrání může způsobit i zhoršení vlastností mouky např. hořknutí. Nejdůležitějším faktorem pšeničné mouky je vyrovnaná kvalita – udržení stejných vlastností mouky bez ohledu na kvalitu jednotlivých dodávek, která je charakterizována množstvím a kvalitou bílkovin. Platí, že obsah lepkových bílkovin je přímo úměrný obsahu bílkovin v mouce. Lepek v těstě zadržuje kypřicí plyn a tím zvyšuje objem kypřeného pečiva biologicky.

Vlastnosti pekárenské mouky (vhodné pro kynuté výrobky) jsou dány silou mouky, plynotvornou a cukrotvornou schopností. Síla pšeničné mouky závisí na množství a kvalitě zejména lepkových bílkovin (gliadin, glutenin). Lepkové bílkoviny při hnětení těsta vážou vodu, interagují s polysacharidy, lipidy a dalšími komponenty mouky, vytvářejí delší řetězce a tím se tvoří trojrozměrná elastická síť – lepek. Plynotvorná činnost se odvíjí od cukrotvorné. Ta je závislá na činnosti amylolytických enzymů a množství zkvasitelných cukrů.

Hodnocení mouky

Metody hodnocení mouky je možné rozdělit do několika skupin. První skupinou je stanovení fyzikálně-chemických vlastností mouky, kde se stanovuje vlhkost, číslo poklesu (stav

komplexu amylázy-škrob), obsah popela (minerální látky), obsah dusíkatých látek, mokrá lepek a sedimentační index (Burešová et al., 2013).

Další skupinou jsou reologické vlastnosti. Tyto analýzy jsou schopny posoudit chování těsta v různých technologických operacích, ale i kvalitu hotových výrobků. Pro experimenty se používají reologické přístroje. Alveograf vyšetřuje chování těsta při statické deformaci (deformace, kterou vyvolá tlak plynu) (Burešová et al., 2013). Nejdříve se připraví těsto obsahující mouku a solný roztok za standardních podmínek, poté se z těsta vytvarují plátky, které se nechají kynout definovanou dobu. Následuje nafukování vykynutých placek do tvaru bubliny do prasknutí. Zaznamenává se tlak vzduchu v čase. Vlastnosti mouky se pak vyhodnotí na základě tvaru křivky a rozměrů bubliny před prasknutím (Příhoda et al., 2007). Alveograf měří následující hodnoty: Maximální přetlak (odpor těsta k deformaci, maximální tlak, který je potřebný pro deformaci vzorku), průměrná vzdálenost protržení, konfigurační poměr (vyjadřuje poměr tažnosti těsta a maximálního přetlaku), deformační energie (jde o energii, kterou je potřeba k nafouknutí bubliny, než praskne), index bobtnání (index velikosti bubliny) a index elasticity (ISO 5530-4).

Farinograf vyvíjí deformaci dynamickou (těsto je v pohybu) a zkoumá změny na konzistenci těsta (Burešová et al., 2013). Do mouky se přidá destilovaná voda do vzniku maximální konzistence. Vzniklé těsto se hněte definovanou dobu. V průběhu hnětení přístroj vykresluje křivku. V průběhu experimentu farinograf zaznamená odpor těsta za daných podmínek (ISO 5530-1). Přístroj určuje vaznost vody, vlastnosti mouky při hnětení, předpovídá pekařský výkon, kontroluje homogenitu mouky (Příhoda et al., 2007).

Dalším přístrojem je extenzograf, který je schopen detekovat průběh délkové deformace těsta (Burešová et al., 2013). V prvním kroku se vytvoří těsto na farinografu, poté se vytvaruje na extenzografu. Po uplynutí daného času se vzorek natáhne, zaznamená se síla potřebná k natáhnutí. Vzorek se následně opět tvaruje, nechá odležet a natahuje. Zařízení vykresluje křivku průběhu. Z tvaru této křivky se pak stanoví vlastnosti mouky. Zkoumá se maximální odpor těsta k natahování, odpor při konstantní deformaci, tažnost (od chvíle, kdy se hák dotkne těsta do protržení), energie do protržení. Tato energie udává zpracovatelnost mouky. Má se za to, že objem pečiva roste s energií (Příhoda et al., 2007).

Pekařský pokus je dalším způsobem, jak lze hodnotit mouku. Jde o zkoušku, při které se v laboratorním prostředí simuluje výrobní proces z podniku. Zde se objektivně posoudí kvalita mouky a dalších surovin pro výrobu. Je známo několik postupů pro realizaci pekař-

ského pokusu, nevýhodou však je, že ne vždy průběh v laboratoři koresponduje se skutečností v závodu. Kromě tohoto jsou k dispozici standardizované postupy, které vydala ICC (International Association for Cereal Science and Technology) (Burešová et al., 2013).

Pro výrobu pizzy se používají mouky s vysokým obsahem lepku. Lepek je směs pšeničných bílkovin. Smícháním mouky s vodou a mechanickou prací dojde k bobtnání škrobových granulí a aktivaci lepku z mouky. Vytváří se tak trojrozměrná síť, která zvyšuje obsah, tažnost, elasticitu a dodá tvar i po upečení. Dobře vyvinutý lepek způsobí, že se těsto dobře tvaruje a natahuje (Datinská, 2019).

Droždí

Pro výrobu pizzy se používá čerstvé lisované pekařské droždí. Jedná se o masu živých buněk kvasinek druhu *Saccharomyces cerevisiae*, ke svému rozmnožování potřebují cukr. Kvasinky metabolizují přirozené cukry mouky a sacharózu na alkohol a oxid uhličitý – tak vznikají póry a těsto kyne. Kromě funkčnosti v těstě dodává droždí také řadu vitaminů a živin. V první řadě to jsou vitaminy skupiny B (thiamin, riboflavin, niacin), bílkoviny a minerální látky (zejména chrom) (Droždí, 2015).

Sůl

Sůl se přidává do těsta, protože zvláčňuje a zvýrazňuje chuť pečiva. Také napomáhá vaznosti lepku. Sůl se vždy přidává do mouky, případně do sypké směsi, protože kdyby se osolil kvásek nebo kvasnice, těsto by nevykynulo (Smoček, 2015).

Cukr

Pro výrobu pizza těsta se používá řepný rafinovaný cukr. Cukr společně se sacharidy mouky vyživují kvasinky, ty jsou pak schopny rozmnožovat se a metabolizovat. Nejdůležitějšími metabolity kvasinek v těstě jsou oxid uhličitý, který podporuje kynutí (Droždí, 2015).

Olej

Do italské pizzy je nejvhodnější použít olivový olej extra panenský, který těstu po upečení dodá charakteristickou chuť. Kromě toho olej v těstě pomáhá udržet některé chuťové vlastnosti, které se mohou při pečení uvolnit. Také změkčuje celou směs. Olej se ale musí do směsi zapracovat až nakonec, jinak hrozí jeho nasáknutí do mouky a neschopnost mouky absorbovat další tekutiny. Tím by vzniklo příliš tvrdé těsto a špatně by se dále zpracovával (Kotásek, 2018).

Voda

Pro veškerou potravinářskou výrobu se používá voda pitná, která musí být zdravotně nezávadná. Voda se do těsta přidává kvůli vláčnosti a bobtnavosti škrobových granulí mouky. Důležitou vlastností je tvrdost vody, která může ovlivnit proces kynutí. Tvrdost vody je klasifikována obsahem rozpuštěných hořečnatých a vápenatých solí. Při použití měkké vody vznikne lepkavé těsto se sníženou vazností vody. Barva je světlejší, objem pečiva větší. Tvrdá voda pak zpomalí fermentaci a velmi ztuhí lepek (Kučerová, 2004, Příhoda et al., 2003).

3 VYUŽITÍ HMYZU V POTRAVINÁŘSTVÍ

S jedlým hmyzem se lze v České republice setkat i ve viditelné formě, například ve formě usušených a dále zpracovaných larev potemníka moučného s různými příchutěmi (česnek, chilli, sůl, ...), které lze přirovnat k chipsům nebo oříškům. Konzumují se buď samostatně jako pochoutka k vínu či pivu, nebo jako posyp na namazaný chléb, špagety, rizoto nebo jiný pokrm (Wormup, 2021). Na gastronomických festivalech a akcích je možné se setkat u jednoho pokrmu jak s viditelnou, tak i neviditelnou formou využití jedlého hmyzu (Brouk na talíři, 2016). Příkladem může být pizza, kde může být jedlý hmyz použitý v neviditelné formě jako součást těsta, i ve viditelné formě jako ozdoba na povrchu pizzy.

3.1 Jedlý hmyz jako součást těst v pekařských výrobcích

Nejčastěji se do běžných mouk přidává 5-25 % hmyzí moučky. S fortifikovanými výrobky přídatkem hmyzí moučky je možné se v současnosti setkat jak v zahraničních, tak v českých obchodních řetězcích. Příkladem může být chléb s přídatkem 10 % cvrččí moučky prodávaný v obchodním řetězci Penny. Dále je možné se setkat s přídatkem cvrččí moučky u bezlepkových cricket protein krekrů nebo v dalších pekařských výrobcích podávaných většinou na gastronomických akcích a festivalech.



Obrázek 2: Pizza s potemníkem moučným (vice.com)

Jedlý hmyz se obecně stává součástí chleba, krekrů, koláčků, nudlí, špaget, dále jako součást proteinových tyčinek (Engström, 2020).

Na trhu lze sehnat bezlepkové rýžové těstoviny s hmyzí náplní. Složení je zcela přírodního charakteru, na 100 g těstovin se uvádí obsah 14 g bílkovin a výrobek je cenný zdroj vápníku a železa (Thailand unique, 2018). Finská potravinářská společnost Fazer je první, která zavedla prodej chleba s přídavkem cvrččí moučky v běžných prodejnách potravin. Tento chléb obsahuje asi 3 % cvrčků z celkové hmotnosti a stojí o jedno až dvě eura více než běžný chléb pšeničný. Výrobce v nabídce tohoto chleba vidí jednoduchý způsob seznámení konzumenta s hmyzem (Forsell, 2017).

Důvodů, proč přidávat moučku z jedlého hmyzu do těsta a dalších potravin, například čipsů nebo čokolády, je několik. Nejvýraznějším benefitem je úprava nutričního složení potravin (Lalanne et al., 2019). Pomocí přídavku jedlého hmyzu lze pokrmy dostatečně obohatit o kvalitní bílkoviny, včetně esenciálních aminokyselin, vhodné spektrum mastných kyselin (vysoký obsah MUFA a PUFA). Přídavkem hmyzu lze v potravině zvýšit také obsah minerálních látek (měď, železo, fosfor, zinek, mangan a selen) či vitaminů (kyselina pantotenová, riboflavin, biotin a kyselina listová). Avšak rizikem je možný obsah alergenů a toxických látek, přítomnost antinutričních látek a patogenů. Pro bezpečnost potravin je nutné jedlý hmyz správně zpracovat (Rumpold a Schlüter, 2013).

Stravování je obecně ovlivněno sociálním kontextem a formuje se hlavně v dětství. V západních zemích se stále drží entomofobie. Z různých studií vyplývá, že konzumovat hmyz se zdráhají spíše ženy, kdežto mladí dospělí (zejména s vyšším vzděláním) se konzumaci potravin s přídavkem hmyzu příliš nebrání. V některých evropských zemích konzumenti projeví zájem vyzkoušet nové výrobky, avšak spíše v nerozpoznatelné formě, například pokud se hmyz přidá do mouky nebo prášku, případně jako přísady energetických nápojů, sušenek a kukuřičných tortill. V této oblasti je na trhu stále mezera, na kterou by měl být zaměřen vývoj potravinářských technologií a inovací (Lalanne et al., 2019).

3.2 Výhody a nevýhody konzumace hmyzu

Benefity jedlého hmyzu

Jedním z nejdůležitějších důvodů konzumace hmyzu je nutriční hodnota. Hmyz je významným zdrojem proteinů, důležité je vysoké zastoupení sirných (cystin, methionin) a esenciálních aminokyselin (Finke, 2002), některých stopových prvků jako jsou mangan, hořčík, železo, fosfor, zinek, a složení mastných kyselin v tucích (Edible Insects Market: Global Analysis). Velkou výhodou je i fakt, že jedlý hmyz může být v budoucnu využit při cestování do vesmíru a případnému obývání nových planet. Chov velkých druhů hospodářských zvířat, tak nebude připadat v úvahu, ale jedlý hmyz poskytne lidem živočišné proteiny (Mitsubishi, 2010). Další výhodou můžeme brát z environmentálního hlediska, kdy má výroba masa celosvětové dopady na životní prostředí a každým rokem stoupá právě poptávka po masu. To vyžaduje změny ve stravě a hospodářská zvířata mají značný vliv na klima na Zemi. Lidé v západních zemích mají ve velké oblibě maso, mléčné výrobky a vejce. Pokud by se o polovinu snížila spotřeba těchto produktů, snížily by se emise v Evropské unii o 25–40 %. Potencionálně udržitelným zdrojem náhrady za maso je hmyz (Smetana et al., 2016).

