

JAKOSTNÍ PARAMETRY LAREV POTEMNÍKA MOUČNÉHO V ZÁVISLOSTI NA KRMNÉ SMĚSI

QUALITY PARAMETERS OF THE MEALWORM LARVAE IN RELATION TO THE FEED MIXTURE

Veronika Božena Hendrychová¹ – Barbora Odehnalová¹ – Adam Kovál¹
Andrea Roztočilová¹ – Jan Slováček¹ – Petr Kouřil¹ – Jiří Votava²
Ondřej Šťastník³ – Martina Lichovnicková⁴ – Šárka Nedomová¹

¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

²Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

³Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta, MENDELU,
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

⁴Ústav chovu a šlechtění zvířat, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0048>



ABSTRAKT

Hmyz je perspektivní surovinou využívanou v potravinářském průmyslu k fortifikaci potravin a zvýšení jejich nutriční hodnoty. V průběhu chovu byly sledovány kvalitativní parametry larev potemníka moučného krmených pšeničnými otrubami (OTR) a experimentálně připravenou krmnou směsí (EX). U larev varianty EX byla stanovena vyšší celková hmotnost a index přírůstu (IP) ($m = 1889,5$ g; $IP = 501,8$), než u larev varianty OTR ($m = 1806,2$; $IP = 482,9$). Larvy varianty EX vykazovaly vyšší intenzitu červeného zbarvení. Technologickým zpracováním došlo u variant larev k poklesu hodnot parametrů L^* , a^* i b^* . Chemické složení i barevné parametry technologicky zpracovaných larev závisely zejména na druhu krmné směsi, avšak u larev varianty EX usmrcených varem byly hodnoty parametru b^* průkazně vyšší ($p < 0,05$).

Klíčová slova: jedlý hmyz, chov, sušení, barva, chemické složení

ABSTRACT

Edible insects are a promising raw material used in the food industry for food production in terms of increasing their nutritional value. During rearing, qualitative parameters of mealworm larvae fed by wheat bran (OTR) and experimental diet (EX) were determined. Larvae of the EX variant showed a higher total weight and growth index (GI) ($m = 1889.5$ g; $GI = 501.8$) than larvae of the OTR variant ($m = 1806.2$; $GI = 482.9$). Larvae of the EX variant showed a higher intensity of red colour. The technological processing resulted in a decrease in the values of L^* , a^* and b^* parameters in the larval variants. The chemical composition and colour parameters of technologically processed larvae depended mainly on the larval feed mixture, however the b^* parameter values were significantly higher in the EX variant of larvae killed by boiling ($p < 0.05$).

Keywords: edible insects, rearing, drying, colour, chemical composition

ÚVOD

Jedlý hmyz je od roku 2018 ve státech EU považován za potravinu nového typu dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách, které se vztahuje na vybrané druhy hmyzu. Na trh lze v současné době uvádět larvy/imaga cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*), dále pak larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a potemníka stájového – Buffalo (*Alphitobius diaperinus*) (Internetový portál bezpečnosti potravin, 2023).

Hmyz je nutričně cennou komoditou a perspektivní surovinou pro fortifikaci potravin využívanou s cílem zvýšení jejich nutriční hodnoty (Pippinato et al., 2020; Cho a Ryu, 2021). Nutriční složení je významně ovlivněno druhem hmyzu, krmivem, vývojovým stadiem a taktéž podmínkami technologického zpracování (Meyer-Rochow et al., 2021). Přínosný je hmyz zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin, který u larev potemníka moučného dosahuje téměř 55 % sušiny (Machona et al., 2022). Ve hmyzí bílkovině jsou taktéž zastoupeny všechny esenciální aminokyseliny (van Huis et al., 2013; Brogan et al., 2021). Obsah tuku je podmíněn zejména druhem a vývojovým stadiem hmyzu, pohybuje se tak v rozmezí od 0,66 % do 69,78 % v sušině (Rumpold a Schlüter, 2013).

