

12. Hmyzí produkty využitelné člověkem

Hmyz vytváří celou řadu produktů, které mohou sloužit k užitku člověka. Mezi nejdůležitější patří hedvábí, med, vosky, laky a jedy. Člověk je na hmyzu také nepřímo závislý jako na opylovačích, v některých částech světa je hmyz také důležitou složkou lidské potravy (**obr. 1 a 2**); hmyz je důležitým modelovým objektem základního i aplikovaného výzkumu.

1. Hedvábí - je produktem u hmyzu relativně rozšířeným, produkováným ve žlázách různého původu, ale nejčastěji se s ním setkáváme u larev chrostíků a motýlů. Nejznámějším zástupcem, který produkuje komerčně využitelné hedvábí je bourec morušový Bombyx mori. Hedvábí je u larev motýlů produkováno ve - snovacích žlázách (**obr. 3 a 4**) a je primárně využíváno na tvorbu kokonů, které chrání vyvíjející se kuklu. Snovací žlázy Lepidopter jsou přeměněné labiální žlázy a jsou dobře přizpůsobeny své funkci - mohutné syntéze a sekreci hedvábí. Z hlediska intenzity produkce, je to nejvýkonnější syntetický systém v celé živočišné říši. Snovací žlázy lze snadno morfologicky a funkčně rozdělit na tři oddíly - přední, střední a zadní oddíl. Chemicky je hedvábné vlákno složeno z několika druhů bílkovin. Základní složkou je mohutná bílkovina - fibroin - (molekulová hmotnost asi 360 kDa) sekretovaná v gelovité konzistenci zadním oddílem žláz. Fibroin má charakteristickou strukturu i aminokyselinové složení, které zajišťuje jeho obrovskou pevnost a pružnost. Kromě fibroinu se v zadním oddíle žláz syntetizuje několik bílkovin o malé molekulové hmotnosti, jejichž funkce není zcela jasná, zdá se, že hrají roli při přeměně tekutého fibroinu na pevné vlákno. Některé z těchto bílkovin vykazují aktivitu inhibitorů proteáz a pravděpodobně tak chrání hedvábí proti mikrobiálnímu rozkladu.

Další složkou hedvábí jsou bílkoviny - sericiny - syntetizované ve středním oddíle žláz. Jak název napovídá jsou bohaté na aminokyselinu serin a jsou rozpustné v horké vodě. Fungují jako tmel - postupně se nabalují na fibroin, který postupuje ze zadního do středního oddílu žláz, zpevňují ho a později se také podílí na stmelování fibroinových vláken z levé a pravé snovací žlázy. Rozpustnosti sericinů ve vodě se využívá při přípravě komerčního surového hedvábí - kokony se povaří ve vodě, sericiny se rozpustí a potom se odmotá vlákno, které se používá na výrobu hedvábné tkaniny. Surové hedvábí je prakticky čistý fibroin. Z jednoho kokonu bource morušového lze získat vlákno o délce 300 - 1200 m. Sericiny mají regenerační účinky a proto se používají při výrobě kosmetiky a regeneračních krémů.

Přední oddíl snovacích žláz nemá syntetickou funkci a slouží jako trubice, kterou postupuje vytvořené hedvábí. Přední oddíly pravé a levé snovací žlázy se spojují a ústí ven - snovací bradavkou. Ta funguje jako lis a vystřikuje hedvábí ven z těla, přičemž dochází k přeměně tekutého hedvábí na pevné vlákno mechanismem, který ještě není zcela objasněn.

Během svého vývoje prodělávají snovací žlázy 4 vývojové fáze – akumulační, kdy dochází k hromadění aminokyselin a zásobních látek nutných pro syntézu hedvábí; sekreční – kdy dochází k prudkému nárůstu syntézy hedvábí; regresní – kdy maximální produkce bílkovin hedvábí začíná klesat; a degradační – kdy produkce hedvábí ustává a snovací žlázy postupně degradují. Činnost snovacích žláz je řízena hormonálně. Uplatňují se zde juvenilní hormony, ekdysteroidy i neurohormony. S jistým zjednodušením se dá říci, že juvenilní hormony zvyšují produkci snovacích žláz. Po aplikaci juvenilního hormonu či juvenoidu dochází sice k primární inhibici snovacích žláz, ale aplikovaný hormon prodlouží larvální instar, a tedy i žír larev, snovací žlázy jsou déle udržovány v akumulační fázi, kdy hromadí více živin a po odeznění vlivu hormonu produkují větší larvy se zvětšenými snovacími žlázami více hedvábí. Ekdysteroidy na druhé straně způsobují regresi a degradaci žláz. Na řízení produkce hedvábí se podílí i neuropeptid (serikotropin) z mozku. Těchto poznatků se využívá v komerční produkci hedvábí, kdy jsou larvy bource morušového vhodného stáří ve velkochovech ošetřeny juvenoidy, které zvyšují produkci hedvábí asi o 10%. Produkce hedvábí má několikatisíciletou tradici a v zemích, které patří k jeho tradičním producentům (Japonsko, Čína, Korea) a je i přes existenci umělých vláken zcela nezastupitelné (**obr. 5**). Kromě bource morušového se experimentálně zkouší pro produkci hedvábí pěstovat i další druhy motýlů (**obr. 6 a 7**).

