

Stanovení nutričních hodnot a pozorování životního cyklu potemníka moučného (*Tenebrio molitor*)

Radek Vychodil

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Radek Vychodil
Osobní číslo:	T17684
Studijní program:	B2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor:	Chemie a technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení nutričních hodnot a pozorování životního cyklu potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)

Zásady pro vypracování

1. Popište vývojové stádia a rozmnožování jedlého hmyzu se zaměřením na potemníka moučného ? literární rešerše
2. Popište nutriční hodnotu jedlého hmyzu v závislosti na výživě se zaměřením na potemníka moučného ? literární rešerše
3. Proveďte chov potemníka moučného a sledujte rozmnožování, mortalitu a nutriční hodnotu v závislosti na 4 typech krmiva
4. Výsledky statisticky vyhodnotte a vyvodte závěry ? které krmivo je nevhodnější z hlediska nutriční hodnoty, reprodukce a mortality

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] ZIELIŃSKA E, BARANIAK B, KARAS M, RYBCZYŃSKA K AND JAKUBCZYK A. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Research International. 2015, 77: 460-466.
- [2] VAN HUIS A, VAN ITTERBEECK J, KLUNDER H, MERTENS E, HALLORAN A, MUIR G AND VANTOMME P. Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO UN, Forestry Department. Rome, 2013, 171: 201.
- [3] NOWAK V, PERSIJN D, RITTENSCHOBBER D, CHARRONDIERE UR. Review of food composition data for edible insects. Food chemistry, 2016, 193: 39-46.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. et Ing. Anna Adámková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou 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 užít své dílo – bakalářskou 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 bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské 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 na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Jedlý hmyz jako nová potravina je v poslední době jedním z nejdiskutovanějších témat v oblasti potravinářství a výživy člověka v Evropě. Tato bakalářská práce byla proto zaměřena na pozorování životního cyklu potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) v závislosti na běžném i alternativním krmivu a dopadu tohoto vlivu na nutriční hodnoty. Teoretická část popisuje charakteristiku jedlého hmyzu se zaměřením na potemníka moučného, použitého alternativního krmiva a faktory ovlivňující chov. Praktická část byla zaměřena na vlastní chov jedlého hmyzu, který byl podle krmiva (pšeničné otruby, syrovátka, brambory, polystyrenová pěna) rozdělen do 4 experimentálních skupin. Experimentální část byla rozdělena na 2 fáze. První fáze byla zaměřena na dlouhodobé pozorování životního cyklu potemníka moučného v malé chovné skupině, zejména na chování a vývoj larev a kukel, a efektivitě použitého krmiva. Jako ideální krmivo bylo vyhodnoceno otrubové krmivo, které snížilo úmrtnost, urychlilo a stabilizovalo vývoj a zanechalo optimální podmínky pro reprodukci. Ostatní druhy krmiva samostatně nejsou vhodné pro použití jako krmivo, ale mohou být použité jako suplementace pro zvýšení esenciálních živin pro potemníka moučného. Nutriční hodnota krmiva však není jediným kritériem pro vysokou kvalitu krmiva. Významný vliv mají i jeho další vlastnosti. Dále bylo zjištěno, že kanibalismus potemníka moučného není zapříčiněn pouze nedostatkem krmiva, ale celou stabilitou chovu. Druhá fáze práce byla zaměřena na pozorování chování hmyzu ve větším kolektivu a na stanovení nutričních hodnot. V této části se také jako velmi výhodné jevílo otrubové krmivo, které bylo vyhodnoceno jako nejlepší pro larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) z celé práce. Toto krmivo vykazuje ideální vlastnosti jako vysoké nutriční hodnoty (vysoký obsah dusíkatých látek, tuků a mastných kyselin u larev), vysokou trvanlivost, lehkou manipulaci, nízkou cenu a snadnou dostupnost.

Klíčová slova: potemník moučný, jedlý hmyz, krmivo, chov, nutriční hodnota

ABSTRACT

Edible insects as a novel food have recently been one of the most discussed topics in the field of food and human nutrition in Europe. This bachelor thesis was therefore focused on the observation of the life cycle of mealworm (*Tenebrio molitor*) depending on common and alternative feed and the impact of this effect on nutritional values. The theoretical part describes the characteristics of edible insects with a focus on mealworm, used alternative feed and factors affecting breeding. The practical part was focused on the own breeding of edible insects, which was divided into 4 experimental groups according to the feed (wheat bran, whey, potatoes, polystyrene foam). The experimental part was divided into 2 phases. The first phase was focused on long-term observation of the life cycle of mealworm in a small breeding group, especially on the behaviour and development of larvae and pupae, and the efficiency of the used feed. Bran feed was evaluated as the ideal feed, which reduced mortality, accelerated and stabilized development and left optimal conditions for reproduction. The other types of feed are not suitable for use independently as a feed but can be used as supplements to increase essential nutrients for mealworm. However, the nutritional value of feed is not the only criterion for high feed quality. Its other properties also have a significant effect. Furthermore, it was found that the cannibalism of mealworm is not only caused by a lack of feed, but by the whole stability of breeding. The second phase of the work was focused on observing the behaviour of insects in a larger group and on determining nutritional values. In this part, wheat bran feed also appeared to be very advantageous, which was evaluated as the best for the larvae of mealworm (*Tenebrio molitor*) from the whole work. This feed has ideal properties such as high nutritional values (high content of nitrogenous substances, fats and fatty acids in larvae), high shelf life, easy handling, low price and easy availability.

Keywords: mealworm, edible insect, feed, breeding, nutritional values

Rád bych poděkoval především své školitelce Ing. et Ing. Anně Adámkové Ph.D. a jejímu manželovi Ing. Martinu Adámkovi Ph.D. za spolupráci, odborné vedení a cenné rady v průběhu této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Mgr. Robertu Víchovy Ph. D. za odborné vedení a cenné rady při měření nutričních hodnot. Nakonec bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za psychickou podporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA JEDLÉHO HMYZU	12
1.1 Hlavní zástupci jedlého hmyz	12
1.2 Vývojový cyklus potměníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>).....	12
1.3 Faktory ovlivňující chov	14
1.3.1 Vývojové stádium	14
1.3.2 Teplota a vlhkost	15
1.3.3 Krmivo	15
1.3.4 Země chovu	16
2 KRMIVO	17
2.1 Otruby	17
2.2 Brambory	18
2.3 Syrovátka	18
2.4 Polystyren	19
2.4.1 Biodegradace polystyrenu	19
3 NUTRIČNÍ HODNOTY POTĚMŇÍKA MOUČNÉHO	21
3.1 Energetická hodnota	21
3.2 Sušina	21
3.3 Bílkoviny	22
3.4 Tuky	24
3.5 Sacharidy	26
3.6 Vitamíny	26
3.7 Minerální látky	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
4 MATERIÁL A METODIKA	30
4.1 Chov a pozorování životního cyklu (<i>Tenebrio molitor</i>)	30
4.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek	31
4.3 Stanovení obsahu tuků	32
4.4 Stanovení profilu mastných kyselin	32
4.5 Statistické vyhodnocení dat	33
5 VÝSLEDKY PRÁCE	34
5.1 Chov a pozorování životního cyklu (<i>Tenebrio molitor</i>)	34
5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek	38

5.3	STANOVENÍ OBSAHU TUKŮ	39
5.4	STANOVENÍ PROFILU MASTNÝCH KYSELIN	40
ZÁVĚR	.....	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	.....	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	53
SEZNAM TABULEK	.....	54

ÚVOD

Nové potraviny jako jsou potemník moučný (*Tenebrio molitor*), saranče pustinné (*Schistocerca gregaria*), lišejník islandský (*Cetraria islandica*) a potočnice lékařská (*Nasturtium officinale*) jsou jedním z nejdiskutovanějších témat v oblasti potravinářství a výživy. Názory a reakce na konzumaci jedlého hmyzu jsou v současnosti v západních zemích protichůdné. Část spotřebitelské populace reaguje na konzumaci jedlého hmyzu s odporem. Na druhou stranu přibývá spotřebitelů, kteří jsou ochotni začlenit tuto komoditu do svého života. Podmínky chovu, kvalita a druh krmiva, ale i otázka welfare a jejich dopad na nutriční hodnotu je mezi těmito zájemci o chov neustále více diskutována. Mezi většími chovateli a širokou veřejností jsou pak diskutovány hlavně otázky ohledně dopadu chovu na životní prostředí, výhod a nevýhod chovu a možnosti chovu ve ztížených podmínkách, kde není možné chovat běžné druhy hospodářských zvířat (nehostinné oblasti Afriky, Asie, ...). V dnešní době se proto jedlý hmyz konzumuje zejména v Africe, Asii a jižní Americe. V Evropě byla konzumace jedlého hmyzu výrazně potlačena a jedlý hmyz se v současnosti teprve vrací do života evropského spotřebitele a o jeho zájem se starají především specializované restaurační podniky a festivaly jídla, které tyto pokrmy podávají jako speciality.

Člověk konzumuje jedlý hmyz již od počátku své existence. První zmínky o konzumaci jedlého hmyzu již byly zaznamenány v malbách z období neolitu. Další důkazy pocházejí z fosilií exkrementů v oblastech Mexika, kde byly nalezeny pozůstatky hmyzu jako například larvy brouků, mravenců a vší.

Jedlý hmyz má z nutričního hlediska zajímavé složení, které se může měnit výrazným způsobem podle druhu hmyzu. Existují druhy, které disponují zvýšeným obsahem proteinů v sušině (více než 80 % rus domácí) a naopak druhy, které obsahují cca 60 % tuku v sušině (zavíječ voskový). Z tohoto důvodu může jedlý hmyz sloužit jako vhodná alternativa pro výživu. Zejména druhy s vysokým podílem proteinů jsou v současnosti vyhledávanou živinou pro zdraví životní styl. Dalším benefitem jedlého hmyzu je zajímavé zastoupení minerálních látek jako například železo, zinek, vápník, fosfor, hořčík, mangan a měď. Cílem této práce bylo získání prvotních znalostí a informací o dopadu vlivu typu krmiva na nutriční hodnoty potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). Dalším cílem bylo získat poznatky o reprodukci a mortalitě tohoto druhu v závislosti na krmivu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA JEDLÉHO HMYZU

Konzumaci jedlého hmyzu je možné označit pojmem „Entomofagie“ (z řeckého odvození éntomon „hmyz“ a phagein „jíst“) a znamená využití hmyzu jako potravy. V současné době se konzumace hmyzu stala běžnou ve 113 zemích po celém světě a je známo, že více jak 2000 druhů hmyzu je požitelných člověkem. Největší spotřeba hmyzu je v Africe, Asii a Jižní Americe. Jedlý hmyz má velký potenciál stát se vysoce kvalitním zdrojem potravy pro hospodářská zvířata a lidi. Všeobecná pozornost odborné i laické veřejnosti na jedlý hmyz roste a zaměřuje se na něj jako na možný nový zdroj bílkovin. Důvodem jsou ekonomické náklady na konvekční zdroje bílkovin jako maso, mléko, nebo sójová moučka, které neustále rostou a jedlý hmyz by mohl tyto náklady redukovat. Současně mohou být využity některé druhy jedlého hmyzu v recyklaci odpadních produktů [1,2,3].

1.1 Hlavní zástupci jedlého hmyz

Evropskou kategorizaci jedlého hmyzu zajišťuje organizace EFSA (European food safety authority), jejíž cílem je zvýšení zástupců hmyzu pro zemědělské a potravinářské účely. Podle organizace EFSA je v Evropě možné chovat a konzumovat následující druhy: potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), potěmník brazilský (*Zophobas morio*), potěmník stájový (*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*). [4]

Z globálního měřítka se uvádí, že nejčastější hmyz používaný ke konzumaci jsou brouci, housenky, včely, vosy a mravenci. Za nimi následují kobylky, cvrčci, cikády, termiti, vážky, mouchy a další druhy. [2]

1.2 Vývojový cyklus potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*)

Potěmník moučný se vyvíjí s naprostou proměnou stavby těla. Do vývoje se zahrnují čtyři stádia životního cyklu (vajíčko, larva, kukla a dospělec). Samice dospělců kladou přibližně 160 až 400 vajíček. V závislosti na kvalitě chovu může často docházet k požíráání vajíček dospělci a tím i k zmenšení celkové produktivity chovu. Vajíčka se líhnou přibližně po 2 týdnech a přitom se stávají larvy. [5,6]