Nutriční rizika v jedlém hmyzu

Konzumace jedlého hmyzu má hodně kladů, především pro jeho vysoký obsah bílkovin, esenciálních aminokyselin, železa a zinku. Na druhou stranu je zapotřebí se zabývat i eventuality riziky požívání hmyzu. Podobně jako to je u jiných živočišných a rostlinných potravin, některé druhy hmyzu nejsou jedlé a jejich konzumace je proto nebezpečná. Mezi nejdůležitější vnitřní rizika konzumace jedlého hmyzu patří mikrobiologická kontaminace, přítomnost mikroskopických vláknitých hub, znečištění těžkými kovy či přítomnost parazitů. Jedinci s alergií na mořské živočichy by měli být při konzumaci hmyzu opatrní z důvodu možné zkřížené alergie (Rumpold a Schlüter, 2013). Spousta faktorů působí na přítomnost biologických i chemických rizik. Závisí na podmínkách chovu, kvalitě krmiva, době sklizně, druhu a vývojovém stádiu hmyzu podobně jako na způsobu zpracování a skladování. V evropských hmyzích farmách je hmyz pěstován v uzavřených boxech, kde je kontrolována atmosféra, krmivo i voda. Při pěstování hmyzu nejsou používány hormony, antibiotika ani jiné chemické látky. Jestliže ale hmyz žije volně v přírodě, nelze bezpečnost nikdy zaručit (Finke et al., 2015). Na základě nařízení EU 2015/2283 patří hmyz od 1. 1. 2018 do skupiny nových potravin, které podléhají schvalovacímu procesu před uváděním

na trh. Jedlý hmyz uváděný na trh musí být bezpečný, limity pro biologická a chemická nebezpečí ovšem prozatím stanovený nebyly. EFSA vytvořila dokument, který shrnuje všechna eventuelní bezpečnostní rizika (Svačina, 2008).

Nevýhody hmyzu jako potravin

Jako všechny druhy potravin, tak i hmyz má několik negativních stránek souvisejících s jeho konzumací. Jako první můžeme vzpomenout psychologickou bariéru konzumace potravin s hmyzem. Většina nových konzumentů může zápolit s psychologickou podjatostí konzumací něčeho, co někteří pokládají skutečně za odpuzující. Počátečním krokem k přemožení psychologické bariéry by mohla být hmyzí moučka, která se bude přidávat do dalších potravin a mohla by být rovněž zužitkována jako ingredience do krmiv pro zvířata místo rybí moučky. Konzument by tak hmyz neviděl, necítil by jej a věděl by o něm pouze z obalu, na kterém bude napsáno, že k výrobě byla užita právě hmyzí moučka. Proto bude mít běžnou chuť i vzhled, na jakou je konzument obvykle zvyklý, jen energetická hodnota výrobku by byla zvýšena za pomoci moučky z hmyzu. Za zásadní psychologickou bariérou můžeme považovat entomofobii, což je chorobný strach z hmyzu. Zejména v západních zemích je častá docela mylná představa, že hmyz je nečistý a přenáší různé nemoci. Další nevýhodou hmyzu může být obsah chitinu, který u konzumenta může vyvolávat alergickou reakci. Dnes už je však vyvinuta technologie, jak z hmyzí moučky vyselektovat chitin (Václavík, 2018). Za nevýhodu konzumace hmyzu, můžeme považovat rovněž jeho jedovatost. Některé druhy hmyzu vylučují např. obranné sekrety, které mohou být reaktivní, dráždivé nebo až toxické. Tyto sekrety patří mezi karboxylové kyseliny, alkoholy, alkaloidy, ketony či steroidy a další (Blum, 1994).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE A HYPOTÉZA PRÁCE

4.1 Cíle práce

Cílem práce bylo získání prvotních informací o fortifikaci těsta na pizzu pomocí moučky z larev potemníka moučného, zejména o obsahu dusíkatých látek, aminokyselin a minerálních látek v hotovém výrobku podle vybrané receptury. Dále je cílem získat prvotní informace o průběhu fermentace pomocí monitorování termodynamickými senzory. Výsledné informace byly zpracovány statistickými metodami a porovnány s běžnými druhy mouk.

4.2 Hypotéza

Hypotéza 1: Fortifikací mouky na pizzu pomocí moučky z larev potemníka moučného dojde ke změnám fermentace, které bude možné zachytit monitorováním pomocí termodynamických senzorů kynutí těsta.

Hypotéza 2: Fortifikací mouky na pizzu pomocí moučky z larev potemníka moučného se zvýší obsah dusíkatých látek.

Hypotéza 3: Fortifikací mouky na pizzu pomocí moučky z larev potemníka moučného se zvýší obsah vybraných aminokyselin.

Hypotéza 4: Fortifikací mouky na pizzu pomocí moučky z larev potemníka moučného se zvýší obsah vybraných minerálních látek.

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1 Materiál

Na přípravu těsta byly použity produkty, které lze běžně zakoupit v obchodních řetězcích. Jedná se o tyto suroviny:

- mouka hladká s vysokým obsahem lepku Babiččina volba hladká mouka na kynuté těsto pšeničná 1 kg. Výrobce GoodMills Česko s.r.o., Česká republika. Potravinářská pšenice byla jedinou složkou této mouky,
- olivový olej Franz Josef Kaiser Olivový olej extra panenský,
- droždí čerstvé pekařské bez lepku značky FALA,
- sůl mořská značky Solsanka,
- cukr krupice z cukrové řepy od značky Tereos TTD,
- voda pitná z vodovodního řádu.

Tabulka 1: Nutriční hodnoty surovin (hodnoty na 100 g)

	mouka	olej	cukr	droždí	sůl
Energie	1461 kJ/ 344 kcal	3378 kJ/ 822kcal	1700 kJ/ 400 kcal	477 kJ/ 114 kcal	0 kJ/ 0kcal
Tuky	1,7 g	91,3 g	0 g	2 g	0 g
z toho nasycené mastné kyseliny	0,2 g	13,3 g	0 g	0,5 g	0 g
Sacharidy	69 g	0 g	100 g	5 g	0 g
z toho cukry	2,0 g	0 g	100 g	4 g	0 g
Vláknina	3,1 g	0 g	0 g	0 g	0 g
Bílkoviny	12 g	0 g	0 g	14 g	0 g
Sůl	<0,01g	0 g	0 g	0,06 g	100 g

5.1.1 Příprava hmyzu

Základním materiálem byl prášek (moučka) vyrobený z larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). Byly použity larvy v poslední a předposlední vývojové fázi (těsně před zakuklením). Larvy byly zakoupeny ve společnosti Radek Frýželka, Brno, Česká republika. Larvy byly odebrány z chovu, vyláčnány po dobu 48 hodin a usmrceny vroucí vodou o teplotě 105 °C. Dále byly sušeny při 105 °C, homogenizovány a skladovány v chladničce při teplotě 4 až 7 °C.

5.1.2 Příprava těsta

Na jednu porci byly použity tyto suroviny (placka 300 g):

- 200 g pizza mouka
- 100 ml voda
- 3 g cukr
- 3 g sůl
- 12 ml olivový olej
- 1 g droždí na 1 kg mouky.

První vzorek byl bez přídavku hmyzí moučky (VZ0), v druhém vzorku byl přídavek moučky larev potěmníka moučného 5 % (VZ5), a ve třetím 10 % (VZ10) na hmotnost pšeničné mouky.

Tabulka 2: Navážky surovin pro výrobu vzorku I – stanovení dusíkatých látek, aminokyselin a minerálních látek

surovina	přídavek hmyzu 0 %	přídavek hmyzu 5 %	přídavek hmyzu 10 %
mouka	50 g	47,5 g	45 g
hmyzí moučka	0 g	2,5 g	5 g
voda	25 ml	25 ml	25 ml
cukr	0,75 g	0,75 g	0,75 g
sůl	0,75 g	0,75 g	0,75 g
olej	3 ml	3 ml	3 ml
droždí	0,05 g	0,05 g	0,05 g

Tabulka 3: Navážky surovin pro výrobu vzorku II – monitorování kynutí těsta

surovina	přídavek hmyzu 0 %	přídavek hmyzu 5 %	přídavek hmyzu 10 %
mouka	40 g	38 g	36 g
hmyzí moučka	0 g	2 g	4 g
voda	20 g	20 g	20 g
cukr	0,6 g	0,6 g	0,6 g
sůl	0,6 g	0,6 g	0,6 g
olej	2,4 ml	2,4 ml	2,4 ml
droždí	0,04 g	0,04 g	0,04 g

Technologický postup:

Do navážky mouky se přidá sůl. V nádobě se smíchá voda s cukrem a droždím. Tato směs se přidá do osolené mouky, nakonec se přileje olej a vypracuje se hladké těsto. Z těsta se vytvoří bochánek, který se potře olejem a nechá se běžně kynout v chladu až 24 hodin při teplotě 5-7 °C. Pro experiment byla doba kynutí 3 hodiny při pokojové teplotě. Poté se vytvoří tenká placka o průměru přibližně 30 cm a peče se 5-7 min při 300 °C.

5.2 Metodika monitorování kynutí těsta**5.2.1 Metoda termodynamických senzorů**

Průběh fermentace pizza těsta základního i obohaceného hmyzem byl analyzován pomocí termodynamických senzorů (TDS) popsanych v Adánek et al. (2010) a Adánek et al. (2020). Obecně je princip těchto termodynamických senzorů založen na měření změny energie dodávané do obvodu, která je nutná k udržení rozdílu teplotní rovnováhy mezi dvěma měřicími prvky z T_1 a T_2 a dané teploty okolního prostředí. Pokud teplotní vlivy ovlivňují teplotu obou prvků T_1 a T_2 stejným způsobem (např. interference okolního prostředí), výstupní signál obvodu se nezmění (rozdíl mezi senzory je stejný). Pokud teplotní účinek působí pouze na jeden prvek nebo se změní teplotní tok mezi prvky, změní se výstupní signál obvodu, který se dále zesiluje, měří a zpracovává počítačem (Adámková et al., 2013)

Zesilovač výstupního signálu z měřicího obvodu a převodník na digitální signál jsou velmi často integrovány do obvodu senzoru. Proto lze systém velmi snadno připojit k jiným měřicím systémům (Adánek et al., 2010).

Vzorek (směs mouky 40 g, pitná voda 20 ml, cukr 0,6 g, sůl 0,6 g, olej olivový 2,4 ml a sušené droždí 0,04 g) byl vložen do plastové odměrky, promíchán a poté umístěn do speciálního termoizolačního boxu pro analýzu. Vzorek byl měřen při pokojové teplotě 22 ± 3 °C a monitorován každou sekundu po dobu minimálně hodiny a půl. Každý vzorek byl analyzován pomocí dvou samostatných termodynamických systémů TDS1 a TDS2. Napájecí napětí experimentálního zařízení bylo 20 V, a proto se možné výstupní napětí zařízení pohybovalo v rozmezí 1–19 V (Adánek et al., 2020).

5.2.2 Metoda elektronického nosu

Kynutí těsta bylo sledováno pomocí experimentálního elektronického nosu. Základ konstrukce je popsán v Adámek et al. (2010). Elektronický nos byl rozšířen o měření teploty a vlhkosti pomocí komerčního senzoru ASAIR AM 2302 (DHT22) (Guangzhou Aosong Electronics Co., Ltd., Guangzhou, Čína) a o senzor SGP30 (Sensirion AG, Staefa ZH, Švýcarsko) pro měření celkových těkavých organických sloučenin (Total Volatile Organic Compounds - TVOC) v rozsahu 0 ppb až 60000 ppb a CO₂ ekvivalentu v rozsahu 400 ppm až 60000 ppm. Obě veličiny měly digitální výstup s číselnou hodnotou měřené veličiny a byly vypočteny ze základních signálů pro ethanol a H₂. Výměna senzoru MQ-6 za senzor MQ-135 (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd., Zhengzhou, Čína) byla poslední modifikací v sensorové části elektronického nosu. Senzor MQ-135 je obecně citlivý na plynný amoniak, toluen, vodík a kouř v rozmezí 10–1 000 ppm. Experiment však předpokládal sledování relativní změny v koncentraci plynného amoniaku. Dále byl použit senzor MQ-3, který je velmi citlivý na alkohol (25–500 ppm), a senzor MQ-8 určený pro detekci vodíku (100–1 000 ppm).

Zařízení mělo pouze sledovat proces a neočekávalo se přesné měření absolutních hodnot jednotlivých koncentrací plynu v měřeném pachu. Z tohoto důvodu byly u senzorů MQ-135, MQ-3 a MQ-8 jednotlivé výstupních napětí těchto čidel, které určují koncentrace jednotlivých měřených plynů, převedeny pouze na digitální hodnoty $d [-]$ relativního měřítka pomocí interního 10bitového analogově-digitálního převodníku mikrokontroléru (z napěťové úrovně 0–5 V na digitální úroveň 0–1023) (Adámek et al., 2020).

