نقش آمینواسیدها در زندگی عنکبوت

سمیه باقری وانانی
کارشناس ارشد شیمی آلی و هنرآموز صنایع شیمیایی اردل،
چهارمحال و بختیاری

اشاره

عنکبوت را می‌توان یکی از استادان علم مواد دانست که توانایی خارق‌العاده‌ای در ریسیدن تار دارد. آمینواسیدها اجزای اصلی تشکیل‌دهنده پروتئین‌های تار عنکبوت هستند. پروتئین‌های فیبری تار عنکبوت به دلیل زیست تخریب‌پذیری و خواص مکانیکی منحصربه‌فرد، برای تولید مواد با خواص و ویژگی‌های جدید همواره مورد توجه قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: آمینواسید، پروتئین، تار عنکبوت، نانو الیاف

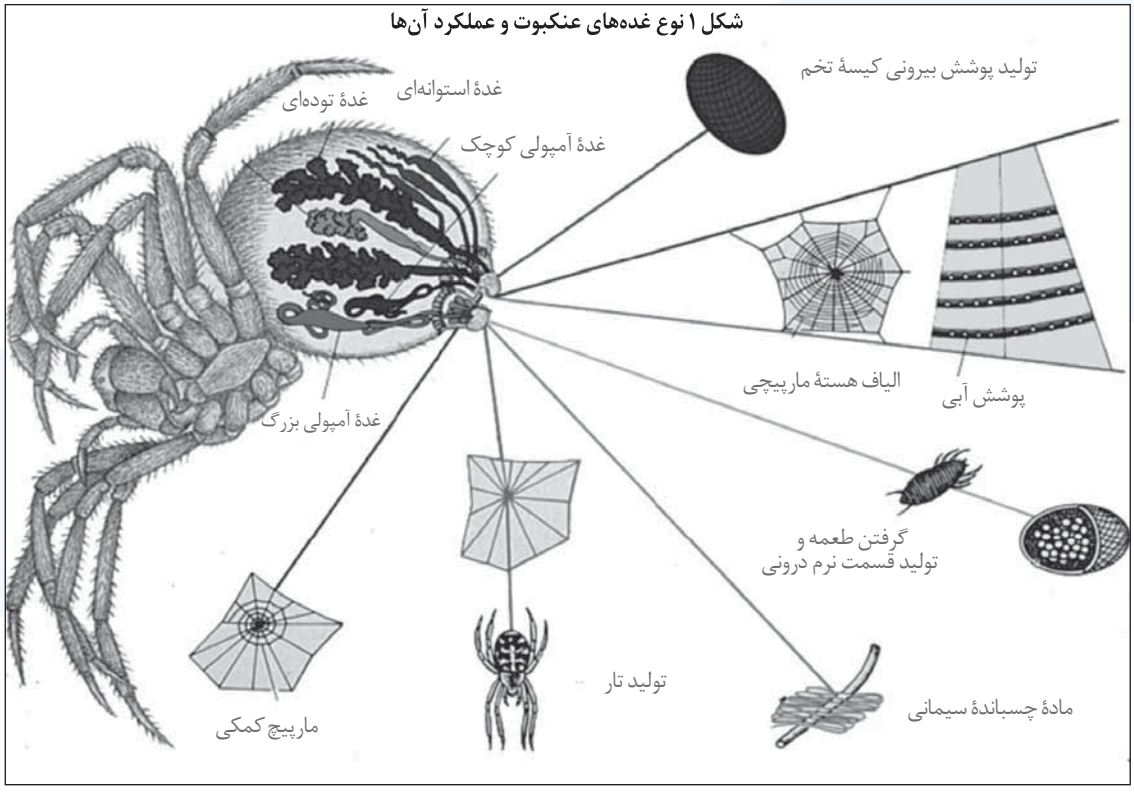
مقدمه

عنکبوت‌ها که بزرگ‌ترین گروه بندپایان را تشکیل می‌دهند گوشت‌خوار هستند. عنکبوت در دهان بسیار کوچک خود دندان‌های تیز و نیش سمی دارد و هنگام روبه‌رو شدن با طعمه، مایعی به بدن شکار خود وارد می‌کند. سپس مایع‌های مغذی، مواد درون بدن طعمه را می‌مکند و پوسته خالی آن را رها می‌کنند.

