

Jedwabnik morwowy (*Bombyx mori*) – znany owad o nieznanym potencjale

Joanna Grześkowiak*, Małgorzata Łochyńska

*Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Pracownia Hodowli Jedwabnika i Uprawy Morwy, ul. Wojska Polskiego 71 B, 60-630 Poznań; *joanna.grzeskowiak@iwnirz.pl*

Wprowadzenie
Jedwabnik morwowy (*Bombyx mori* L.) jest owadem znanym od wieków i wiązany z włóknem jedwabnym. Około 5500 lat temu jedwabnik został udomowiony w Chinach, a celem jego hodowli była produkcja włókna naturalnego. Obecnie ze względu na unikatowe właściwości protein zawartych w włóknie jedwabnym jest interesującym surowcem dla przemysłu kosmetycznego i farmaceutycznego oraz znajduje zastosowanie w medycynie i bioinżynierii.

Oprócz białek, pozyskiwanych z włókna jedwabnego w poszczególnych stadiach rozwojowych *Bombyx mori*, otrzymywane są różne substancje aktywne o szerokim spektrum zastosowań. Hemolimfa gąsienic jedwabników stanowi cenne źródło lipoprotein oraz białek zapasowych. Z kolei, poczwarki tego owada cechują się dużą zawartością DNJ (1-deoksy-norijimycyna) obniżającego poziom cukru we krwi. Ponadto, jedwabnik ze względu na dobrze poznaną biologię, behavior oraz genom stanowi doskonały model w badaniach eksperymentalnych. Współcześnie jest to owad o dużym potencjale zarówno w badaniach naukowych, jak i różnych sektorach gospodarki.

Biologia jedwabnika morwowego

Jedwabnik morwowy (*Bombyx mori* L.) jest motylem nocnym, będącym przedstawicielem rodziny *Bombycidae*. Jego cykl rozwojowy składa się z: 5 stadiów larwalnych (gąsienica), stadium poczwarki oraz stadium imago-motyl i trwa około dwóch miesięcy (Łochyńska, 2016). W czasie rozwoju gąsienice jedwabnika zwiększają rozmiary ciała od 3 mm (pierwsze stadium larwalne) do 9 cm (piąte stadium larwalne)

(Singh, 2007). W rozwoju jedwabnika stadium odżywiającym się są jedynie gąsienice. Ich pokarm stanowią wyłącznie liście morwy białej (*Morus alba*) (Sanchez, 2002). Pod koniec piątego okresu wzrostu gąsienica rozpoczyna proces oprzędzania się, czyli wysnuwania włókna jedwabnego do budowy kokonu. Podczas oprzędzania gąsienica wykonuje około 350 000 ósemkowych ruchów głową i wytwarza kokon zbudowany z jednej nici jedwabnej o długości od 500 do 3500 m (Kopański, 1955). Kokon stanowi dla znajdującej się w nim początkowo gąsienicy, a później poczwarki ochronę zarówno przed drapieżnikami, jak i niekorzystnymi warunkami środowiska oraz miejsce przepoczwarczenia (Kopański, 1955). Postać dorosła jest motylem nocnym, pozbawionym zdolności do lotu z zaznaczonym dymorfizmem płciowym. Samce są mniejsze i smuklejsze w porównaniu z samicami. Motyle charakteryzują się silnym owłosieniem i brudnobiałym zabarwieniem. Czułki u obu płci są podwójnie grzebieniaste (Kopański, 1955). Długość trwania poszczególnych faz rozwojowych jedwabnika morwowego przedstawiono w tabeli 1.

Rys historyczny hodowli jedwabnika morwowego

Jedwabnik morwowy został udomowiony około 3000 lat p.n.e. w starożytnych Chinach. Początkowo jedwabniki były zwierzętami hodowanymi celem pozyskiwania ich gruczołów przednych do produkcji strun instrumentów muzycznych.

W 2698 r. p.n.e. opracowano w Chinach technologię rozwijania kokonów i wytwarzania tkanin jedwabnych (Golański, 1957).

Tabela 1. Długość trwania stadiów rozwojowych jedwabnika morwowego (Banno i in., 2010)
 Table 1. Duration of the developmental stages of silkworm (Banno et al., 2010)

Stadium rozwojowe – <i>Developmental stage</i>	Długość trwania (dni) – <i>Duration (days)</i>
Jajo – <i>Egg</i>	10–14
Larwa – <i>Larva</i>	20–25
Oprzędzanie – <i>Cocoon</i>	2–3
Poczwarka – <i>Pupa</i>	10–14
Motyl (imago) – <i>Moth (imago)</i>	7

Wydarzenia te zapoczątkowały rozwój jedwabnictwa. W III w. n.e. hodowla jedwabników rozprzestrzeniła się do Japonii, Indii i na Bliski Wschód. W Europie chowem tych owadów zajęto się w 552 r. w Konstantynopolu. Z kolei, pierwsze wzmianki o wychowie jedwabników w Polsce pochodzą z 1659 r. Pionierami rozwoju jedwabnictwa w Polsce było rodzęństwo Witaczków, którzy w 1924 r. utworzyli Centralną Doświadczalną Stację Jedwabniczą w Milanówku. Od 2004 r. jedyną placówką zajmującą się hodowlą jedwabników na terenie Polski jest Pracownia Hodowli Jedwabnika i Uprawy Morwy działająca w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu (Łochyńska, 2010).