Vzorek (směs mouky 40 g, pitná voda 20 ml, cukr 0,6 g, sůl 0,6 g, olej olivový 2,4 ml a sušené droždí 0,04 g) byl vložen do plastové nádoby válcového tvaru a průměru přibližně 50 mm, promíchán a umístěn do skleněného měřicího boxu pro analýzu. Po vložení vzorku do boxu byl vzorek monitorován každou sekundu minimálně po dobu hodiny a půl. Každý vzorek byl analyzován při teplotě 35 ± 3 °C.

5.3 Stanovení obsahu vybraných nutrientů

5.3.1 Stanovení dusíkatých látek upečené placky z těsta na pizzu

Celkový obsah dusíkatých látek byl stanoven Kjeldahlovou metodou. Vzorky byly nejprve mineralizovány – sušený vzorek byl zhomogenizován a navážen v množství $1 \pm 0,0005$ g, které bylo kvantitativně převedeno do kyvet. Do každé kyvety se vložily dvě tablety selenu a 20 ml H_2SO_4 . Takto připravené vzorky byly vloženy do mineralizátoru o teplotě 420 °C po dobu 105 minut a zmineralizovány.

Následná destilace byla provedena pomocí přístroje Kjeltec TM 2200 (FOSS, Dánsko) po dobu 4 minut za použití 40% NaOH, 2% H_3BO_3 a destilované vody. Nakonec se vzorek titroval 0,2% roztokem H_2SO_4 na indikátor Tashiro do fialového zbarvení.

Množství dusíkatých látek bylo vypočteno vynásobením obsahu nalezeného dusíku koeficientem 6,25. Výsledky byly stanoveny v sušině vzorku v jednotkách mg /g.

5.3.2 Stanovení obsahu aminokyselin

Aminokyselinový komplex ve vzorcích byl stanoven za použití hydrolyzy HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ke 100 mg vzorku bylo přidáno 15 ml HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Vzorek s HCl byl probublán po dobu přibližně 30 s argonem a vložen na 23 hodin do termobloku o teplotě 115 ± 2 °C. Takto upravený vzorek byl kvantitativně přefiltrován kyselinou chlorovodíkovou o koncentraci $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ do odpařovací baňky. Vzniklý filtrát byl při teplotě do 50 °C odpařen do sirupové koncentrace na vakuové rotační odparce. Získaný odparek byl rozpuštěn v malém množství redestilované vody a opět odpařen na konzistenci sirupu. Odpaření bylo provedeno třikrát. Hotový odparek byl pomocí sodno-citrátového pufru (pH 2,2) kvantitativně převeden do 25 ml odměrné baňky a následně pomocí mikrofiltru o velikosti pórů $0,45 \mu\text{m}$ přefiltrován do tří ependorfeč (Zbíral, 2009). Protože u sirných aminokyselin (metionin, cystein) při kyselé hydrolyze dochází k jejich degradaci, byla provedena oxidativně kyselá hydrolyza – vznikla kyselina cysteová a metioninsulfon. Oxidací vzniká kyselina cysteová a methioninsulfon (Douša). K 1 g vzorku bylo přidáno 15 ml směsi (30% (w/w) peroxid vodíku a 85% (w/w) kyselina mravenčí v poměru 1:9) a bylo ponecháno při teplotě 6 ± 2 °C po dobu 16 hodin. Následně byl ke vzorku přidán 1 ml koncentrované HCl a odpěněn 50 ml HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Hydrolyza vzorku byla provedena po dobu 23 hodin při teplotě 118 ± 2 °C v olejové lázni. Dále byl hydrolyzát přefiltrován pomocí HCl (koncentrace $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) přes filtrační papír do odměrné

baňky o objemu 250 ml, vytemperován a doplněn po rysku 0,1M HCl. Takto připravené baňky byly ponechány do druhého dne při teplotě 6 ± 2 °C. Ve vakuové rotační odparce bylo při teplotě do 50 °C odpařeno 25 ml filtrátu do koncentrace sirupu. Tento odparek byl rozpuštěn v malém množství (několik ml) redestilované vody a opět odpařen na konzistenci sirupu. Tento proces byl třikrát opakován. V dalším kroku byl odparek převeden pomocí sodno-citrátového pufru (pH 2,2) do 25ml odměrné baňky a přefiltrován do tří ependorfeček přes mikrofiltr (velikost pórů 0,45 μm).

Po hydrolyze byl obsah aminokyselin ve vzorku stanoven metodou iontově výměnné kapalinové chromatografie za použití sodno-citrátových pufrů, ninhydrinové derivatizace se spektrofotometrickou detekcí na AAA 400, Ingos, ČR (automatický analyzátor aminokyselin) (Weiss, 1998). Byly stanoveny esenciální i neesenciální aminokyseliny: kyselina aspargová, treonin, serin, kyselina glutamová, prolin, glycin, alanin, valin, ileucin, leucin, tyrosin, fenylalanin, histidin, lysin, arginin, cystein, metionin. Výsledky byly vyjádřeny v jednotkách g /kg.

5.3.3 Stanovení minerálních látek metodou ICP-MS

- Příprava vzorků:

Odměrné sklo používané pro experiment bylo opláchnuto vodou Purelab Elga (voda s vysokou čistotou získaná z čisticího systému Purelab Classic Elga) a namočeno přes noc ve 2 % roztoku Analpure ultra HNO₃. Čištěná voda Purelab Elga byla použita jako voda v dalším postupu, HNO₃ byla dodána v 65% koncentraci.

Vzorky v pevném skupenství byly rozloženy směsí 65% HNO₃ a H₂O₂ za použití mikrovlnného systému Milestone Ethos One. Byl navážen přibližně 1 g vzorku, ke kterému se přidalo 5 ml 65% HNO₃ a 1 ml H₂O₂. Následně se nádoba uzavřela, uložila do otočného rotoru, byl nastaven provozní tlak a zvolen vhodný teplotní program pro rozklad materiálu. Byly připraveny dvě kalibrační řady odpovídající očekávaným koncentračním rozsahům. Pro účely experimentu se stanovovaly tyto prvky: Fe, Zn, K, Na, Ca, P, Mg, Mn, Cu, Cd a Pb.

Standardní roztoky byly připraveny z 2% HNO₃ a 3-35 μg standardu na více prvkovou ICP analýzu, která obsahovala tyto prvky: Fe, Zn, K, Na, Ca, P, Mg, Mn, Cu, Cd a Pb v původní koncentraci 3-35 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a v poloviční koncentraci 1,5-17,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Roztoky s koncentrací 3-35 $\mu\text{g.l}^{-1}$ byly použity jako standard pro průběžnou kontrolu kalibrace.

- Spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem s hmotnostní spektrometrií

Soubor analýz byl realizován na kvadrupólovém Thermo Scientific iCAP Qc s indukčně vázaným plazmovým spektrometrem (ICP-MS). Použitý přístroj se skládá z: kužely z niklu, chlazená stříkací komora s nízkým objemem a koncentrickým PFA nebulizátorem, kolizní cela obsahující helium kvůli odstranění nežádoucích iontů a molekul, peristaltické dávkovací čerpadlo vzorku a autosampler Cetac 520. Podmínky přístroje byly pro analýzu vzorků optimalizovány po mikrovlnném rozkladu jednoduchými maticemi. Výsledky byly stanoveny v sušině vzorku v jednotkách ng/g.

5.3.4 Statistické vyhodnocení

Výsledky byly podrobeny statistickému hodnocení. U dat byla předpokládána nezávislost souborů a normální rozdělení. Byl proveden test rovnosti dvou středních hodnot. Pro výpočet testovacího kritéria byl použit vzorec:

$$t = \frac{|\hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_2|}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2}{N_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{N_2}}}$$

kde: $\mu_1, \mu_2 \dots$ výběrová střední hodnota,

$\sigma_1, \sigma_2 \dots$ výběrová směrodatná odchylka,

$N_1, N_2 \dots$ počet dat v souboru.

Kritické hodnoty byly vypočteny pomocí programu Excel funkcí T.INV.2T($\alpha; N_1 + N_2 - 2$), kde za hladinu významnosti α byla zvolena hodnota 0,05. Výsledky t a t_{krit} , byly mezi sebou porovnány. Pokud platila podmínka $t > t_{\text{krit}}$, dokázalo se, že mezi výsledky je statisticky významný rozdíl.

6 VÝSLEDKY

6.1 Obsah dusíku, sušina

Pro měření byly použity vzorky upečených pizza placek. Pizza placky obsahovaly 0 %, 5 % a 10 % přídavku hmyzí moučky. Obsah dusíku byl stanoven Kjeldahlovou metodou, sušina se stanovila gravimetricky a vlhkost byla dopočítána od sušiny.

Tabulka 4: Hodnoty celkového dusíku, hrubé bílkoviny, sušiny a vlhkosti vzorků v závislosti na obsahu hmyzí moučky v těstu (výsledky vyjádřeny jako průměr \pm výběrová směrodatná odchylka).

	Přídavek hmyzí moučky v těstě		
	0 %	5 %	10 %
celkový dusík ¹	(23 \pm 1) mg/g	(24 \pm 1) mg/g	(26 \pm 1) mg/g
hrubé bílkoviny ¹	(141 \pm 5) ^{a,b} mg/g	(150 \pm 3) ^a mg/g	(164 \pm 3) ^b mg/g
celkový dusík ²	(18 \pm 1) mg/g	(22 \pm 1) mg/g	(23 \pm 1) mg/g
hrubé bílkoviny ²	(114 \pm 5) ^{a,b} mg/g	(134 \pm 5) ^a mg/g	(145 \pm 2) ^b mg/g
sušina	(82,53 \pm 0,06) ^{a,b} %	(87,52 \pm 0,02) ^a %	(90,20 \pm 0,01) ^b %
vlhkost	(17,47 \pm 0,06) %	(12,48 \pm 0,02) %	(9,80 \pm 0,01) %

Poznámka: ¹ - hodnoty sušeného vzorku;

² - hodnoty čerstvého vzorku;

^a - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přídavku a s přídavkem 5 % hmyzí moučky

^b - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přídavku a s přídavkem 10 % hmyzí moučky

Z výsledků je patrné, že obsah sušiny s přídavkem potměníka moučného rostl jen pozvolna, zatímco obsah hrubých bílkovin se s přídavkem hmyzí moučky zvyšoval.

6.2 Minerální látky

Stanovení vybraných minerálních látek proběhlo ve vzorcích s přidavkem 0 %, 5 % a 10 % moučky potemníka moučného. Minerální látky byly stanoveny ICP-MS metodou.

Tabulka 5: Naměřené hodnoty vybraných minerálních látek ve vzorcích (výsledky obsahu v sušině vyjádřeny v hodnotách průměru a výběrové směrodatné odchylky)

	Přídavek hmyzí moučky v těstě		
	0%	5%	10%
Fe	$(2,7 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^{a,b}$ ng/g	$(3,2 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^a$ ng/g	$(4,1 \cdot 10^3 \pm 0,4 \cdot 10^3)^b$ ng/g
Zn	$(1,7 \cdot 10^3 \pm 0,09 \cdot 10^3)^{a,b}$ ng/g	$(3,12 \cdot 10^3 \pm 0,06 \cdot 10^3)^a$ ng/g	$(5 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^b$ ng/g
K	$(24 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^{a,b}$ ng/g	$(30 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^a$ ng/g	$(37 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^b$ ng/g
Na	$(42 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^{a,b}$ ng/g	$(38 \cdot 10^4 \pm 3 \cdot 10^4)^a$ ng/g	$(43,3 \cdot 10^4 \pm 0,07 \cdot 10^4)^b$ ng/g
Ca	$(230 \pm 10)^{a,b}$ ng/g	$(230 \pm 20)^a$ ng/g	$(240 \pm 10)^b$ ng/g
P	$(45 \cdot 10^3 \pm 2 \cdot 10^3)^{a,b}$ ng/g	$(60 \cdot 10^3 \pm 2 \cdot 10^3)^a$ ng/g	$(78 \cdot 10^3 \pm 2 \cdot 10^2)^b$ ng/g
Mg	$(14,8 \cdot 10^4 \pm 1 \cdot 10^4)^{a,b}$ ng/g	$(23 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^a$ ng/g	$(31,2 \cdot 10^4 \pm 2 \cdot 10^4)^b$ ng/g
Mn	$(4,3 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^{a,b}$ ng/g	$(4,3 \cdot 10^3 \pm 0,2 \cdot 10^3)^a$ ng/g	$(4,3 \cdot 10^3 \pm 0,2 \cdot 10^3)^b$ ng/g
Cu	$(2 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^{a,b}$ ng/g	$(2,8 \cdot 10^3 \pm 0,3 \cdot 10^3)^a$ ng/g	$(3,9 \cdot 10^3 \pm 0,2 \cdot 10^3)^b$ ng/g
Cd	$(18 \pm 2)^{a,b}$ ng/g	$(21 \pm 2)^a$ ng/g	$(23 \pm 2)^b$ ng/g
Pb	$(56 \pm 20)^{a,b}$ ng/g	$(40 \pm 7)^a$ ng/g	$(54 \pm 5)^b$ ng/g

Poznámka: ^a - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přidavku a s přidavkem 5 % hmyzí moučky

^b - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přidavku a s přidavkem 10 % hmyzí moučky

Výsledky prokázaly postupný růst s přidavky moučky potemníka moučného. V 5% přidavku hmyzí moučky nebyly hodnoty příliš zvýšeny, ale s 10% přidavkem byl růst hodnot již výraznější. Nejvýraznější změny dosahovaly prvky Fe, Zn, Mg a Cu.