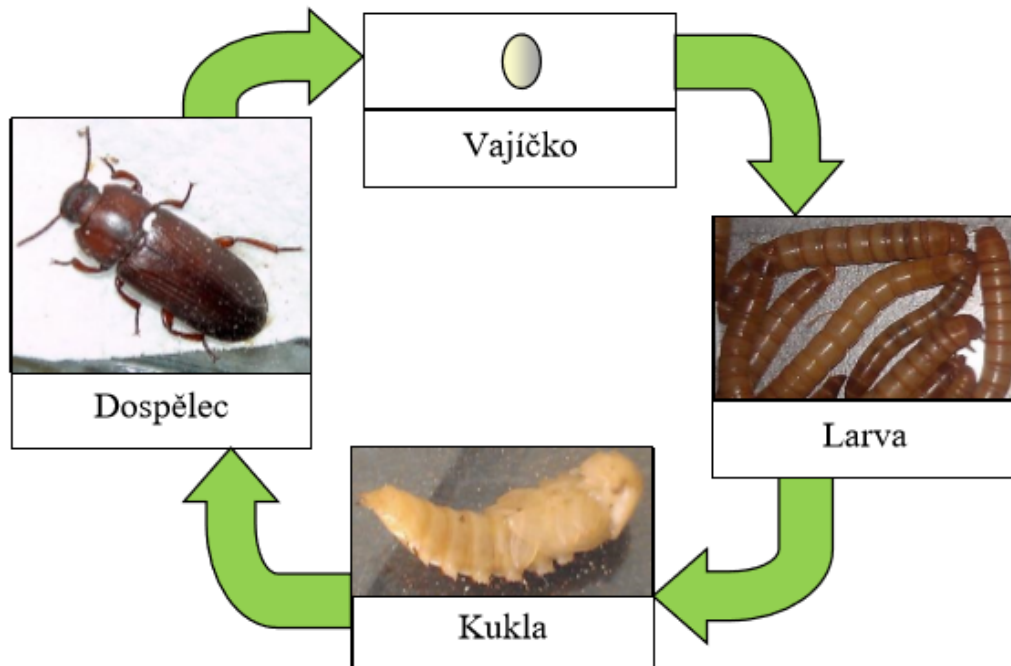
Larvy potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*) dorůstají do velikosti přibližně 30 mm, mají žlutohnědou barvu a jejich vývoj probíhá v 8 až 20 svlékání, přičemž se mění jejich velikost a nutriční stavba těla viz. obrázek č. 1. Počet svlékání je ovlivněn řadou faktorů jako

například kvalitou potravy, teplotou nebo vlhkostí. Doba stádia larev se proto může dost lišit. Podle jiných autorů je přibližná doba larválního stádia okolo 10 týdnů. Podle efektivity chovu je možné toto vývojové stádium zkrátit až na 5 týdnů. [5,7]



Obrázek č. 1 Vývoj stádia larev mezi jednotlivými instary [8]

Při dosažení posledního larválního stádia se larva zakuklí a přechází do stádia kukly. Kukla má běložlutou barvu a její vývoj trvá 5–10 dnů v závislosti na teplotě. Barva kukly časem tmavne a při zhnědnutí hlavy se z kukly vylíhne dospělec. Ten má na začátku světlou barvu a postupem dnů se jeho barva mění na černou. Dospělý brouk je 12-18 mm dlouhý a dožívá se 3-5 týdnů. Poslední stadium potěmnik moučný využívá především k reprodukci. Dospělec je schopný se rozmnožovat přibližně po 7 dnech od vykuklení. Reprodukční cyklus se znovu opakuje viz. obrázek č. 2. [6]



Obrázek č. 2: Vývojový cyklus potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). [9]

1.3 Faktory ovlivňující chov

Efektivitu chovu potměníka moučného ovlivňuje řada faktorů. Mezi hlavní faktory patří vývojové stádium, teplota, krmivo, země chovu, vlhkost. Mezi další faktory je možné dále zařadit i přístup světla, vzduchu a pohlaví chovaných jedinců. Uvedené faktory dokáží ovlivnit chov a tím i urychlovat a zabezpečovat chov, zlepšit jeho výtěžnost a podpořit jeho stabilitu. [10,11]

1.3.1 Vývojové stádium

U potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) byl prokázán kanibalismus během jeho chovu. Z tohoto důvodu je přežití více jedinců významně ovlivnitelné stářím a množstvím jedinců v chovném prostředí. Už v době vajíček je řada jedinců pozřena dospělci a efektivita chovu se tímto značně snižuje. Jako opatření se současně používá chovný prostor s dvojitým dnem, díky kterému mohou samičky naklást vajíčka tak, že se k němu ostatní dospělci nedostanou, a tudíž se snižuje počet pozřených vajíček na minimum. [12]

V případě larválního stádia je častý problém období po době svlékání, kdy dochází k odstranění starého svleku a nahrazení nového, který v době po svlékání není tak pevný a odolný vůči vnějším vlivům. Z tohoto důvodu může docházet k šíření nákaz a v případě většího množství larev i ke kanibalismu. [7]

Dalším problémem jsou larvy, které trpí různými nemocemi a zraněními. Tyto larvy často umírají a mohou se stát příčinou epidemického šíření nálezů na všechny jedince. Takto napadený chov nelze následně použít pro výrobu krmiva nebo pro výrobky určené pro lidskou spotřebu a je nutné jej okamžitě léčit, případně kompletně zlikvidovat. Je nutné si uvědomit, že chov jedlého hmyzu není bezproblémový a je nutné k němu přistupovat s určitým respektem, v případě ochrany spotřebitele. [13]

Kukly jsou po vajíčku druhým nejzranitelnějším vývojovým stádiem. Není však příliš časté, aby docházelo ke konfliktu s jinými vývojovými stádii. Kukla sice není schopná se přesouvat na jiné místa, ovšem má určité způsoby pohybu, kterými naznačuje, že není pro ostatní larvy, či dospělce k jídlu. Ovšem je důležité zmínit, že v případě úhynu jsou kukly pojídány dospělci i larvami. Z tohoto důvodu ani kukly nejsou před kanibalismem plně uchráněny. Proto je nutné všechny stádia mezi sebou oddělovat, aby nedocházelo ke snižování výtěžnosti. [12]

1.3.2 Teplota a vlhkost

Potemník moučný (*Tenebrio molitor*) je velmi odolný hmyz a je schopen přežít i při nižších teplotách. Praxe uvádí teplotu chovu od 22 do 30 °C. Optimální teplota se udává okolo 25 °C. V případě nižších nebo vyšších teplot se vývojový cyklus začne zpomalovat řádově až o měsíce. Při teplotě nad 36 °C chov začne hynout. Čím je teplota vyšší, tím je i vývojový cyklus rychlejší, avšak s narůstající teplotou narůstají i náklady na chov. To je ale pro chovatele nevýhodné. Vhodná chovná teplota v jednotlivých stádiích zaručuje zkrácení doby reprodukčního cyklu (v přírodě až 1 rok) na několik týdnů. Teplota nemá vliv nejen na rychlost chovu, ale i na nutriční složení larev a kukel. Obsah tuku je u larev při optimální teplotě 25 °C vyšší, než u krajních teplot jako 17, nebo 28 °C. [7, 14]

Při chovu potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) se využívá relativní vlhkost 65-70 %, která má významný vliv na urychlení růstu larev. Dále zaručuje větší výtěžnost vajíček, které při nedostatku vlhkosti vysychají. [7]

1.3.3 Krmivo

Kvalita krmiva patří mezi nejdůležitější faktory celého chovu. Nevhodná volba krmiva může zpomalit vývoj potemníka moučného natolik, že není schopen zakuklení a v extrémních případech, ani svlékání, což může mít za následek nahromadění nežádoucích látek a vést až ke smrti. [15, 16]

Nedostatek krmiva nebo určitého nutrientu vede i ke zvýšení výskytu kanibalismu, při kterém se larvy snaží získat případné živiny z jiných larev nebo kukel. Zlepšení lze dosáhnout zvýšením dávek nebo přidáním některé její složky (škrob, proteiny, vitamíny, ...), které značně ovlivňují celkovou dobu vývoje v řádě týdnů. Mimo efektivitu chovu ovlivňuje krmivo výrazně také nutriční hodnoty jedlého hmyzu [17, 18].

1.3.4 Země chovu

Často zapomínaným faktorem je i země chovu (klimatické pásmo), kde se potěmníci mouční chovají. Vliv tohoto faktoru má dopad jak na rychlost chovu, tak i na obsahu nutričních látek a chutě. Hmyz chovaný v mírném klimatickém pásmu má odlišný obsah živin v sušině, než hmyz chovaný v tropickém pásmu. Je to především kvůli vyšší teplotě a vlhkosti, kterou musí země z mírného pásma vytvářet uměle. [19]

2 KRMIVO

Krmivo je základem celého chovu potemníků moučných (*Tenebrio molitor*) a jeho znalost je klíčem k úspěšnému chovu hmyzu. Nedostatek krmiva nebo některé nutriční složky v konkrétní vývojové fázi hmyzu vede ke snižování efektivity chovu. Při úplném odstavení krmiva dochází po 3 měsících k úhynu až 90 % larev z celkového chovu (larvy žijí ze svých tělesných zásob). Při krmení samotnými otrubami dochází po 3 měsících k úhynu jen 18 % larev. Larvy proto nejsou schopny přežít déle než 4 měsíce bez krmiva. [16]

Krmivo ovšem neovlivňuje jen rychlost a úmrtnost chovu potemníka moučného, ale i samotnou chuť a procentuální zastoupení nutričních látek. Ze všech látek je nejvíce variabilní obsah tuku a dusíkatých látek. Především podle obsahu tuku je možné hodnotit jakost hmyzu, protože při hladovění dochází k jeho úbytku a zároveň i ke změně specifické chuti. Krmiva, které jsou vysoko-bílkovinné, měly pozitivní dopad na růstu larev [17, 18].

Jako základní složka se používají zejména druhotné produkty z rostlinné výroby z důvodu své nízké ceny. Používají se složky od běžných pšeničných otrub po kukuřičný šrot, které tvoří základní jídelníček nejen hmyzu, ale i všech ostatních hospodářských zvířat. Pro zaručení kvality krmiva, ovšem jen tyto složky krmiva nestačí a je zapotřebí krmivo dále obohacovat. Pestrost krmiva zaručuje maximální produktivitu chovu hmyzu. Některé formy krmiva však nejsou vhodné a je nutné se jejich suplementací vyvarovat. [17]

Suplementace může být jak rostlinná, tak i živočišná. Z rostlinné se používá především ovoce, zelenina, okopaniny, popřípadě olejniny. V případě živočišných suplementů se používá sušené mléko, krev, nebo masokostní moučka, především z důvodu obohacení potřebných aminokyselin a mastných kyselin. Mimo jiné lze použít i výživové doplňky pro hospodářská zvířata jako konvit (vitamínové krmivo), plastin (minerální krmivo), a další suplementy především pro zlepšení imunity v ročních obdobích, kdy rostlinná krmiva nestačí pokrýt potřeby hmyzu. [12]

2.1 Otruby

Otruby slouží většinou jako základ krmiva většiny hospodářských zvířat, existuje více druhů otrub, nejčastější jsou ovšem otruby pšeničné, které se získávají z pšenice, při výrobě mouky. Zpracovávají se jako rozemleté obalové vrstvy obilného zrna a kvůli vysokému množství vlákniny jsou pro lidskou spotřebu prakticky nevyužitelné. Pro hospodářská

zvířata však představují otruby kvalitní zdroj vlákniny a sacharidů, kterých je v otrubách dostatek. [21]

Otruby obsahují $87 \pm 1,1\%$ sušiny. Sušina je složena z 14-19 % dusíkatých látek, 3-5 % tuku, 7-14 % vlákniny, 4-7 % minerálních látek, především vápníku (0,07-0,2 %) a fosforu (0,9-1,3 %). Dále se zde nachází draslík, sodík, hořčík, mangan, zinek, měď a železo. Obsah škrobu v sušině (20-27 %) se značně liší v závislosti na podílu zbytkového endospermu a dalších frakcích, které se do otrub dostávají při výrobě mouky. [20]

2.2 Brambory

Bramborami jsou myšleny hlízy z lilku brambor, které se u nás pěstují pro konzumní nebo průmyslové účely. Průmyslové brambory jsou specifické svým vysokým obsahem škrobu. Dříve sloužili brambory k výrobě lihu. Kvůli konkurenčním plodinám, které jsou levnější, se líh z brambor takřka nevyužívá. Hlavní funkcí průmyslových brambor je proto výroba bramborového škrobu, popřípadě jejich využití pro krmení hospodářských zvířat. Konzumní brambory jsou určeny ke konzumu v průběhu celého roku, za předpokladu, že bude dodržena skladovací teplota a vlhkost. [22]

Brambory obsahují 23-24 % sušiny, která obsahuje přibližně 75 % škrobu. Kromě škrobu obsahují brambory i další polysacharidy jako vlákninu, hemicelulózu, pektiny, hexózy a pentózy, dále pak i oligosacharidy jako sacharózu, glukózu a fruktózu. V sušině se dále nachází 0,4 % tuku, 1,3 % vlákniny, minerálních látek a vitamínů C, E, komplex vitamínů B a provitamin A. [23]

2.3 Syrovátka

Syrovátka byla po mnoho let bezcenný odpad z mlékárenského průmyslu. Obrovská produkce syrovátky vzniká při výrobě sýrů. S rozvojem separačních technik se zvýšila četnost zpracování syrovátky do mnoha hodnotných výrobků. Syrovátka se využívá jako suplementace pro sportovce v podobě syrovátkových nápojů. Dále se používá jako potravinový doplněk pro hubnutí a v kosmetice pro výrobu řady omlazujících krémů, balzámů a šamponů. [24]

Sušená syrovátka obsahuje 85-89 % sušiny. Sušina se skládá ze 74-81 % laktózy a 8-13 % bílkovin, které rozdělujeme na albuminy a globuliny. Tyto bílkoviny jsou řazeny mezi sérové bílkoviny a jsou přítomny v mléce v koloidním roztoku. Obsah kaseinů je přitom ve stopovém množství. Dále obsahuje sušená syrovátka 0,8 % tuku a 10-13 % minerálních

látek, které jsou v syrovátce ve velké množství. Z makroelementů je zastoupen například vápník, fosfor, hořčík, zinek, síru a chlor a mikroelementů železo, jod, měď a kobalt. Dále je zde možné nalézt řadu vitamínů jako vitamín B₁, B₂, B₅, B₆, vitamín C a kvůli nízkému obsahu tuku i lipofilní vitamíny, zejména vitamín A. [24, 25]

