

UOT 638.272.24

Z.Y.Şükürova

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Şəki Regional Elmi Mərkəzi
sh.zerintac@gmail.com

SATURNIA PYRI (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE) VƏHŞİ İPƏKQURDUNUN BARAMASININ BƏZİ TEXNİKİ PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ

Açar sözlər: *armud saturniası, şişkinləşdirici məhlul, baramanın açılması, baramanın ipəkliliyi, barama sapı, fibroin, sertsin*

İlk dəfə olaraq, dünyanın ən böyük gecə kəpənlərindən biri olan *Saturnia pyri* (Denis et Schiffermüller, 1775) vəhşi ipəkqurdunun bir neçə əsas texniki xüsusiyyətləri təyin edilmişdir. İpəkçilik sənayesi üçün *Saturnia pyri*-nin vəhşi ipəkqurdu kimi istifadə olunmasının mümkünlüyü ilk dəfə Azərbaycanda müəyyən olunmuş və patentləşdirilmişdir. Təyin edilmişdir ki, *Saturnia pyri*-nin yaş baramasının ipəkliliyi – diri barama qabığının kütləsinin, o baramanın tam kütləsinə olan nisbəti ~11,43%, barama sapında olan quruluş zülalı fibroinin miqdarı ~77% və yapışqan xassəli amorf serisinin miqdarı ~20,5%-dir.

З.Ю.Шукюрова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОКОНА ДИКОГО ШЕЛКОПРЯДА SATURNIA PYRI (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE)

Ключевые слова: *грушевая сатурния, набухающий раствор, размотки кокона, шелкоистость кокона, коконная нить, фиброин, серицин*

Впервые представлены некоторые характеристики кокона дикого шелкопряда, *Saturnia pyri* (Denis et Schiffermüller, 1775), который является одной из крупнейших ночных бабочек в мире. Возможность использования *Saturnia pyri* в качестве дикого тутового шелкопряда для шелковой промышленности была впервые обнаружена и запатентована в Азербайджане. Определено относительное количество шелка в оболочке кокона и количество структурных белков фиброина и серицина, содержащихся в волокне коконов: относительный вес оболочки коконов дикого шелкопряда *Saturnia pyri* составляет ~11,43% от общего веса живого кокона, белок фиброин составляет ~77%, а клейкий аморфный белок серицин – ~20,5% в волокне коконов.

Z.Y.Shukurova

**DETERMINATION OF SOME TECHNICAL PARAMETERS
OF THE COCOON OF THE WILD SILKWORM SATURNIA PYRI
(LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE)**

Keywords: *peacock moth, swelling solution, cocoon unwinding, cocoon silkiness, cocoon fibers, fibroin, sericin*

Some characteristics of the cocoon of one of the world's largest moths, the wild silkworm *Saturnia pyri* (Denis & Schiffermüller, 1775), are presented for the first time. The possibility of using *Saturnia pyri* as a wild silkworm for the silk industry was first discovered and patented in Azerbaijan. The relative amount of silk in the cocoon shell and the amount of structural proteins fibroin and sericin contained in the cocoon fiber were determined: relative weight of the cocoon shell of wild silkworm *Saturnia pyri* is 11.43% of the total weight of the living cocoon, fibroin protein is ~ 77% and adhesive amorphous protein sericin is 20.5% in the cocoon fiber.

Giriş

Vəhşi ipəkqurdularından alınan qeyri ənənəvi ipəyin ipəkçilik sənayesində, müasir biotibbdə, nanotexnologiyaların inkişafında rolu böyükdür. “Vəhşi” ipəyin sapı və təkibindəki zülallar bir sıra üstün xüsusiyyətlərinə görə, müasir tibbin toxuma mühəndisliyi və orqan bərpası kimi sahələrində biomaterial kimi böyük əhəmiyyətə malikdir və ondan çoxprofilli smart materiallar almaq mümkündür [16]. Məhz buna görə də Azərbaycanda mövcud olan vəhşi ipəkqurdu növlərinin öyrənilməsi çox vacidir və böyük perspektivə malikdir.