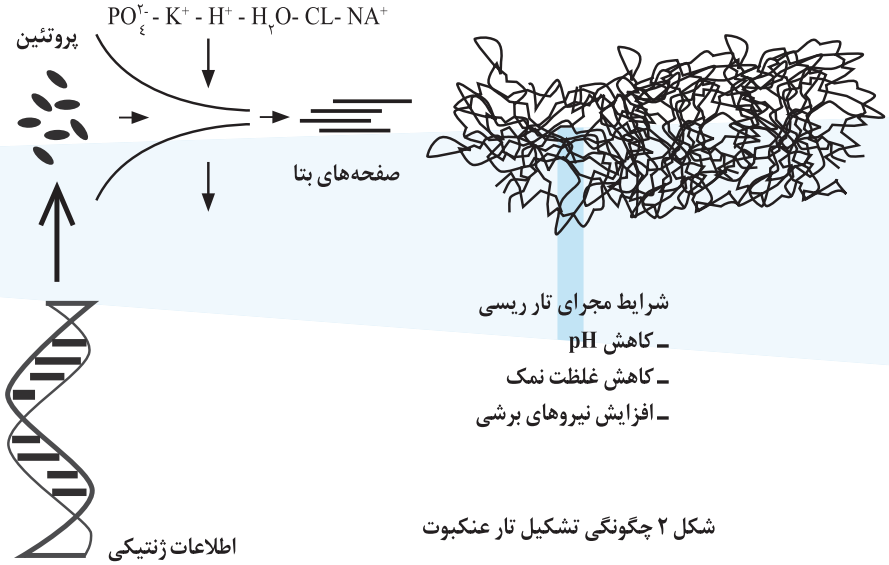
مهم‌ترین دارایی عنکبوت، تارش است که ابزار اصلی عنکبوت برای همه کارهایش به‌شمار می‌رود. برخی از عنکبوت‌ها هفت نوع غده مختلف دارند که هرکدام از آن‌ها یک نوع تار متفاوت تولید می‌کند. این تارها مقاومت کششی متفاوت دارند و هر نوع تار کار خاصی انجام می‌دهد. بسیاری از عنکبوت‌ها از تار برای شکار استفاده می‌کنند. از تار در بالا رفتن، ایجاد دیوارهای هموار در لانه‌های زیرزمینی، ساختن کیسه تخم، گرفتن طعمه، و نگهداری موقت اسپرم، و .. نیز استفاده می‌شود.

بهترین تارهای شناخته‌شده تارهای فرود[1] و ویسکید[2] هستند.

شکل ۱ نوع غده‌های عنکبوت و عملکرد آن‌ها



تارهای فرود مناسب ساخت چارچوب تاراند و به‌عنوان یک طناب ایمنی در زمان افتادن عنکبوت از ارتفاع عمل می‌کنند. تارهای ویسکید نیز بخش حلزونی تار را می‌سازند. این دو سازه ساختارهای مولکولی متناوبی دارند که به استحکام‌های کششی و کشسانی‌های مختلف می‌انجامد[۱].



شکل ۲ چگونگی تشکیل تار عنکبوت

مواد سازنده اصلی الیاف جانوری در اصل، پلیمرهایی از جنس پروتئین‌های ساختاری هستند که در مو، تاندون، پوست، شاهرگ، ماهیچه مهره‌داران، حشرات و عنکبوتیان وجود دارند. پروتئین‌های مجزایی که این الیاف را ایجاد می‌کنند دارای یک آمینو اسید تکراری خاص هستند.

تارعنکبوت یک پلیمر طبیعی نیمه‌بلوری با استحکام کششی بالاست و از پروتئین رشته‌ای فیبروئین ساخته‌شده است. پروتئین موجود در تار، ترکیبی از پروتئین اسپیدرون[۳] ۱ و اسپیدرون ۲ است که خانواده‌ای منحصربه‌فرد از پروتئین‌های ساختاری به‌شمار می‌رود. ترکیب دقیق از این پروتئین‌ها بستگی به عواملی ازجمله گونه و رژیم غذایی دارد.

