نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

www.jscw.icrc.ac.ir @ دسترسی آنلاین
نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ/ ۱۱، (۱۴۰۰)۴، ۱۲-۱
نوع مقاله: مروری
دسترسی آزاد

مروری بر ساختارشناسی، بهینه‌سازی و کاربردهای چسب سریشم

حامد یعقوب زاده[۱]، مهدی رازانی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

۲-استادیار، دانشکده حفاظت از آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران، صندوق‌پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱.

اطلاعات مقاله

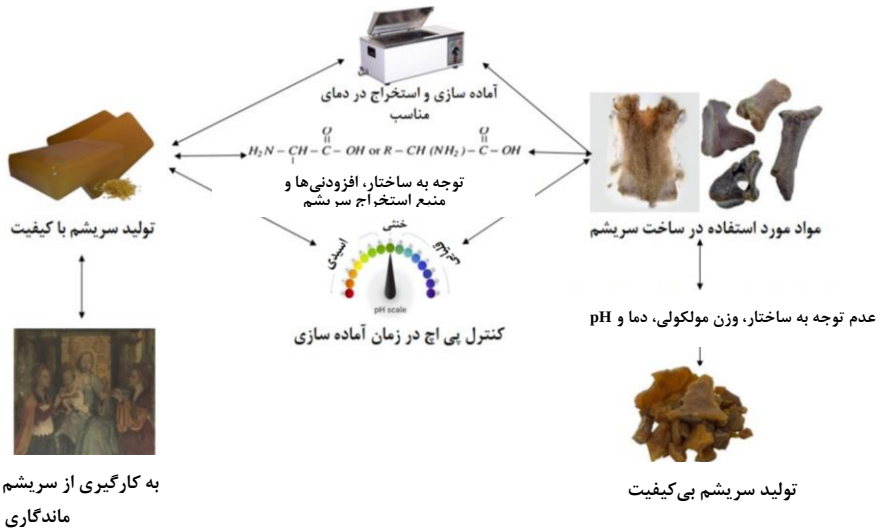
تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷
شاپا چاپی: ۷۲۷۸-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۲۳-۲۳۸۳

DOR: 20.1001.1.22517278.1400.11.4.1.5

واژه‌های کلیدی:
سریشم
کلاژن
پوست
دما
حفاظت آثار فرهنگی
افزودنی‌ها

چکیده

سریشم یکی از مواد طبیعی است که از پروتئین پستانداران و ماهی‌ها ساخته‌شده و در آثار تاریخی و فرهنگی به‌عنوان آهار، ماده افزودنی در ترکیبات مختلف، پوشش‌دهنده در چوب، بست در نقاشی و مرکب استفاده می‌شود. در طی هزاران سال به‌مرور، برخی اصولی کلی برای ساخت چسب‌های حیوانی به وجود آمده است ولی بعد از انقلاب صنعتی و توسعه چسب‌های پلیمری به‌تدریج نحوه تهیه مناسب این چسب‌ها در مقیاس غیرصنعتی نیز رو به فراموشی نهاده است. هدف از انجام پژوهش حاضر آشنایی با ساختار چسب حیوانی سریشم، عوامل مؤثر در بهینه‌سازی این چسب، معرفی افزودنی‌های مختلف برای بهبود آن و نحوه شناسایی سریشم در آثار تاریخی و فرهنگی است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ساختار اصلی چسب حیوانی سریشم از پروتئینی بنام کلاژن که بیشترین توالی آمینو اسیدهای آن گلسین و پرولین است تشکیل‌شده، ازاین‌رو با توجه با ساختار فوق‌الذکر که نقش اصلی را در آماده و بهینه‌سازی سریشم دارد بایستی pH، دما و وزن مولکولی به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر کیفیت کلاژن مورد توجه قرار گیرد، افزودنی‌هایی مانند گلیسرین، زاج سفید و عسل بر بهبود خواص سریشم ازجمله قدرت چسبندگی و انعطاف‌پذیری می‌تواند مؤثر واقع شود و در نهایت آنالیزهای دستگاهی طیف‌سنجی جرمی و طیف‌سنجی زیرقرمز (FTIR) که برای شناسایی و تفکیک نوع سریشم‌ها کاربرد دارد، معرفی‌شده است.