Aparılan araşdırmalar nəticəsində, Lepidoptera dəstəsindən olan Saturniidae fəsiləsi *Saturnia* cinsinə aid olan böyük gecə tovuzgözlüsü və yaxud armud saturniyası - *Saturnia pyri* (Denis & Schiffermüller, 1775) ipəkqurdu məqsədəuyğun hesab olunmuşdur [17] və dünya təcrübəsində ipəkçilik sənayesi üçün istifadə olunmasının və baramasının alınmasının mümkünlüyü ilk dəfə Azərbaycanda müəyyən olunmuş və patentləşdirilmişdir [2]. Təqdim olunan ixtira sənaye məqsədilə vəhşi ipəkqurdunun laboratoriya şəraitində kütləvi artırılması üsulunun hazırlanması və ipəkçilikdə tətbiqinə aid olaraq, bu sahədə aparılan tədqiqat işlərini istehsalat üçün əhəmiyyətli edir.

Lepidoptera dəstəsinə aid ipəkqurdlarının tırtılları pup mərhələsinə keçdikdə ipək vəzilərindən ifraz olunan bənzərsiz təbii biopolimer olan ipəkdən baramalar sarıyır. Baramalar pulcuqqanadlıların pupunu yetişkin imaqo mərhələsinə keçənədək ətraf mühitin təsirlərindən müdafiyyə edir və qurluşlarına görə iki növə bölünür – sadə və laylı baramalar. Armud saturniyası *Saturnia pyri* (*S. pyri*) və tut ipəkqurdu *Bombyx mori* (*B. mori*) (Lepidoptera: Bombycidae) baramaları sadə qurluşludurlar. Eyni qurluşda olsalarda, forması, ölçüsü və digər xüsusiyyətlərinə görə *S. pyri* baraması *B. mori* baramasından kəskin şəkildə

fərqlənir və bəzi xarakterik xüsusiyyətlərə maikdir ki, bu da növlərin genlərinin, həyat dövrünün, yaşayış mühitinin və qidalanmasının müxtəlifliyi ilə əlaqədardır [14].

B. mori ipəkqurdunun əsirlər boyu ipəkçilikdə istifadə məqsədi ilə yetişdirilmişdir, onların baramalardan alınan ipək bütün dünyada məşhurdur və daha çox öyrənilmişdir .

S. pyri ipəkqurdunun ipəyi, digər Saturniidae fəsiləsinə aid olan, tamamilə vəhşi və ya qismən əhilləşmiş ipəkqurdlarının baramalardan alınan və ümumilikdə “vəhşi” adlandırılan təbii ipək növüdür. “Vəhşi” ipəyin rahat biouyğunlaşma və ləng bioparçalanma qabiliyyəti, hipoallergen olması, yüksək elastiklik və möhkəmlik kimi bir sıra üstün təbii xüsusiyyətlərinin olması, onları biotibb və yüksək texnologiyalar sahəsində istifadəsini daha perspektivli edir və tədqiqatçı alimlər tərəfindən ona olan marağı artırır [10;13;18].

Xam ipək liflərinin əhəmiyyətli hissəsini fibroin adlandırılan zülal, digər hissəsini isə serisin adlandırılan, fibroin mikroliflərini bir-birinə pərcimləyən yapışdırıcısı zülal qılıf təşkil edir. Barama adi suda və ya xüsusi su əsaslı məhlulda isladılaraq və sonra qurudularaq yumşaldılma və ya yapışqansızlaşdırılma (deqummizasiya) prosesinə uğradılaraq tərkibindəki serisindən azad edilir [11].

Material və metodlar

Armud saturniyasının təzə baramaları, 2021-ci ilin yaz - yaz bəslənmə mövsümündə AMEA-nın Şəki Regional Elmi Mərkəzinin “Tut ipəkqurdu seleksiyası” laboratoriyasında yetişdirilən, 2019-cu ildə dosent Əliyev Xəlid Əli Ağaoğlu (AMEA Zoologiya İnstitutunun əməkdaşı və Bakı Dövlət Universitetinin dosenti) tərəfindən əyani olaraq identifikasiya edilmiş *S. pyri* tırtılları tərəfindən sarınmışdır. *S. pyri* baramaları qabaqcadan boğulma və qurudulmaya uğradılmamışdı. Baramalar puplardan azad edildikdən sonra ilk kütlələri qeyd olunmuş, sonra kəsilmiş baramalar sabit kütləyə qədər qurudulmaq üçün 105 ° C dərəcəli termostata köçürülmüşdü. Qurudulduqdan sonra nümunələr soyumaq üçün 30-45 dəq ərzində eksikatora yerləşdirilmişdi. Nəzarət partiyası üçün 2020-ci ilin yaz bəslənməsi mövsümü nəticəsində əldə edilmiş ŞZEM-4 cinsindən *B. mori* tut ipəkqurdlarının baramalarından da istifadə edilmişdir.