2.4 Polystyren

Polystyren (PS) je jedním z hlavních plastových odpadů, jejichž likvidace patří k největším environmentálním problémům světa. Společně s polyethylenem (PE), polypropylenem (PP), polyuretanem (PUR), polyvinylchloridem (PVC) a polyethylentereftalátem (PET) tvoří až 6300 milionů metrických tun odpadu. Polystyren představuje 7,1 % roční produkce plastů a využívá se pro výrobu plastových kelímků, ochranného materiálu zařízení a izolace budov. Z tohoto důvodu patří mezi hlavní znečišťovatele půd, řek, jezer a oceánů a patří mezi hlavní mikroplasty (<5 mm) které se hromadí v oceánech. [26, 27]

2.4.1 Biodegradace polystyrenu

Plastická degradace je definována jako fyzikální, nebo chemická změna v polymeru v důsledku okolních faktorů, jako je světlo, teplo, chemické účinky, nebo biologická aktivita. Během biodegradace jsou polymery nejprve depolymerizovány na menší monomery, které jsou dále degradovány na energii, nebo jiné látky jako oxid uhličitý, vodu a mikrobiálně odolné organické látky. Spousta plastů je odolná vůči biologickému rozkladu, a proto rozklad pomocí potměníků moučných nelze použít u všech druhů plastů. Doposud byla potvrzena biodegradace moučnými červy u PS, PE, PVC, Polylaktidová vlákna (PLA). [28, 29]

Při aplikaci v chovu potměníků moučným bylo až 50 % použitého polystyrenu přeměněno na CO₂ ve střevech červů a následně začleňován do tuků, biodegradaci je možno ovlivnit řadou faktorů jako teplota, příkrm otrubami, nebo použití antibiotik, které dokáže zajistit konzumaci PS pro více generací. Při použití samotného PS dochází k nárůstu úmrtnosti z důvodu nedostatku živin, a proto je nutné kombinovat PS s otrubami, popřípadě i jinými druhy krmiv. Průměrná hodnota biodegradace PS se udává okolo 2-8mg · g⁻¹ · den⁻¹. V každém případě se prokazuje, že použití PS bez použití doplňkové výživy neumožňuje reprodukci, a navíc vede ke kanibalismu. [28]

Schopnost hmyzu biodegradovat různé plasty je všudypřítomná a neomezuje se pouze na *Tenebrio molitor*, ale i na další druhy jako *Tribolium castaneum*, *Rhizopertha Lasioderma*

serricorne, Tenebrio mauretanicus, Zophobas morio, Plodia interpunctella, Galleria mellonella. [30]

3 NUTRIČNÍ HODNOTY POTEVNÍKA MOUČNÉHO

Nutriční hodnota potemníka moučného je velmi variabilní hodnota závislá zejména na krmivu a úrovni chovu. Vysoká kvalita chovu může výrazně zlepšit nutriční hodnoty potemníků moučných pro lidskou spotřebu, nebo pro spotřebu jiných hospodářských zvířat. Tato kapitola je zaměřena na obecné nutriční hodnoty při určitých úrovních chovu, aby bylo ukázáno, jaké možnosti potemník mouční (*Tenebrio molitor*) nabízí.

3.1 Energetická hodnota

Energetická hodnota potemníka moučného je udávána v rozmezí 160-762 kcal/100 g a je závislá především na obsahu tuku. Široké rozmezí energetické hodnoty je výsledkem kvality chovu, jejíž cílem je snížení úmrtnosti a zdravotní nezávadnosti chovu. Larvální stádia a kukly bývají často bohatší na energetickou hodnotu v porovnání s dospělci. To je zapříčiněno úbytkem tuku s postupujícím průběhem vývoje. [31, 32, 33]

3.2 Sušina

Potemník moučný obsahuje přibližně 60-70 % vody v čerstvém stavu. Tuto hodnotu je z důvodu trvanlivosti a manipulace třeba snížit na minimální hodnotu, aby se zabránilo množení mikroorganismů a současně se zachovali nutriční hodnotu na další případné zpracování ve výrobě. U potemníka moučného se udává sušina v rozmezí 29–45 %. Hlavním faktorem ovlivňující množství sušiny u potemníka moučného je vlhkost vyskytující se v chovu. [32, 34]

3.3 Bílkoviny

Poptávka po kvalitních zdrojích živočišných bílkovin každý rok roste. S dalším nárůstem populace je nutné se zabírat zvýšením podílu nových zdrojů živočišných bílkovin proti podílu tradičních zdrojů. V případě potemníka moučného jako nového zdroje těchto bílkovin se uvádí přibližný obsah dusíkatých látek u larev v rozmezí 13,5 – 22,5 g na 100 g čerstvého stavu, u kukel se jedná přibližně 12 g na 100g čerstvého stavu a u dospělců je tato hodnota 23,7 – 24,59 g na 100g čerstvého stavu. [32, 35,36]

Dalším důležitým hlediskem bílkovin je jejich stravitelnost. U hmyzu lze stravitelnost srovnávat se stravitelností bílkovin z masa běžných hospodářských zvířat. Hmyz je proto prezentován Organizací spojených národů pro výživu a zemědělství jako cenná alternativa k masu. [37]

Potemník moučný nenabízí pouze vysoký obsah bílkovin, ale i široké zastoupení esenciálních aminokyselin, které je nutno přijímat ve stavě. Hodnoty esenciálních a semiesenciálních aminokyselin u larev, dospělců i svleků jsou uvedeny v tabulce č. 1. Hodnoty ukazují, že hmyz může být pro obyvatele rozvojových zemích cenným zdrojem limitujících aminokyselin jako je lysin, methionin a threonin. Uvedené aminokyseliny jsou limitující u obilovin a luštěnin. Z tohoto důvodu konzumenti, kteří mají v převážné míře uvedené pouze tyto komodity (např. pšenice, rýže a kukuřice), mohou trpět nedostatkem těchto aminokyselin. [3, 38]

Tabulka č. 1 Zastoupení vybraných aminokyselin potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) s doporučeným příjmem aminokyselin u dospělých a dětí (3-14let) [39,40,41,42].

Aminokyseliny (g/kg) vzorku	Larva ^a	Larva ^c	Dospělec ^c	Svleky ^b	Děti ^d (mg/kg)	Dospělý ^d (mg/kg)
Valin	29,7	11	15	8	29	26
Leucin	29,5	19,9	19,6	17	44	39
Isoleucin	18,6	9,4	10,3	6,2	23	20
Threonin	23,6	7,7	8,1	3,7	18	15
Methionin + Cystein	7,4	4	4,6	1,4	18	15
Lysin	27,2	10,2	10,5	3,3	35	30
Fenylalanin + Tyrosin	1,7	20,3	14,1	9,9	30	25
Tryptofan	ND	1,8	2,6	ND	4,8	4
Histidin	16,6	5,9	6,8	4,1	12	10

Reference: ^a Bednářová et al. (2011), ^b Nergui Ravzanaadii et al. (2012),
^c Finke (2002), ^d WHO/FAO/UNU (2007)

ND... neuvedeno

Tabulka č. 2 Zastoupení jednotlivých aminokyselin u larev, dospělců, svleků a exkrementů potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) [39, 40, 41].

Aminokyseliny (g/kg) vzorku	Larvy ^a	Larvy ^b	Larvy ^c	Dospělec ^c	Dospělec ^b	Svleky ^b	Exkrementy ^b
Valin	29,7	11,3	11	15	21,3	8	0,5
Leucin	29,5	15,8	19,9	19,6	32,7	17	0,7
Isoleucin	18,6	16,5	9,4	10,3	24,8	6,2	0,6
Threonin	23,6	8,4	7,7	8,1	13,6	3,7	0,5
Methionin	4,6	3,1	2,4	3	0,7	0,4	0,1
Lysin	27,2	13,5	10,2	10,5	14,1	3,3	0,4
Fenylalanin	0,7	8,2	6,6	6,2	9,7	3,2	0,4
Tryptofan	ND	ND	1,8	2,6	ND	ND	ND
Histidin	16,6	7,1	5,9	6,8	10,8	4,1	0,8
Alanin	46	17,1	15,4	18,1	30,3	9,3	0,6
Kys. asparagová	31,5	16,7	15,2	16,6	25	6,2	0,9
Glycin	37	11,2	10,4	20	34,5	12,8	1
Kys. glutamová	45,5	26,4	21,1	22,8	33,2	10,3	1
Prolin	32,6	14	13	15	21,7	8,7	0,7
Serin	22,5	9,7	9,6	9,8	14	6,8	0,5
Arginin	10,8	11,3	9,7	10,2	16,7	3,5	0,5
Cystein	2,9	2,4	1,6	1,6	3,7	1	0,3
Tyrozín	1	16,1	13,7	7,9	10,4	6,7	0,3

Reference: ^a Bednářová et al. (2011), ^b Nergui Ravzanaadii et al. (2012), ^c Finke (2002)
ND... neuváděno

Ze zastoupení jednotlivých aminokyselin u larev, dospělců, svleků a exkrementů potměníka moučného (tabulka č. 2) vyplývá, že u sledovaného potměníka moučného krmeného otrubami a chovaného v laboratorním prostředí převládá kyselina asparagová, alanin a leucin. Nejmenší obsah je u tryptofanu, cysteinu a methioninu. Hodnoty se, i přes stejné podmínky, mezi různými zdroji liší. Rozdíl může být zapříčiněn různou oblastí chovu a nutričním složením otrub. [18]

Při porovnání s jinými komoditami jako je vaječný bílek nebo kuřecí prsa, dopadl z obsahu aminokyselin nejhůře potměník moučný, který obsahuje výrazně méně sirných aminokyselin (methionin, cystein). Potměník moučný je proto méně významným zdrojem bílkovin a aminokyselin, ale i přesto může být považován za jejich významný alternativní zdroj. [37]

3.4 Tuky

Druhou významnou komoditou u jedlého hmyzu je vysoký obsah tuků, který je vysoce ovlivnitelný chovnými faktory, jako je teplota, vlhkost, strava a prostředí, ale taky životními faktory jako pohlaví, věk, či vývojové přechody. Nejvyšší obsah tuku byl naměřen u potměníka moučného ve vývojovém stadiu larev a kukel, nejnižší byl naměřen u dospělce potměníka moučného. [43,44]

Při dodržení všech faktorů je obsah tuku prvotním ukazatelem kvality správně provedeného chovu. Z pravidla čím důkladněji chov probíhá, tím vyšší obsah tuku je naměřen. U larev potměníka moučného byl stanoven obsah tuku v sušině 28–37 %, u kukel 31–35 % a u dospělců 13–23 %. Dále pak bylo stanoveno obsah tuku v sušině u svleků 2–5 % a exkrementů 1,3 %. [17, 32, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 49]

Podobně jako obsah tuku je i profil mastných kyselin ovlivnitelný převážně způsobem stravy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), jak je uvedeno v tabulce č. 3. Všechny stádia potměníka moučného obsahují větší množství n-6 mastných kyselin, než n-3 mastných kyselin. Uvádí se, že vysoký poměr n-6/n-3 mastných kyselin je zapříčiněn nedostatkem n-3 ve stravě potměníků moučných při krmení pšeničnými otrubami. Z tohoto důvodu se doporučuje suplementace n-3 mastných kyselin do krmné stravy moučných červů. [47, 50]

Tabulka č. 3 Zastoupení nasycených a nenasycených mastných kyselin (%) a jejich poměr u larev, kukel a dospělců potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) v celkové obsahu mastných kyselin [40, 41, 52, 53, 54, 55, 56].

Mastné kyseliny	Larva^{a,b,c,d,e,f} (%)	Kukla^{a,g} (%)	Dospělec^{a, b, c} (%)
SFA	19–31	29–32	26–29
MUFA	30–57	39–48	38–42
PUFA	22–41	21–30	31–33
PUFA/SFA	0,9–1,6	0,7–1	1,1–1,3
n-3	0,3–1,9	0,4–0,8	0,5–0,9
n-6	24–34	20–29	30–33

Reference: ^a Adámková (2017), ^b Nergui Ravzanaadii et al. (2012), ^c Finke (2002),
^d Zielinska et al. (2015), ^e Barroso et al. (2014), ^f Bednářová (2013),
^g Dreassi et al. (2017)

Dále obsah nenasycených mastných kyselin převyšuje obsah nasycených mastných kyselin. Poměr obsah polyenových mastných kyselin (PUFA) k obsahu nasycených mastných kyselin (SFA) je důležitým ukazatelem kvality tuků ve stravě. Doporučuje se konzumovat

stravu s poměrem PUFA/SFA poblíž hodnoty 1, aby se zamezilo tvorbě nádorů, nebo aterosklerózy. [48, 51]

Tabulka č. 4 Zastoupení jednotlivých mastných kyselin (%) u larev, kukel a dospělců potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) v celkovém obsahu mastných kyselin [41,52,53,56].