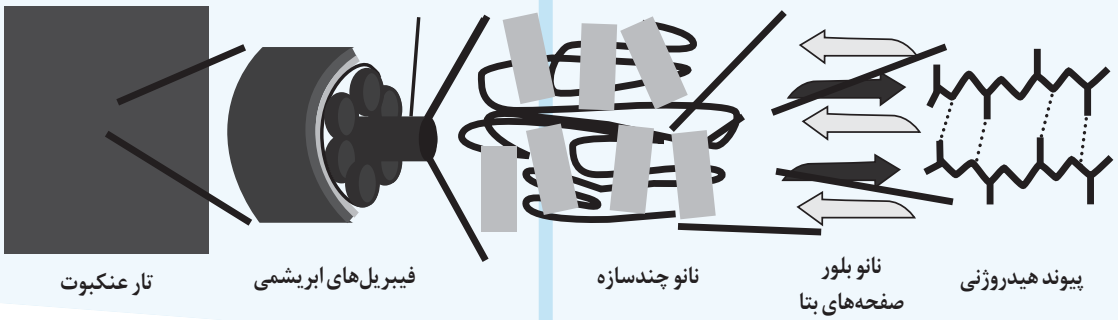
اسپیدرون شامل چند پلی‌آلانین است که در آن ٤ تا ۹ آلانین با هم در یک بلوک مرتبط‌اند. این پروتئین حدود ٤۲ درصد گلیسین و ۲۵ درصد آلانین، به‌عنوان اسیدهای آمینه عمده دربردارد و اجزای باقی‌مانده آن را اسیدآمینه‌های گلوتامین، سرین، لوسین، والین، پرولین، تیروزینو آرژنین تشکیل می‌دهند. اسیدهای آمینه ـ که واحدهای سازنده پروتئین هستند ـ

هنگام ساخته‌شدن پروتئین‌ها از RNA یا mRNA، به یکدیگر می‌پیوندند. تفاوت عمده اسپیدرون ۱ و ۲، در میزان دو آمینواسید پرولین و تیروزین است[۲].

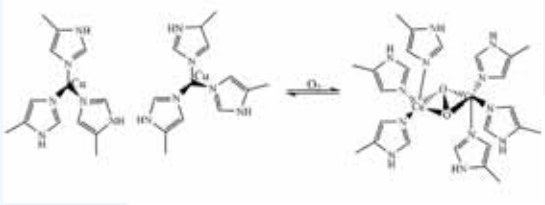
عنکبوت از آب به‌عنوان حلال پروتئین خود استفاده می‌کند. در آغاز هر مجرا، غده‌های ترشحی موجود، پروتئین سازنده تار را ترشح می‌کنند. در این بخش، مولکول‌های پروتئین در آب، به‌عنوان حلال شناورند و حالت بلور مایع دارند. در مرحله بعد با ورود یون‌های K^+ و H^+، مجرای تاریسی، اسیدی می‌شود تا پیوند میان نیتروژن‌های موجود در پروتئین انجام گیرد. در بخش دوم مجرا، پمپ‌های پروتون، باعث خروج یون‌های Cl^- ،Na^+ ،H_2O و کاهش غلظت نمک‌ها می‌شود. در نتیجه از خاصیت آب دوستی بلور مایع کاسته می‌شود. در این حال، مولکول‌های آب از مجرا حذف می‌شوند. سرانجام در نتیجه نیرویی برشی ـ که از پشت و دیواره مجرا به بلور مایع وارد می‌شود ـ این بلور، شکل رشته مانندی به خود می‌گیرد و با از دست دادن مولکول‌های آب، بیشتر حالت جامد می‌یابد [۳].

در تار عنکبوت، میلیون‌ها لوله نانومتری وجود دارد. در سر هر نانو لوله، حباب‌هایی با کشش سطحی پایین به‌وجود می‌آید که می‌تواند آن را با یک نیروی فوق‌العاده کم به صورت نانوالیاف بریسد. کشش در این فرایند با وزن عنکبوت یا نیروی رو به عقب پاها تأمین می‌شود.