İpəkliliyin təyin olunması üçün, tamlığı pozulmayan baramanın kütləsi çəkilmiş, kəsilərək pupdan azad olunduqdan sonra, barama qabığının kütləsi təyin olunmuşdur, beləliklə, orta rəqəm almaq üçün, təcrübə zamanı 200 tam barama qabığının təşkil etdiyi faiz hesablanmışdır. Müxtəlif ölçülü qüsursuz barama nümunələri götürülmüşdür. Pupların cinsi xüsusiyyətləri də müəyyənləşdirilmişdir: dişi baramanın ümumi sayı 56 %, erkək barama sayı isə 44% təşkil etmişdi.

S. pyri ipəkqurdunun baramasının sapında fibroinin miqdarının təyin edilməsi üçün, 12,275 q barama qabığı pupun qalıqlarından və digər görünən mexaniki hissəciklərdən təmizlənərək, 80° C temperaturda, sabit kütlə alınana

qədər, quruduldu. Natrium karbonat (Na_2CO_3) və natrium hidrokarbonat (NaHCO_3) duzlarının hər birindən, ayrı-ayrılıqda, 10 q/l qatılıqlı suda məhlulu hazırlandı. Bu məhlullar bərabər həcmə bir-birinə qarışdırıldı və quru barama qabığı bu qarışıq məhlula salındı. Məhlul, barama qabığı ilə birlikdə qaynama temperaturuna qədər qızdırıldı və 20 dəq müddətində qaynadıldı. Bundan sonra barama qabığı, qaynar məhlulla birlikdə, dəm almaq üçün zəif od üstündə ($75-80^\circ\text{C}$) qoyuldu və 45 dəq saxlanıldı. Bu qayda ilə qurudulma və isladılma mərhələlərini keçən barama qabığından yapışqan xassəyə malik amorf zülal maddə - serisinin və digər üzvi maddələrin tamamilə çıxarılıb axıdılması üçün isti distillə edilmiş suda təkrar-təkrar beş dəfə yuyulduqdan sonra nümunədə sertisin qalığının olub-olmaması buret reaksiyasına uyğun olaraq yoxlanıldı.

B. mori baramasının, boşluq havasını içəridən azad etmək üçün qaynar suda qaynadılmış, sonra barama təbəqələrini tamamilə su ilə doyurmaq üçün 65°C suya qoyulmuşdur. Daha sonra, barama yapışqanının yumşaldılması üçün yenidən qaynayan suya salınmışdır. İpək sapın baramadan sabit sürətlə açılmasını təmin etmək üçün, davamlı gərginlik əldə etmək məqsədi ilə, növbəti addımda, barama otaq temperaturunda olan suda bir dəqiqə saxlanıldıqdan sonra, 60°C isti suya köçürülmüşdür.

Nəticələr və onların müzakirəsi

B. mori baramalarının yüksək məsələli toxunmamış quruluşa sahib olduğu, *S. pyri* baramalarının isə məsələliyi çox aşağı olduğu və liflərin sıx şəkildə serisin təbəqəsi ilə, demək olar ki sarılaşaraq bağlandığı məlumdur [5]. Həmçinin, *S. pyri* baramasının, yalnız xüsusi yumşaldılma prosesi ilə dağıdıla bilən serisin bağları olan [6], səthə paralel yerləşən, bir neçə (görünən üç) təbəqəsi var (Şəkil 1 (2a, 2b, 2c)).



Şəkil 1. *S. pyri* baramasının təsviri: 1) tamlığı pozulmayan barama; 2) barama təbəqələri: a) xarici; b) orta; c) daxili; d) dəlik

Təbəqələr arasında kiçik boşluqlar var və təbəqələr kalsium oksalat ilə minerallaşmış [3], barama lifləri əlavə olaraq yemləndiyi bitkidən alınan taninlər ilə sabitlənmişdir [4; 15].