Režimem technologického zpracování lze výrazně ovlivnit vlastnosti hmyzích surovin, např. stabilitu tuku, obsah a rozpustnost bílkovin, senzorké či mikrobiologické vlastnosti (Lee et al., 2021; Kröncke et al., 2018; Kröncke et al., 2020; Megido et al., 2013). Do procesu technologického zpracování larev potemníka moučného lze řadit usmrcení, nejčastěji formou šokového zmrazení, popř. záhřevem (Wessels et al., 2020; Yang et al., 2022). Procesem blanširování lze snížit počet mikroorganismů se současnou inaktivací endogenních enzymů (Megido et al., 2013).

MATERIÁL A METODIKA

Chov larev

Larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) ve věku 5 týdnů pocházely ze specializovaného českého chovu hmyzu pro potravinářské účely. Larvy byly chovány v prostorách pavilonu M Mendelovy univerzity v Brně ve dvou opakováních po dobu 9 týdnů. Denně byly zaznamenávány podmínky chovu – průměrná teplota vzduchu byla 23,1 °C, relativní vlhkost vzduchu 57 %. Jako krmivo byly využity pšeničné otruby (varianta značená OTR) a ve spolupráci s Ústavem výživy zvířat a pícninářství experimentálně připravená krmná směs (cukr krmný, slunečnicový extrahovaný šrot, psyllium, řepkové pokrutiny, sójový extrahovaný šrot; varianta značená EX). Krmivo bylo podáváno larvám třikrát týdně, jako zdroj hydratace byla denně podávána mletá mrkev.

Stanovení popisných parametrů larev

Vážením na laboratorních vahách byla stanovena celková hmotnost variant larev. Index přírůstku byl stanoven dle vztahu: $IP [\%] = [(konečná\ hmotnost - počáteční\ hmotnost) / počáteční\ hmotnost] \cdot 100$.

Technologické zpracování larev

Živé larvy byly lačněny po dobu 48 hodin. Larvy obou byly usmrceny varem (100 °C/1 min, značeny V) nebo zmrazením (-28 °C/>48 h, značení Z), blanširovány (100 °C/4 min) a vysušeny prostřednictvím horkého vzduchu (140 °C/45 min).

Chemické složení a výtěžek

U krmiv byl stanoven obsah sušiny (sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti), obsah hrubého proteinu (obsah dusíku analytickou metodou dle Kjeldahla s přepočtem na obsah dusíkatých látek prostřednictvím faktoru 6,25) a obsah hrubého tuku (extrakční metodou dle Soxhleta), obsah hrubého popela (gravimetricky po spálení v muflové peci) a obsah hrubé vlákniny (metodou dle Henneberg-Stohmanna). U technologicky zpracovaných larev bylo ve třech opakováních stanoveno chemické složení po vysušení larev v sušárně (105 °C do konstantní hmotnosti) – obsah sušiny, obsah hrubého proteinu a obsah hrubého tuku. Výtěžek po vysušení larev byl stanoven dle vztahu: (hmotnost po vysušení/hmotnost před sušením) · 100 [%].

Barva larev

Barevné parametry larev v průběhu chovu a po technologickém zpracování byly měřeny spektrofotometricky ve třech opakováních (Konica Minolta CM 3500d, Japonsko) v barevném prostoru CIELAB (barevné parametry L^* , a^* a b^*).

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena s využitím softwaru STATISTICA 14 – testy pro ověření normality rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test), ověření homogenity rozptylů (Levenovy testy), parametrická jednofaktorová ANOVA a post-hoc Tukeyův HSD test, v případě nesplnění požadavků na normalitu a homogenitu výběru byl proveden neparametrický Kruskal-Wallisův test. Testy byly provedeny na hladině významnosti 95 % ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUZE

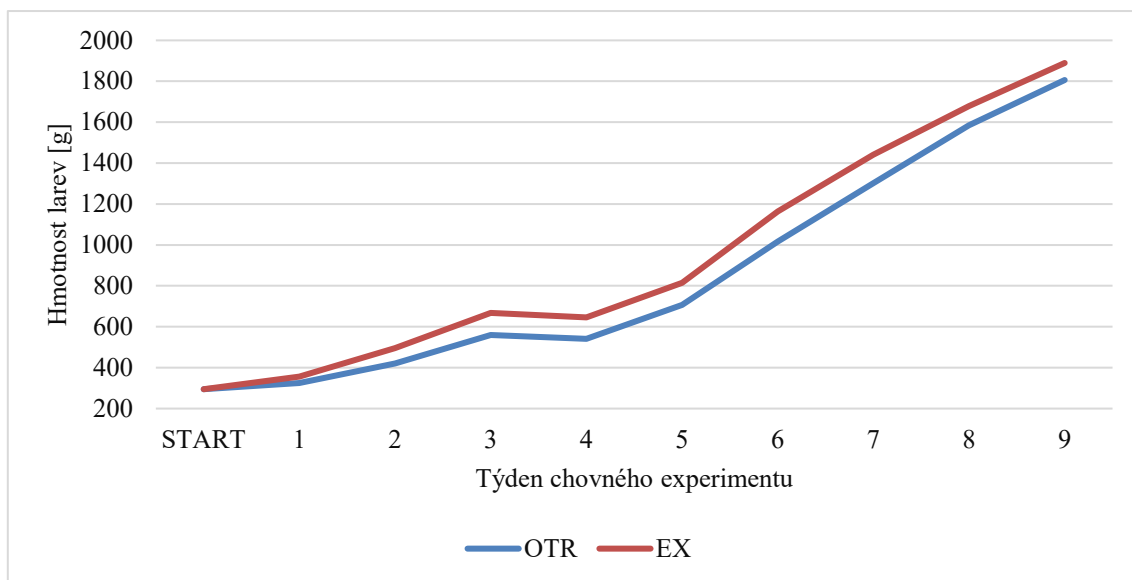
Chemické složení krmných směsí použitých v rámci chovného experimentu je uvedeno v tab. 1.

Tabulka 1: Základní chemické složení krmných směsí [%]

	OTR	EX
Sušina	100,00	100,00
Hrubý popel	6,11	5,69
Hrubý protein	18,58	32,11
Hrubý tuk	4,33	4,71
Hrubá vláknina	11,92	7,49

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs

Celková hmotnost zkrmeného krmiva byla 3688,7 g (OTR) a 3378,0 g (EX). Celková hmotnost variant larev v průběhu chovného experimentu je znázorněna na obr. 1. Celková hmotnost a index přírůstku larev na konci chovného experimentu byly vyšší u larev varianty EX ($m = 1889,5$ g; $IP = 501,8$) než u larev varianty OTR ($m = 1806,2$ g; $IP = 482,9$).



Obrázek 1: Celková hmotnost variant larev potměníka moučného v jednotlivých týdnech chovného experimentu

Legenda: START = larvy ve věku 5 týdnů před rozdělením do experimentálních skupin, OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs

Po ukončení chovného experimentu byly larvy technologicky zpracovány (usmrceny varem či zmrazením, blanširovány a vysušeny horkým vzduchem). Výtěžek a základní chemické složení technologicky zpracovaných larev je uveden v tab. 2.

Tabulka 2: Výtěžek, sušina, obsah hrubého proteinu a hrubého tuku technologicky zpracovaných larev potměníka moučného

	Výtěžek [%]	Sušina [%]	Hrubý protein [%]	Hrubý tuk [%]
OTR_V	29,94	96,19 ± 0,15 ^{ab}	54,75 ± 0,22 ^a	26,34 ± 0,15 ^a
OTR_Z	29,29	86,74 ± 0,26 ^a	54,51 ± 0,31 ^a	23,22 ± 0,13 ^{ab}
EX_V	29,53	96,81 ± 0,08 ^b	60,34 ± 0,74 ^b	20,56 ± 0,13 ^{ab}
EX_Z	28,24	91,89 ± 0,10 ^{ab}	59,09 ± 0,45 ^{ab}	18,16 ± 0,04 ^b

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; V = usmrcení varem, Z = usmrcení zmrazením; data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném sloupci značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Výtěžek larev po vysušení dosahoval 28,24–29,94 %, sušina 86,74–96,81 %. Obsah sušiny, respektive vlhkosti je srovnatelný s výsledky autorů Machona et al. (2022), kde byl obsah vlhkosti stanoven na 4,75 %. Obsah hrubého proteinu v sušině se pohyboval v rozmezí od 54,51 % (OTR_Z) do 60,34 % (EX_V), což je více, než uvádí Machona et al. (2022), který stanovil obsah hrubého proteinu na 41,0–53,2 % v sušině. Obsah hrubého tuku v sušině se pohyboval v rozmezí od 18,16 % (EX_Z) do 26,34 % (OTR_V).