شکل ۳ نانو ساختار تارهای عنکبوت



بیشتر رشته‌های پلی‌پپتیدی سازنده این پروتئین، به‌صورت صفحه‌های بتا آرایش یافته‌اند. مواد ترشحی از غده‌های تولیدکننده تار عنکبوت، هنگام ترشح حالت مایع دارند ولی به محض قرار گرفتن در هوا، سفت می‌شوند. از دید علمی، این سفت شدن نتیجه برقراری پیوندهای هیدروژنی میان صفحه‌های بتاست. در محل بخش‌های مهره مانند، رشته‌ها پیچ خورده‌اند. در اثر وارد آمدن نیرو، پیچ و تاب این رشته باز می‌شود و طول تار تا چهار برابر افزایش می‌یابد. این رشته می‌تواند دوباره به حالت اولیه بازگردد. از این‌رو، این رشته‌ها دارای خاصیت کشسانی و چسبندگی فراوان هستند. مایع اطراف رشته‌ها چسبناک است که کشش سطحی آن به برگشت پیچ‌خوردگی تار عنکبوت کمک می‌کند.



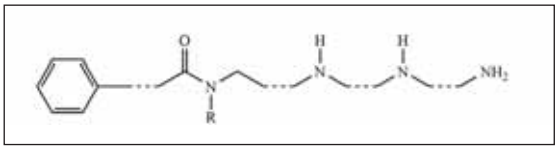
شکل ۴ واکنش هموسیانین با اکسیژن

چنان‌که در شکل ۳ دیده می‌شود صفحه‌های بتا در زمینه‌ای از رشته‌های آمینواسید در شکل صفحه‌های آلفا، جای گرفته‌اند. مارپیچ‌های آلفا با بی‌نظمی زیادی به هم پیچیده‌اند و همین بی‌نظمی باعث خاصیت کشسانی تار می‌شود[٤].

چگالی تار عنکبوت به‌اندازه‌ای بالاست که بنابر پژوهش‌ها، شش برابر بزرگ‌تر از سیم فولادی با وزن مشابه است. یعنی تار عنکبوت از فولاد محکم‌تر است. با وجود این، نسبت به فولاد، بسیار سبک و انعطاف‌پذیرتر است. چگالی تار عنکبوت، $1/3 g.cm^{-3}$ و چگالی فولاد، $7/8 g.cm^{-3}$ است[٥].

شکل ٤ مولکول هموسیانین را نشان می‌دهد که دارای کاتیون مس است. این مولکول در بدن عنکبوت یافت می‌شود. اتم‌های مس مربوط به دو مولکول هموسیانین، با پل اکسیژن به هم پیوند می‌یابند و کمپلکسی تشکیل می‌دهند که در محدوده قرمز، نور را جذب می‌کند و رنگ مکمل آن آبی است. از این رو، خون عنکبوت و دیگر بندپایان و نرم‌تنان آبی است[٦].

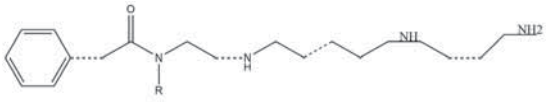
عنکبوت با هدف تغذیه یا واکنش دفاعی، انسان را مورد گزش یا نیش قرار می‌دهد. در نیش‌خوردگی‌ها معمولاً با ورود اندام نیش به بدن قربانی، مقداری سم نیز تزریق می‌شود ولی در گزش‌ها،

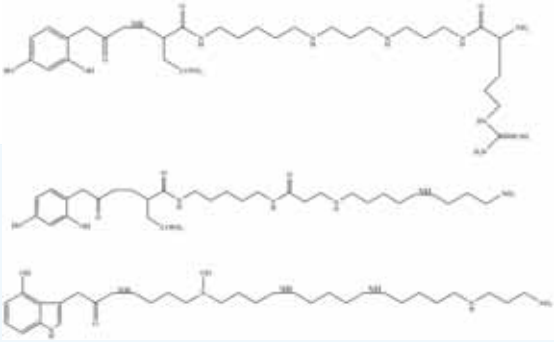


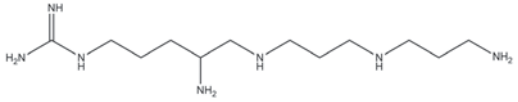
شکل ۵ ساختار آسیل‌پلی‌آمین

تار عنکبوت یک پلیمر طبیعی نیمه‌بلوری با استحکام کششی بالا است و از پروتئین رشته‌ای فیبروئین ساخته شده است