Mastné kyseliny	Larva ^a (%)	Larva ^b (%)	Kukla ^b (%)	Kukla ^c (%)	Dospělec ^c (%)	Dospělec ^d (%)
C12	0,2	0,7	0,7	0,2	0	0
C14	2,6	6,1	6,4	2,5	1,7	1,8
C16	18,1	19,4	19,6	22,6	19	18,9
C16:1	2,1	2,5	2,3	0,2	1,5	1,3
C17	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
C18	3,9	3,1	3,8	4,8	6,3	5,8
C18:1Z	41,2	45,9	41,2	36,3	38,5	39,9
C18:2	29,9	19,0	22,9	31,9	31,2	30,5
C18:3	1,6	0,3	0,5	0,5	0,6	0,9
C20	0,2	0,1	0,1	0,7	0,9	0,4

Reference: ^a Zielinska et al. (2015), ^b Dreassi et al. (2017),
^c Adámková et al. (2017), ^d Finke (2002)

Z tabulky č. 4 je zřejmé, že kyselina olejová (C18:1), kyselina linolová (C18:2) a kyselina palmitová (C16) tvoří hlavní složku tuků larev, kukel i dospělců potměníka moučného a jejich množství se může lišit v závislosti na složení stravy a použité teplotě chovu. Velice podobné složení z pohledu profilu mastných kyselin mají i ryby nebo drůbež. [3,10]

Podobné hodnoty naměřil i Nergui Ravzanaadii et al. (2012) u exkrementů potměníka moučného a to 22,3 % kyseliny olejové, 47,2 % kyseliny linolové a 19,2 % kyseliny palmitové. Některé druhy hmyzu včetně potměníka moučného nesou $\Delta 12$ desaturázu, která je odpovědná za biosyntézu kyseliny linolové v jejich těle. Díky ní jsou potměníci mouční schopni syntetizovat kyselinu linolovou. Je pozoruhodné, že všechny vývojové fáze, ale i jednotlivé svleky a exkrementy obsahují vysoký podíl všech dominantních mastných kyselin. [40]

Tyto esenciální mastné kyseliny jsou většinou k dispozici v mořských druzích. Uvedené hodnoty ukazují, že potměník moučný může být použit nejen pro lidskou a živočišnou spotřebu, ale i k jiným účelům jako je např. hnojivo pro rostliny nebo recyklační doplněk. [40]

3.5 Sacharidy

Stejně jako většina zvířat je i jedlý hmyz bohatý na bílkoviny a tuky, ale chudý na sacharidy. U potměníka moučného je obvyklá hodnota v rozmezí 8-12 % sacharidů v sušině. Hmyz je však pozoruhodnou skupinou zvířat, jehož sacharidy jsou převážně zastoupeny chitinem od 5-16 % a jejich hodnoty se od sebe liší druh od druhu, např. larvy potměníka moučného mají menší poměr chitinu $4,92 \pm 0,11$ % v sušině a jednotlivé svleky obsahují chitin až $18,1 \pm 1,3$ % v sušině. [32, 43, 44, 57]

Chitin i přes skutečnost, že je pro lidský organismus téměř nestravitelný, má pozitivní vliv na zdraví (např. jako potenciální prebiotikum, má antimikrobiální, antivirové a antimykotické účinky) a je často nazýván „živočišnou vlákninou“. [58, 59]

3.6 Vitamíny

Stejně jako obsah bílkovin, aminokyselin, tuků a mastných kyselin, ani obsah vitamínů nelze považovat za zcela bezcenný. Dle Finke (2004); Xiaoming et al. (2008) obsahuje potměník moučný řadu vitamínů jako vitamín A, D, E, K, vitamíny skupiny B i vitamín C. Jejich celkový obsah je závislý na druhu krmiva, kde komerčně chovaný potměník moučný nemusí získat dostatečně množství všech vitamínů, a proto bývá často suplementován přídatek vitamínů určený pro hospodářská zvířata [10, 32, 44]

Tabulka č. 5 Obsah vitamínů (mg/100g sušiny) u larev potměníka moučného [10, 32, 60, 61, 62].

Vitamín	Obsah (mg/100g)	Vitamín	Obsah (mg/100g)
Retinol	$0,94 \pm 0,38$	Cholin	$1,41 \pm 0,07$
Kyselina askorbová	$1,8 \pm 0,9$	Inositol	$26,7 \pm 1,4$
Tiamin	$0,16 \pm 0,08$		
Riboflavin	$1,10 \pm 0,45$	Vitamín	Obsah ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Niacin	$4,28 \pm 0,32$	Tokoferol	36 ± 15
Kyselina pantotenová	$1,88 \pm 0,65$	Kalciferol	160 ± 8
Pyridoxin	$0,69 \pm 0,04$	Kyanokobalamin	$0,74 \pm 0,28$
Kyselina listová	$0,14 \pm 0,03$	Biotin	$36,7 \pm 6,5$

Z tabulky č. 5 je patrné, že potměník moučný obsahuje významné množství vitamínů jako např. niacin, kyselina pantotenová a riboflavin. Ukazuje se, že mnoho druhů obsahuje i výrazné množství inositolu. [60]

3.7 Minerální látky

Potemník moučný (*Tenebrio molitor*) je považován za alternativní zdroj s uspokojivým obsahem energie, bílkovin, profily aminokyselin a mastných kyselin a vysokým obsahem různých stopových prvků, jako jsou minerály měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen a zinek, ale i draslík, sodík, vápník a železo. Tyto minerální látky mohou poskytovat lidskému tělu dostatek minerálních látek potřebných pro správné fungování těla a zpestřit stravu o esenciální minerální látky jako sodík, draslík, hořčík, fosfor, železo apod., kterých může docházet k jejich nedostatku. [18, 44]

Uvádí se, že draslík a zinek mohou mít vliv na růst a přežití larev potemníka moučného. Mezi jednotlivými skupinami i instary dochází k poklesu či nárůstu určitých minerálních látek. To může být do jisté míry ovlivněno krmivem a délkou vylučování. Obsah minerálních látek se pohybuje od 3 do 8 g na 100g sušiny. [10, 31, 63]

Tabulka č.6 Obsah minerálních látek mg/100g sušiny u larev, kukel a dospělců potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) [18, 40, 41, 63, 64].

Minerální látky mg/100g sušiny	Larva ^a (*)	Larva ^{a,b,c,d,e} (**)	Kukla ^{a,d}	Dospělec ^{a,b,c,d}
Vápník (Ca)	55–93	38–57	29–45	47–75
Měď (Cu)	1,1–1,9	0,9–1,9	0,6–2,6	1,5–3,3
Železo (Fe)	4–46	3,3–9,6	2–20	6–12
Draslík (K)	1240–1680	640–1480	330–370	900–1040
Hořčík (Mg)	160–220	181–226	120–320	160–190
Mangan (Mn)	1,3–2,5	0,7–1,7	0,5–1,2	1,1–1,3
Sodík (Na)	170–250	130–190	53–95	110–390
Fosfor (P)	370–930	621–795	140–270	450–1540
Síra (S)	270–1550	230–1070	30–170	190–470
Stroncium (Sr)	0,6–1,2	0,5–0,8	0,08–0,2	0,13–0,41
Zinek (Zn)	11–23	9–14	5–11	8–12

Reference: ^a Simon et al. (2013), ^b Nergui Ravzanaadii et al. (2012), ^c Finke (2002),
^d Rumpold et al. (2013), ^e Barker et al. (1998)

* larva (raného věku) ** larva (před zakuklením)

Z tabulky č. 6 je patrné, že potemník moučný obsahuje velké množství draslíku, fosforu, hořčíku, vápníku, železa, zinku a síry. Hodnoty jsou ovšem velice závislé na řadě faktorů, a proto dochází k jejich vysoké specifičnosti. Všeobecně ovšem lze říct, že larvy raného věku (3. instar) jsou daleko bohatší na minerální látky, než larvy před zakuklením (poslední instar),

a ještě více se snížil obsah minerálních látek po zakuklení. Tato skutečnost poukazuje na potřebu využití některých minerálních látek k metamorfóze. Během dospívání dochází znovu k obnově minerálních látek, sloužících pro reprodukci. Z pohledu generačního může mezi generacemi docházet k postupnému ubývání minerálních látek. To může poukazovat na vadu ve způsobu chovu jako je použité krmivo, teplota, vlhkost apod. [63]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Chov a pozorování životního cyklu (*Tenebrio molitor*)

Pro zhodnocení vývojového cyklu a nutričních hodnot potměníka moučného byli zakoupeny vzorky od chovatele (Radek Frýželka, Brno) a následně odchovány ve dvou fázích na univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. První fáze byla zaměřena na malý vzorek (20 kusů) po dlouhou dobu (21 týdnů), pro zjištění úmrtnosti a životního cyklu. Druhá fáze byla zaměřena na velký vzorek (500 g \approx 5000–7000 kusů) po kratší dobu (5 týdnů) pro zjištění chování ve velkém objemu a dostatečný materiál na stanovení řady nutričních látek.

V první fázi bylo vybráno odpovídající množství larev potměníka moučného, které bylo zváženo, změřeno a rozděleno do čtyř skupin tak, aby ve všech skupinách bylo svojí velikostí a hmotností dosaženo stejných podmínek pro vyhodnocení. Každá skupina byla odchována v plastových krabičkách o rozměru (250 x 180 x 70 mm) a každá dostala určitý typ krmiva (pšeničné otruby, konzumní brambory, sušenou syrovátku, polystyrenovou pěnu). Množství krmiva bylo 10 g/vzorek a toto množství bylo časem upravováno podle počtu larev ve vzorku.

V druhé fázi bylo zváženo stejné množství larev potměníka moučného, který byl následně tak jako v první fázi rozmístěn do 4 plastových bedýnek o rozměrech (600 x 400 x 200 mm) a do každé bedýnky byl přidán stejný typ krmiva jako v první fázi. Množství krmiva pšeničných otrub, konzumních brambor a sušené syrovátky bylo 400 g/vzorek. Množství krmiva polystyrenové pěny bylo 50 g/vzorek, množství bylo poupraveno z důvodů předchozích zkušeností z první fáze a též z důvodu hustoty polystyrenové pěny. Vyšší množství by zaplnilo zbytečně mnoho prostoru v bedýnce.

Krmivo i přes různé hmotnosti bylo dodáváno v dostatečné míře, a bylo obměňováno jednou až dvakrát týdně. Při krmení nebo vážení se nejprve odseparovali svleky, které mají velice nízkou hmotnost. Svleky je možné buď vysát pomocí slabého vysavače, nebo odfouknout ústy, či velice slabým fukarem. Následně se pomocí sít odseparuje krmivo a exkrementy od larev, kukel a mrtvých jedinců. Exkrementy se dále dají odseparovávat pomocí vibrací, kdy se exkrementy začnou k sobě shlukovat a postupem času je možné určité množství i odebrat. Použité krmivo lze vrátit např. jako krmivo pro dospělé.

Larvy, kukly a mrtví jedinci byli odebíráni ručně, kde kukly byly umístěny do plastových miniskleníků o rozměrech (288 x 188 x 170 mm) a dále odchovávány odděleně. Mrtví jedinci byli zváženi a buď byly použity pro jiné stanovování, nebo zlikvidovány. Živé larvy se následně nakrmí a umístí do prostoru se sníženým přístupem světla a jsou udržovány na konstantní laboratorní teplotě 22-25 °C a vlhkosti přibližně 40-50 %. Prostory musí být minimálně dvakrát týdně odvětrávány, aby byl v místnosti neustále dostatek vzduchu a nedošlo k ovlivnění probíhajícího chovu.

Používané nástroje byly vždy po práci s hmyzem řádně umyty (síta, vedlejší plastové krabičky a bedýnky), aby byla udržena hygienická čistota v chovu a zamezilo se případnému šíření mikroorganismů.

4.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Stanovení obsahu dusíkatých látek bylo provedeno Kjeldahlovou metodou. Nejprve byla provedena mineralizace, kde byl sušený vzorek zhomogenizován a z každého vzorku bylo naváženo $1 \pm 0,0005$ g a kvalitativně převedeno do kyvet. Do každé kyvety byly vloženy 2 tablety Selenu a 20ml H_2SO_4 . Připravené vzorky byly vloženy do mineralizátoru o teplotě 420 °C a ponechány po dobu 105 minut.

Po mineralizaci byla provedena destilace na přístroji Kjeltex při programu P2 po dobu 4 minut a k destilaci byli použity chemikálie (40 % NaOH, 2 % H_3BO_3 a destilovaná voda). Na závěr byla provedena titrace 0,2 % roztokem H_2SO_4 s Tashiro indikátorem do fialového zbarvení.