U variant larev byly během chovného experimentu a po technologickém zpracování larev měřeny barevné parametry (L^* , a^* , b^*). Hodnoty těchto parametrů u variant larev na konci chovného experimentu jsou uvedeny v tab. 3 a hodnoty parametrů L^* , a^* a b^* u technologicky zpracovaných larev jsou uvedeny v tab. 4.

Tabulka 3: Barevné vlastnosti larev potemníka moučného na konci chovného experimentu

	OTR	EX
L^*	$38,80 \pm 2,23^a$	$36,73 \pm 0,39^a$
a^*	$8,09 \pm 0,33^a$	$10,83 \pm 0,37^b$
b^*	$21,22 \pm 0,93^a$	$22,10 \pm 0,43^a$

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném řádku značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Tabulka 4: Barevné vlastnosti jednotlivých variant technologicky zpracovaných larev potemníka moučného

	OTR_V	OTR_Z	EX_V	EX_Z
L^*	$21,24 \pm 0,65^a$	$22,54 \pm 1,96^a$	$30,77 \pm 0,26^b$	$24,72 \pm 2,06^{ab}$
a^*	$4,53 \pm 0,19^a$	$5,18 \pm 0,93^a$	$7,31 \pm 0,52^b$	$7,61 \pm 1,19^b$
b^*	$8,03 \pm 0,54^a$	$8,46 \pm 1,45^{ab}$	$15,84 \pm 0,85^c$	$10,47 \pm 1,56^b$

Legenda: OTR = pšeničné otruby, EX = experimentální krmná směs; V = usmrcení varem, Z = usmrcení zmrazením; data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka; odlišné horní indexy ve stejném řádku značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$)

Barva larev hraje významnou roli zejména v případě využití jako suroviny pro fortifikaci potravinářských výrobků, jejichž barevné parametry jsou přídavkem hmyzí suroviny ovlivněny. Na konci chovného experimentu byl stanoven statisticky významný rozdíl mezi variantami larev v parametru a^* , kde larvy varianty EX vykazovaly oproti larvám varianty OTR vyšší intenzitu červeného odstínu ($p < 0,05$). Obě varianty larev byly tmavší, než ve své studii uvádí Lenaerts et al. (2018), který stanovil hodnotu parametru L^* na 40,49.

Technologickým zpracováním došlo u variant larev OTR i EX k poklesu hodnot parametrů L^* , a^* a b^* . Nejsvětlejší byly larvy varianty EX_V, nejtmaší poté larvy variant OTR ($p < 0,05$). Vyšší intenzita červeného zbarvení byla stanovena u larev variant EX a larvy varianty EX_V měly nejvíce intenzivní žluté zbarvení ($p < 0,05$). Všechny varianty vyjma EX_V tak byly tmavší, než ve své studii uvádí Lenaerts et al. (2018), kde byla hodnota parametru L^* u larev sušených mikrovlnným zářením 25,9, také larvy variant EX měly více intenzivní červené zbarvení oproti této studii, kde $a^* = 6,84$.

ZÁVĚR

U larev krmených experimentální krmnou směsí byl stanoven vyšší index přírůstku a vyšší celková hmotnost. U technologicky zpracovaných larev variant EX byl stanoven vyšší obsah hrubého proteinu a nižší podíl hrubého tuku v sušině než u larev variant OTR. Na konci chovného experimentu byl stanoven průkazný rozdíl mezi variantami larev v parametru a^* , kdy larvy varianty EX měly intenzivnější červené zbarvení. Technologickým zpracováním larvy obecně ztmavly a došlo k poklesu intenzity červeného i žlutého zbarvení. Odlišnosti v barevných parametrech jednotlivých variant závisely zejména na druhu krmné směsi larev a způsob usmrcení neměl statisticky významný vliv na parametry L^* , a^* a b^* , nicméně u larev varianty EX usmrcených varem byly hodnoty parametru b^* (intenzita žlutého odstínu) průkazně vyšší ($p < 0,05$).