معمولاً بـــزاق به بدن میزبان راه می‌یابد. در گزش عنکبوت‌ها با توجه به اینکه غده سمی عنکبوت مانند مارها در دهان قرار دارد درنتیجه هنگام گزش، همراه عضو گزنده مقداری سم نیز به بدن قربانی وارد می‌شود. گزش یک فعالیت انتخابی و اختیاری است که حشـــرات و بندپایان دیگر به کمک بخش‌های دهانی و برای تغذیـــه و خونخواری از میزبان انجام می‌دهند. گزش که اغلب با تزریق بزاق و گاه با انتقال سم همراه است، درگام اول برای تغذیه بـــه کار می‌رود. در برخی بندپایان ماننـــد انواعی از عنکبوت‌ها، کیسه سم در ناحیه سر یا دهان قرار دارد است و درنتیجه، گزش و انتقال ســـم به بدن قربانی همزمان انجام می‌گیرد. عنکبوت‌ها هنـــگام ترس یا شـــکار اقدام به گزش می‌کننـــد. به جز یک یا دو خانواده که فاقد غده‌های ترشـــح‌کننده زهر هســـتند، همه عنکبوت‌ها غده ســـمی دارند که آن را برای کشتن یا فلج کردن







شکل ۶ ساختار چند پلی‌آمین موجود در زهر عنکبوت

شکار خود به‌کار می برند اما تنها تعداد کمی از آن‌ها برای انسان سمی هستند[۷].

اجزای اصلی زهر عنکبوت بر اساس وزن مولکولی آن‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

ـ پلی‌آمین‌هایی با وزن مولکولی کمتر از ۱۰۰۰ دالتون

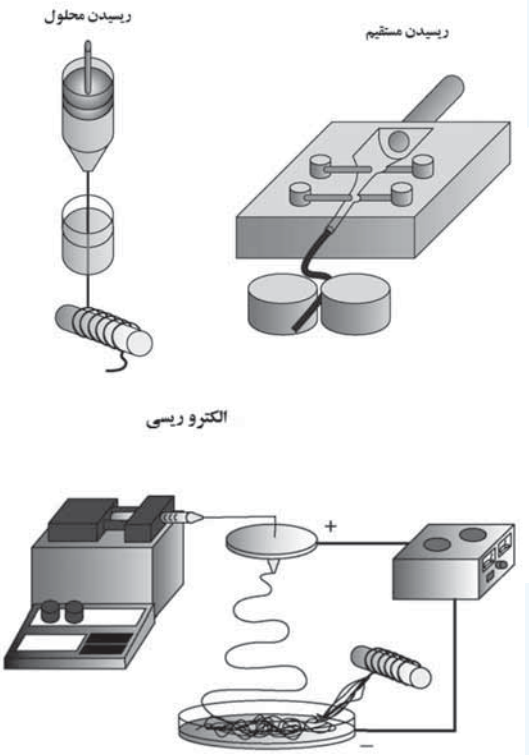
ترکیب‌هایی با وزن مولکولی کم، شامل نمک، یون‌های معدنی، کربوهیدرات‌ها، و ترکیب‌های آلی کوچک مانند آمین، اسید و آسیل پلی‌آمین‌ها در این دسته قرار دارند.

آسیل پلی‌آمین‌ها شامل یک گروه آب‌گریزند که به یک زنجیره

به دلیل محکمی و در عین حال انعطاف‌پذیری، می‌توان از تار عنکبوت برای تهیه نخ و دستکش جراحی، زردپی و رباط مصنوعی بهره برد

پلی‌آمین آمیدی آب‌دوست متصل شده است.

آمین‌ها که انتقال‌دهنده‌های عصبی سروتونین و نورآدرنالین هستند، با مسدود کردن گیرنده‌های گلوتامات بر دستگاه عصبی حشرات اثر می‌گذارند و باعث نابودی آن‌ها می‌شوند.