6.3 Aminokyseliny

Stanovení aminokyselin proběhlo ve vzorcích s přidavkem 0 %, 5 % a 10 % moučky potemníka moučného. Aminokyselinový soubor byl stanoven pomocí metody HPLC.

Analýza složení aminokyselin (Tabulka 6) v dusíkaté složce vzorků prokázala, že s 5% přidavkem hmyzí moučky se obsah jednotlivých aminokyselin nezvyšoval, nebo jen mírně. S přidavkem 10 % moučky potemníka moučného výrazně vzrostli obsah většiny aminokyselin, zejména těch esenciálních (Val, Ile, Leu, Thr, Lys). Nejvyššího růstu obsahu jednotlivých aminokyselin bylo zaznamenáno mezi vzorky VZ5 a VZ10. V případě kyseliny asparagové bylo zvýšení hodnoty mezi VZ0 a VZ5 nepatrné (ze 4 g /kg na 4,8 g /kg), u

vzorku VZ10 tato hodnota vzrostla na 6 g /kg. Podobné výsledky vykazovala aminokyselina threonin, u které nedošlo ke změně obsahu mezi VZ0 a VZ5, u VZ10 je již tato hodnota vyšší o 0,6 g /kg (3,3 g /kg). Arginin vykazuje stejné hodnoty v 0 % a 5 % přídavku moučky (3,7 g /kg), v 10 % přídavku je tato hodnota výrazně vyšší, a sice 4,1 g /kg. Podobně se chovaly také aminokyseliny glycin, alanin, valin, izoleucin a leucin, u kterých vlivem přídavku 5 % hmyzí moučky nedošlo k žádnému nebo jen mírnému zvýšení, ale v 10 % přídavku se daná hodnota zvedla přibližně o 1 (Gly, Ala, Ile) až 2 (Leu) g /kg. Ve vzorku VZ0 byla celková hodnota esenciálních aminokyselin 26,23 g /kg, neesenciálních 85,77 g /kg. V případě VZ5 činil součet esenciálních aminokyselin 25,11 g /kg, neesenciálních 77,75 g /kg. Ve VZ10 byl součet esenciálních aminokyselin 31,99 g /kg a neesenciálních 87,23 g /kg. Protože bylo pracováno s biologickým materiálem, ve kterém dochází k interakci surovin, došlo ke snížení obsahu esenciálních i neesenciálních aminokyselin. Vliv na snížení mohla mít i termická úprava.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty aminokyselin ve vzorcích (výsledky obsahu v sušině vyjádřeny v hodnotách průměru a výběrové směrodatné odchylky souboru)

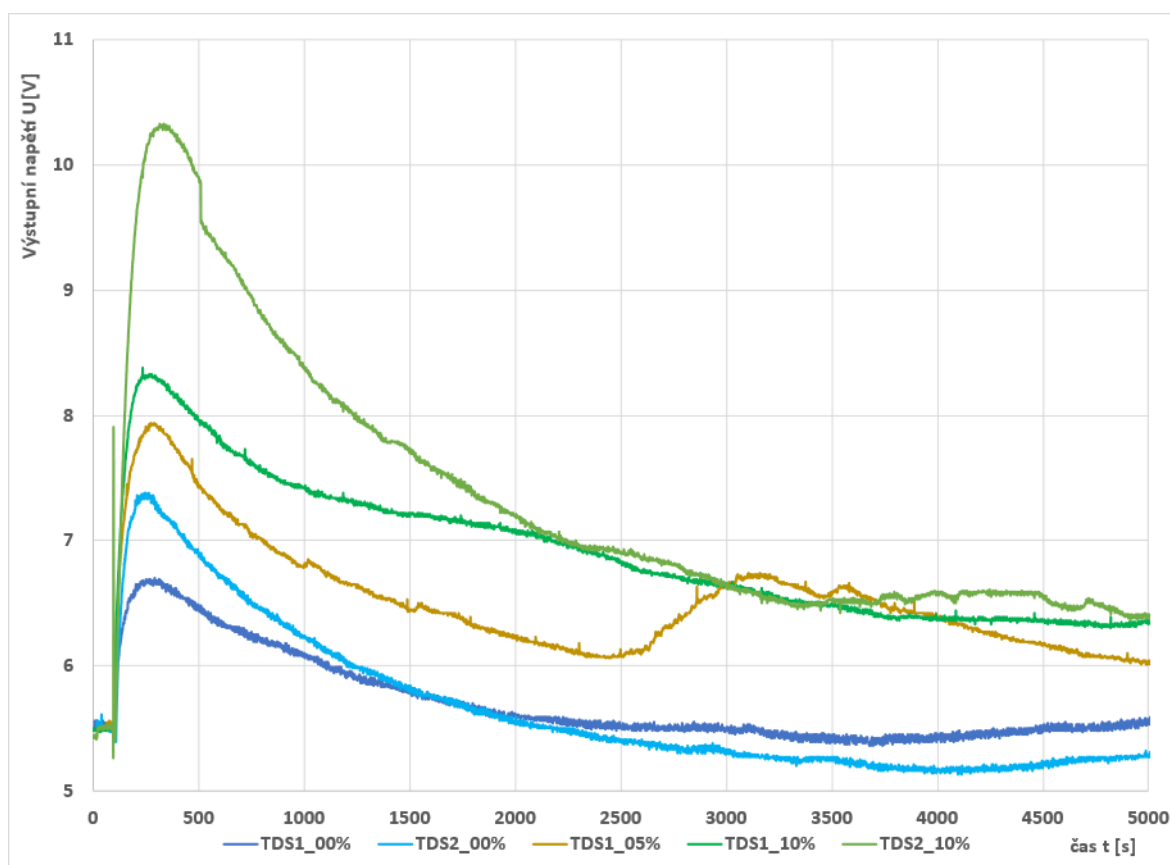
	Přídavek hmyzí moučky v těstě		
	0%	5%	10%
Asp	(4,03 ± 0,05) ^{a,b} g/kg	(4,8 ± 0,2) ^a g/kg	(6,1 ± 0,2) ^b g/kg
Thr	(2,74 ± 0,07) ^{a,b} g/kg	(2,70 ± 0,06) ^a g/kg	(3,31 ± 0,07) ^b g/kg
Ser	(5,16 ± 0,09) ^{a,b} g/kg	(4,6 ± 0,2) ^a g/kg	(5,3 ± 0,2) ^b g/kg
Glu	(42 ± 0,5) ^{a,b} g/kg	(34,8 ± 0,9) ^a g/kg	(37,2 ± 0,3) ^b g/kg
Pro	(11,8 ± 0,4) ^{a,b} g/kg	(10,0 ± 0,4) ^a g/kg	(11,3 ± 0,5) ^b g/kg
Gly	(3,83 ± 0,09) ^{a,b} g/kg	(4,0 ± 0,02) ^a g/kg	(5,1 ± 0,2) ^b g/kg
Ala	(3,19 ± 0,07) ^{a,b} g/kg	(4,0 ± 0,07) ^a g/kg	(5,3 ± 0,3) ^b g/kg
Val	(4,5 ± 0,2) ^{a,b} g/kg	(4,6 ± 0,2) ^a g/kg	(6,0 ± 0,3) ^b g/kg
Ile	(4,2 ± 0,2) ^{a,b} g/kg	(4,01 ± 0,09) ^a g/kg	(5,25 ± 0,09) ^b g/kg
Leu	(7,5 ± 0,2) ^{a,b} g/kg	(7,1 ± 0,3) ^a g/kg	(9,1 ± 0,3) ^b g/kg
Tyr	(3,42 ± 0,09) ^{a,b} g/kg	(2,8 ± 0,2) ^a g/kg	(4,0 ± 0,2) ^b g/kg
Phe	(5,9 ± 0,2) ^{a,b} g/kg	(4,9 ± 0,2) ^a g/kg	(6,1 ± 0,3) ^b g/kg
His	(2,28 ± 0,06) ^{a,b} g/kg	(2,28 ± 0,07) ^a g/kg	(2,54 ± 0,08) ^b g/kg
Lys	(1,39 ± 0,04) ^{a,b} g/kg	(1,77 ± 0,05) ^a g/kg	(2,24 ± 0,08) ^b g/kg
Arg	(3,78 ± 0,09) ^{a,b} g/kg	(3,70 ± 0,02) ^a g/kg	(4,1 ± 0,2) ^b g/kg
CysH	(3,88 ± 0,03) ^{a,b} g/kg	(4,13 ± 0,02) ^a g/kg	(3,81 ± 0,03) ^b g/kg
MetS	(2,41 ± 0,01) ^{a,b} g/kg	(2,69 ± 0,02) ^a g/kg	(2,50 ± 0,02) ^b g/kg

Poznámka: ^a - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přídavku a s přídavkem 5 % hmyzí moučky

^b - statisticky významný rozdíl mezi vzorkem bez přídavku a s přídavkem 10 % hmyzí moučky

6.4 Termodynamické senzory

Kynutí těsta bylo monitorováno pomocí termodynamických senzorů. Byly použity vzorky bez přídavku, s 5 % a 10 % přídavkem moučky potemníka moučného. Měření probíhalo synchronně na dvou měřicích zařízeních. Hodnoty byly zaznamenávány po dobu hodiny a půl v intervalu jedné sekundy. Výsledkem jsou grafy průběhu kynutí.

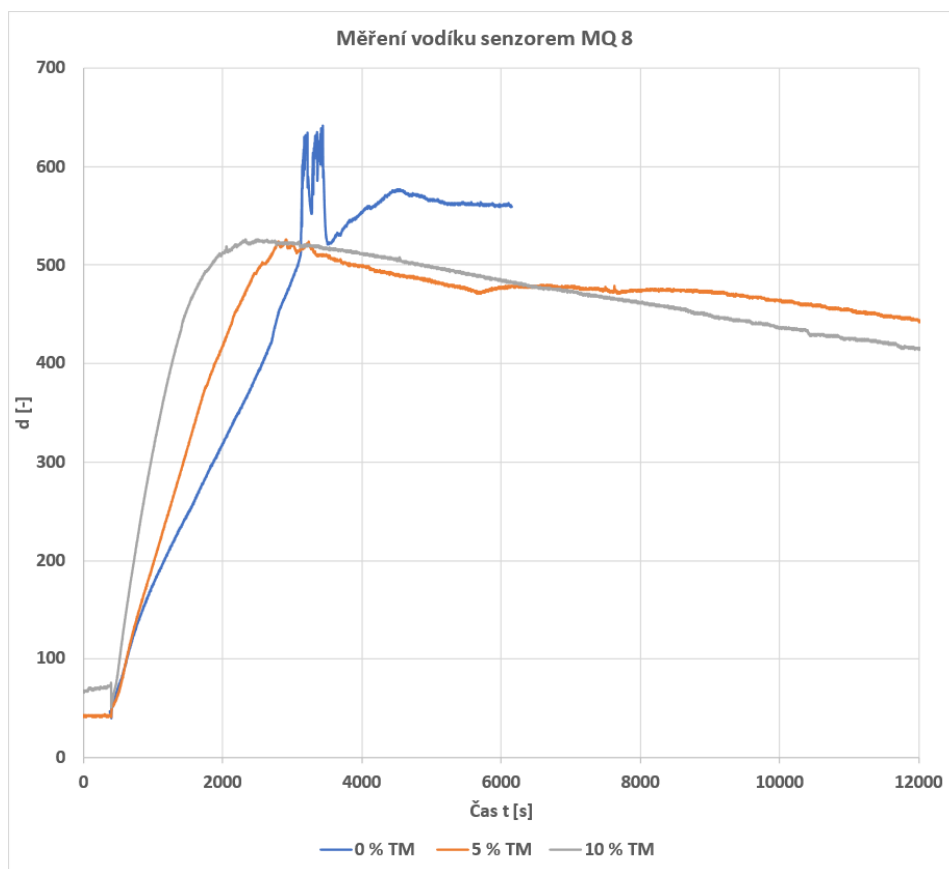


Obrázek 3: Průběh fermentace těst

Všechny tři vzorky vykazovaly obdobný průběh, kdy v počáteční fázi došlo k rychlému, výraznému růstu křivek a v další části křivka pozvolna klesá. Vzorek s přídavkem 10 % hmyzí má však nejvyšší a nejstrmější růst křivky.

