

Proč studovat hedvábí pavouků. Cíle výzkumu tohoto vláknitého biopolymeru na Katedře biologie Přírodovědecké fakulty UJEP.

Mnoho let trvá úsilí průmyslu polymerů vyrobit syntetická vlákna podobných vlastností, jaké má hedvábí vytvářené housenkami motýlů bource morušového. Připusťme, že jsou syntetická vlákna, která některými vlastnostmi přírodní hedvábí předčí, avšak jedinečná kombinace vysoké pevnosti, pružnosti, skvělé textury a schopnosti vázat širokou paletu barviv, zachovává hedvábí jako hlavní materiál textilního průmyslu. Důsledkem je ohromná masa kultur bourců, jako základ úspěšných průmyslových odvětví mnoha zemí.

Komerčně využívané hedvábí však zdaleka není jediným předivem s nímž se můžeme v přírodě setkat, neboť hedvábí, které lze definovat jako vnější, vláknitý bílkovinný sekret, vytváří ve speciálních žlázách celá řada živočichů.

Mezi živočichy však není žádná jiná skupina, u níž by snovací činnost, tj. zhotovování a spřádání vláken, představovala tak impozantní jev, jako je tomu v případě pavouků. Jedinečnost snovacího aparátu pavouků spočívá již v samotném faktu, že byl v průběhu evoluce “vložen” do relativně rozsáhlého zadečku a ne, jako je tomu u motýlů, pod spodní pysk ústního ústrojí. U pavouků je tento orgán tvořen třemi až čtyřmi páry snovacích bradavek, ke kterým jsou připojeny snovací žlázy vzhledu tenkostěnných měchýřků, ve kterých hedvábná tekutina vzniká, ukládá se v nich a v případě potřeby je z nich odváděna na povrch bradavek tenkostěnnými kanálky. Vnější vývody žláz na povrchu bradavek jsou chlupům podobné útvary, zformované adaptačními procesy do cívkovitého tvaru. Lze je přirovnat k tryskám, skrze které je pod velkým tlakem vystřikováno na vzduchu tuhnutí hedvábí. Pavouci vynikají nejen produkcí hedvábí, ale také mistrovstvím při jeho tkaní pomocí končetin, na jejichž koncích mají drápky s hřebínky určenými speciálně pro tyto účely. Existují tisíce konstrukčních modifikací hedvábného přediva produkovaného více, než 42 000 druhů pavouků.

Hedvábí ze zátoček zmíněného bource morušového poskytuje textilní vlákna vynikajících vlastností, přestože má v těchto zátočkách velmi skromnou mechanickou roli. Zato u pavouků je úspěšnost při lovu pomocí sítě právě na mechanických vlastnostech závislá. Vlákna sítí jsou proto bez nadsázky jedinečným zdrojem pro studium molekulárních konstrukcí vláknitých biopolymerů

se zárukou pozoruhodných teoretických i komerčních výsledků. Vrchol dosavadního evolučního vývoje pavoučích sítí - dvojrozměrná kruhová síť křížáků, je vlastně vzdušným filtrem pro zachycování potravy. Optimální síť je co největší, postavená z malého množství materiálu s využitím co nejmenšího množství energie, neboli za minimální metabolické náklady. Např. pavouk, vážící kolem 75 mg, použije pouze 180 mikrogramů proteinů ke stavbě sítě, jejíž plocha, využitelná pro lov hmyzu, je až 100 cm², přičemž tloušťka nejsilnějších vláken je maximálně 1 mikrometr. Intenzivními výzkumy několika vědeckých ústavů bylo zjištěno, že vlákna sítí křížáků jsou na hmotnostní jednotku pevnější než ocel a srovnatelná se superpevným polymerovým materiálem Kevlarem.

Pevnost vláken je samozřejmě důležitá, avšak dalším, klíčovým jevem zajišťujícím úspěch, je pohlcení pohybové energie kupředu letících živočichů a dále design sítě, který to umožňuje. Materiál sítě je schopen absorbovat velké množství energie bez přetržení a design kruhové sítě umožňuje distribuovat energii z místa úderu letícího hmyzu přes celou její plochu.

Hlavní rozdíl mezi vlákny pavoučích sítí a ostatními materiály není ani tak pevnost, jako stupeň, do něhož mohou být vlákna protažena, nežli prasknou. Například vysokotažná ocel praskne při protažení menším, než 1%, celulózová vlákna praskají při prodloužení kolem 3% a vlákna šlach se před prasknutím protáhnou až o 10%, avšak množství energie, nutné k jejich přetržení je poté již nízké.

Výzkum pavoučího hedvábí je zaměřen prakticky jen na několik desítek křížáků, tj. stavitelů zmíněných dvojrozměrných sítí. Tato jednostrannost ovlivnila cíle a zaměření studia snovací činnosti pavouků na katedře biologie, které je zaměřeno na snovací aparát, resp. produkci různých typů vláken pavouků u doposud opomíjených skupin pavouků včetně těch, které obývají extrémní biotopy.. Studován je jak snovací aparát, tak ultra resp. nanostruktura hedvábí. Zkoumány jsou rovněž snovací žlázy, včetně jejich histochemické analýzy. V porovnání s ostatními, především zahraničními pracovišti, kde je podobně zaměřený výzkum prováděn, je pozornost týmu s výrazným zastoupením studentů věnována také chování pavouků při snovací činnosti a hledání souvislostí mezi ultrastrukturou hedvábných vláken, způsobem, jakým pavouci sami ovlivňují tuhnutí tekutého hedvábného sekretu a funkčním významem vnějších tryskovitých vývodů snovacích žláz. K nejvýznamnějším, již publikovaným výsledkům, patří např. objev a popis nanostruktury resp. supramolekulárního uspořádání nanofibril hedvábí primitivních, starobylých čeledí pavouků s malou diverzitou snovacích žláz, či role hedvábných vláken v životě pavouků obývajících podzemní prostory.

Výsledky výzkumu, který je svým charakterem především výzkumem základním, jsou využitelné jak z hlediska fylogenetické analýzy snovací činnosti, tak z hlediska výzkumu vláknitých biopolymerů.

K textu přikládám 2 fotografie:

1. Tryskovité vývody snovacích žláz na povrchu jedné ze snovacích bradavek zobrazené pomocí elektronového rastrovacího mikroskopu.
2. Detail vláken pavučiny, která jsou tvořena svazky nanofibril. Ke studiu bylo použito mikroskopu atomárních sil.