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl realizován za podpory IGA AF MENDELU: IGA24-AF-IP-050 „Kvalitativní parametry larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) pro využití v potravinářském průmyslu“.

LITERATURA

Brogan, E.; Park, Y. L.; Matak, K. E.; Jaczynski, J. (2021): Characterization of protein in cricket (*Acheta domestica*), locust (*Locusta migratoria*) and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT*, 152. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>.

Cho, S. Y.; Ryu, G. H. (2021): Effects of mealworm larva composition and selected process parameters on the physicochemical properties of extruded meat analog. *Food Science & Nutrition*, 9(8), 4408–4419. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2414>.

Internetový portál bezpečnosti potravin (2023): Hmyz [online]. Ministerstvo zemědělství. [cit. 26-01-2025]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/kategorie/potravin-y-noveho-typu/hmyz/>.

Kröncke, N.; Baur, A.; Bösch, V.; Demtröder, S.; Benning, R.; Delgado, A. (2020): Automation of Insect Mass Rearing and Processing Technologies of Mealworms (*Tenebrio molitor*). In: Mariod, A. A. (ed.). *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein and Bioactive Components*. s. 123–139. ISBN 978-3-030-32952-5. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_16.

Kröncke, N.; Bösch, V.; Woyzuchowski, J.; Demtröder, S.; Benning, R. (2018): Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 20–25. ISSN 1466-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>.

Lee, J. H.; Kim, T.-K.; Jeong, C. H.; Yong, H. I.; Cha, J. Y.; Kim, B.-K.; Choi, Y.-S. (2021): Biological activity and processing technologies of edible insects: A review. *Food Science and Biotechnology*, 30(8), 1003–1023. ISSN 2092-6456. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00942-8>.

Lenaerts, S.; Van Der Borgh, M.; Callens, A.; Van Campenhout, L. (2018): Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chemistry*, 254, 129–136. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.006>.

Machona, O.; Matongorere, M.; Chidzwondo, F.; Mangoyi, R. (2022): Evaluation of Nutritional Content of the Larvae of *Tenebrio Molitor*, and Formulation of Broiler Stockfeed. *Entomology and Applied Science Letters*, 9(4), 44–56. ISSN 2349-2864. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.51847/1WgQiAHwj4>.

Megido, R. C.; Sablon, L.; Geuens, M.; Brostaux, Y.; Alabi, T.; Blecker, Ch.; Drugmand, D.; Haubruge, É.; Francis, F. (2013): Edible Insects Acceptance by Belgian Consumers: Promising Attitude For Entomophagy Development. *Journal of Sensory Studies*, 29(1), 14–20. ISSN 0887-8250. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12077>.

Meyer-Rochow, V.; Gahukar, R. T.; Ghosh, S.; Jung, Ch. (2021): Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Speciae, Developmental Stage, Gender, Diet and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10051036>.

Pippinato, L.; Gasco, L.; Di Vita, G.; Mancuso, T. (2020): Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 371–381. ISSN 2352-4588. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>.

Rumpold, B.; Schlüter, O. (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5). ISSN 1613-4133. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201200735>.

van Huis, A.; van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO forestry paper*, 171. ISBN 978-92-5-107595-1.

Wessels, M. L. J.; Azzollini, D.; Fogliano, V. (2020): Frozen storage of lesser mealworm larvae (*Alphitobius diaperinus*) changes chemical properties and functionalities of the derived ingredients. *Food Chemistry*, 320. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126649>.

Yang, Z.; Liu, S.; Sun, Q.; Zheng, O.; Wei, S.; Xia, Q.; Ji, H.; Deng, Ch.; Hao, J.; Xu, J. (2022): Insight into muscle quality of golden pompano (*Trachinotus ovatus*) frozen with liquid nitrogen at different temperatures. *Food Chemistry*, 374. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131737>.

Kontaktní adresa: Ing. Veronika Božena Hendrychová, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, e-mail: xhendry1@mendelu.cz