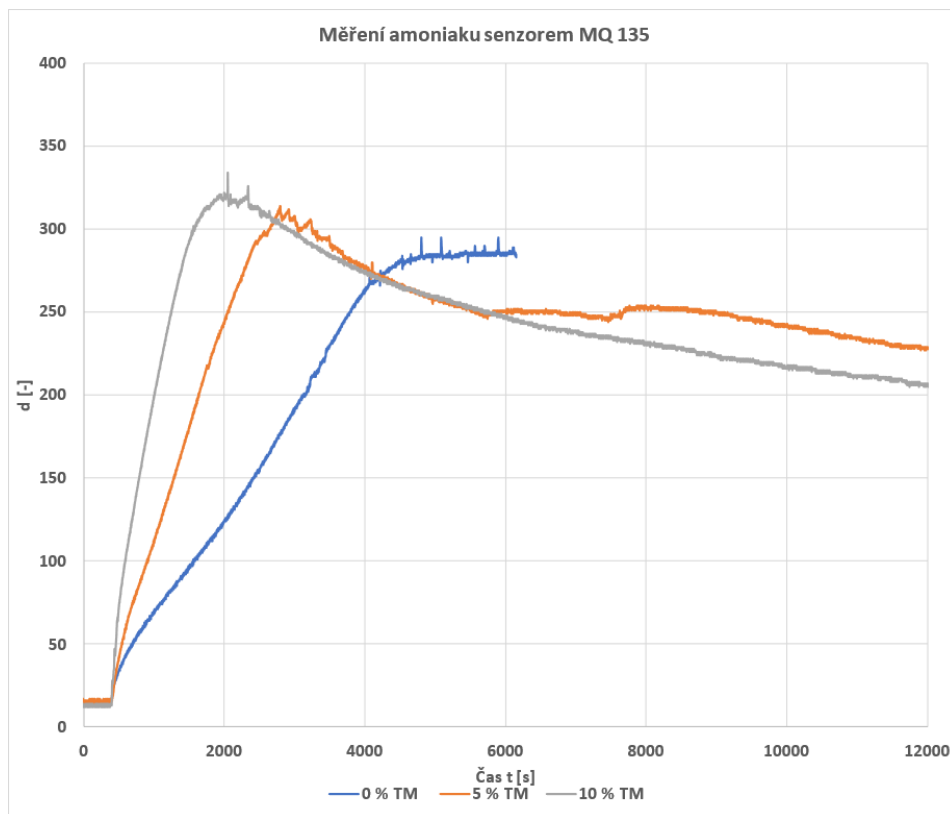
6.5 Elektronický nos

Byl sledován vývoj plynů při fermentaci těst pomocí elektronického nosu. Pro měření byly použity vzorky bez přídavku, s 5% a 10% přídavkem moučky potměníka moučného. Měření probíhalo synchronně na dvou měřicích zařízeních. Vývoj vodíku byl zaznamenán na senzor MQ 8, vývoj amoniaku zaznamenal senzor MQ 135, změny v obsahu etanolu sledoval senzor MQ 3. Dále byl monitorován obsah těkavých organických látek (TVOC) a ekvivalent CO_2 (eCO_2) pomocí kombinovaného senzoru SGP-30. Hodnoty byly zaznamenávány po dobu hodiny a půl v intervalu jedné sekundy. Výsledkem jsou grafy znázorňující vývoj jednotlivých plynů při fermentaci těsta. Křivky jsou vykresleny z průměrů obou naměřených hodnot pro jeden vzorek.



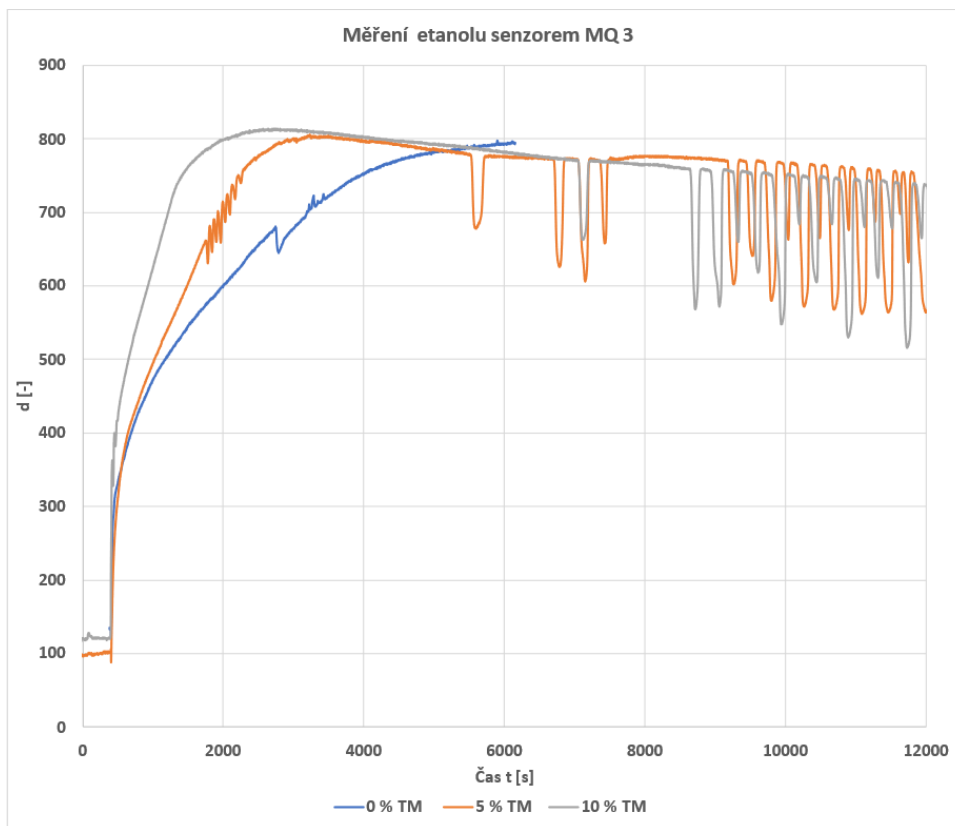
Obrázek 4: Měření vodíku senzorem MQ 8

Měření vývoje plynného vodíku fermentujícího těsta ukazuje, že čím vyšší je přídavek hmyzí moučky, tím rychleji se tento plyn vlivem činnosti kvasinek dostane do nejvyšších hodnot. Ve všech případech došlo v další fázi k postupnému klesání obsahu vodíku.



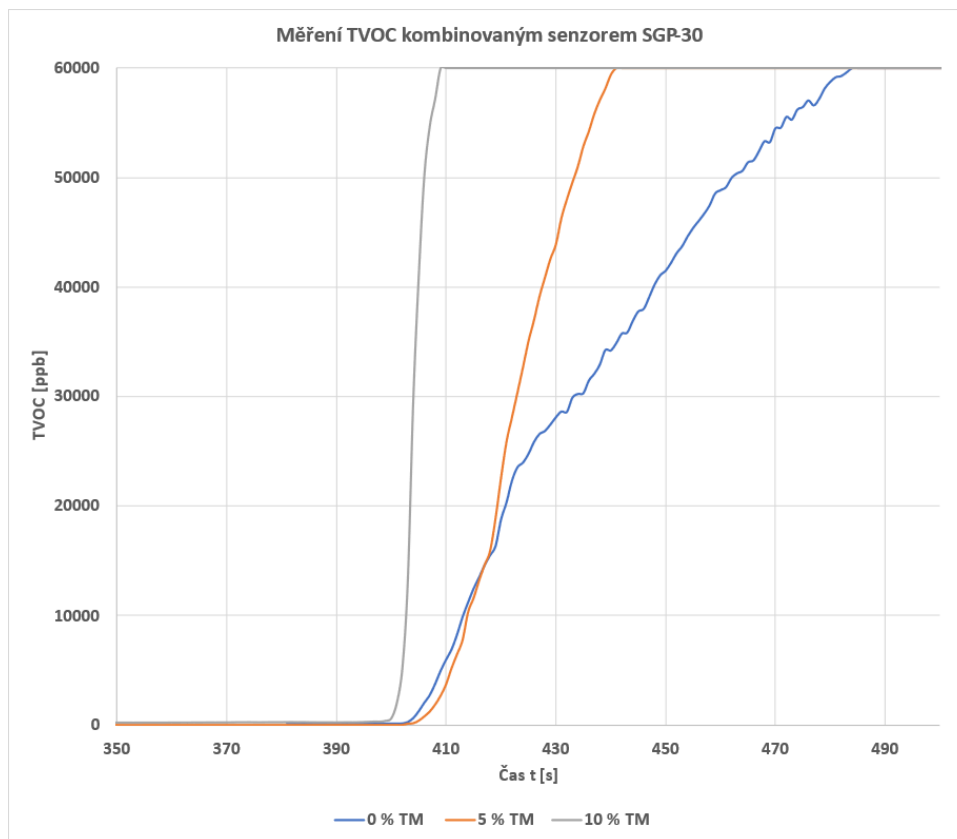
Obrázek 5: Měření amoniaku senzorem MQ 135

Z grafu je patrné, že všechny vzorky vykazují podobný průběh křivky. Obsah amoniaku ve vzorku nejříve prudce stoupal do maximálních hodnot, poté pozvolna klesal. Nejpříkřejší start vývoje plynu vykazoval vzorek s 10 % hmyzí moučky, v tomto případě došlo i nejnižšímu poklesu v závěrečné fázi fermentace.



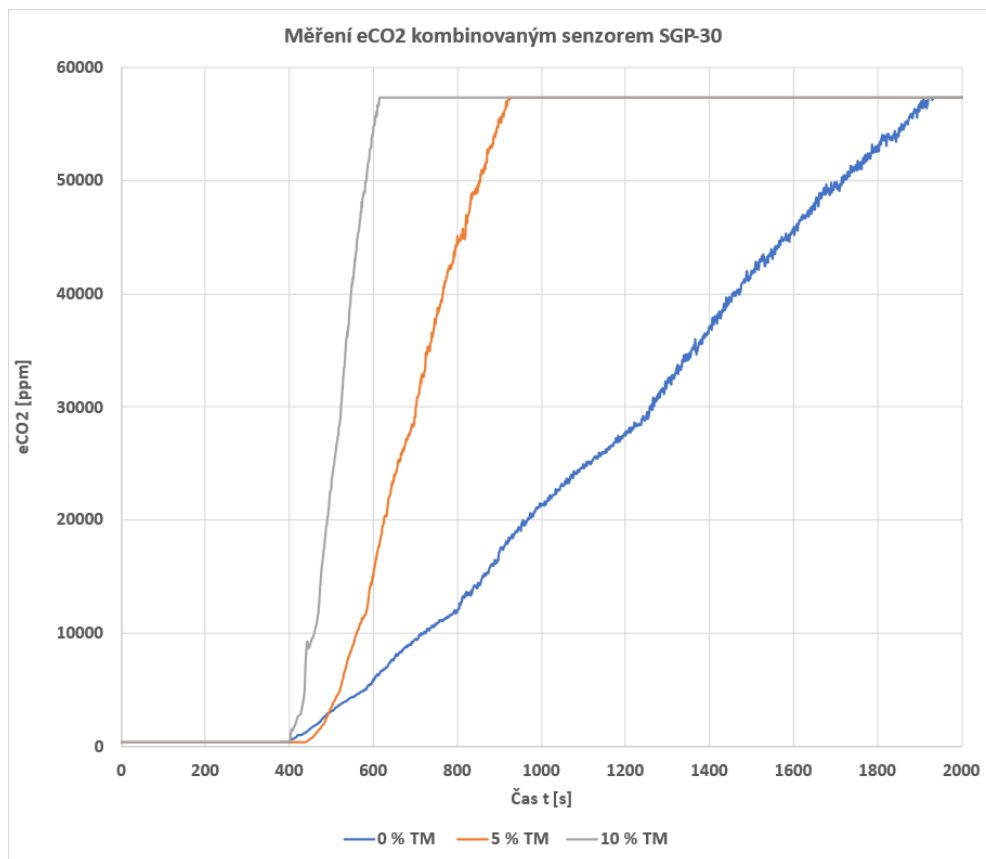
Obrázek 6: Měření etanolu senzorem MQ 3

Z grafu je možné vypočítat prudký nárůst měřeného plynu v první fázi měření ve všech vzorcích, přičemž nejrychleji se vyvíjel etanol v případě vzorku s 10% přídavkem potměníka moučného. Prudký růst obsahu plynu v první etapě vystřídal pomalé klesání etanolu ve vzorku v další etapě. V konečné fázi jsou hodnoty měřeného plynu u všech tří vzorků srovnatelné.



Obrázek 7: Měření TVOC kombinovaným senzorem SGP-30

U kombinovaného senzoru zaznamenávající vývoj těkavých organických látek ve vzorcích byl vlivem vysokých hodnot rychle nasycen a příliš brzy ukázal maximální hodnoty, které je shopen zaznamenat. Z průběhu však lze vyčíst, že k prudkému růstu došlo později, než v případě následujícího grafu pro sledování vývoje $e\text{CO}_2$. Nejstrmějšího růstu opět dosahoval vzorek s přidavkem 10 % hmyzí moučky.