Jedwab

Celem hodowli jedwabnika morwowego jest uzyskanie włókna, stanowiącego cenny surowiec do wyrobu tkanin. Jedwab jest bardzo cenionym materiałem ze względu na unikatowe właściwości: higroskopijność, bardzo dużą wytrzymałość mechaniczną przy jednoczesnej sprężystości, właściwości termoizolacyjne oraz walory estetyczne. Właściwości jedwabiu wynikają ze specyficznej budowy włókna. Składa się ono w znakomitej większości z dwóch komponentów białkowych: fibroiny (60–80%) oraz serycyny (15–35%). Zaledwie od 1 do 5% stanowią inne substancje, takie jak woski czy polisacharydy (Cao i Zhang, 2016). Włókno jedwabne jest zbudowane z dwóch włókienek fibroinowych otoczonych warstwą serycyny. Głównym celem hodowli jedwabnika jest produkcja jedwabiu naturalnego. Niemniej, hodowla ta dostarcza wielu dodatkowych produktów, które znajdują szerokie zastosowanie. Odpady organiczne z chowu gąsienic jedwabnika i przerobu kokonów (wysuszone poczwarki, gąsienice, motyle) są wykorzystywane jako substrat do produkcji

pasz lub karmy dla zwierząt hodowlanych. Larwy stanowią żywy pokarm dla zwierząt egzotycznych (gady, płazy, ptaki). Z kolei odchody gąsienic, ze względu na wysoką zawartość związków mineralnych i organicznych, znajdują zastosowanie jako ekologiczny nawóz (Łochyńska, 2016).

Białka pozyskiwane z jedwabnika morwowego Białka jedwabne zawarte we włóknie

Kokony jedwabnika morwowego stanowią źródło białek jedwabnych: serycyny i fibroiny. Białka te znalazły zastosowanie w medycynie, farmacji, kosmetologii, inżynierii biomedycznej oraz biotechnologii (Łochyńska, 2015). Fibroina jest heterodimerem z ciężkimi łańcuchami (395 kDa) oraz dwiema podjednostkami (P25 kDa oraz łańcuch L25 kDa). W jej budowie dominują następujące aminokwasy: glicyna, alana i seryna. Ich zawartość wynosi odpowiednio: 43, 20 i 12% (Kundu i in., 2008). Z kolei serycyna stanowi białko o masie molekularnej 200 kDa, w budowie którego przeważa zawartość seryny (40%) oraz glicyny (16%).

W przeciwieństwie do fibroiny serycyna doskonale rozpuszcza się w wodzie (Wray i in., 2011). Ze względu na bardzo dużą zawartość seryny, serycyna jest zaliczana do naturalnych czynników nawilżających (NMF – Natural Moisture Factor) i wykorzystywana jako składnik kosmetyków nawilżających (Kundu i in., 2008). Niemniej, posiada także właściwości wygładzające i poprawiające elastyczność skóry, dzięki czemu jest stosowana jako składnik kosmetyków przeciwzmarszczkowych i przeciwstarzeniowych (ang. anti-aging) (Lamboni i in., 2015).

Białka jedwabne wykazują także działanie antybakteryjne, antyoksydacyjne oraz chroniące przed promieniowaniem UV (Aramwit i Sangcakul, 2007).



Ryc. 1. Cykl życiowy jedwabnika morwowego: 1a – zapłodnione jaja jedwabnika morwowego, 1b – gąsienica jedwabnika morwowego w pierwszym stadium larwalnym, 1c – gąsienica jedwabnika morwowego w piątym stadium larwalnym, 1d – etapy budowania oprzędu, 1e – etapy zmiany larwy w poczwarkę, 1f – poczwarka, 1g – kopulujące motyle jedwabnika morwowego

Pic. 1. The life cycle of mulberry silkworms: 1a – fertilized eggs, 1b – first larval stage, 1c – fifth larval stage, 1d – stages of building cocoon, 1e – pupation, 1f – pupa, 1g – copulation of butterflies

Serycyna i fibroina są wykorzystywane jako biomateriały ze względu na wyjątkową wytrzymałość i odporność na ekstremalne warunki. Ponadto, znajdują zastosowanie jako materiały w odbudowie uszkodzonych naczyń krwionośnych i nerwów oraz rekonstrukcji kości (Lawrence, 2014). Stanowią również nośnik dla substancji terapeutycznych oraz przyspieszają proces namnażania komórek ssaków (Zhang i in., 2009; Kapoor i Kundu, 2016; Li i in., 2015).