Obsah hrubých bílkovin se obvykle počítá z obsahu celkového dusíku pomocí přepočítacího faktoru, jehož obecná hodnota u masa je 6,25. Tato hodnota ovšem navyšuje obsah bílkovin u hmyzu z důvodu přítomnosti nebílkovinného dusíku. Dle Janssen et al. (2017) je specifický přepočítací faktor 4,76 pro larvy potemníka moučného. Finke et al. (1989) uvádí, že část dusíku se nachází v chitinových polymerech. Hodnota by měla být přesnější po odečtení ADF-N z obsahu celkového dusíku před vynásobením přepočítávacím faktorem. [65,66]

Pro vyhodnocení obsahu hrubých bílkovin byl v této práci použit přepočítací faktor 6,25. Uvedené výsledky jsou proto sice nadhodnocené, ovšem umožňují porovnat zjištěné hodnoty s ostatními autory, kteří používají stejný přepočítací faktor. [48,53,67,68,69]

4.3 Stanovení obsahu tuků

Obsah tuků byl stanoven metodou dle Folch, Lees a Sloane-Stanley. Doba Soxhletovy extrakce byla stanovena pomocí slepého vzorku, kdy bylo extrahováno vždy po 2 hodinách výtěžnost, na závěr byla stanovena doba extrakce po dobu 4 hodin. Pro extrakci bylo použito rozpouštědlo n-heptan. Obsah tuků u jednotlivých vzorků byl stanoven gravimetricky a vypočítán jako rozdíl mezi hmotností baňkou a obsahem tuků po extrakci (kde bylo heptanové rozpouštědlo odseparováno na vakuové rotační odparce) a hmotností baňky před extrakci. [70, 71]

4.4 Stanovení profilu mastných kyselin

Vyextrahované tuky byly po extrakci převedeny pomocí zmýdelňování za použití 4 ml 0,5M metanolickeho roztoku NaOH na metylestery mastných kyselin (dále FAMES). Převod byl proveden za neustálého zahřívání na topném hníždě po dobu 30 minut od doby varu v inertní atmosféře tvořené dusíkem při občasném promíchání pod zpětným chladičem. Následně bylo přes zpětný chladič přidáno 5 ml 15 % metanolickeho roztoku BF₃, který sloužil jako kyselý katalyzátor. Po 2 minutách varu bylo přidáno 5 ml n-heptanu, kdy var byl udržován dále po dobu 1 minuty. [71]

Po částečném ochlazení byli vzorky odejmuty z chladiče a ke vzorku byly přidány 2 ml nasyceného vodného roztoku NaCl. Obsah baňky byl převeden do 250 ml dělicí nálevky. Baňka se následně promyla 15 ml n-heptanu, které byli přidány rovněž do dělicí nálevky. Dále bylo do dělicí nálevky přidáno 40 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a celý obsah byl důkladně protřepán. Po ustálení vznikly 2 fáze (heptanová a vodná), které bylo třeba mezi sebou oddělit. Heptanová fáze obsahovala potřebné FAMES, proto byla oddělena do kádinky a vodná fáze byla promyta 15 ml n-heptanu. Vznikla nová heptanová fáze, která byla opět přidána do kádinky s předchozí heptanovou fází. Spojené heptanové fáze byly převedeny do 100ml dělicí nálevky a promyty 20 ml nasyceného roztoku NaCl. Obsah byl protřepán a heptanová fáze byla odseparována a vysušena bezvodným síranem sodným. [71]

Vzorky byly následně kvantitativně převedeny do 50ml odměrných baněk a doplněny n-heptanem po rysku, a dále uchovány v chladu do doby další analýzy.

FAMES byly stanoveny plynovou chromatografií s plamenově ionizačním detektorem (GC-FID) na přístroji GC-2010 za použití vysoce polární chromatografické kolony HP-88 (100 m x 0,25 mm, 0,2 μm), která je určena pro stanovení cis/trans FAMES.

Chromatografické podmínky byly následující: objem nástřiku 1 μ l, teplota nástřiku 250 °C, splitovací poměr 1:100, nosný plyn dusík, teplotní program 80 °C/ 5 min, 200 °C/ 30 min, 250 °C/ 15 min [72].

Stanovení obsahu FAMES ve vzorcích bylo provedeno pomocí metody vnitřního a vnějšího standartu. Vnitřní standart obsahoval metylester kyseliny undekanové (Sigma Aldrich, USA) a vnější standart FAME Mixture C4-C24 (Sigma Aldrich, USA) obsahoval 37 vybraných mastných kyselin. Jednotlivé FAMES byli při vyhodnocení přepočteny na estery mastných kyselin a jednotlivé zastoupení bylo vyjádřeno v g/kg sušiny.[71]

4.5 Statistické vyhodnocení dat

Hodnoty získané ze stanovování nutričních látek jsou vyjádřena jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka. K výpočtům byl použit program Excel (Microsoft Corporation, USA). Všechny vzorky byli pro stanovení dusíkatých látek, tuků a mastných kyselin měřeny třikrát.

5 VÝSLEDKY PRÁCE

5.1 Chov a pozorování životního cyklu (*Tenebrio molitor*)

Chov první fáze sebou přinesl první poznatky a údaje o životním cyklu potměníka moučného, jak je shrnuto v tabulce č. 7. Z ní je možné vypočítat vysokou úmrtnost potměníků moučných krmných polystyrenovou pěnou, která je zapříčiněna takřka nulovou výživovou hodnotou. Brambory se v tomto měření ukázali naopak jako ideální volba z pohledu úmrtnosti i z pohledu vad při přechodu do vyššího stadia, kde nedošlo ani k jednomu úmrtí kukly.

Otruby si z pohledu úmrtnosti v tomto chovu nevedli příliš dobře, ačkoliv otrubové krmivo mělo příznivý vliv na životní vývoj. Otrubové krmivo nejvíce urychlovalo vývin jedince do podoby dospělého. To je pro výsledný zisk chovu určitě nezanedbatelný faktor, jelikož právě rychlost chovu je pro potměníka moučného charakteristická.

Tabulka č.7 Chov první fáze potměníka moučného (úmrtnost, životní vývoj)

Použité krmivo	Počet [ks] (0.týden)	Počet [ks] (21. týden)	Úmrtnost (%)	Zakuklení [ks]	Vylíhnutí [ks]
Otruby	20	11	45	13	10
Syrovátka	20	12	40	5	3
Brambory	20	15	25	6	6
Polystyren	20	5	75	5	3

Zajímavým výsledkem této fáze bylo rovněž i pozorování kanibalistického chování potměníka moučného, které se potvrdilo u otrub a syrovátky, kde docházelo k občasnému kanibalismu. U polystyrenu a brambor nebyl tento jev po celou dobu pozorování zaznamenán. To je možné považovat za velice převratné především k pohledu na kanibalismus u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), který je uváděn v literatuře. Např. Yang S. (2017) [28] uvádí, že kanibalismus je způsoben hladem a potměník moučný se k němu odhodlá pouze tehdy, kdy je k němu donucen. U polystyrenové pěny, která neobsahovala potřebné výživové hodnoty pro vývoj larev, však ke kanibalismu docházelo pouze ojediněle. Proto je nutné výše uvedené literární tvrzení doplnit o případ, že prostředí (např. polystyrenová pěna) potměníka moučného tak oslabí, že nemá ani energii na to být vůči ostatním agresivní.

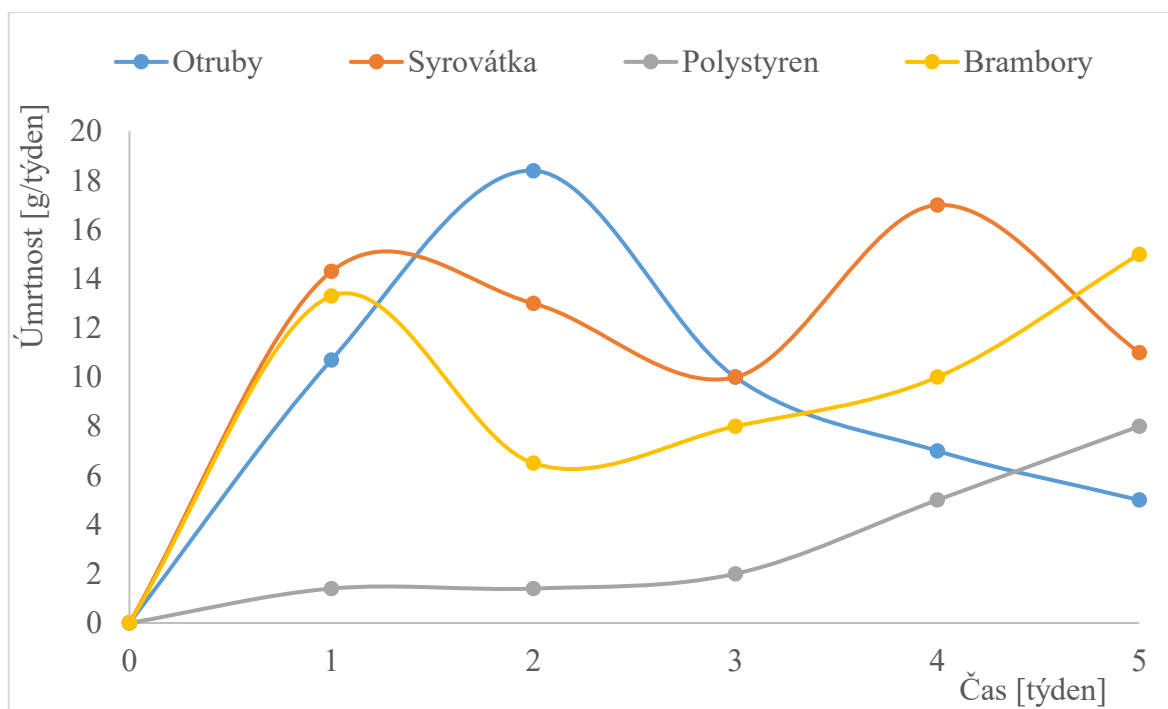
Tuto skutečnost potvrdila i druhá fáze práce, která sice nebyla tak dlouhodobá, ale ukázala další poznatky, jenž se týkají chovu a pozorování životního cyklu, viz Tabulka č.8.

Tabulka č. 8 Chov druhé fáze potemníka moučného (hmotnostní ztráta, úmrtnost, životní vývoj)

Použité krmivo	Počáteční množství [g] (0. týden)	Ztráta hmotnosti [g] (5. týden)	Úmrtnost (%)	Zakuklení [ks]	Vylíhnutí [ks]
Otruby	500	-78	12,2	220	115
Syrovátka	500	-301	26,3	67	20
Brambory	500	-245	16,5	103	6
Polystyren	500	-314	8,3	35	5

Tabulka chovu druhé fáze odhaluje hmotnostní úbytek za dobu 5 týdnů, kde největší hmotnostní úbytek je zaznamenán u vzorku krmeného polystyrenovou pěnou, kde rapidně klesla hmotnost až o 65 %, naopak nejmenší úbytek byl zaznamenán u vzorku krmeným otrubami, kde byl úbytek o pouhých 16 %. Velký úbytek zaznamenala i syrovátka a brambory, kde došlo k polovičnímu úbytku váhy.

Dále tabulka č. 8 poukazuje na úmrtnost potemníka moučného za dobu 5 týdnů a její průběh je zaznamenán na obrázku č. 3.

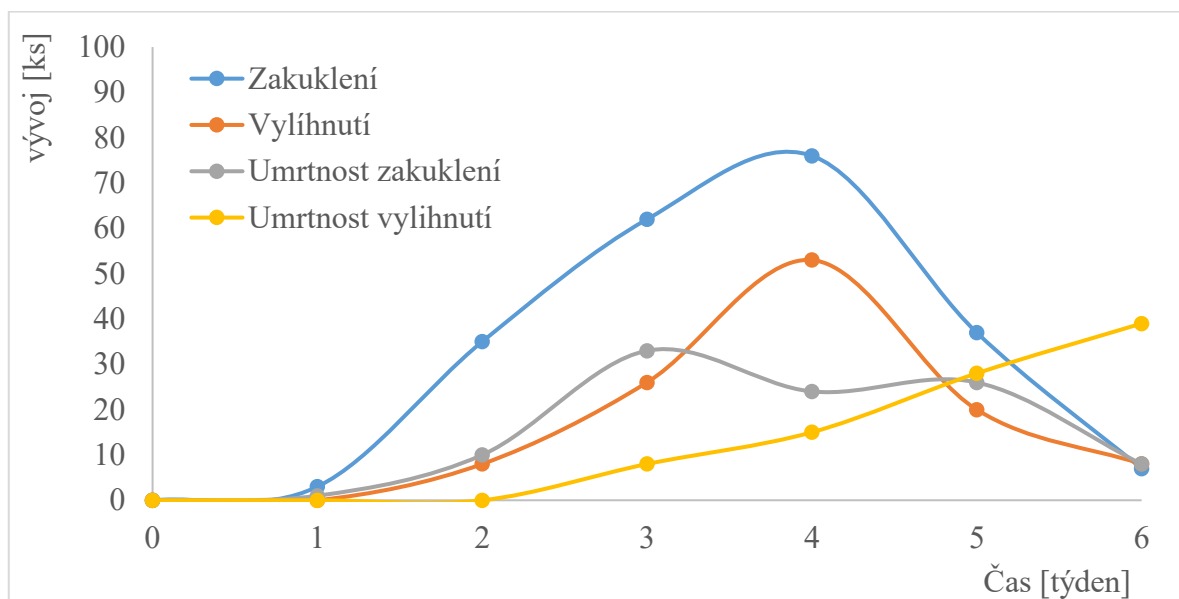


Obrázek č. 3 Závislost úmrtnosti larev potemníka moučného v průběhu chovu.

Největší četnost úmrtnosti je u vzorku krmného syrovátkou. Zde je vidět rozdíl mezi první a druhou fází, kdy průběh chovu v první fázi práce byl hladký, ale ve druhé fázi došlo k fatální chybě krmného materiálu. Sirovátka pro takto velký objem chovu potměníka moučného snadno zvlhla a následně při odpaření vody ztvrdla. Larvy, které se v syrovátce pohybovaly, byli uvězněni v objemu syrovátky.

Nejmenší úmrtnost v době pěti týdnů měl vzorek krmný polystyrénem. To podporuje myšlenku, že kanibalismus není způsoben hladem, ale naopak nepravidelným krmním. Při něm např. při převozu na větší vzdálenost, může dojít až několik dní k hladovění a po následném nakrmění dojde mezi jedinci k rivalitě a kanibalismu. Tuto myšlenku dobře dokládá i křivka pro otruby na obrázku č. 3, kde při nakrmění došlo k extrémní úmrtnosti, která se časem opět začala snižovat.