Obrázek 8: Měření eCO₂ kombinovaným senzorem SGP-30

Vývoj plynun byl v tomto případě tak vysoký, že senzor byl velmi rychle nasycen a výsledky dosahovaly maximálních hodnot. Ze začátku grafu však lze sledovat rychlejší náběh signálu s přidavkem hmyzí moučky.

DISKUZE

Experimentálně byla stanovena sušina, vlhkost, obsah dusíkatých látek, aminokyseliny a vybrané minerální látky. Jako vzorky byly použity upečené pizza placky. Všechna měření byla provedena v sušině vzorků.

Sušina vzorků byla stanovena v případě prvního vzorku na $86,53 \pm 0,06$ %, druhý vzorek obsahoval $87,52 \pm 0,02$ % sušiny a třetí $90,20 \pm 0,01$ %. Z výsledků je patrné, že obsah sušiny ve VZ10 vzrostl přibližně o 5 % oproti VZ0, v případě VZ5 došlo ke zvýšení sušiny pouze nepatrně, přibližně o 2 %. Ve studiích Roncolini et al. (2019) a Cappelli et al. (2020) se uvádí, že přídavek hmyzí moučky nemá vliv na zvýšení sušiny vzorku. Náš rozdíl 5 % byl zanedbatelný, výsledky odpovídají s jiným studiím. Roncolini et al. (2019) ve své studii uvádí obohacení chleba o moučku potemníka moučného v přídavicích 0 %, 5 % a 10 %. V jeho výsledcích se sušina vzorku vlivem moučky neměnila, ve všech třech případech činila tato hodnota přibližně 70 %, což souhlasí s výsledky Cappelli et al. (2020), kde se obsah sušiny přídavkem potemníka moučného taktéž nemění. K podobnému závěru, že se obsah sušiny vlivem přídavku hmyzí moučky nemění, přišel také Roncolini et al. (2020), který do mouky přidal 10 % a 30 % moučky potemníka stájového (složením podobný potemníku moučnému), kdy v kontrolním vzorku naměřil asi 84 % sušiny, v 10% přídavku 84 % a v přídavku 30 % moučky asi 86 % sušiny. Rozdíly v obsahu sušiny mohou být dány rozdílným složením použité moučky potemníka moučného, případně použité základní mouky.

Obsah hrubých bílkovin s přídavkem obsahu hmyzí moučky rostl. Při zvýšení obsahu moučky z hmyzu z 0 % na 10 % vzrostl obsah hrubých bílkovin o 16 %. Obsah hrubých bílkovin vlivem přídavku hmyzí moučky rostl téměř lineárně. Cappelli et al. (2020) stanovil obsah hrubých bílkovin v chlebu na 139,6 mg /g v případě kontrolního vzorku, s přídavkem hmyzí moučky tato hodnota rostla. Konkrétně s přídavkem 5 % moučky stanovil obsah bílkovin na 157,2 mg /g, s přídavkem 10 % moučky hodnota vzrostla na 174,9 mg/g. Růst našich naměřených hodnot je tedy srovnatelný s Cappelliho výsledky. Roncolini et al. (2020) ve své práci stanovila obsah bílkovin v kontrolním vzorku na přibližně 13 %, ve vzorku s 10 % moučky potemníka stájového 16 % a ve vzorku s 30 % hmyzí moučky tato hodnota stoupla na 25 %. Obsah hrubých bílkovin v sušenkách s přídavkem potemníka moučného se podle Zielinska et al. (2020) pohyboval od 10,82 % do 13,52 % sušiny. Ve studii Pauter et al. (2015) byl přidáván do muffinů cvrček stepní. S přídavkem

hmyzu se zvyšoval obsah bílkovin ve výrobcích z 11 % (vzorek bez přídavku cvrčka) na 16,51 % (vzorek s přídavkem 10 % cvrččí moučky). Haber (2019) obohatil ve své práci pšeničný chléb o prášek z kobylek. Jeho závěrem je, že chléb, který byl obohacen o 200 g /kg práškem z kobyly, vykazoval významně vyšší nutriční hodnoty bílkovin s více než 50% nárůstem ve srovnání s chlebem pšeničným. Obsah hrubých bílkovin pšeničného chleba stanovil na 112 g /kg, v obohaceném chlebu byl obsah hrubých bílkovin 174 g /kg. Pro přepočítání obsahu hrubých bílkovin, na rozdíl od ostatních uvedených autorů, použil přepočítávací faktor 4,5. Výsledky v 0% a 10% přídavku se shodují s námi naměřenými hodnotami, lze tedy předpokládat, že čím vyšší bude přídavek hmyzí moučky, tím vyšší bude také obsah bílkovin ve vzorku.

Obecně lze říci, že přídavkem hmyzí moučky se zvýšilo i množství jednotlivých aminokyselin. Ve vzorku s 5% přídavkem moučky však z důvodu nízkého podílu k větším změnám nedošlo. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u alaninu, lysinu a cysteinu. Vzhledem k vzorku s 0 % hmyzí moučky bylo ve vzorku s 10% přídavkem hmyzí moučky zaznamenáno statisticky prokázané zvýšení již většiny esenciálních aminokyselin: threonin, valin, leucin, izoleucin, fenylalanin a lysin, z neesenciálních vykazují nejvyšší nárůst aminokyseliny glycin, kyselina asparagová a alanin.

V porovnání s prací Roncolini et al. (2019) dosahovaly stanovené hodnoty aminokyselin alanin, leucin, tyrosin, fenylalanin a lysin téměř shodných hodnot, a to u všech tří vzorků. V případě isoleucinu je zvýšení srovnatelné, ale jeho obsah byl podle Roncolini et al. (2019) nižší, než jsme stanovili. Hodnoty valinu byly asi čtyřnásobně vyšší, než udává Roncolini et al. (2019), metionin však byl naměřen výrazně nižší. Důvodem těchto odchylek by mohly být jiné podmínky chovu a následné zpracování potměníka moučného.

U minerálních látek byl pozorován signifikantní nárůst u zinku, fosforu, hořčíku a železa. V případě zinku byla hodnota ve vzorku bez přídavku moučky 1 700 ng /g, v 10% přídavku moučky se hodnota zvýšila na 4 900 ng /g. Hodnoty fosforu vzrostly ze 45 000 ng /g (VZ0) na 78 000 ng /g (VZ10), u hořčíku byl zaznamenán nárůst z 148 000 ng /g (VZ0) na 312 000 ng /g (VZ10). V případě železa došlo přídavkem 10 % hmyzí moučky ke zvýšení oproti kontrolnímu vzorku o 1 400 ng /g. Nárůst byl zaznamenán také u mědi, kdy byl její obsah v desetiprocentním přídavku vyšší o 1 900 ng /g než ve vzorku bez přídavku moučky. Statistické hodnocení výsledků ukázalo prokazatelně vyšší obsah zinku, železa, draslíku, mědi, hořčíku a fosforu ve vzorku s 10% přídavkem hmyzí moučky v porovnání s kontrolním vzorkem. V případě vzorku s 5% přídavkem hmyzí moučky bylo dokázáno

statisticky významného zvýšení zinku (na 3 120 ng /g), fosforu (na 60 000 ng /g), hořčíku (na 230 000 ng /g) a mědi (na 2800 ng /g) v sušině oproti vzorku bez hmyzí moučky. S vyšším přídatkem hmyzí moučky (tedy na 10 % hmotnosti mouky) tyto hodnoty ještě dále rostly.

Odunlade et al. (2017) ve své studii uvádí obsah hořčíku v pšeničném chlebu 1560 mg /kg, železa 340 mg /kg, zinku 70 mg /kg a vápníku 2490 mg /kg. Tyto výsledky jsou značně nižší než hodnoty, které jsme naměřili. Důvodem by mohla být rozdílná metoda analýzy, Odunlade použil metodu AAS (atomová absorpční spektrometrie). Rozdíl mohl být způsoben také jiným obsahem minerálních látek v mouce použité do těsta.

Křivka vykreslující průběh fermentace má u všech tří vzorků podobný průběh. V první etapě došlo ke krátkému prudkému růstu a v další části křivka pozvolně klesá. Nejrychlejší a nejprudší start fermentace byl detekován v případě VZ10. Hodnoty vzorku VZ5 se držely mezi vzorky VZ0 a VZ10, jen přibližně v polovině monitorování došlo ke stoupaní a následnému klesání, což způsobila chyba měření. V konečné fázi se křivka VZ5 drží nad křivkou VZ0 a křivka VZ10 se drží nad křivkou VZ5. Lze tedy usoudit, že přídatkem potměníka moučného do těsta zlepšuje a zrychluje průběh fermentace těsta. Zjištěnou skutečnost by mohly způsobit blíže zatím neurčené bioaktivní látky obsažené v jedlém hmyzu, které podporují životaschopnost kvasinek v těstě. Díky těmto bioaktivním látkám jsou kvasinky schopny se rychleji rozmnožovat v počátečním stadiu fermentace a pozvolněji odumírají v poslední fázi kynutí.

Měření vodíku senzorem MQ 8 ukázalo, že se zvyšující se koncentrací hmyzu vzrůstá strmost křivky v počáteční fázi. Dále dochází k pozvolnému poklesu. Měření amoniaku senzorem MQ 135 vykazuje strmější nárůst ve vzorku s 5 % hmyzí moučky a s dalším přídatkem je křivka ještě strmější. Strmost jednotlivých křivek je však s porovnáním křivek naměřených u vodíku pozvolnější. V případě měření etanolu senzorem MQ 3 došlo k podobnému jevu jako u dvou předchozích měření s tím rozdílem, že počáteční nárůst byl v tomto případě nejstrmější. Předpokládá se, že ke konci fermentace je vidět uvolnění plynu z bublin vzniklých při fermentaci. TVOC a eCO₂ byly naměřeny kombinovaným senzorem SGP-30, rozsah senzoru bohužel nestačí k pokrytí signálu, čidlo se rychle nasýtilo a senzor ukazoval maximální hodnotu. I přesto je možné vysledovat rychlejší náběh signálu se zvyšující se koncentrací moučky z potměníka moučného v hmyzu.

ZÁVĚR

Předložená práce se zabývala fortifikací pizza těsta jedlým hmyzem, konkrétně byla do mouky přidávána moučka z larev potemníka moučného. Práce byla složena z teoretické a praktické části. Teoretická část se sestávala z literární rešerše na danou problematiku, ve které byl jedlý hmyz zasazen do kontextu potravinové problematiky. Popsána byla i historie a konzumace hmyzu, stejně tak i způsoby chovu a obsah výživových hodnot potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). V další části byla charakterizována pizza jako pokrm, historie výroby pizzy a byly charakterizovány suroviny pro hotový výrobek. Následovalo použití hmyzu v potravinářství, zejména využití v přípravě těst a pekařských výrobků. Rovněž byly popsány výhody a nevýhody konzumace jedlého hmyzu.

Praktická část práce se orientovala na přidávání hmyzí moučky do těsta a jeho následnou analýzu. Byl popsán základní technologický postup pro výrobu pizza těsta, použité metody pro stanovení dusíkatých látek, aminokyselin a minerálních látek a principy měření průběhu fermentace těsta. Následně byly interpretovány a diskutovány výsledky jak mezi sebou, tak s jinými autory.

Hlavním cílem práce bylo získání prvotních informací o změnách sledovaných parametrů vlivem přísad moučky potemníka moučného na vlastnosti těst na pizzu. Byly analyzovány vzorky bez přísady, s 5% a 10% přísadkou moučky potemníka moučného.

Dusíkaté látky byly stanoveny pomocí Kjeldahlovy metody. Bylo prokázáno, že obsah dusíkatých látek vzrostl ze 140 mg /g (vzorek bez moučky) na 150 mg /g (vzorek s přísadkou 5 % hmyzí moučky) a dále na 164 mg /g (vzorek s přísadkou 10 % hmyzí moučky). Potemníka moučného proto lze doporučit ve výživě člověka, ve které je nízké zastoupení bílkovinné složky. Analýzou vzorků s různými podíly hmyzí moučky se potvrdila hypotéza, která předpokládá zvýšení obsahu dusíkatých látek při zvýšení obsahu moučky potemníka moučného.

Stanovení profilu aminokyselin bylo provedeno pomocí chromatografické metody HPLC. Tato analýza ukázala nárůst převážně esenciálních aminokyselin, kde nejvýraznější zvýšení bylo patrné u aminokyselin valin a leucin (v obou případech bylo zvýšení 1,5 g /kg ve vzorku s 10 % přísadkou hmyzí moučky oproti kontrolnímu vzorku), izoleucin (zvýšení o 1,1 g /kg), lysinu a threoninu. Jelikož některé esenciální aminokyseliny lze získat pouze z masa, jedlý hmyz by mohl být jeho vhodnou náhradou. Hypotéza zabývající se zvýšením obsahu vybraných aminokyselin vlivem přísadky jedlého hmyzu byla potvrzena.

