

Újabb géntechnológiai kísérlet a pókselyem textilipari hasznosítására

Lázár Károly

Textilipari Műszaki és Tudományos
Egyesület
lazarky@enternet.hu

Lázár Tamás

Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Információs Technológiai és Bionikai Kar
lazta@digitus.itk.ppke.hu

Kulcsszavak/Keywords: Pókselyem, Biotechnológia a textiliparban, Géntechnológia, Spider silk, Biotechnology in the textile industry, Gene technology

Összefoglalás

A pókselyem textilipari hasznosítása már régóta foglalkoztatja a textilipar kutatóit, azonban ennek nagyüzemi megoldása egyelőre várat magára. Cikkünkben megemlítünk néhány korai és újabb kísérletet, valamint azokat az újabb próbálkozásokat, amelyek a géntechnológia felhasználásával igyekeznek ezt a műszaki felhasználásokban nagyon ígéretesnek látszó szálajtát a gyakorlat számára elérhetővé tenni.

Summary

The textile industry has long shown great concern about utilization of spider silk but its solution in industrial circumstances is keeping us waiting. This article refers to some earlier and newer efforts and presents the up-to-date attempts that try to make this very interesting and for technical end-uses very promising fibre attainable by gene technology methods.

A pókselyem textilipari hasznosítása már régóta foglalkoztatja a textilipar kutatóit. Egy francia tudós 1710-ben pókszálakból kesztyűt és harisnyát készített. A pókok tenyésztése azonban igen nagy akadályokba ütközik, mivel a pókok kannibalisztikus állatok, így a pókselyem termelése nagy kolóniákban nem lehetséges.



1. ábra [23]



2. ábra [24]

Azt is megállapították, hogy 450 pók egész évi szálhozama volna szükséges 1 méter selyemszövet előállítására. 1900-ban a párizsi világkiállításon bemutattak egy kis vég ilyen szövetet, amihez 25 000 pók száltermelését használták fel [1].

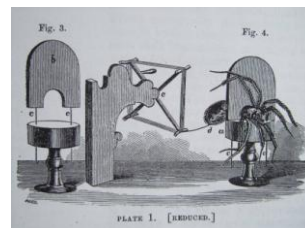
Az Amerikai Természettudományi Múzeumban 2009-ben, a londoni Victoria & Albert Múzeumban 2012-ben mutatták be a világon eddig készült két legnagyobb, kéziszövéssel előállított pókselyem terméket, egy kb. 2 méter hosszú és 1,2 m széles, hosszú rojtokkal készült sálát és egy gazdag mintázatú, 1,5 kg tömegű püspöki palástot (1. ábra). Mind-

kettő 2004-ben készült el. Anyagukat több mint egymillió madagaszkári óriás keresztspók (*Nephila madagascariensis*, 2. ábra) száltermeléséből nyerték, amely eleve arany színű selymet bocsát ki magából. A szükséges mennyiséget nyolc ember öt év alatt gyűjtötte össze, a szövés maga négy év munkája volt [2].

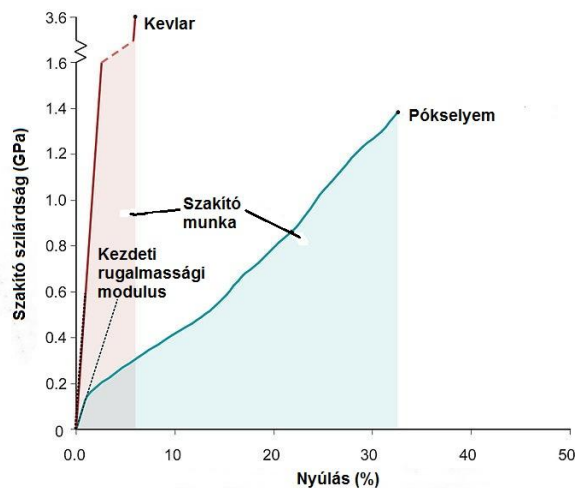
A módszer előzménye Jacob Paul Camboué francia misszionárius kísérlete volt, aki az 1880–1890-es években Madagaszkáron működött és egy kis, kézzel hajtott szerkezetet („pókfejő gépet”) készített (3. ábra) a pók selymének motollára tekerésére, anélkül, hogy a pók megsérült volna. Ehhez hasonló elven működő, de 24 pókot befogadó gépet szerkesztett Simon Peers madagaszkári kutató, aki azután Nicholas Godley-val közösen fejlesztette ki a végső eljárást. Így a szövet fonalai 24 pókselyemszálból állnak.