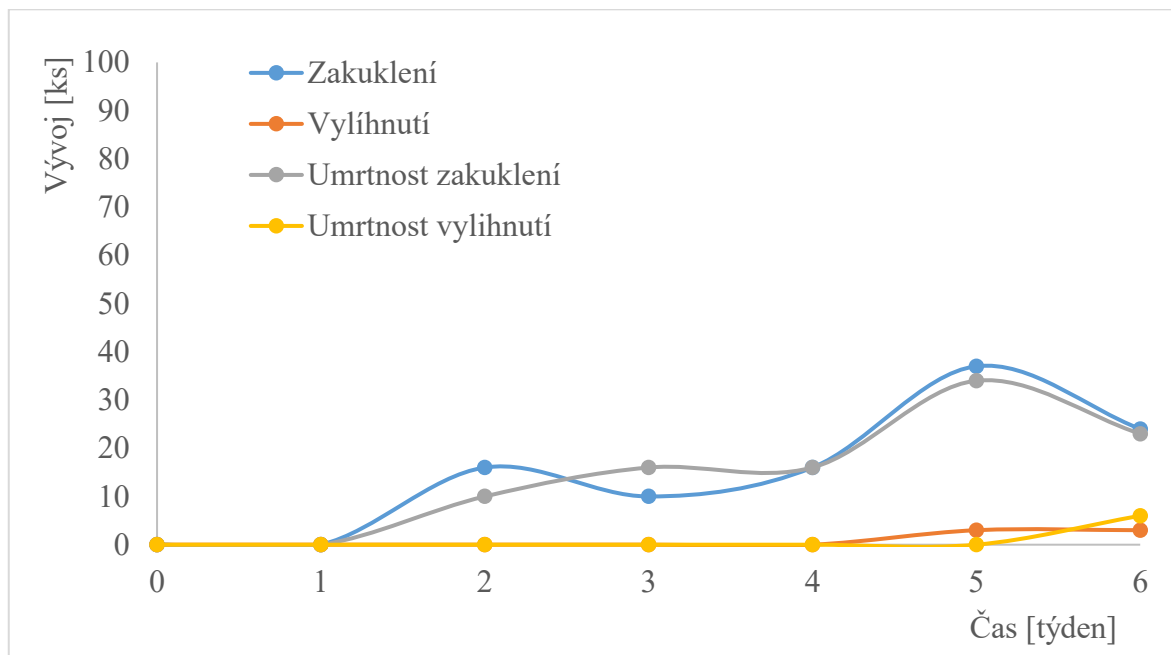
Změny v životní vývoj byly největší opět u vzorku krmným otrubami a jsou dále graficky znázorněny na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4 Životní vývoj potměníka moučného krmného otruby

Obrázek č. 4 ukazuje, že vývoj se při náhlém nakrmění okamžitě zvedl, kde největší výskyt zakuklení nastává při 4. týdnu chovu a následně začíná opět klesat. Potměník moučný v případě zlepšení podmínek chovu dokáže urychlit svůj vývoj a zakuklit se. Urychlení je ovšem časově omezené a proto musí neustále docházet ke střídání krmiv, aby bylo docíleno nejvyšší efektivity chovu.

Zajímavé výsledky týkající se vývoje potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) ukazují i hodnoty vzorku krmeného bramborami, jak je uvedeno na Obrázku č. 5



Obrázek č. 5 Životní vývoj potemníka moučného krmeného bramborami

Jak bylo zmíněno v první fázi, kdy se brambory jeví jako ideální krmivo pro potemníka moučného v případě druhé fáze došlo k pravému opaku. Larvy sice byly krmeny standardním krmivem, ale nedokázali překročit hranici mezi kuklou a dospělcem. Příčin může být celá řada, od vysokého obsahu vody, přes chybějící živiny v krmivu, po mikroorganismy, které se mohli dostat do brambor vzduchem a infikovat celý vzorek. Odhalit příčinu by mohla specifická studie, která by se zaměřila pouze na jedno krmivo s cílem objevit příčinu a posunout znalosti o krmivu pro potemníka moučného.

Smyslem této práce bylo pozorovat životní cyklus potemníka moučného a to sebou přináší i potřebu znalostí reprodukce a další generace. V rámci této práce se ze všech vzorků podařilo vychovat druhou generaci pouze u vzorku krmeného otrubami. U ostatních vzorků i přes skutečnost, že každý vzorek měl určitý počet dospělců se druhé generace nepodařilo docílit.

5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Dusíkaté látky byly stanoveny metodou podle Kjeldala a vyjadřují přibližnou hodnotu hrubých bílkovin. Pro měření byli použity larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a jejich hodnota přepočtena na celkový obsah v sušině.

Obsah dusíkatých látek u vzorku krmených otrubami byl naměřen $53,6 \pm 0,8$ %. Podobné výsledky uvádí i jiní autoři např. Bednářová uvádí, že obsah dusíkatých látek odpovídá $50,9 \pm 7,7$ %, Ravzanaadii et al. zaznamenal obsah dusíkatých látek 46,44 %. Finke uvádí obsah dusíkatých látek 49,1 %. Ghaly A. E. zaznamenal obsah dusíkatých látek až 63,9 %. [10, 40, 55, 73]

Obsah dusíkatých látek se mění s obsahem tuků v sušině a z toho důvodu je znatelná vysoká odchylka mezi jednotlivými autory. Čím nižší je obsah tuků, tím vyšší je obsah dusíkatých látek a naopak. Ze stanovení je však možné vyhodnotit, že obsah dusíkatých látek je neměnný a hlavní proměnnou udává obsah tuků, který se s rostoucím hladověním snižuje.

Největší obsah dusíkatých látek byl naměřen u vzorku krmeným polystyrenovou pěnou $69,8 \pm 0,2$ % v sušině. Hodnota zcela převyšuje obsah dusíkatých látek všech ostatních vzorků a poukazuje na možnost využití larev potemníka moučného jako nového zdroje bílkovin. Experiment ukázal, že s rostoucím časem vyláčení, které se v případě krmení polystyrenovou pěnou ideálně simuluje, roste obsah dusíkatých látek. Tím je možné zvyšovat obsah dusíkatých látek pouze metodou delší doby vyláčení. Pomocí obrázku č. 3 je možné vidět minimální úmrtnost po dobu 3 týdnů a po tuto dobu roste obsah dusíkatých látek. Přesnější údaje je však potřeba zanalyzovat samostatnou studii, která může ukázat blíže vliv dusíkatých látek na čas vyláčení.

Obsah dusíkatých látek u vzorku krmených syrovátkou je $59,0 \pm 1,3$ % a u vzorku krmených bramborami je $54,9 \pm 0,5$ %. Tyto údaje jsou obdobné jako hodnoty naměřené u vzorku krmeného otrubami a potvrzují vliv tuků na obsah dusíkatých látek.

5.3 Stanovení obsahu tuků

Celkový obsah tuku naměřený u larev u jednotlivých typů krmiv byli porovnávány s kontrolním vzorkem krmeným otrubami a vzorek otrub byl porovnán s publikovanými hodnotami jiných autorů. Exkrementy vzorku z otruby nebyli izolovány ze vzorku, a proto nebyl obsah tuku měřen.

Největší obsah tuku byl naměřen ve vzorku krmeným otrubami $37,1 \pm 0,8$ %, který jen potvrzuje hodnoty tabulky č. 8, jenž poukazuje na nízký úbytek váhy během chovu. Tato spojitost úzce souvisí s kvalitou chovu a jedná se o zásadní ukazatel efektivity krmiva, jelikož správná skladba krmiva dopomáhá ke zrychlenému růstu. U potemníků moučných může dojít až k nadměrnému uložení tuků v intracelulárním traktu a to může vést k negativním výsledkům z pohledu technologie výroby např. hmyzí mouky. Totožné hodnoty uvádí i Bednářová, která uvádí procentuální obsah tuků v sušině $36,1 \pm 5,4$ %. Nižší hodnoty udává, Ravzanaadii et al. a Paul et al, kteří uvádí průměrný obsah tuků v sušině 31,9-32,7 %. Nižší hodnoty mohou být výsledkem původu chovných potemníků v různých částí světa, podmínek a způsobu chovu jako použité krmivo, teplota, vlhkost, a stáří potemníků použitých k laboratornímu rozboru. [40, 47, 55]

Nejnižší obsah tuku $14,5 \pm 0,2$ % byl naopak naměřen u vzorku, který byl krmený polystyrenovou pěnou. Snížení obsahu tuků poukazuje na skutečnost, že potemník moučný využíval po celou dobu experimentu zásobní tuk uložený z předchozího krmiva pro základní životní funkce. To vysvětluje to i značný úbytek váhy ve vzorku viz. Tabulka č. 8. Rozdíl obsahu tuků oproti vzorku krmeným otruby je 63,7 %. Tento značný pokles tuků by mohl být využit pro technologický záměr snížit tuk ve výrobku, a to způsobem prodloužit dobu vylačnění na dobu 4-12 dnů, kterou je třeba ještě podrobněji zanalyzovat.

Zajímavé hodnoty obsahu tuků byli naměřeny i u vzorku krmeného bramborami $31,2 \pm 0,6$ %, které byli svojí hodnotou odpovídající s obecně uváděnými hodnotami obsahu tuků u potemníka moučného. Obsah tuků ve vzorku krmenými syrovátkou $25,7 \pm 1,9$ % je výsledkem krmného materiálu popsaného v podkapitole 5.1., kdy krmivo nemělo pozitivní vliv na průběh chovu, a proto i ovlivnilo nutriční hodnoty potemníka poučného.

Obsahy tuků u exkrementů potemníka moučného poměrově odpovídají obsahům tuků u larev. To poukazuje na možnost využitelnosti exkrementů jako doplňku zdroje organických látek do substrátů. Obsah tuků u exkrementů se pohyboval od 5,1 - 7,5 %, což je daleko víc, než co uvádí Ravzanaadii et al., který uvádí obsah tuků u exkrementů 1,3 %. [40]

5.4 Stanovení profilu mastných kyselin

Profil mastných kyselin byl stanoven plynovou chromatografií jejich metylesterů po extrakci heptanovým rozpouštědlem a následném zmýdelňování metanolickým roztokem NaOH. Profil mastných kyselin jednotlivých vzorku larev je uveden v tabulce č. 9. a profil mastných kyselin jednotlivých vzorků exkrementů je uveden v tabulce č.10.

Tabulka č. 9. Profil mastných kyselin u larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) v g/kg sušiny pro různé typy krmiva.

g/kg sušiny	Otruby	Syrovátka	Brambory	Polystyren
C10	ND	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	ND
C12	0,83 ± 0,14	0,65 ± 0,02	0,54 ± 0,03	0,24 ± 0,03
C13	0,16 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,08 ± 0,02
C14	10,4 ± 1,1	8,9 ± 0,4	8,6 ± 0,4	3,6 ± 0,4
C15	0,25 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,11 ± 0,02
C16	45,1 ± 2,5	25,0 ± 1,3	36,1 ± 1,3	9,7 ± 1,1
C17	0,53 ± 0,05	0,48 ± 0,02	0,61 ± 0,08	0,26 ± 0,03
C18	6,4 ± 0,1	5,1 ± 0,2	6,3 ± 0,2	2,2 ± 0,3
C20	0,26 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,09 ± 0,02
Nasyčené	63,9	40,6	52,8	16,3
C14:1 (n-5)	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	ND	ND
C16:1 (n-7)	3,8 ± 0,1	4,2 ± 0,2	4,8 ± 0,2	1,3 ± 0,2
C18:1Z (n-9)	117 ± 3	102 ± 6	130 ± 5	41,9 ± 4,8
C20:1 (n-9)	1,4 ± 0,1	0,40 ± 0,03	0,95 ± 0,05	0,32 ± 0,04
Monoenové	122,6	105,7	135,9	43,5
C18:2 (n-6)	67,5 ± 4,0	39,5 ± 1,7	54,6 ± 2,0	20,5 ± 2,3
C18:3 (n-3)	0,23 ± 0,01	0,12 ± 0,02	0,20 ± 0,03	0,06 ± 0,02
C20:2 (n-6)	0,10 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,08 ± 0,02	ND
Polyenové	67,8	39,6	54,9	20,6
Celkový obsah MK [g/kg]	254,3	185,9	243,6	80,3

* ND ... neuvedeno

Z výsledků mastných kyselin uvedených v tabulce č. 9 je možné prokázat nejvyšší hodnoty mastných kyselin u kyseliny myristové (C14:0), kyseliny palmitové (C16:0), kyseliny palmitoolejové (C16:1), kyseliny stearové (C18:0), kyseliny olejové (C18:1) a kyseliny linolové (C18:2), které tvoří majoritní zastoupení ze všech naměřených mastných kyselin. K podobným závěrům došli i jiní autoři viz. Tabulka č. 4. Ravzanaadii et al. uvádí, že poměr majoritních mastných kyselin zůstává stejný i u exkrementů, což potvrzuje tabulka č. 10.

Největší obsah mastných kyselin byl detekován ve vzorku larev potemníka moučného krmených otrubami (254,3 g/kg sušiny) a dokládá široké zastoupení řady mastných kyselin, které poukazuje na vysokou nutriční hodnotu a širokou využitelnost, jak pro lidskou, tak i zvířecí spotřebu. Nejnižší hodnoty (80,3 g/kg sušiny) byli naměřeny ve vzorku krmeným polystyrenovou pěnou. Při porovnání se vzorkem larev krmených otrubami dochází k úbytku 68,4 %, což je totožné s úbytkem obsahu tuků ve vzorcích. Profil mastných kyselin u potemníka moučného, lze upravovat obohacenými krmivly, které mohou zvýšit hodnotu esenciálních mastných kyselin.