Analýza ICP-MS dokázala také významný růst některých minerálních látek. Jednalo se zejména o tyto prvky: zinek, železo, fosfor, hořčík a měď. V některých případech ve vzorku s 10 % hmyzí moučky jejich obsah stoupl až na dvojnásobek oproti vzorku bez přídavku této moučky. Ukázalo se, že přídavek jedlého hmyzu pozitivně ovlivňuje obsah některých minerálních látek v pokrmu. Tímto byla hypotéza, která předpokládá zvýšení vybraných minerálních látek v těstě s přídavkem potemníka moučného, potvrzena. Došlo k obohacení vzorků zejména o ty minerální látky, které jsou ve vyšší míře zastoupeny i ve složení moučky potemníka moučného.

Měření termodynamickými senzory bylo zjištěno, že s přídavkem hmyzí moučky došlo k nárůstu výstupního signálu na počátku fermentace vzorku. Výsledky elektronického nosu prokázaly vliv mezi přídavkem hmyzí moučky a rychlostí kynutí. Hypotéza vycházela z myšlenky, že přídavkem hmyzí moučky do těsta dojde ke změnám v průběhu fermentace, které bude možné monitorovat pomocí termodynamických senzorů. Toto tvrzení se potvrdilo – termodynamické senzory monitorovaly průběh fermentace těsta v čase. Z tohoto monitorování dále vyplynulo, že těsto s přídavkem potemníka moučného vykazovalo rychlejší začátek fermentace vzorků.

Analýzy a následné vyhodnocení prokázalo, že přídavek hmyzí moučky do výrobků může pozitivně ovlivnit některé významné složky potravin. K získání kompletního přehledu o vlivu přídavku jedlého hmyzu na konkrétní látky ve fortifikovaném výrobku by bylo vhodné provést další studie. Stejně tak by bylo vhodné optimalizovat technologické postupy při výrobě potravin s obsahem jedlého hmyzu. Tato studie by mohla být přínosná jako podklad pro další analýzy. Práce obsahuje prvotní informace o změnách v obsahu dusíkatých látek, aminokyselin a vybraných minerálních látek. Tyto výsledky mohou další autoři použít ke srovnání se svým zjištěním, případně je doplnit.

Přestože konzumace hmyzu v podmínkách České republiky není podporována a změna zákonů vzhledem ke konzumaci je velmi pomalá, povědomí o entomofáгии se mezi populací stále více rozšiřuje. Pro většinu lidí hmyz stále představuje spíše něco, co nejsou schopni požívat, nejsou obecně seznámeni s nutričními hodnotami a pozitivy konzumace. Některé spotřebitele zase odrazuje nepříznivá cena těchto výrobků. Předpokládá se však, že konzumace jedlého hmyzu se bude postupně rozšiřovat a jedlý hmyz bude v blízké budoucnosti běžně konzumovanou potravinou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADÁMEK, Martin, Anna ADÁMKOVÁ, Jiří MLČEK, et al. Sensor Systems for Detecting Dough Properties Fortified with Grape Pomace and Mealworm Powders. *Sensors* [online]. 2020, **20**(12) [cit. 2021-04-07]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20123569.

ADÁMEK, Martin, Michal ŘEZNÍČEK a Anna ADÁMKOVÁ. The simple thermodynamic sensors for process monitoring in milk production. *Electroscope* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, 2010, **2010**(3) [cit. 2021-04-07]. ISSN 1802-4564. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/574>.

ADÁMKOVÁ, Anna, Dana TANČINOVÁ a Martin ADÁMEK. The estimated possibilities of thermodynamic sensors in food industry. *MendelNet* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, **2013**(20) [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2013/articles/44_adamkova_924.pdf?id=924&file=44_adamkova_924.pdf.

ADÁMKOVÁ, Anna, Jiří MLČEK, Martin ADÁMEK et al. Effect of temperature and feed on the mineral content and the content of selected heavy metals in mealworm. *Journal of Elementology* [online]. 2020, **2020**(25) [cit. 2021-04-09]. ISSN 1644-2296. Dostupné z: doi:10.5601/jelem.2019.24.4.1932

Amigo: Mexicano restaurant a pizzeria [online]. České Budějovice, 2012 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <http://amigopizza.cz/jedly-hmyz-2012/>

BAEK, Minhee, Mi-Ae KIM, Yun-Suk KWON, Jae-Sam HWANG, Tae-Won GOO, Mira JUN, and Eun-Young YUN. (2019) Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. *Entomological Research*, 49: 284–293. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12363>.

BEDNÁŘOVÁ, Martina, Marie BORKOVCOVÁ, Jiří MLČEK, Otakar ROP a Ladislav ZEMAN. Edible insects – species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [online]. 2013, 61(3), 587-593 [cit. 2021-5-7]. ISSN 12118516. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201361030587

BORKOVCOVÁ, Marie. *Šváb v těstíčku je pochoutka pro fajnsmekry* [online]. 2008 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://www.ct24.cz/textove-prepisy/19129-svab-v-testicku-jepochoutka-pro-fajnsmekry-rika-marie-borkovcova/>

BORKOVCOVÁ, Marie. *Hmyz na talíři*. V Brně: Jota, 2015. ISBN 978-80-7462-915-0.

BORKOVCOVÁ, Marie. *Kuchyně hmyzem zpestřená*. Brno: Lynx, 2009-. ISBN 978-80-86787-37-4.

Brouk na talíři [online]. Brno, 2016 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <http://www.brouknataliri.cz/jak-se-vari-v-krkonosich/>

BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 9788074542787.

BURKERT, Tomáš. *Hmyz – lahůdka budoucnosti* [online]. 2007 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://www.jaktodelaji.cz/clanek/Hmyz---lahudka-budoucnosti>

BURTON, Oliver, Paola ZACCONI The potential role of chitin in allergic reactions. *Trends in immunology*. 2007. 28. [cit. 2021-03-28] Dostupné z: doi: 10.1016/j.it.2007.08.005.

CAPPELLI, Alessio, Noemi OLIVA, Guglielmo BONACCORSI, Chiara LORINI a Enrico CINI. Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domestica*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour? *LWT* [online]. 2020, 118 [cit. 2021-5-7]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2019.108867.

CERRITOS, René. *Insects as food: An ecological, social and economical approach*. Cab Reviews: *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 2009. 4. 10.1079/PAVSNNR20094027.

Crickeaters [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://crickeaters.cz/>

CULLINEY, Kacey. Everyday insects? Danish startup primed to launch micronutrient-rich cricket crispbread. *Nutra Ingredients* [online]. Crawley, England, 2019 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.nutraingredients.com/Article/2019/02/15/Insect-snack-startup-Wholifoods-to-launch-cricket-crispbread>.

ČSN ISO 5530-1 Fyzikální charakteristiky těst. Část 1: Stanovení vaznosti vody a reologických vlastností na farinografu.

ČSN ISO 5530-4 Fyzikální charakteristiky těst. Stanovení reologických vlastností na alveografu.

DATINSKÁ, Blanka. Mouka, to je kumšt. *Jídlo a radost* [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.jidloaradost.ambi.cz/clanky/mouka-to-je-kumst/>.

DICKE, Marcel et al. *The insect cookbook: food for a sustainable planet*. Columbia University Press, 2012. ISBN 978-0-231-16684-3.

Differences between US and Italian Pizza. *Hungry Howie's* [online]. Florida, 2016 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.hungryhowies.com/blog/american-vs-italian-pizza>.

DION-POULIN, Alexandra, Myriam LAROCHE, Alain DOYEN a Sylvie L. TURGEON. Functionality of Cricket and Mealworm Hydrolysates Generated after Pretreatment of Meals with High Hydrostatic Pressures. *Molecules* [online]. 2020, 25(22) [cit. 2021-5-10]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules25225366.

DOSKOČIL, Ivo. Role hmyzu ve výživě člověka. *Viscojis.cz* [online]. Praha, 11. 3. 2021 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://viscojis.cz/vyziva/vyiva-vek/963-role-hmyzu-ve-vyzive-cloveka>

DOUŠA, M. Stanovení aminokyselin v krmivech [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupný z WWW: <http://hplcl1.sweb.cz/Amk/amk.htm>.

Edible Insects Market: Global Analysis, Size, Share, Value, Demand, Market Growth By 2024 [online]. 2018. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/edible-insects-market.asp>.

EFSA, Risk profile related to production and consumption of insects as food and

ENGSTRÖM, Anders. The big list of edible insect products. *Bug Burger* [online]. Sweden, 2020 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.bugburger.se/guide/the-big-list-of-edible-insect-products/>

FINKE, D. Mark, S. ROJO, N. ROOS, A. VAN HUIS a A.L. YEN. The European Food Safety Authority scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed* [online]. 2015, 1(4), 245-247 [cit. 2021-03-30]. ISSN 2352-4588. Dostupné z: doi:10.3920/JIFF2015.x006

FINKE, Mark D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* [online]. 2002, 21(3), 269-285 [cit. 2021-04-07]. ISSN 0733-3188. Dostupné z: doi:10.1002/zoo.10031.

FINKE, Mark D. Nutrient Content of Insects. *Encyclopedia of Entomology* [online]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, s. 1563-1575 [cit. 2021-04-07]. ISBN 0-7923-8670-1. Dostupné z: doi:10.1007/0-306-48380-7_2920.

FORSELL, Tuomas, 2017: Finland baker launches bread made from crushed crickets. In: Reuters [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/usfinland-ediblebugs/finland-baker-launches-bread-made-from-crushed-cricket?id=USKBN1DN17E>

Free nature images [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.freenatureimages.eu/animals/Coleoptera,%20Kever,%20Beetles/Tenebrio%20moli-%20tor,%20Yellow%20Mealworm/index.html#Tenebrio%2520molitor%25201%252C%2520Meeltor%252C%2520also%2520larva%2520and%2520pupa%252C%2520Saxifraga-Frits%2520Bink.jpg>.

GONZÁLEZ, Cristina M., Raquel GARZÓN a Cristina M. ROSELL. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2019, 51, 205-210 [cit. 2021-5-13]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifset.2018.03.021.

HABER, M., M. MISHYNA, J.J. Itzhak MARTINEZ a O. BENJAMIN. The influence of grasshopper (*Schistocerca gregaria*) powder enrichment on bread nutritional and sensorial properties. *LWT* [online]. 2019, 115 [cit. 2021-5-13]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2019.108395.

HAHN, Thomas, Aileen ROTH, Eva FEBEL, Malgorzata FIJALKOWSKA, Eric SCHMITT, Tarique ARSIWALLA a Susanne ZIBEK. New methods for high-accuracy insect chitin measurement. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2018, 98(13), 5069-5073 [cit. 2021-04-07]. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.9044.

HUBÁLEK, Jaroslav, Jana DRBOHLAVOVÁ, Jan PRÁŠEK, Petra BUŠINOVÁ a Mária BENDOVIÁ. *Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy* [online]. Brno: VUT, 2012 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/33524871-Mikrosenzory-a-mikroelektromechanicke-systemy.html>.

JAJIC, Igor, Aleksandra POPOVIC, Miroslav UROSEVIC, Saša KRSTOVIC, Miloš PETROVIC, Darko GULJAŠ, & Miljan SAMARDZIC. (2020). Fatty and amino acid pro-

file of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry*. 36. 167-180. 10.2298/BAH2002167J. *Amigo: Mexicano restaurant a pizzeria* [online]. České Budějovice, 2012 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <http://amigopizza.cz/jedly-hmyz-2012/>

JAVOREK, Vladimír. *Kapesní atlas brouků s určovacím klíčem vyobrazených druhů: pomocná kniha pro základní devítileté školy, střední všeobecně vzdělávací, 2. vyd.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1968. *Obrazové pomocné knihy pro všeobecně vzdělávací školy*. ISBN 14-856-68.

JOHNSON, D. V. *The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management*. *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*. 2010.

JONGEMA, Yde. *Insects for food and feed: Which insects?* FAO [online]. Rome, 2015 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <http://www.fao.org/edible-insects/84627/en/>.

JONGEMA, Yde. *List of edible insects of the world*. WUR, 2017 [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/PlantSciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>.

KABOURKOVÁ, Zdena. *Pizza pochází z Řecka*. *Český rozhlas* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://regiony.rozhlas.cz/pizza-pochazi-z-recka-7420592>.

KOTÁSEK, Petr. *Historie pizzy*. *Freestyle pizza* [online]. Nová Paka, 2010 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://freestylepizza.cz/historie-pizzy/>.

KOTÁSEK, Petr. *Tuk*. *Freestyle pizza* [online]. Nová Paka, 2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://freestylepizza.cz/tuk/>.

KRUPA, Lukáš. *Pizza historie – odkud pochází a jak vůbec vznikla?* *Pizzaguru* [online]. Valašské Meziříčí, 2018 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://pizzaguru.cz/>.

KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 80-7157-811-8.