A pókselyem fő tulajdonságai

A pókok által kibocsátott szálak szakítóereje a fajtától függ. A legerősebb pókselymek szakítószilárdsága (egységnyi keresztmetszetre jutó szakítóereje) rendkívül nagy, 1,4 GPa körül van (szemben pl. az acél 0,5 GPa



3. ábra [22]



4. ábra [11]

szakítószilárdságával), szakadási nyúlása 33 %. A para-aramidok csoportjába tartozó Kevlar szál erősebb ugyan, de nyúlása sokkal kisebb (4. ábra). A pókselyem fajlagos tömege 1,3 g/cm³, szemben a rendkívül nagy szilárdságú Kevlar szál 1,44 g/cm³ és az acélhuzal 7,84 g/cm³ megfelelő értékével. A pókselyem szerves és vizes oldószerekben általában nem oldódik, gyenge savaknak és lúgoknak ellenáll. A környezeti hőmérséklet változásai tulajdonságait nem befolyásolják [1].

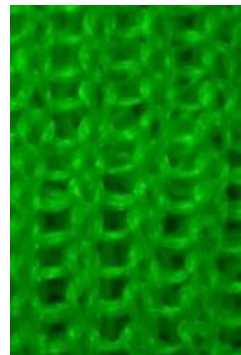
A pókselyemnek emellett más, pl. a gyógyászat szempontjából előnyös tulajdonságai is vannak. Elősegíti a sebek gyógyulását, ha közvetlenül ráterítik (ezt már az ősidőkben is felfedezték az emberek: pókhálóból borították be a sebet) [16], K-vitamin tartalmánál fogva vérzéscsillapító hatású [17, 18].

A pókselyem előállításai biotechnológiai módszerekkel

A pókselyem fenti tulajdonságai késztetik a kutatókat újabb és újabb eljárások kidolgozására a pókselyem gazdaságos előállítására [19, 20]. Próbálkoztak standard biotechnológiai eljárásokkal rekombináns pókselyem előállítására, de többnyire nem állt össze a pókfehérje fonalszerű struktúrákká [9]. Ismert például az a kanadai kutatók által kifejlesztett biotechnológiai eljárás, amelynél kivonták és kecskébe klónozták a pókselyem génjét [13]. Ennek eredményeként a kecsketejből viszonylag jelentős mennyiségű, 1–2 g/liter pókselyem-proteint tudtak kinyerni, amelyből nedves szálhúzási eljárással szálakat lehetett előállítani.

A legújabb fejlesztés a *Kraig Biocraft Laboratories* nevéhez fűződik [5, 6, 10], amely több más kutatóintézetrel együttműködve létrehozta a *Monster Silk™* elnevezésű terméket. Ezt úgy készítették, hogy a pókok selyemfehérjéjét fuzionáltatták¹ a selyemlepke selyemproteinjével. Ez tehát valójában egy hernyóselyem-szálát eredményezett, amely pókselyem proteinjét is tartalmazza. Ezáltal a végtermék sokkal erősebb és hajlékonyabb, mint a közönséges hernyóselyem. Textilipari feldolgozása lényegében megegyezik a selyemfonal készítésével. A kutatók elsőnek egy kötött kesztyűt állítottak elő ebből az új anyagból, bizonyítva, hogy a fonal alkalmas textilipari feldolgozására. Az 5. ábra ennek kelméjéből mutat egy részletet 45-szörös nagyításban (zöld fényvel megvilágítva) [14].

Pontosabban a fenti eljárás többek közt a University of Notre Dame kutatócsoportjával együttműködésben úgy valósult meg, hogy a pókok selymének fehérjéit, valamint egy bizonyos fluoreszcens gént (*EGFP*) „ugráló génes”, ún. transzpozon², rendszerbe klónozták különböző szabályozó régiók kíséretében, vagyis olyan hordozóba (*piggyBAC vektor*) juttatták, amely képes a gazda genomjába juttatni a



5. ábra [14]

célgént. Ez lehetővé tette, hogy a transzgenikus selyemhernyók kiméra³ pókselyem/hernyóselyem fúziós fehérjét termeljenek, melyek UV fényben világítanak, így könnyedén megfigyelhetők. Fluoreszcens mikroszkóp alatt látható, hogy mindegyik báb gubójában megjelenik fluoreszcens jelet adó selyem, vagyis az előnyös tulajdonságokkal rendelkező fehérjeszálak. A selyem funkcionálisan működőképes maradt, a fehérje-fehérje kölcsönhatások kialakulását semmi nem gátolta, a fizikai tulajdonságok előnyösebbek lettek [9].

A pókselyem-fehérjével genetikailag módosított selyem mechanikai tulajdonságai, valamint az a körülmény, hogy – természetes alapanyagú lévén – biológiailag lebontható, arra a reményre jogosítanak fel, hogy számos helyen átveheti a szintetikus, para-aramid szálanyagok (Kevlar, Twaron stb.) szerepét. Az elképzelések szerint elsősorban polgári és katonai védőruhák (pl. védőkesztyűk, golyóálló mellények stb.) előállítását szolgálja majd. A gyógyászatban varrófonalak [12], mesterséges inak, szalagok előállítására is használható lehet [6, 7, 15]. Mint érdekességet említjük meg, hogy *Shigeyoshi Osaki* japán kutató 2012-ben hegedűhúrokat készített pókselyemből. Muzsikások az ilyen húrokkal felszerelt hangszer „lágy és mély hangszínét” dicsérték [8].