Białka pozyskiwane z hemolimfy gąsienic jedwabnika morwowego

Hemolimfa owadów jest definiowana jako płyn ustrojowy występujący u bezkręgowców, będący funkcjonalnym odpowiednikiem krwi oraz limfy u kręgowców. W skład hemolimfy wchodzi: białka, tłuszcze, sole mineralne. Większość stanowi jednak woda (od 85 do 95%) (Riddiford i Truman, 1978). Hemolimfa gąsienic jedwabnika jest bogata w białka, które zaklasyfikowano do dwóch grup: białek zapasowych (heksamery o dużej masie molekularnej około 500 kDa; SP – Storage Protein) oraz lipoprotein (masa molekularna około 30 kDa) (Łochyńska, 2015). Białka magazynujące stanowią depozyt aminokwasów, użytecznych w okresie przeobrażenia w motyla oraz magazyn azotu dla stadium poczwarki (Riddiford i Law, 1983). Należy podkreślić, że ekspresja pewnych białek zapasowych (SP1 oraz SP2) jest specyficzna ze względu na płeć owadów. Wykazano, że proteina zapasowa SP1 występuje jedynie u samic, natomiast ekspresja białka zapasowego SP2 jest pięciokrotnie wyższa u samic niż u samców w ostatnim stadium larwalnym. Ponadto, białka zapasowe SP1 oraz SP2 stanowią 60% białek w ciele tłuszczowym u samic i jedynie 20% u samców (Hou i in., 2010). W hemolimfie stwierdzono także obecność lipoprotein, odpowiedzialnych za transport lipidów z ciała tłuszczowego (Gamo, 1978). Dodatkowo, lipoprotei-

nom przypisuje się udział w reakcjach odpornościowych owadów, a w szczególności w reakcjach obronnych przed grzybami (Ujita i in., 2002). Wynika to z faktu wiązania przez lipoproteiny glukozy oraz glukanów, stanowiących główny składnik budujący ścianę komórkową grzybów (Ujita i in., 2005).

Związki o działaniu bioaktywnym pozyskiwane z poczwerek jedwabnika morwowego

Poczwarki jedwabnika morwowego stanowią cenne źródło 1-deoksynorimycyny (DNJ), która jest związkiem o działaniu inhibicyjnym wobec enzymu α -glukozydazy (Tomotake i in., 2010). Liczne badania potwierdzają skuteczność działania DNJ w obniżaniu poziomu cukru we krwi oraz jako środka w leczeniu cukrzycy (Jeszka i in., 2009; Łochyńska, 2015).

Podsumowanie

Jedwabnik morwowy jest zwierzęciem znanym i cenionym od tysięcy lat, wiązany ze szlachetnym włóknem jedwabnym. Liczne badania naukowców z całego świata wskazują na nowe możliwości wykorzystania jedwabnika morwowego w medycynie, farmacji, przemyśle spożywczym i kosmetycznym oraz bioinżynierii. Jedwabnik, dotychczas wiązany z przemysłem włókienniczym, ze względu na unikatowe właściwości białek jedwabnych znajduje nowe zastosowania. Biomateriały oparte na proteinach jedwabnych – hydrożele, materiały opatrunkowe i nici chirurgiczne cieszą się dużym zainteresowaniem ze względu na wytrzymałość i brak reakcji alergicznych.

Z kolei, działanie nawilżające i wygładzające pozwala na wykorzystanie białek jedwabnych w kosmetyce. Różnorodne wykorzystanie tego owada sprawia, że jest on zwierzęciem o dużym potencjale zarówno w wielu dziedzinach nauki, jak i sektorach gospodarki, co wskazuje na potrzebę odbudowy i rozwoju polskiego jedwabnictwa.

Literatura

- Aramwit P., Sangcakul A. (2007). The effects of sericin cream on wound healing in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71 (10): 2473–2477.
- Banno Y., Shimada T., Kajiura Z., Sezutsu H. (2010). The silkworm – an attractive bioresource. *Exp. Anim.*, 59 (2): 139–146.
- Cao T.T., Zhang Y.Q. (2016). Processing and characterization of silk sericin from *Bombyx mori* and its application in biomaterials and biomedicines. *Mat. Sci. Eng., C* 61: 940–952.