LALANNE, Guiomar Melgar, Alan - Javier HERNÁNDEZ - ÁLVAREZ a Alejandro Salinas CASTRO. *Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2019, 18(4) [cit. 2021-4-30]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111.

LI, LeYuan, ZhiRuo ZHAO a Hong LIU. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica* [online]. 2013, 92, 103–109. [cit. 2021-04-02]. ISSN 0094-5765. Dostupné z: doi:10.1016/j.actaastro.2012.03.012

MENDÉZ, Maria R. *Electronic Noses and Tongues in Food Science*. Massachusetts: Academic Press, 2016. ISBN 9780128002438.

MILTON, Katharinne. *Protein and Carbohydrate Resources of the Maku Indians of Northwestern Amazonia*. *American Anthropologist*. 1984, 7. ISSN 00027294.

Mini GF Insect. *Farm fresh* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.farmfresh.pet/dogdryfood/Mini-GF-Insect>.

MITSUHASHI, Jun, et al. The future use of insects as human food. *Forest insects as food: humans bite back*, 2010, 115: 122.

MLČEK, Jiří, Anna ADÁMKOVÁ, Martin ADÁMEK, Marie BORKOVCOVÁ, Martina BEDNÁŘOVÁ a Ivana KNÍZKOVÁ. Fat from Tenebrionidae Bugs - Sterols Content, Fatty Acid Profiles, and Cardiovascular Risk Indexes. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [online]. 2019/3(69) [cit. 2021-03-28]. ISSN 2083-6007. Dostupné z: doi:10.31883.

MLČEK, Jiří, Otakar ROP, Marie BORKOVCOVÁ a Martina Bednářová. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2014, 64. 10.2478/v10222-012-0099-8.

NOWAK, Verena, Diedelinde PERSIJN, Doris RITTENSCHOBBER a U. Ruth CHARRONDIERE. Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry* [online]. 2016, 193, 39–46. ISSN 18737072. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.114

ODUNLADE, T. V., A. A. FAMUWAGUN, K. A. TAIWO, S. O. GBADAMOSI, D. J. OYEDELE a O. C. ADEBOOYE. Chemical Composition and Quality Characteristics of Wheat Bread Supplemented with Leafy Vegetable Powders. *Journal of Food Quality* [online]. 2017, 2017, 1-7 [cit. 2021-5-13]. ISSN 0146-9428. Dostupné z: doi:10.1155/2017/9536716.

ONDRÁČEK, Jaroslav. *Chov hmyzu – zdroj živočišných krmiv*. České Budějovice: Bioinfo, 1992.

ONDRAČKOVÁ, Luisa. *Nejnovější ilustrovaná kuchařská kniha obsahující 3705 vyzkoušených a osvědčených předpisů, jakož i mnohé praktické pokyny pro hospodyně: Příručka pro kuchařské a hospodyňské školy s českou řečí vyučovací*. VI. doplněné vydání. Brno: Občanská tiskárna, 1937.

OONINCX, Dennis G. A. B., Joost VAN ITTERBEECK, Marcel J. V. HEETKAMP, Henry VAN DER BRAND, Joop J. A. VAN LOON a Arnold VAN HUIS. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *Plos One* [online]. 2010, 2010 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: doi:10.1371.

PÁNEK, Jan, Jan POKORNÝ a Jana DOSTÁLOVÁ. *Základy výživy a výživová politika*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-468-

Papek s. r. o. [online]. Jaroměřice nad Rokytinou – Popovice, 2020 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <http://www.papek.cz/>.

PAUL, Aman, Michel FREDERICH, Rudy Caparros MEGIDO, et al. Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* [online]. 2017, **20**(2), 337-340 [cit. 2021-04-07]. ISSN 12268615. Dostupné z: doi:10.1016/j.aspen.2017.02.001.

PAUTER, Paulina, Maria RÓŽAŇSKA, Paulina WIZA, Sandra DWORCZAK, Natalia GROBELNA, Paulina SARBAK a Przemysław Ł. KOWALCZEWSKI. Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* [online]. 2015, 17(3), 227-233 [cit. 2021-5-13]. ISSN 16440730. Dostupné z: doi:10.17306/J.AFS.2018.0570.

PERIS, Miguel a Laura ESCUDER-GILABERT. A 21st century technique for food control: Electronic noses. *Analytica Chimica Acta* [online]. 2009, **638**(1), 1-15 [cit. 2021-04-07]. ISSN 00032670. Dostupné z: doi:10.1016/j.aca.2009.02.009.

PERSAUD, Krishna a George DODD. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature* [online]. 1982, **299**(5881), 352-355 [cit. 2021-04-07]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/299352a0.

Pizza – Italská pochoutka pro mistry. *Gastro1* [online]. 2019 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <http://gastro1.cz/pizza-italska-pochoutka-pro-mistry/>.

Pizza Marinara. *Original pizza* [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <http://www.originalpizza.cz/pizza-menu?view=product&id=5236970a-a89b-11e5-bf7f-feff819cdc9f>

Pravdy a mýty o droždí. *Droždí* [online]. Olomouc, ©2010–2015 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://drozdi.cz/peceni-nas-bavi/pravdy-a-myty-o-drozdi>.

PŘÍHODA, Josef a Marie HRUŠKOVÁ. *Hodnocení kvality: aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 2007. Mlynářská technologie. ISBN 978-80-239-9475-9.

PŘÍHODA, Josef, Pavla HUMPOLÍKOVÁ a Dana NOVOTNÁ. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 2003. ISBN 80-902922-1-6.

RAMOS-ELORDUY, Julieta. Insects: A sustainable source of food? *Ecology of Food and Nutrition* [online]. 1997, **36**(2-4), 247-276 [cit. 2021-04-06]. ISSN 0367-0244. Dostupné z: doi:10.1080/03670244.1997.9991519

RÖCK, Frank, Nicolae BARSAN a Udo WEIMAR. Electronic Nose: Current Status and Future Trends. *Chemical Reviews* [online]. 2008, **108**(2), 705-725 [cit. 2021-04-07]. ISSN 0009-2665. Dostupné z: doi:10.1021/cr068121q.

RONCOLINI Andrea, Vesna MILANOVIC, Federica CARDINALI, Andrea OSIMANI, Cristiana GAROFALO, Riccardo SABBATINI, et al. (2019) Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor L.*) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLOS ONE* 14(2): e0211747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211747>.

RONCOLINI, Andrea, Vesna MILANOVIC, Lucia AQUILANTI, Federica CARDINALI, Christiana GAROFALO, Riccardo SABBATINI, Francesca CLEMENTI a et al. Lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) powder as a novel baking ingredient for manufacturing high-protein, mineral-dense snacks. *Food Research International* [online]. 2020, (131) [cit. 2021-5-9]. ISSN 0963-9969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2020.109031.

RUMPOLD, Birgit A. a Oliver K. SCHLÜTER. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* [online]. 2013, **57**(5), [cit. 2021-03-30]. ISSN 16134125. Dostupné z: doi:10.1002/mnfr.201200735

Sens food [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://damesens.cz/>

SCHOUTETEN, Joachim, Hans De STEUR, Sara De PELSMAEKER, Sofie LAGAST, Joel JUVINAL, Ilse De BOURDEAUDDHUIJ, Wim VEREKE, and Xavier GELLYNCK. 2016. Emotional and Sensory Profiling of Insect-, Plant- and Meat-based Burgers Under Blind, Expected and Informed Conditions. *Food Quality and Preference* 52: 27–31.

SIEMIANOWSKA, Ewa, Agnieszka KOSEWSKA, Marek ALJEWICZ, Krystyna A. SKIBNIEWSKA, Lucyna POLAK-JUSZCZAK, Adrian JAROCKI a Marta JEĐDRAS. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences* [online]. 2013, 04(06), 287-291 [cit. 2021-04-07]. ISSN 2156-8553. Dostupné z: doi:10.4236/as.2013.46041

SMETANA, Sergiy, et al. Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 137: 741-751. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.148

SMOČEK, Tomáš. Mouka a její druhy. *Tomáš Smoček* [online]. 2015 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://tomassmocek.cz/mouka/>.

SPONHEIMER, Matt., De Ruiter, D., Lee-Thorp, J., Späth, A. Sr/Ca and early hominin diets revisited: New data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*. 48. 2005

SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.

Thailand unique, 2018: Thailand Unique - Edible Insects for sale US, UK, EU and worldwide [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.thailandunique.com/>

TOLIMAT, Rani. Cvrččí mouka jako jakákoliv jiná. Česká firma z ní peče chleba a plánuje výrobu těstovin. *Svět chytré* [online]. Crawley, England, 2019 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.svetchytre.cz/a/pkRRH/cvrcci-mouka-jako-jakakoliv-jina-ceska-firma-z-ni-pece-chleba-a-planuje-vyrobu-testovin>.

VÁCLAVÍK, Milan. *Extrémní gastronomie: Nebojte se experimentovat v jídle. Zkuste cvrčka nebo krokodýla*. [online]. 15. 1. 2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/go-regiontour/aktuality/nebojte-se-experimentovat-v-jidle-zkuste-cvrcka-ne/>

van HUIS, Arnold. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security [online]. Rome: FAO, 2013 [vid. 2017-12-05]. FAO Forestry Paper. ISBN 978-92-5- 107595-1. Dostupné z:

<http://ezproxy.muni.cz/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,cookie,uid&db=nlebk&AN=682076&lang=cs&site=eds-live&scope=site>.

VANTOMME, Paul, Daniela GÖHLER a François N'DECKERE-ZIANGBA. *Contribution of forest insects to food security and forest conservation: The example of caterpillars in Central Africa*. Odi Wildlife Policy Briefing. nedatováno, Leden 2004

VAŠÁKOVÁ, Andrea. Esenciální aminokyseliny: Tělo bez nich nemůže fungovat. Jak je doplnit? Nutriadapt [online]. Praha, 2018, 2018 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.nutriadapt.cz/zajimave-cteni/esencialni-aminokyseliny-latky-bez-kterych-lidske-telo-nemuze-fungovat-jak>.

Vice [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.vice.com/en/article/kz49an/google-served-mealworm-infested-pizza-in-its-cafeteria>.

WEISS, Martin, Michael MANNEBERG, Jean-François JURANVILLE, Hans-Werner LAHM a Michael FOUNTOULAKIS. Effect of the hydrolysis method on the determination of the amino acid composition of proteins. *Journal of Chromatography A* [online]. 1998, 795(2), 263-275 [cit. 2021-5-15]. ISSN 00219673. Dostupné z: doi:10.1016/S0021-9673(97)00983-7.

WILSON, Alphas a Manuela BAIETTO. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. *Sensors* [online]. 2009, 9(7), 5099-5148 [cit. 2021-04-07]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s90705099.

WormUp: Slané pochoutky z hmyzu [online]. Vamberk, 2021 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.wormup.com/>

XIAOMING, Chen, Feng YING, Zhang HONG a Chen ZHIYONG. Review of the nutritive value of edible insects. Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008 [online]. 2010, 85-92 [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103207745>.

YEN, Alan L. Entomophagy and insect conservation: some thoughts for digestion. *Journal of Insect Conservation* [online]. 2009, [cit. 2021-03-30]. ISSN 1366-638X. Dostupné z: doi:10.1007/s10841-008-9208-8

YI, Liya, Catriona M.M. LAKEMON, Leonard M.C. SAGIS, Verena EISNERSCHADLER, Arnold VAN HUIS a Martinus A.J.S. VAN BOEKEL. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry* [online]. 2013, 141, 3341–3348. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.115.

ZBÍRAL, J. Jednotné pracovní postupy – zkoušení krmiv. Stanovení obsahu aminokyselin. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní referenční laboratoř. 2009.

ZIELIŃSKA, Ewelina, Barbara BARANIAK, Monika KARASŃ, Kamila RYBCZYŃSKA a Anna JAKUBCZYK. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International* [online]. 2015, 77, 460-466 [cit. 2021-04-07]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2015.09.008.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vývojová stádia <i>Tenebrio molitor</i>	17
Obrázek 2: Pizza s potemníkem moučným.....	26
Obrázek 3: Průběh fermentace těst.....	42
Obrázek 4: Měření vodíku senzorem MQ 8.....	43
Obrázek 5: Měření amoniaku senzorem MQ 135.....	44
Obrázek 6: Měření etanolu senzorem MQ 3.....	45
Obrázek 7: Měření TVOC kombinovaným senzorem SGP-30.....	46
Obrázek 8: Měření eCO ₂ kombinovaným senzorem SGP-30.....	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Nutriční hodnoty surovin	32
Tabulka 2: Navážky surovin pro výrobu vzorků I	33
Tabulka 3: Navážky surovin pro výrobu vzorků II	33
Tabulka 4: Naměřené hodnoty dusíkatých látek, sušiny a vlhkosti sušených vzorků	39
Tabulka 5: Naměřené hodnoty vybraných minerálních látek ve vzorcích	40
Tabulka 6: Naměřené hodnoty aminokyselin ve vzorcích	41