Tabulka č.10 Profil MK exkrementů potemníka moučného (*Tenebrio molitor*)

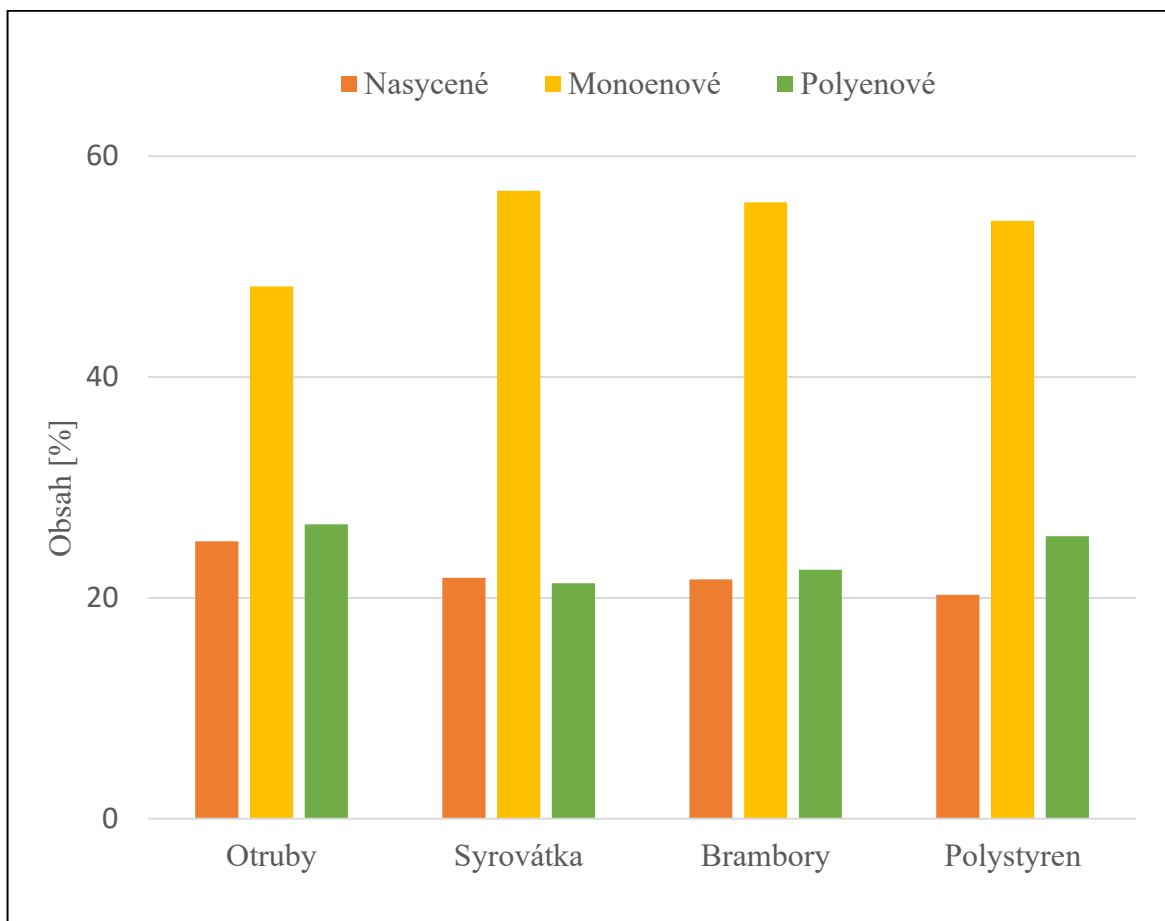
g/kg vzorku	Syrovátka	Brambory	Polystyrén
C10	0,03 ± 0,01	ND	ND
C12	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01	ND
C14	0,76 ± 0,03	0,57 ± 0,10	0,25 ± 0,12
C16	3,6 ± 0,2	3,3 ± 0,2	1,4 ± 0,8
C17	0,30 ± 0,2	0,61 ± 0,08	0,17 ± 0,02
C18	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,73 ± 0,20
C20	0,11 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,07 ± 0,03
Nasyčené	6,2	5,4	2,6
C16:1 (n-7)	0,52 ± 0,03	0,50 ± 0,03	ND
C18:1Z (n-9)	15,0 ± 0,6	15,4 ± 0,5	6,3 ± 3,9
C20:1 (n-9)	0,08 ± 0,03	0,11 ± 0,03	ND
Monoenové	15,6	16,1	6,3
C18:2 (n-6)	5,8 ± 0,2	5,9 ± 0,2	2,9 ± 1,3
Polyenové	5,8	5,9	2,9
Celkový obsah MK [g/kg sušiny]	27,3	27,2	11,9

Největší obsah mastných kyselin byl naměřen u exkrementů potemníka moučného krmených syrovátkou a brambory 27,3 g/kg sušiny. A nejnižší byl naměřen u vzorku krmených polystyrenovou pěnou 11,9 g/kg sušiny. Obsah je značně redukován množstvím přijatých živin z krmiva. Ukazuje se ovšem, že vylučování mastných kyselin, ale i tuků probíhá i přes velmi snížený příjem živin.

Poměr n-3 a n-6 mastných kyselin, ukazuje vysoký nedostatek n-3 mastné kyseliny oproti n-6. To potvrzuje hypotézu A. Paula et. al. [47], který uvádí, že snížené množství n-3 mastné

kyseliny, lze zvýšit suplementací do krmiva, a tím ještě více zvednout nutriční hodnotu potměnků moučných (*Tenebrio molitor*).

Procentuální zastoupení nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin je uvedeno na obrázku č. 6.



Obrázek č. 6. Procentuální obsah nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin v larvách potměnka moučného (*Tenebrio molitor*)

Zajímavé hodnoty z měření mastných kyselin potměnka moučného (*Tenebrio molitor*), lze vyjádřit součtem nasycených, monoenoových a polyenoových. Podle Českých výživových doporučení (2012) je vhodný poměr nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin 1 : 1,4 : 0,6. [74]

Z naměřených dat byli vytvořeny poměry. U larev krmených otrubami byl poměr 1 : 1,9 : 1,1, u krmiva se syrovátkou a brambory 1 : 2,6 : 1 a u krmiva polystyrenové pěny byl poměr 1 : 2,7 : 1,3. Podle rozdílu poměrů je možné určit jako nejzdravější variantu potměnka moučného krmeného otrubami, které sice nabízí vyšší podíl nenasycených mastných kyselin, ovšem jejich hodnoty lze upravit a v případě dalších výzkumu, lze docílit rovnosti s výživovým doporučením.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala pozorováním životního cyklu a stanovení nutričních hodnot potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) s cílem zjistit vliv krmiva na základní životní funkce a změny v nutričních hodnotách. Larvy potemníka moučného byli krmeny čtyřmi druhy krmiva (pšeničnými otrubami, sušenou syrovátkou, konzumními brambory a polystyrenovou pěnou). Vzorky larev a exkrementů byly analyzovány na obsah dusíkatých látek, tuků a mastných kyselin.

Při pozorování životního cyklu bylo prokázáno, že krmivo patří mezi hlavní faktory ovlivňující růst, úmrtnost a bezpečnost pro další zpracování. Tyto faktory jsou velice důležité pro finálního spotřebitele, a proto je nutné se problematikou krmiva a optimalizace krmiva věnovat bližšími výzkumy.

Jako nejideálnější krmivo bylo vyhodnoceno otrubové krmivo, které snížilo úmrtnost, urychlilo a stabilizovalo vývoj a zanechalo optimální podmínky pro reprodukci. Ostatní druhy krmiva samostatně nejsou vhodné pro použití jako krmivo, ale mohou být použity jako suplementace pro zvýšení esenciálních živin pro potemníka moučného.

V rámci této práce bylo zjištěno, že nutriční hodnota krmiva, není jediným kritériem pro vysokou kvalitu krmiva. Významný vliv mají i jeho reologické vlastnosti, především konzistence, trvanlivost, hrubost a vaznost vzdušné vlhkosti. Tyto vlastnosti by měli být brány v potaz ve volbě směsi krmiva pro docílení nejvyšší efektivity chovu. Dále bylo zjištěno, že kanibalismus potemníka moučného není zapříčiněn nedostatkem krmiva, nýbrž stabilitou chovu, která může být ovlivněna teplotou, vlhkostí, transportem, nebo zdravotním stavem larvy, ovšem potvrdit toto zjištění musí, až bližší studie.

Z celkového pohledu nutričních hodnot bylo potvrzeno, že nejlepším použitým krmivem byli otruby, které vykazovali vysoký obsah dusíkatých látek, tuků a mastných kyselin. Výsledky vykazují vztah mezi krmivem a obsahem tuků. Kde vysoký obsah tuků může být brán jako první aspekt ke zjištění jakosti larev pro další využití. Dále se ukázal vztah mezi obsahem dusíkatými látky a obsahem tuků, kdy bylo prokázáno, že čím nižší je obsah tuků, tím vyšší je obsah dusíkatých látek. Tento poznatek je možné využít pro snížení obsahu tuků metodou delšího vyláčení a docílit k potřebné tučnosti pro další technologické zpracování. Potvrzují to zjištěné výsledky u potemníků moučných krmených polystyrenovou pěnou. Ta vzhledem k nutričním parametrům simulovala stav vyláčení a z vyhodnocených dat potvrzuje tento poznatek.

Z pohledu obsahu tuků vykazovaly larvy krmenými pšeničnými otrubami a brambory vyšším množstvím tuků, než je tomu u larev krmenými syrovátkou a polystyrenovou pěnou. Nejčtenější estery mastných kyselin byli estery kyseliny palmitové (C16:0), kyseliny olejové (C18:1Z) a kyseliny linolové (C18:2), jejich poměr byl u všech mastných kyselin přibližně stejný. Při vyhodnocení poměru n-6/n-3 mastných kyselin bylo zjištěno, že larvy neobsahovaly příliš velké množství kyseliny linolenové (C18:3) a proto převažoval obsah n-6, to je ovšem možné upravit suplementací n-3 do směsi krmiva.

Poměr nasycených, monoenoových, polyenoových mastných kyselin byl nejvýznamnější u vzorku krmeným otrubami, ostatní vzorky vykazovali navýšení nenasycených mastných kyselin a vzhledem k okolnostem se jako profilový výsledek jeví právě vzorek krmeným otrubami.

Pro vyhodnocení celkové práce a všech analýz lze konstatovat, že jako nejvhodnější krmivo pro larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) se hodí krmivo s otrubami. Toto krmivo vykazuje ideální vlastnosti jako vysoké nutriční hodnoty, vysokou trvanlivost, lehkou manipulaci, nízkou cenu a snadnou dostupnost. Toto krmivo by mělo tvořit základní složku krmiva pro potměníky moučné. Vysoká výtěžnost chovu ovšem není docílena jednosložkovým krmivem, a proto je nutné zkoumat i dále vlivy určitých druhů krmiv, které by mohli mít pozitivní vliv na celkový vývoj a urychlovat tím růst, nutriční hodnotu a reprodukci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SPONHEIMER, M., D. DE RUITER, J. LEE-THORP a A. SPÄTH. Sr/Ca and early hominin diets revisited: New data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*. 2005, **48**(2), 147-156.
- [2] JONGEMA, Y. List of edible insects of the world. Wageninge University & Research [online]. 2015 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- [3] DEFOLIART, G. R. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection*. 1992, **11**(5), 395-399.
- [4] EFSA, Risk profile related to production and consumption of insects as food anfeed. *EFSA Journal*. 2015, **13**(10), 4257.
- [5] Li, L. Y., Zhao, Z. R., Liu, H.. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*. 2013, **92**(1), 103-109.
- [6] ZAHRADNÍK, J. *Brouci*. Praha: AVENTINUM, 2008. ISBN 978-80-86858-43-2.
- [7] ONDRÁČEK, J. Chov hmyzu – zdroj živočišných krmiv. BIOINFO. 1992, České Budějovice.
- [8] PARK, J. B., W. H. CHOI, S. H. KIM, H. J. JIN, Y. S. HAN, Y. S. LEE a N. J. KIM. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*. 2014, **28**(1), 5-9.
- [9] ADÁMKOVÁ, A. Nutriční rozbor a optimalizace chovu vybraných druhů jedlého hmyzu v podmínkách ČR s ohledem na zdraví člověka. Praha, 2017. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [10] WU, S., H. LIN, M. LI, X. TANG, Determination of some important technique parameters in the course of breeding *Tenebrio molitor*. *Journal of Economic Animal*. 2009, **13**(1), 28-31.
- [11] FINKE, M. D. *Nutrient content of insects*. In: *Encyclopedia of Entomology*. USA: Springer, 2004, s. 1563-1575. ISBN 978-0-306-48380-6.