Bu tədqiqat işi üçün təcrübə baramalarını əldə etmək üçün yetişdirilən *S. pyri* tırtılları albalı yarpaqları (*Prunus avium*) ilə bəslənmişdir. *S. pyri* ipəkqurdu tərəfindən sarıyan baramalar - qəhvəyi rəngdə, nizamsız formalı (armud şəklində) (Şəkil 1 (1, 2)) olub, iti qütbdə təxminən 3-5 mm eklozion çuxuru, və bu çuxur boyunca kənara çıxan paralel liflərlə malikdir (Şəkil 1 (2d)).

İpəklilik baramanın əsas keyfiyyət göstəricilərindən biridir və aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$\text{İpəklilik, (\%)} = \frac{\text{Barama qabığının kütləsi, (q)}}{\text{Tam baramanın kütləsi, (q)}} \times 100$$

Təcrübədə əldə edilən məlumatlara görə, *S. pyri* baramalarının qabığının orta kütləsinin baramaların orta kütləsinə nisbətini təyin edərək, baramaların ipəklik faizi hesablanmışdır ki, bu da 11,43 % təşkil etmişdir.

Müqayisə üçün *B.mori* tut ipəkqurdunun ŞZEM-4 [1] cinsinə aid diri baramalarının ipəkliliyi hesablanmışdır və orta hesabla 21 % ipəklilik nəticəsi alınmışdır.

Lakin, armud saturniyası ipəkqurdunun baramaları tut ipəkqurdunun baramasından daha böyükdür, buna görə tərkibindəki ipək miqdarı təxminən eynidir. Bu məlumatlar *S. pyri* baramasının ipəkliyinin, dünyada ipək sapının istehsalına görə məşhur və geniş yayılmış vəhşi ipəkqurdlarından biri olan *Antheraea pernyi* palıd ipəkqurdundan geri qalmadığını göstərir. Aparılan tədqiqat işləri göstərir ki, damazlıq yetişdirilən bəzi *Antheraea pernyi* cinslərdə ipəklilik təxminən 16% -ə çatır [12].

S. pyri və *B. mori* ipəkqurdlarının baramalarının alınan nəticələri müqayisə üçün Cədvəl 1-də verilmişdir:

Cədvəl 1

***S. pyri* və *B. mori* ipəkqurdu baramalarının xüsusiyyətləri**

Tədqiqat obyektləri	Baramanın orta kütləsi, q	Barama qabığının orta kütləsi, q	İpəklilik, %
<i>Saturnia pyri</i>	7,00	0,80	11,43
<i>Bombyx mori</i>	2,20	0,46	21,00

Tədqiqat zamanı diri *S. pyri* baramalarında nəm miqdarı təyin olundu, bu da təxminən 13% təşkil etdi.

S. pyri ipək liflərindəki fibroinin faizini hesablamaq üçün 1 litr suya hər birindən 10 q natrium karbonat və natrium bikarbonat həll edilmiş qatılıqlı yumşaldıcı məhlulda baramaların (hazırkı halda barama qabıqlarının) yapışqansızlaşdırılması həyata keçirilmişdir [7].

Tədqiqatın gedişatı göstərdi ki, armud saturniyası baramasının daha yaxşı açılması, təbii rənginin və parıltısının qorunması üçün 20 dəqiqə qaynadılma və 45 dəqiqə dəmlə buğlandırılma müddəti optimaldır. Buğlandırıldıqdan sonra barama yumşalaraq açılmağa daha əlverişli oldu. *S. pyri* baramasını *B. mori* baraması kimi tək sap olaraq açmaq mümkün olmasa da, liflərə ayrılaraq çox rahatlıqla açıldı. Hətta, baramanın müxtəlif təbəqələrindən alınan liflər fərqli çalarlarda (xarici təbəqənin lifləri digər təbəqələrə nisbətən daha açıq rəngdə, daxili təbəqə lifləri isə daha tünd) və müxtəlif miqdarda oldu, və təbəqələrə görə ipək miqdarının nisbəti üç təbəqə üçün 1: 4: 1,5 təşkil etdi (Şəkil 2).