	ریسیدن محلول	ریسیدن مستقیم	الکتروریسی
اندازه تار نهایی	میکرون	نانو میکرون	میکرون
مزیت	به خوبی تثبیت شده، ارزان و ساده	ورودی‌های متعدد، کنترل آسان فرایند	قطر بسیار خوب، عمل ساده
عیب	فقط در مقیاس بزرگ	به خوبی تثبیت نشده، مشکل در تولید محصول	فقط درمقیاس کوچک، عملکرد ضعیف، کنترل فرایند ضعیف

شکل ۷ انواع روش‌های تولید الیاف نانو لوله‌کربنی و مقایسه روش‌ها

ـ پپتیدها با وزن ملکولی بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ دالتون

پپتیدهای موجود در زهر عنکبوت در دو دســـته به این شرح قرار دارند:

آ. پپتیدهای لیز خطی که نسبتاً غیراختصاصی عمل می‌کنند و باعث هضم شکار عنکبوت می‌شوند.

ب. پپتیدهای دی ســـولفیددار که بخش اصلی سم را تشکیل می‌دهند و از پپتیدهای لیز سلولی، قوی‌ترند. همچنین به کمک کانال‌های یونی در سلول‌های عصبی، انتخابی‌تر عمل می‌کنند

برای نمونه، برخی از آن‌ها شکارچیان را دفع می‌کنند.

ـ پروتئین‌ها با وزن مولکولی بیشـــتر از ۱۰۰۰ دالتون

که آنزیم‌ها و پروتئین‌ها بـــا وزن مولکولی بالا را دربرمی‌گیرند. انواع گوناگونی از آنزیم‌ها در زهر عنکبوت وجود دارند که باعث هضم شدن شـــکار عنکبوت می‌شوند. همچنین با تخریب غشا سلولی به گسترش زهر در بدنِ شکار می‌انجامند. پروتئین‌ها با وزن مولکولی زیاد، اجزای نسبتاً نادر زهر شناخته می‌شوند. زهر حاوی پروتئین آلفا لاتروتوکسین[4] است که با اتصال به پایانه‌های عصبی، از آزاد شدن انتقال‌دهنده‌های عصبی جلوگیری می‌کند و با اثر روی کانال ســـدیمی، باعث تخلیه کامل اســـتیل کولین می‌شود[۸].

عنکبوت از استادان علم مواد در تولید ابریشم است و به دلیل کاربردهای زیاد ابریشم، امروزه دانشمندان به فکر روش‌هایی برای تولید ابریشـــم مصنوعی از عنکبوت افتاده‌اند. پرورش عنکبوت مانند کرم ابریشـــم ممکن نیست. از سوی دیگر، جداسازی انواع مختلف ابریشم کاری دشوار و وقت‌گیر است. الیاف نانولوله کربنی به سه روش اصلی تولید می‌شوند که عبارت‌اند از:

روش ریســـیدن مســـتقیم، روش ریســـیدن محلول و روش الکتروریسی. روش ریسیدن محلول، عملی‌ترین روش در مقیاس تجاری است[۹].

کاربردهای تار و زهر عنکبوت در پزشکی

کاهش اکســـیژن و تنفس بیش از حد دود، باعث آســـیب به ســـلول‌های عصبی در مغز می‌شود. گلوتامات یک انتقال‌دهنده عصبی در مغز انسان است و در تکامل، حافظه و یادگیری نقش دارد ولی افزایش غلظت گلوتامات خارج سلولی و فعالیت بیش از حد گیرنده‌های گلوتامات باعث آســـیب به سلول‌های مغزی می‌شـــود چنان که در آســـیب‌های مغزی مانند ضربه و سکته مغزی، میزان گلوتامات افزایش می‌یابد. زهر نوعی عنکبوت قیفی شـــکل[5] حاوی مواد فعال‌کننده‌ای در گیرنده غشـــاء سلول‌های مغزی اســـت. این ماده از تولید گلوتامـــات جلوگیری می‌کند. داروهای حاوی این ترکیب باعث کاهش آســـیب‌های مغزی در قربانیان سکته‌های مغزی می‌شود[۱۰].

زهر نوعی عنکبوت که در شیلی یافت می‌شود، حاوی پروتئین ویژه‌ای است که فعال‌کننده کانال‌های یونی است. این کانال روی انقباض ماهیچه‌ها و فشـــار خون اثر می‌گذارد و نقش مهمی در هماهنگی ضربان قلب و جلوگیری از فیبریلاسیون بطنی بازی کند. حمله قلبی با ایجاد اختلال در کار این کانال‌های یونی برای باز کردن و انتشار مواد شیمیایی، منجر به فیبریلاسیون دهلیزی می‌شود[۱۱].