- [12] HŮRKA, K. *Brouci České a Slovenské republiky*. Zlín: Kabourek, 2005, s. 390. ISBN 8086447111.
- [13] GAO, Y., D. WANG, M. L. XU, S. S. SHI a J. F. XIONG. Toxicological characteristics of edible insects in China: A historical review. *Food and Chemical Toxicology*. 2018, **119**(1), 237-251.
- [14] ADÁMKOVÁ, A., M. ADÁMEK, J. MLČEK, M. BORKOVCOVÁ, M. BEDNÁŘOVÁ, L. KOUŘIMSKÁ, J. SKÁCEL a E. VÍTOVÁ. Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety. *Potravinarstvo*. 2017, **11**(1), 460-465.
- [15] MORALES-RAMOS, J. A., M. G. ROJAS, D. I. SHAPIRO-ILAN a W. L. TEDDERS. Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and Development Time under Different Diets. *Journal of entomological science*. 2010, **45**(2), 75-90.
- [16] YANG, SS., WM. WU, AM. BRANDON a JP RECEVEUR. Ubiquity of Polystyrene Consumption and Degradation by Mealworms (the larvae of *Tenebrio molitor*) from Different Geographic Sources. *CHEMOSPHERE*. 2018, (212), 262-271.
- [17] VAN BROEKHOVEN, S., D. G. OONINCX, A. VAN HUIS a J. J. VAN LOON. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*. 2015, (73), 1-10.
- [18] BEDNÁŘOVÁ, M., M. BORKOVCOVÁ, G. ZORNÍKOVÁ a L. ZEMAN. Insect as food in Czech republic. *Proceedings Mendel Net*. 2010, (24), 674-682.
- [19] RUMPOLD, B. A. a O. K. SCHLÜTER. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition Food Research*. 2013, (57), 802-823.
- [20] SAUVANT, D., J. M. PEREZ a G. TRAN. *Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage* [online]. 2. INRA Editions Versailles, 2004 [cit. 2020-05-14]. ISBN 2738011586. Dostupné z: <http://www.zootechnie.fr/fr/ouvrages-et-logiciels/tables-inra-afz>
- [21] FULLER, M. F. *The encyclopedia of farm animal nutrition* [online]. Wallingford, UK: CABI Publishing Series, 2004 [cit. 2020-05-14]. ISBN 0851993699. Dostupné z: <http://books.google.com/books>

- [22] TICHÁ, M. a P. VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny* [online]. Brno, 2006 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/obsah.htm>. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- [23] SOMMER, A. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce*. Pohořelice: ČZS VÚVZ, 1994. ISBN 80-901598-1-8.
- [24] WIT, J. N. *Lecturer's Handbook on whey and whey products* [online]. Belgium: European Whey Products Association, 2001 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: http://ewpa.euromilk.org/fileadmin/user_upload/Public_Documents/EWPA_Publications/Lecturer_s_Handbook_on_Whey.pdf
- [25] SUKOVÁ, I. *Syrovátka v potravinářství*. 1. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006.
- [26] GEYER, R., J. R. JAMBECK a K. L. LAW. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* [online]. 2017, 3(7), 1-5 [cit. 2020-05-14]. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.
- [27] WU, W., J. YANG, A. M. BRANDON a D. XING. Progresses in Polystyrene Biodegradation and Prospects for Solutions to Plastic Waste Pollution. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2018, (150) [cit. 2020-05-15]. DOI: 10.1007/s11783-017-0897-7.
- [28] YANG, S. S., A. M. BRANDON, J. C. A. FLANAGAN, et al. Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere*. 2018, (191), 979-989.
- [29] WRÓBEL, M., B. HANUS-LORENZ a J. RYBAK. The studies on waste biodegradation by *Tenebrio molitor*. *Web of Conferences* [online]. 2017, 17(00011), 1-7 [cit. 2020-05-15]. DOI: 10.1051/e3sconf/20171700011. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/317134394_The_studies_on_waste_biodegradation_on_by_Tenebrio_molitor
- [30] BOMBELLI, P., Ch. J. HOWE a F. BERTONICCHINI. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current biology* [online]. 2017, 27(8), 292-293 [cit. 2020-01-02]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.02.060>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982217302312>

- [31] RAMOS-ELORDUY J., MORENO J. M. P., PRADO E. E., PEREZ M. A., OTERO J. L. a L. O. DE GUEVARA. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1997, (10), 142-157.
- [32] NOWAK, V., D. PERSIJN, D. RITTENSCHOBBER a U. R. CHARRONDIERE. Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*. 2016, (193), 39-46.
- [33] BAEK, M., M. A. KIM, Y. S. KWON, J. S. HWANG, T. W. GOO, M. JUN a E. Y. YUN. Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. *Entomological Research*. 2019, (49), 284–293.
- [34] TANČINOVÁ, D., J. MAKOVÁ, S. FELŠÖCIOVÁ, M. KAČÁNIOVÁ a V. KMEŤ. *Mikrobiológia potravín*. 2. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2008. ISBN 978-80-552-0145-0.
- [35] VERKERK M. C., TRAMPER J., VAN TRIJP J. C. M. a D. E. MARTENS. Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*. 2007, (25), 198–202.
- [36] WHO a FAO. *Food labelling*. 5. Rome: WHO, FAO, 2007. ISBN 978-92-5-105840-4.
- [37] BEDNÁŘOVÁ, M., M. BORKOVCOVÁ a T. KOMPRDA. Purine derivate content and amino acid profile in larval stages of three edible insects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014, (94), 71-76.
- [38] PAUL, A., M. FREDERICH, R. UYTENBROECK, et al. Grasshoppers as a food source? A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2016, **20**(1), 337-352.
- [39] BEDNÁŘOVÁ, M., V. ADAM, F. JELEN a M. BORKOVCOVÁ. Protein profile of *Tenebrio molitor* (In Czech). *MENDELNET 2011*. Mendel University in Brno, Faculty of Agronomy, 2011, (1), 549–554.
- [40] NERGUI, R., S. H. KIM, W. H. CHOI, S. J. HONG a N. J. KIM. Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *International Journal of Industrial Entomology*. 2012, (25), 93-98.
- [41] FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*. 2002, **21**(3), 269-285.
- [42] WHO, FAO a UNO. *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. United Nations University, 2007. ISBN 92 4 120935 6.

- [43] RAKSAKANTONG P., MEESO N., KUBOLA J., S. SIRIAMORNPUN, Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects. *Food Research International*. 2010, (43), 350-355
- [44] XIAOMING, Ch., F. YING, Z. HONG a Ch. ZHIYONG. Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. Edible forests insect - Human bite back. 2010, (1), 65-84.
- [45] RAMOS-ELORDUY, B, J. M. MORENO PINO a V. H. MARTINEZ CAMACHO. Could grasshoppers be a nutritive meal. *Food and Nutrition Sciences*. 2012, (3), 164-175.
- [46] MORALES-RAMOS, J. A., R. M. GUADALUPE, K. S. SHELBY a T. A. COUDRON. Nutritional Value of Pupae Versus Larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as Food for Rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*. 2016, **109**(2), 564–571.
- [47] PAUL, A., M FREDERICH, R. C. MEGIDO, et al. Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2017, (20), 337-340.
- [48] GHOSH, S., S. M. LEE, C. JUNG a V. B. MEYER-ROCHOW. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2017, (20), 686-694.
- [49] KWON, G. T., H. YUK, S. J. LEE, et al. Mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.) exuviae as a novel prebiotic material for BALB/c mouse gut microbiota. *Food Sci Biotechnol*. 2020, (29), 531–537.
- [50] MARIOD A. A., ABDEL-WAHAB S. I., a N. M. AIN. Proximate amino acid, fatty acid and mineral composition of two Sudanese edible pentatomid insects. *International Journal of Tropical Insect Science*. 2011, **31**(3): 145–153.
- [51] TURLEY, J. a J. THOMPSON. *Your life science* [online]. 2. Australia: Wadsworth Cengage Learning, 2013 [cit. 2020-05-15]. ISBN 978-1-305-11257-5.
- [52] ADÁMKOVÁ, A., J. MLČEK, L. KOUŘIMSKÁ, M. BORKOVCOVÁ, T. BUŠINA, M. ADÁMEK, M. BEDNÁŘOVÁ a J. KRAJSA. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *International journal of environmental research and public health*. 2017, **14**(5), 521.

- [53] ZIELIŃSKA, E., B. BARANIAK, M. KARAS, K. RYBCZYŃSKA a A. JAKUBCZYK. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 2015, **77**(3), 460-466.
- [54] BARROSO, F. G., C. DE HARO, M. J. SÁNCHEZ-MUROS, E. VENEGAS, A. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ a C. PÉREZ BAÑÓN. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 2014, **422**(423), 193-301.
- [55] BEDNÁŘOVÁ, M., M. BORKOVCOVÁ, J. MLČEK, O. ROP a L. ZEMAN. Edible insects-species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*. 2013, **61**(3), 587-593.
- [56] DREASSI, E., A. CITO, A. ZANFINI et al. Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*. 2017, (52), 285–294.
- [57] SONG, Y. S., M. W. KIM, Ch. MOON, et al. Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, *Tenebrio molitor*. *Entomological Research*, 2018, **48**(3), 227-233.
- [58] BORKOVCOVÁ, M., M. BEDNÁŘOVÁ, V. FIŠER a P. OCKNECHT. *Kuchyně hmyzem zpestřená I*. Brno: Lynx, 2009, s. 135. ISBN 978-80-86787-37-4.
- [59] HAHN, T., A. ROTH, E. FEBEL, M. FIJALKOWSKA, E. SCHMITT, T. ARSIWALLA a S. ZIBEK. New methods for high-accuracy insect chitin measurement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, (98), 5069-5073.
- [60] FINKE, M. D. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo biology*. 2015, **34**(6), 554-564.
- [61] SCHMIDT, A., et al. Determination of vitamin B12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food chemistry*, 2019, (281), 124-129.
- [62] LENAERTS, S., et al. Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food chemistry*, 2018, (254), 129-136.
- [63] SIMON, E., et al. Elemental concentration in mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.) during metamorphosis. *Biological trace element research*, 2013, **154**(1), 81-87.

- [64] BARKER, D., M. P. FITZPATRICK a E. S. DIERENFELD. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*. 1998, **17**(2), 123-134.
- [65] JANSSEN, RENSKÉ H., et al. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, **65**(11) 2275-2278.
- [66] FINKE M. D., G. R. DEFOLIART a N. J. BENEVENGA. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. *Journal of Nutrition*. 1989, (119), 864-871.
- [67] ADÁMKOVÁ, A., L. KOUŘIMSKÁ, M. BORKOVCOVÁ, M. KULMA a J. MLČEK. Nutritional value of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinářstvo*. 2016, **10**(1), 663-671.
- [68] JONAS-LEVI, A. a J. J. I. MARTINEZ. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2017, (62), 184-188.
- [69] BUßLER, S., et al. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon*, 2016, **2**(12), 218.
- [70] FOLCH, J., M. LEES, a H. G. SLOANE STANLEY. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*. 1957, **226**(1), 497-509
- [71] VÁVRA AMBROŽOVÁ, J. *Biologicky aktivní látky mořských a sladkovodních řad*. Zlín, 2016. Disertační práce (Ph.D.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [72] ČSN P CEN ISO/TS 17764-2. Krmiva – Stanovení obsahu mastných kyselin: Část 2: Metoda plynové chromatografie. Praha: Český normalizační institut, 2007. 24 s. Třídící znak 467096.
- [73] GHALY, A. E., et al. The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 2009, **4**(4) 319-331.
- [74] DOSTÁLOVÁ, J., P., DLOUHÝ, a P. TLÁSKAL. Výživová doporučení pro obyvatelstvo ČR. Společnost pro výživu Praha. 2012 [online]. Dostupné na: <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivovadoporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PS	Polystyren
PE	Polyethylen
PUR	Polyuretan
PP	Polypropylen
PET	Polyethylentereftalát
PVC	Polyvinylchlorid
PLA	Polylaktidová vlákna
ADF-N	Acidodetergentní vlákna vázaná na dusíkaté látky
SFA	Nasyčené mastné kyseliny
MUFA	Monoenové mastné kyseliny
PUFA	Polyenové mastné kyseliny
FAMES	Methylestery mastných kyselin
MK	Mastné kyseliny

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Vývoj stádia larev mezi jednotlivými instary	13
Obrázek č. 2 Vývojový cyklus potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	14
Obrázek č. 3 Závislost úmrtnosti larev potemníka moučného v průběhu chovu	35
Obrázek č. 4 Životní vývoj potemníka moučného krmeného otruby	36
Obrázek č. 5 Životní vývoj potemníka moučného krmeného bramborami	37
Obrázek č. 6 Procentuální obsah nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin v larvách potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Zastoupení vybraných aminokyselin potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>) s doporučeným příjmem aminokyselin u dospělých a dětí (3-14let)	22
Tabulka č. 2 Zastoupení jednotlivých aminokyselin u larev, dospělců, svleků a exkrementů potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	23
Tabulka č. 3 Zastoupení nasycených a nenasycených mastných kyselin (%) a jejich poměr u larev, kukel a dospělců potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>) v celkové obsahu mastných kyselin	24
Tabulka č. 4 Zastoupení jednotlivých mastných kyselin (%) u larev, kukel a dospělců potemníka moučného	25
Tabulka č. 5 Obsah vitamínů (mg/100g sušiny) u larev potemníka moučného.....	26
Tabulka č.6 Obsah minerálních látek mg/100g sušiny u larev, kukel a dospělců potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	27
Tabulka č.7 Chov první fáze potemníka moučného (úmrtnost, životní vývoj)	34
Tabulka č.8 Chov druhé fáze potemníka moučného (hmotnostní ztráta, úmrtnost, životní vývoj).....	35
Tabulka č. 9. Profil mastných kyselin u larev potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>) v g/kg sušiny	40
Tabulka č.10 Profil MK exkrementů potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	41