Şəkil 2. Yumşaldılmış (serisindən azad edilmiş) *S. pyri* baramasından açılan ipək liflər

S. pyri baramalarından fərqli olaraq, fibroin liflərini örtən və bir birinə yapışdıran serisini həll etmək üçün, *B. mori* baramaları bir neçə mərhələdə yüksək temperaturlu suya salınaraq yumşaldıldı.

Vəhşi *S. pyri* ipəkqurdunun barama lifindən serisinin çıxarılması üsulları ilə, tamamilə əhəlləşdirilmiş *B. mori* tut ipəkqurdu baraması üçün istifadə olunan üsullar arasındakı kəskin fərq, bu növlərin baramalarının tərkiblərində əsaslı müxtəlifliyin olduğunu göstərir. Aldığımız bu nəticələr ədəbiyyat məlumatları ilə üst-üstə düşür [8].

Yumşaldılmadan sonra əldə edilən yapışqansız ipək liflər $(105 \pm 2)^\circ \text{C}$ temperaturda son çəkiyə qədər quruduldu, alınan son kütlə göstəricisini yumşaltmadan əvvəl çəkilmiş barama qabığının kütləsi ilə müqayisə edilərək aşağıdakı düsturdan istifadə edilərək fibroinin kütlə payı hesablandı:

$$\text{Fibroin, \%} = \frac{\text{Yumşaldılmış barama liflərinin kütləsi, (q)}}{\text{Barama qabığının kütləsi, (q)}} \times 100$$

Təcrübə və nəzarət partiyaları üçün hesablama nəticələri Cədvəl 2-də göstərilmişdir:

Cədvəl 2

S. pyri və *B. mori* baramalarında fibroin miqdarı

Baramanın növü	Fibroinin miqdarı, %
<i>Saturnia pyri</i>	77
<i>Bombyx mori</i>	79

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, *S. pyri* və *B. mori* ipəkqurdlarının ipək liflərindəki fibroin tərkibinin faiz göstəriciləri oxşardır.

S. pyri barama liflərində olan fibroinin miqdarını təyin etdikdən sonra onun tərkibində olan serisin təxmini miqdarı hesablanmış, nəticədə ~20,5% alınmışdır. Digər ~2,5% isə üzvü maddələr və mineral duzlardan ibarətdir.

Nəticələr

1. *S. pyri* barama qabığını effektiv şəkildə serisinsizləşdirmək və təmiz ipək fibroin liflərini almaq məqsədi üçün tətbiq olunan yumşaldıcı məhlulun optimal tərkibi natrium karbonat (Na_2CO_3) və natrium hidrokarbonat (NaHCO_3) duzlarının hər birindən, ayrı-ayrılıqda, 10 q/l qatılıqlı suda məhlullu təyin edilmişdir.

2. Armud saturniyası baramasının ipək sapının daha yaxşı açılması üçün təyin edilən yumşaldıcı məhlulunda quru barama qabıqlarının 20 dəqiqə qaynadıldıqdan sonra 45 dəqiqə zəif od üstündə dəmdə saxlanması müddəti optimaldır.

3. Natrium karbonat və natrium hidrokarbonat qarışığı olan su əsaslı yumşaldıcının istifadəsi, *S. pyri* ipək liflərinin təbii qəhvəyi rəngini və parıltısını qoruyub saxlayır.

4. Aparılan ölçmələr göstərdi ki, *S. pyri* baramasının ipəkliyi ~11,43%, ipək liflərindəki fibroin miqdarı ~77% və yapışqan xassəli amorf serisinin miqdarı ~20,5%-dir.

