

**VLIV ÚPRAVY A SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ KVALITATIVNÍ PARAMETRY LAREV
POTEMNÍKA MOUČNÉHO (*TENEBRIO MOLITOR*)**

**THE INFLUENCE OF PROCESSING AND STORAGE ON THE SELECTED QUALITATIVE
PARAMETERS OF THE YELLOW MEALWORM LARVAE (*TENEBRIO MOLITOR*)**

**Veronika Božena Hendrychová¹ – Šárka Nedomová¹ – Barbora Odehnalová¹
Andrea Roztočilová¹ – Jan Slováček¹ – Adam Kovál¹**

**¹ Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0080>



ABSTRAKT

Larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) vykazují velký potenciál pro využití v potravinářském průmyslu, přičemž způsob technologického zpracování ovlivňuje kvalitativní parametry. Byly připraveny dvě varianty larev: K (blanširované ve vodě) a C (blanširované ve 2% roztoku kyseliny citronové), larvy byly poté skladovány po dobu 6 měsíců. Varianta K vykazovala vyšší hmotnostní i objemový výtěžek (38,81 %; 172,80 %) než varianta C (33,51 %; 140,54 %). U varianty C bylo za stejných podmínek dosaženo vyššího stupně vysušení a vyšší objemové hustoty, která může souviset s plošším tvarem larev. Hodnoty pH byly u varianty C v průměru o 0,35 nižší než u varianty K. Geometrické parametry larev variant K i C byly během skladování relativně stabilní. U obou variant došlo při skladování ke statisticky významnému poklesu světlosti (L^*) a zintenzivnění červeného odstínu (a^*).

Klíčová slova: jedlý hmyz, sušení, skladování, geometrické parametry, barva

ABSTRACT

Mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) show a great potential for their use in the food industry, while the quality parameters of the product are affected by the method of technological processing. Two variants of the larvae were prepared: K (blanched in water) and C (blanched in a 2% citric acid solution). The larvae were then stored for 6 months. K variant showed a higher weight and volume yield (38.81%; 172.80%) compared to the C variant (33.51%; 140.54%). Under the same processing conditions, with the C variant the higher degree of drying and higher volume density was achieved. Higher volume density then may be associated with the flatter shape of the larvae. The pH values of the C variant were on average 0.35 lower than for the K variant. The geometric parameters of the larvae in K and C variants were relatively stable during storage. In both variants, there was a statistically significant decrease in the lightness (L^*) and an intensification of the red shade intensity (a^*) during storage.

Keywords: edible insects, drying, storage, geometric parameters, color

ÚVOD

Jedlý hmyz je považován za cennou komoditu a perspektivní surovinu pro potravinářský průmysl nejen z hlediska jeho nutričního složení, ale také z hlediska řešení globálních výzev v oblasti udržitelné produkce potravin (Pippinato et al., 2020; Cho a Ryu, 2021). Nutričně cennou komoditou je hmyz zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin se zastoupením všech esenciálních aminokyselin, který u larev potemníka moučného může v sušině dosahovat až 55 % (Machona et al., 2022; Brogan et al., 2021).

Technologické zpracování hmyzu sestává z na sebe navazujících procesů, které nejčastěji zahrnují vyláčení hmyzu před samotným usmrcením, dále usmrcení následované blanširováním suroviny ve vroucí vodě,

vysušení a balení s možností skladování (Klunder et al., 2012; Saucier et al., 2021). Usmrcení je nejčastěji uskutečněno prostřednictvím šokového zmrazení, nebo ponořením do vroucí vody. Zařazením kroku blanširování lze dosáhnout snížení celkového počtu mikroorganismů a inaktivace endogenních enzymů, které mohou při skladování produktu způsobit enzymatický rozklad tuku (Megido et al., 2013). Pro snížení obsahu vlhkosti je poté nutno surovinu vysušit, kdy pro tento krok je využíváno zpravidla mikrovlnného záření, horkého vzduchu či lyofilizace (Saucier et al., 2021; Tobolková et al., 2021; Ribeiro et al., 2024).