A biotechnológiai kutatásokat általában és benne a textilipart érintő ilyen kutatási-fejlesztési témákat az Európai Unió *Horizon 2020* keretprogramja is tartalmazza [21], amibe például a pókselyem gazdaságos előállítása és textilipari feldolgozásának elősegítése is beleillik. Vélhető, hogy ez a körülmény is ösztönözni fogja a kutatókat az ilyen irányú fejlesztésekre.

Felhasznált irodalom

- [1] Zilahi Márton: *A textilipar nyersanyagai*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1953
- [2] *Golden spider silk on display at UK's V&A Museum*. http://www.fibre2fashion.com/news/textile-news/newsdetails.aspx?news_id=107463
- [3] *1 Million Spiders Make Golden Silk for Rare Cloth*. <http://www.wired.com/2009/09/spider-silk>
- [4] *Spider silk*. http://en.wikipedia.org/wiki/Spider_silk
- [5] *Kraig Biocraft Laboratories' Prepares for First Monster Silk™ Textiles*. <http://www.kraiglabs.com/kraig-biocraft-laboratories-prepares-for-first-monster-silk-textiles/>
- [6] *Spider Silk*. <http://www.kraiglabs.com/spider-silk/>
- [7] Ashley Portero: *Spider Silk Used to Create 'Bulletproof' Human Skin*. <http://www.ibtimes.com/spider-silk-used-create-bulletproof-human-skin-302913/>
- [8] *Geigensaiten aus Spinnenseide*. <http://www.n24.de/n24/Wissen/d/1479962/geigensaiten-aus-spinnenseide.html/>
- [9] *Silkworms transformed with chimeric silkworm/spider silk genes spin composite silk fibers with improved mechanical properties*. <http://www.pnas.org/content/109/3/923.long/>
- [10] *Spider Silk Textile Development Breakthrough*. <http://www.kraiglabs.com/worlds-first-monster-silk-textile/>
- [11] Florence Teuré, Yun-Gen Miao et al.: *Silkworms transformed with chimeric silkworm/spider silk genes spin composite silk fibers with improved mechanical properties*. <http://www.pnas.org/content/109/3/923.long>

¹ *Fuzionáltatás*: két (vagy több) gén egy hosszú fúziós génné való „összeolvasztása”/„összeolvadása”.

² *Transzpozon*: DNS szekvencia, amely képes a DNS-be beépülni vagy akár elhagyni azt az általa kódolt transzpozáz enzim segítségével.

³ *Kiméra fehérje*: olyan fehérje, amely két különböző forrású (pl. pók és selyemhernyó) fehérjeegységekből származik.

- [12] *Surgical sutures.*
<http://www.popularmechanics.com/science/health/med-tech/6-spider-silk-superpowers-7#slide-7>
- [13] *Nexia biotechnology*
<http://www.mcgill.ca/files/ott/nexia.pdf>
- [14] *Spider silk textiles.*
<http://www.kraiglabs.com/spider-silk-textiles/>
- [15] Ana C. MacIntosh, Victoria R. Kearns et al.: *Skeletal tissue engineering using silk biomaterials*
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/term.68/pdf>
- [16] *Tissue regeneration in vivo within recombinant spidroin 1 scaffolds*
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961212001792>
- [17] *Spider web inspires new medical materials*
<http://www.robaid.com/bionics/spider-web-inspires-new-medical-materials.htm>
- [18] *Spider Silk Inspired Functional Microthreads*
<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/la203275x>
- [19] *Spider-man spins web to create revolutionary bone and cartilage replacement.*
http://ec.europa.eu/research/sme-techweb/newsletter/issue9/success-story_en.html
- [20] *Company mass-produces spider silk*
<http://www.paneuropeannetworks.com/science-technology/company-mass-produces-spider-silk/>
- [21] *Horizon 2002. Nanotechnologies, Advanced Materials, Advanced Manufacturing and Processing, and Biotechnology.*
<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/nanotechnologies-advanced-materials-advanced-manufacturing-and-processing-and>
- [22] *Spider-silk cape by Simon Peers and Nicholas Godley.*
<http://www.dezeen.com/2012/01/26/spider-silk-cape-by-simon-peers-and-nicholas-godley/>
- [23] *Cobweb cape made by a million spiders.*
<http://www.thesun.co.uk/sol/homepage/features/4080086/Cobweb-cape-made-br-by-a-million-spiders.html>
- [24] *Madagascar golden orb spider (Nephila Madagascariensis).*
http://travel.mongabay.com/madagascar/images/animals_00098.html