2. Med - je vysoce výživný a snadno stravitelný tekutý materiál připravovaný z nektaru květů nebo z medovice (exkretů fytofágního hmyzu) několika druhy včel (**obr. 8**) a čmeláků. Je lepkavý, viskózní a podle svého původu bezbarvý, hnědý až černý. Skládá se z několika druhů cukrů - převážně levulózy a dextrózy – a vody. Dále obsahuje mastné kyseliny, bílkoviny, vitamíny a minerální látky. Hlavním producentem medu je včela medonosná Apis mellifera, která je domestikována a chována člověkem v umělých úlech po tisíciletí. Med vzniká ve voleti včel smícháním nektaru nebo medovice se slinami. Sliny obsahují amylázy (invertázy) štěpící složitější cukry oligosacharidy na monosacharidy. Takto zpracovaný materiál je zahušťován, vyvrhován z volete a umístěn do plástvových komůrek, kde slouží jako výživná, energeticky bohatá potrava včelím larvám. Jeden kg medu představuje asi 160 tisíc letů včelích dělnic.

3. Vosky - jsou produkovány hmyzem v různé formě - jako jemný prášek (nosatci), ve tvaru plátků (včela) (**obr. 9**) nebo ve formě celistvých povlaků (červci). Chemicky jde o látku velmi složitou - jedná se zpravidla o směsi alkoholů, uhlovodíků a kyselin. Nejznámější je včelí vosk - pevný materiál sekretovaný epidermálními žlázami mezi abdominálními sternity u včely medonosné. Je využíván na stavbu šestibokých buněk včelího plástu, v nichž včely ukládají pyl a med, a kde žijí vyvíjející se larvy. Včelí vosk je pro člověka znám asi od 6.

století a dodnes je nezastupitelně používán v kosmetice, farmaceutickém průmyslu, při výrobě svíček, leštidel, zubního vosku atd.

4. *Propolis* - je bohatá směs bioaktivních látek pryskyřičného charakteru, které jsou sbírány včelami z různých stromů (pupenů a kůry) a rostlin. V úlu jsou dále zpracovávány a využívány k ochraně úlového prostoru před bakteriemi, viry, plísněmi a kvasinkami. Je známo, že obsahuje kolem 50% až 60% pryskyřic, balzámů, 10% až 12% éterických olejů a dalších látek. Propolis má dezinfekční vlastnosti - ničící nebo brzdící v růstu některé bakterie, viry, houby, kvasinky a plísně.

5. *Laky* - jsou vyměšovány převážně červci. Po chemické stránce jsou to látky složené z pryskyřic, vosků, pigmentů a cukrů. Nejdůležitější lak je produkován červcem *Laccifer lacca*, který býval významnou surovinou při výrobě šelaku (**obr. 10**). Je to polymer tvořený laktony odvozenými z různých hydroxykyselin. Šelak se používal na impregnaci látek a papíru, býval součástí leštidel, barev, umělých vosků, pyrotechnických pomůcek, vlasových barviv atd.

6. *Hmyzí jedy* - jsou produkovány modifikovanými přídatnými pohlavními žlázami u některých Hymenopter. Jed se shromažďuje v jedovém váčku, který je spojen se žihadlem (**obr. 11**). Při bodnutí je pak vytlačen do žihadla a do místa vpichu. Hlavní jedové agens jsou nízkomolekulární enzymy (**obr. 12**) v čele s melittinem, který především stimuluje fosfolipázy - ty pak hydrolyzují folipidy v membránových strukturách buněk, čímž dochází k rozpadu buněčných membrán a celých buněk. To vyvolává tvorbu histaminu, serotoninu a acetylcholinu. Tyto látky způsobují všechny symptomy doprovázející bodnutí žihadlem tj. bolest, zarudnutí a otok. Jedy dále obsahují velké množství dalších enzymů (hyaluronidázy, proteázy, lipázy, esterázy), které se podílejí na konečné reakci. Včely používají žihadla k obraně, vosy pak dále k paralýze a lovu kořisti. Včelí jed se prakticky používá ve farmaceutickém průmyslu k výrobě léků. Některé hmyzí jedy jsou používány primitivními národy k výrobě účinných jedů používaných při lovu.