Technologické zpracování jedlého hmyzu musí být co nejšetrnější s cílem produkce nutričně a spotřebitelsky cenného produktu, současně musí být však výsledný produkt zdravotně nezávadný a bezpečný pro konzumaci (Ojha et al., 2021; Saucier et al., 2021). Bezpečnost a odpovídající spotřebitelskou jakost si poté takto zpracovaný produkt musí zachovat po celou dobu skladování, je proto nutno zvolit adekvátní podmínky a dobu skladování (Rossi et al., 2023). Vyláčením hmyzu před jeho usmrcením lze zvýšit mikrobiologickou bezpečnost zpracovaného produktu a z hlediska dlouhodobého skladování a snížení rizika mikrobiální zkázy je nezbytné u produktu zachovat obsah vlhkosti pod 7 % (Kröncke et al., 2018; Vandeweier et al., 2017). Mimo mikrobiální bezpečnosti je nezbytné, aby u hmyzí suroviny byly zachovány i jakostní parametry klíčové zejména pro spotřebitele. Tyto parametry zahrnují zejména barvu produktu a vlhkost, která může být při neadekvátním způsobu skladování přijímána z vnějšího prostředí. S obsahem vlhkosti se poté pojí i texturní parametry produktu, zejména jeho pevnost a křupavost (Tobolková et al., 2021; Yener et al., 2024).

Cílem práce bylo stanovit vliv úpravy a skladování na vybrané kvalitativní parametry larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*).

MATERIÁL A METODIKA

Hmyzí surovina

Larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) pocházely ze specializovaného českého farmového chovu hmyzu, produkujícího larvy vhodné i pro potravinářský průmysl. Larvy byly dále zpracovány technologickými procesy zahrnujícími usmrcení, blanširování či sušení.

Stanovení technologických a popisných parametrů zpracovaných a skladovaných larev

U zpracovaných produktů byly stanoveny technologické parametry – hmotnostní výtěžek (vypočítán dle vzorce: $(\text{hmotnost vysušených larev} / \text{hmotnost živých larev}) \times 100 [\%]$), objemový výtěžek (vypočítán dle vzorce: $(\text{objem vysušených larev} / \text{objem živých larev}) \times 100 [\%]$). Dále objemová hustota (vypočtena dle vztahu: $\text{hmotnost} / \text{objem} [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$), obsah vlhkosti (analyzátozem vlhkosti) a pH. Vážením na laboratorních vahách byla stanovena individuální hmotnost jedné larvy, pomocí posuvného měřidla poté individuální délka a průměr jedné larvy.

Technologické zpracování a skladování larev

Živé larvy byly lačněny po dobu 48 hodin. Larvy byly usmrceny varem (100 °C/1 min). Blanširovány byly larvy dvěma způsoby a byly připraveny dvě varianty larev: kontrolní (blanširovány ve vroucí vodě po dobu 4 min; značeny K), s kyselinou citronovou (blanširovány ve 2% roztoku kyseliny citronové při 100 °C po dobu 4 min; značeny C). Larvy byly sušeny za využití kombinace mikrovlnného záření (350 W) a horkého vzduchu (200 °C) po dobu 18 min a pak vakuově uzavřeny a skladovány při teplotě 22 °C po dobu 6 měsíců.

Barevné parametry larev

Barevné parametry larev po technologickém zpracování a při skladování byly měřeny spektrofotometricky ve třech opakováních (Konica Minolta CM 3500d, Japonsko) v barevném prostoru CIELAB. Stanoveny byly barevné parametry L^* (světlost), a^* (zelený až červený odstín) a b^* (modrý až žlutý odstín).

Statistické zpracování

Data byla statisticky vyhodnocena s využitím softwaru STATISTICA 14; testy pro ověření normality rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test), ověření homogenity rozptylů (Leveneův test), parametrická jednofaktorová analýza rozptylu 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

Hmotnostní výtěžek byl u varianty K $38,81 \pm 2,12$ %, u varianty C poté $33,51 \pm 1,57$ %. Objemový výtěžek byl u varianty K $172,80 \pm 9,64$ %, u varianty C poté $140,54 \pm 10,13$ %. U varianty K bylo dosaženo vyššího hmotnostního i objemového výtěžku larev než u varianty C, kdy vyšší hmotnostní výtěžek svědčí o vyšším obsahu vlhkosti u této varianty zpracovaných larev. Obsah sušiny a hodnoty pH u zpracovaných a skladovaných larev jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Obsah sušiny a hodnoty pH po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	Sušina [%]	pH
K, 0	$94,72 \pm 3,05$	$7,01 \pm 0,00$
K, 3 měsíce	$94,85 \pm 0,01$	$7,07 \pm 0,02$
K, 6 měsíců	$94,60 \pm 0,01$	$7,11 \pm 0,05$
C, 0	$96,77 \pm 3,29$	$6,88 \pm 0,04$
C, 3 měsíce	$95,77 \pm 0,08$	$6,56 \pm 0,00$
C, 6 měsíců	$94,89 \pm 0,01$	$6,59 \pm 0,04$

Legenda: Data prezentována jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka

Při stejném způsobu a době sušení bylo u varianty C dosaženo vyššího stupně vysušení v porovnání s variantou K a toto naznačuje vliv kyseliny citronové na strukturu buněk a zvýšení jejich propustnosti pro odpar vody při sušení. K obdobnému závěru dospěli i Darshan et al. (2025), kteří uvádějí urychlení procesu sušení o 36–63 % po předúpravě suroviny v roztoku kyseliny citronové. V průběhu skladování nedocházelo k významným změnám v obsahu sušiny u varianty K, u varianty C poté došlo k mírnému snížení obsahu sušiny vlivem absorpce vzdušné vlhkosti. V průběhu celého skladování byly hodnoty pH larev variant C v průměru o 0,35 nižší oproti larvám varianty K. U zpracovaných a skladovaných larev byla stanovena objemová hustota, která je uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Objemová hustota (ρ) po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	ρ zpracování [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	ρ skladování [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]
K, 0	0,131	0,131
K, 3 měsíce	0,114	0,115
K, 6 měsíců	0,131	0,131
C, 0	0,163	0,163
C, 3 měsíce	0,140	0,126
C, 6 měsíců	0,163	0,163

Legenda: ρ zpracování = objemová hustota larev po technologickém zpracování, ρ skladování = objemová hustota larev v průběhu skladování, data prezentována jako průměrná hodnota

Hodnoty objemové hustoty byly vyšší u varianty C oproti variantě K, kdy nižší hodnoty objemové hustoty u varianty K lze považovat za důsledek zvětšení objemu larev během skladování, případně jako kombinaci úbytku hmotnosti při zachování objemu. U varianty C při skladování zpravidla poklesl objem i celková hmotnost larev. Nižší hodnoty objemové hustoty poté naznačují plnější tvar larev, který je důležitý zejména z hlediska spotřebitelského. U larev zpracovaných a skladovaných byly stanoveny geometrické parametry (délka, průměr) a individuální hmotnost 1 larvy, kdy tyto parametry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Průměrná hmotnost, délka a průměr 1 larvy po technologickém zpracování a při skladování

Varianta, doba skladování	n	Hmotnost [mg]	Délka [mm]	Průměr [mm]
K, 0	25	25,15 ± 5,87	23,46 ± 1,35	2,71 ± 0,20
K, 3 měsíce	25	36,69 ± 8,14	24,41 ± 1,53	2,85 ± 0,23
K, 6 měsíců	25	32,98 ± 8,04	25,13 ± 1,47	2,74 ± 0,23
C, 0	25	29,43 ± 9,64	24,59 ± 1,58	2,77 ± 0,29
C, 3 měsíce	25	27,59 ± 5,98	23,24 ± 1,59	2,58 ± 0,20
C, 6 měsíců	25	28,97 ± 6,61	24,35 ± 1,45	2,73 ± 0,27

Legenda: Data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka

Hmotnost larev byla obecně v průběhu skladování více variabilní než jejich délka a průměr, změny délky a průměru larev byly ve většině případů zanedbatelné a zůstávaly při skladování relativně neměnné – statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly. U larev byly dále stanoveny barevné parametry, kdy hodnoty jednotlivých parametrů (L^* , a^* a b^*) u zpracovaných a skladovaných variant larev jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Barevné parametry po technologickém zpracování a při skladování larev potměníka moučného

Varianta, doba skladování	L^*	a^*	b^*
K, 0	39,27 ± 0,88 ^a	3,67 ± 0,35 ^a	6,03 ± 0,89 ^a
K, 3 měsíce	30,89 ± 3,98 ^b	6,35 ± 0,39 ^b	15,83 ± 3,33 ^b
K, 6 měsíců	28,57 ± 1,20 ^b	6,86 ± 0,28 ^b	16,96 ± 0,44 ^b
C, 0	34,62 ± 0,79 ^a	5,87 ± 0,53 ^a	15,14 ± 0,50 ^a
C, 3 měsíce	25,04 ± 1,14 ^b	7,17 ± 0,11 ^b	12,48 ± 0,78 ^a
C, 6 měsíců	25,94 ± 1,06 ^b	7,32 ± 0,06 ^b	13,68 ± 0,24 ^a

Legenda: Odlišná písmena horních indexů ve stejném sloupci a sekci tabulky (dělené dle varianty larev – K a C) značí statisticky významný rozdíl mezi variantami ($p < 0,05$); data prezentována jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka

Barva produktu je důležitá zejména pro spotřebitele, kteří mají obecně tendenci upřednostnit světlejší odstín barvy před tím tmavším – příliš tmavý odstín může být spojován s očekáváním spálené a hořké chuti a aroma. U variant K i C došlo během skladování ke statisticky významnému poklesu ve světlosti larev ($p < 0,05$), a tedy při skladování obě varianty larev ztmavly. Obě varianty byly poté světlejší oproti larvám sušeným mikrovlnným zářením ve studii autorů Lenaerts et al. (2018) ($L^* = 25,9$), avšak výrazně tmavší oproti larvám sušeným zářením v kombinaci s horkým vzduchem ze studie autorů Tobolková et al. (2021) ($L^* = 72,42$).