بـــه دلیل محکمی و در عین حـــال انعطاف‌پذیری، می‌توان از تار عنکبوت برای تهیه نخ و دســـتکش جراحی، زردپی و رباط مصنوعی بهره برد. تار عنکبوت نقش ضدعفونی‌کننده و پانسمانی نیـــز دارد زیرا عنکبوت برای حفاظت تار پروتئینی خود در برابر باکتری و قارچ‌ها، تارش را به مواد ضدباکتری و ضدقارچ آغشته

آمین‌ها که انتقال‌دهنده‌های عصبی سروتونین و نورآدرنالین هستند، با مسدود کردن گیرنده‌های گلوتامات بر دستگاه عصبی حشرات اثر می‌گذارند و باعث نابودی آن‌ها می‌شوند

می‌کند. از این رو می‌توان از آن برای پانسمان زخم استفاده کرد.

در صنعت

بـــرای تولید طنـــاب، چتر نجـــات، تور ماهی‌گیـــری، لباس غواصی، لباس ضدگلوله، کمربند ایمنی، چتر نجات، بطری‌های زیست‌تخریب‌پذیر می‌توان از تار عنکبوت استفاده کرد[۱۲].

ترکیبی در زهر یک گونه عنکبوت قیفی شکل در استرالیا پیدا شده اســـت که باعث از بین بردن آفت مزارع پنبه می‌شود. این آفت‌کش باعث مرگ حشراتی مانند سوسک، جیرجیرک و مگس میوه نیز می‌شـــود درحالی که هیچ خطری برای گونه‌های دیگر ندارد. همچنین ترکیب‌های موجود در زهر این نوع عنکبوت با محیط زیست سازگارند[۱۰].

نتیجه‌گیری

پروتئیـــن فیبری تارعنکبوت ـ که در دمای محیط و با حلال آبی قابل تولید است ـ به دلیل خواص مکانیکی، زیست‌سازگاری و زیســـت‌تخریب‌پذیری همواره موردتوجه بوده اســـت. امروزه دانشـــمندان با الهام‌گیـــری از طبیعـــت روی فرایندهایی کار می‌کنند کـــه تولید پروتئین‌های ابریشـــم عنکبـــوت را برای کاربردهای پزشـــکی و صنعتی با کیفیت خوب و قیمت پایین امکان پذیر کند.

پی‌نوشت‌ها

1. ampullate
2. flagelliform
3. spidron
4. alphalatrotoxin

منابع

1. Singha,K.؛ Maity,S.؛ Singha,MS., Frontiers in Science، **2012**, 2(5): 92.
2. www.bristol.ac.uk
3. Huemmerich,D. ؛ Helsen,C.W. ؛ Quedzuweit,S. ؛Oschmann, J.؛ Rudolph, R.؛ Scheibel,T. , Biochemistry, **2008**, 43(42), 13604.
4. Keten,S. ؛ Buehler,M.J., J. R. Soc. Interface, **2010**, 7, 1709.
5. Heim,M. ; Keerl,D. ; Scheibel, T., Angew. Chem.-Int. Ed. ,**2009**, 48, 3584.
6. http://worldbuilding.stackexchange.com/questions/28342/what-can-i-do-to-make-blood-black/34110

۷. مهدی خوبدل، حســـین مموندپور «گزش، نیش و ترشـــحات سمی حشرات و سایر بندپایان» فصل‌نامه علمی/ آموزشـــی دفتر توســـعه آموزش دانشـــکده بهداشـــت، سال دوازدهم، شماره ٦٤، صفحه ١تا٦١.

8. http://www.compoundchem.com
9. Jonathan,A.K.; Kluge, O.; Rabotyagova, G.; Leisk,G. ; Kaplan,D.L., Trends in Biotechnology, **2008**, 5(.26), 244.
10. http://www.bristol.ac.uk/
11. Bode, F;. Sachs, F.; Franz,M.R., Tarantula peptide inhibits atrial fibrillation a peptide from spider venom can prevent the heartbeat from losing its rhythm " nature, **2007**, 49,35.
12. Singha,K.; Maity,S.; Singha,M. ,Frontiers in Science ,**2012**, 2(5): 92.