- Gamo T. (1978). Low molecular weight lipoproteins in the haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*: inheritance, isolation and some properties. *Insect Biochem.*, 8: 457–470.
- Golański K. (1957). *Poradnik chowu jedwabników*. PWRiL, Warszawa.
- Hou Y., Zou Y., Wang F., Gong J., Zhong X., Xia Q., Zhao P. (2010). Comparative analysis of proteome maps of silkworm haemolymph during different developmental stages. *Proteome Sci.*, 8: 45.
- Jeszka M., Kobus-Cisowska J., Flaczyk E. (2009). Liście morwy jako źródło naturalnych substancji biologicznie aktywnych. *Post. Fitoter.*, 3: 175–179.
- Kapoor S., Kundu S.C. (2016). Silk protein-based hydrogels: promising advanced materials for biomedical applications. *Acta Biomater.*, 31: 17–32.
- Kopański R. (1955). *Jedwabnictwo*. PWRiL, Warszawa.
- Kundu S.C., Dasha B.C., Dasha R., Kaplan D.L. (2008). Natural protective glue protein, sericin bioengineered by silkworms: potential for biomedical and biotechnological applications. *Progr. Polym. Sci.*, 33 (10): 998–1012.
- Lamboni L., Gauthier M., Yang G., Wang Q. (2015). Silk sericin: a versatile material for tissue engineering and drug delivery. *Biotech. Adv.*, 33 (8): 1855–1867.
- Lawrence B.D. (2014). Processing of *Bombyx mori* silk for biomedical applications. In: *Silk biomaterials for tissue engineering and regenerative medicine*. S. Kundu (ed.), ISBN: 978-0-85709-699-9.
- Li A.B., Kluge J.A., Guziewicz N.A., Omenetto F.G., Kaplan D.L. (2015). Silk-based stabilization of biomacromolecules. *J. Contr. Release*, 219: 416–430.
- Łochyńska M. (2010). History of sericulture in Poland. *J. Nat. Fibres*, 7 (4): 334–337.
- Łochyńska M. (2015). The mulberry silkworm – A new source of bioactive proteins. *J. Agric. Sci. Technol.*, A 5: 639–645.
- Łochyńska M. (2016). *Poradnik hodowli jedwabnika morwowego*. Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Poznań; ISBN 978-83-928618-7-4.
- Riddiford L.M., Truman J.W. (1978). *The Biochemistry of insects*. New York, Academic Press.
- Riddiford L.M., Law J.H. (1983). The larval serum proteins of insects: function, biosynthesis, genetics. Scheller (ed.), K. Stuttgart, New York, Georg Thieme, pp. 75–85.
- Sanchez M.D. (2002). World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In: *Mulberry for animal production*, Sanchez M.D. (ed.), FAO, Rome, pp. 1–10.
- Singh T. (2007). *Sericulture*. Appl. Zool.
- Tomotake H., Katagiri M., Yamato M. (2010). Silkworm pupae (*Bombyx mori*) are new sources of high quality protein and lipid. *J. Nutr. Sci. Vit.*, 56 (6): 446–448.
- Ujita M., Kimura A., Nishino D., Yokoyama E., Banno Y., Fujii H., Hara A. (2002). Specific binding of silkworm *Bombyx mori* 30-kDa lipoproteins to carbohydrates containing glucose. *J. Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 66 (10): 2264–2266.
- Ujita M., Katsuno Y., Kawachi I., Ueno Y., Banno Y., Fujii H., Hara A. (2005). Glucanbinding activity of silkworm 30-kDa apolipoprotein and its involvement in defense against fungal infection. *J. Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 69 (6): 1178–1185.
- Wray L.S., Hu X., Gallego J., Georgakoudi I., Omenetto F.G., Schmidt D., Kaplan D.L. (2011). Effect of processing on silk-based biomaterials: reproducibility and biocompatibility. *J. Biomed. Mat. Res. Part B – Appl. Biomat.*, 99 (1): 89–101.
- Zhang Q., Yan S.Q., Li M.Z. (2009). Silk fibroin based porous materials. *Materials*, 2 (4): 2276–2295.

MULBERRY SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.) – KNOWN INSECT OF UNKNOWN POTENTIAL

Summary

Mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) is a night butterfly which is representative of the family Bombycidae. This insect is feeding only on leaves of the white mulberry (*Morus alba* L.). About 5500 years ago silkworm was domesticated in China and the purpose of its cultivation was the production of natural fiber. Currently, due to the unique properties of the protein contained in the fiber of silk it is an interesting raw material for cosmetics, pharmaceuticals, and is used in medicine. Apart from protein derived from silk filament from different developmental stages of *Bombyx mori*, various active ingredients with a broad spectrum of applications are obtained. Silkworm hemolymph of caterpillars is a valuable source of protein and lipoprotein. In turn, the insect pupae have a high content of DNJ (1-deoxynojirimycin) which lowers blood sugar. In addition, silkworm due to the well-established biology and behavior and the genome is an excellent model for experimental studies. Today, this insect has great potential in both scientific research and various sectors of the economy.