Opačný trend byl pro obě varianty larev zaznamenán u parametru a^* a tedy při skladování došlo po 3 měsících k významnému zintenzivnění červeného odstínu ($p < 0,05$). Obě varianty larev měly ihned po zpracování méně výrazné červené zbarvení v porovnání se studií autorů Lenaerts et al. (2018), kde $a^* = 6,84$, ovšem po 3 měsících skladování byla intenzita tohoto odstínu u larev varianty K srovnatelná s touto studií, u larev varianty C byla poté intenzita červeného zbarvení vyšší. Po technologickém zpracování byla poté intenzita červeného zbarvení variant K i C srovnatelná s hodnotou uváděnou autory Tobolková et al. (2021),

kde $a^* = 4,21$ pro larvy sušené mikrovlnným zářením v kombinaci s horkým vzduchem. U larev varianty K poté došlo během skladování ke statisticky významnému zintenzivnění žlutého odstínu ($p < 0,05$), zatímco u larev varianty C k mírnému poklesu žlutého zbarvení. Intenzita žlutého zbarvení však byla u těchto larev výrazně vyšší v porovnání s larvami ze studie autorů Tobolková et al. (2021), kde $b^* = 5,81$.

ZÁVĚR

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že blanšírování larev potměníka moučného v roztoku kyseliny citronové má vliv na průběh sušení i následné vlastnosti produktu. U varianty s kyselinou citronovou byl při stejných podmínkách sušení stanoven nižší hmotnostní i objemový výtěžek, avšak vyšší obsah sušiny oproti kontrolní variantě. Během skladování byly u obou variant zachovány relativně stabilní geometrické parametry larev (hmotnost, délka a průměr 1 larvy). Celkově lze říci, že kyselina citronová ovlivňuje proces sušení, avšak vede k produkci larev s méně plným tvarem.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl realizován za podpory IGA AF MENDELU: IGA25-AF-IP-052 „Vliv podmínek zpracování a skladování na kvalitu produktů z larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*)“.

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 – Food Science and Technology*, 152. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>
- Darshan, G., Pawase, P. A., Goswami, C., Kashyap, P. (2025): Refractance window drying of dragon fruit: drying kinetics, mass transfer parameters and structural analysis. *Food Science and Biotechnology*, 34(12), 2785–2797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10068-025-01909-9>
- 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 and Nutrition*, 9(8), 4408–4419. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2414>
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. (2012): Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kröncke, N., Bösch, V., Woyzuchowski, J., Demtröder, S., Benning, R. (2018): Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 20–25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>
- Lenaerts, S., Van Der Borght, 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. 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. Dostupné z: <https://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. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12077>

Ojha, S., Bußler, S., Psarianos, M., Rossi, G., Schlüter, O. K. (2021): Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5). 877–900. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0121>

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. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>

Ribeiro, J. C., Marques, J. P., Fernandes, T. R., Pintado, M. E., Carvalho, S. M. P., Cunha, L. M. (2024): Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *LWT – Food Science and Technology*, 191. 115646. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>

Rossi, G., Ojha, S., Pathak, N., Mahajan, P., Schlüter, O. K. Storage and Packaging of Edible Insects. In: Grasso, S., Bordiga, M. (Eds.), (2023): Edible insects processing for food and feed: from startups to mass production, First edition. ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton. ISBN 9781003165729

Saucier, L., M'ballou, C., Ratti, C., Deschamps, M.-H., Lebeuf, Y., Vandenberg, G. W. (2021): Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 45–64. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0002>

Tobolková, B., Takáč, P., Mangová, B., Kozánek, M. (2021): A comparative study of colour characteristics of thermally/non-thermally treated mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) by means of UV/Vis spectroscopy and multivariate analysis. *Food Measure*, 15(4), 3791–3799. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00957-z>

Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A., Van Campenhout, L. (2017): Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control*, 71, 311–314. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.011>

Yener, S., Mishyna, M., Zhao, L., Velazco, O. N., Cadesky, L., Lakemond, C., Fogliano, V. (2024): Volatile compounds and quality changes of lesser mealworm larvae: effect of blanching, storage temperature and time. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1163/23524588-00001051>

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