ƏDƏBİYYAT

1. Bəkirov, G., Mustafayev, A., Şükürova, Z., et. al, Yerli və intraduksiyaolunan ipəkqurdu növləri arasında bioloji göstəricilərlə heterozun gücünün müəyyənəşdirilməsi, Azərbaycan Aqrar Elm, 4, 2018, s. -52-54.
2. Şükürova Z. Y, Şükürlü Y. H, Əzizov F. Ş, Bəkirov Q. M. “Vəhşi ipəkqurdunun yetişdirilməsi üsulu” Azərbaycan Respublikası patenti, a 2020 0031, 21 may 2021-ci il.
3. Akai, H., Nagashima, T. Calcium crystals of cocoon shell from African ara *Gonometa* silkmoth (Lasiocampidae). Int. J. Wild Silkmoth & Silk. 8, 1–5 (2003).
4. Brunet P. C. J., Coles Barbara C., Tanned silks Proc. R. Soc. B 1974, 187 (1087), 133–170. <http://doi.org/10.1098/rspb.1974.0067>
5. Chen F., Porter D., Vollrath F. Structure and physical properties of silkworm cocoons. J. R. Soc. Interface. 2012;9:2299–2308. doi: 10.1098/rsif.2011.08872
6. Chen F., Porter D., Vollrath F. Morphology and structure of silkworm cocoons, Materials Science and Engineering C 32 (2012) 772–778, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.01.023>
7. Das, S., Chowdhury, S. K. A Modified Approach to the Reeling of Tropical Tasar Silk with Adhesives, The Journal of The Textile Institute, 82:4, 505-507, (1991) DOI: 10.1080/00405009108659239.
8. Gheysens, T., Collins, A., Raina, S., et. al, Demineralization Enables Reeling of Wild Silkmoth Cocoons, Biomacromolecules 2011 12 (6), 2257-2266 <https://doi.org/10.1021/bm2003362>.
9. Gupta, V., Rajkhowa, R., & Kothari, V. (2000). Physical characteristics and structure of Indian silk fibres. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 25, 14-19.
10. Jin, H.J., Fridrikh, S. V., Rutledge G. C., Kaplan, D. L. “Electrospinning Bombyx mori silk with Poly (ethylene oxide),” Biomacromolecules, vol. 3, no. 6, pp. 1233–1239, 2002.
11. Khan, Z. M. S., Debasis Chattopadhyay and Alok Sahay, Optimization of cocoon softening procedure for tasar eco-races to achieve higher silk recovery, quality and retention of natural colour, Sericologia 59 (3&4): 128 - 142, 2019 ISSN 0250-3980.
12. Li, W., Zhang, Zh., Lin, L., Terenius, O., Lin, L. *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae) and Its Importance in Sericulture, Food Consumption, and

- Traditional Chinese Medicine, Journal of Economic Entomology, 2017, 1–8
doi: 10.1093/jee/tox140 DOI: 10.1093/jee/tox140
13. Peigler, R. S. Wild Silks of the World, American Entomologist, Volume 39, Issue 3, Fall 1993, Pages 151–162, <https://doi.org/10.1093/ae/39.3.151>
 14. Rahmathulla, V. K. "Management of Climatic Factors for Successful Silkworm (Bombyx mori L.) Crop and Higher Silk Production: A Review", Psyche: A Journal of Entomology, vol. 2012, Article ID 121234, 12 pages, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/121234>
 15. Raven, D. J., Earland, C., Little, M. Occurrence of dityrosine in Tussah silk fibroin and keratin, Biochim. Biophys. Acta 1971, 251 (1), 96, PMID: 5133280 DOI: 10.1016/0005-2795(71)90065-1
 16. Sheikh, F. A., Ju, H. W., Lee, J. M. et al., "3D electrospun silk fibroin nanofibers for fabrication of artificial skin," Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, vol. 11, no. 3, pp. 681–691, 2015
 17. Shukurlu, Y.H.; Aliyev, Kh.A.; Shukurova, Z.Y. NT O 10: Prospects of breeding wild species of silkworm of the Giant Peacock Moth (Saturnia pyri, D. & Sch., 1775) as one of the branches of sericulture in Azerbaijan / Proceedings of the 25th International Congress on Sericulture and the Silk Industry, Tsukuba, Japan, 19-22nd November 2019, p. 171 http://www.inserco.org/en/sites/default/files/PROCEEDINGS_ISC%20Congress_Japan.pdf,p.171
 18. Vepari, C., Kaplan, D. L. "Silk as a biomaterial," Progress in Polymer Science, vol. 32, no. 8-9, pp. 991–1007, 2007 12.
 19. Zhang J., Kaur J., Rajkhowa R., Li J.L., Liu X.Y., Wang X.G. Mechanical properties and structure of silkworm cocoons: A comparative study of Bombyx mori, Antheraea assamensis, Antheraea pernyi and Antheraea mylitta silkworm cocoons. Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl. 2013;33:3206–3213. doi: 10.1016/j.msec.2013.03.05.

Redaksiyaya daxil olub 02.12.2021