***Corresponding author: m.razani@tabriziau.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

available online @ www.jscw.icrc.ac.ir
Journal of Studies on Color World, 11, 4(2022), 1-12
Article type: Reviewe article
Open access

A Review on Characterization, Optimization and Applications of Animal Glue

Hamed Yaghubzadeh, Mehdi Razani*
Faculty of cultural materials conservation, Tabriz Islamic Art University, P. O. Box: 5164736931, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

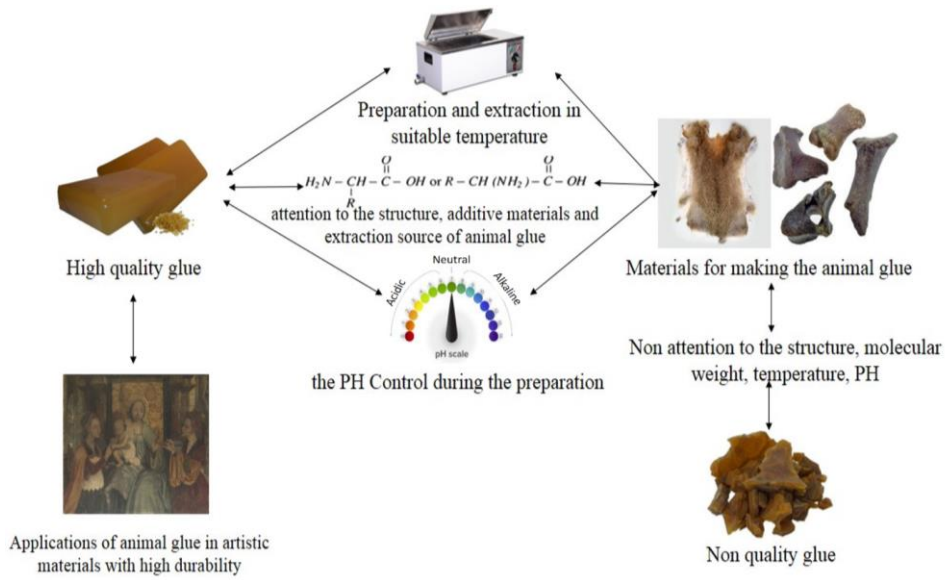
Article history:
Received: 02-01-2021
Accepted: 26-06-2021
Available online:06-04-2022
Print ISSN: 2251-7278
Online ISSN: 2383-2223

DOR:

Keywords:
Animal glue
collagen
Skin
Temperature
Conservation of cultural materials
Additives

ABSTRACT

In history and culture, animal glue is one of the natural materials composed of proteins from animals and fish. It has been used as sizing material and additives in various compositions, coatings in wood, fasteners in paintings, and inks. Due to the thousands of years of using animal adhesives, some principles for making have been established over time. Still, after the industrial revolution and the development of polymer adhesives, the proper preparation of this adhesive was gradually (non-industrial production) being forgotten. This study aims to get acquainted with the structure of animal glue, the effective factors in optimizing animal glue, the introduction of various additives to improve animal glue, and how to identify it in historical and cultural artifacts. According to the results, the main structure of animal adhesives is collagen protein, which consists of amino acid sequences such as glycine and proline. The pH, temperature, and molecular weight should be considered in optimizing animal adhesives. Additives such as glycerin, white alum, and honey can improve the properties of animal adhesives, including adhesion strength and flexibility. Finally, mass spectrometry, Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR), and Nuclear Magnetic Resonance (NMR) analyses are used to identify and distinguish the type of Animal glue.



*Corresponding author: m.razani@tabriziau.ac.ir

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱ــ مقدمه

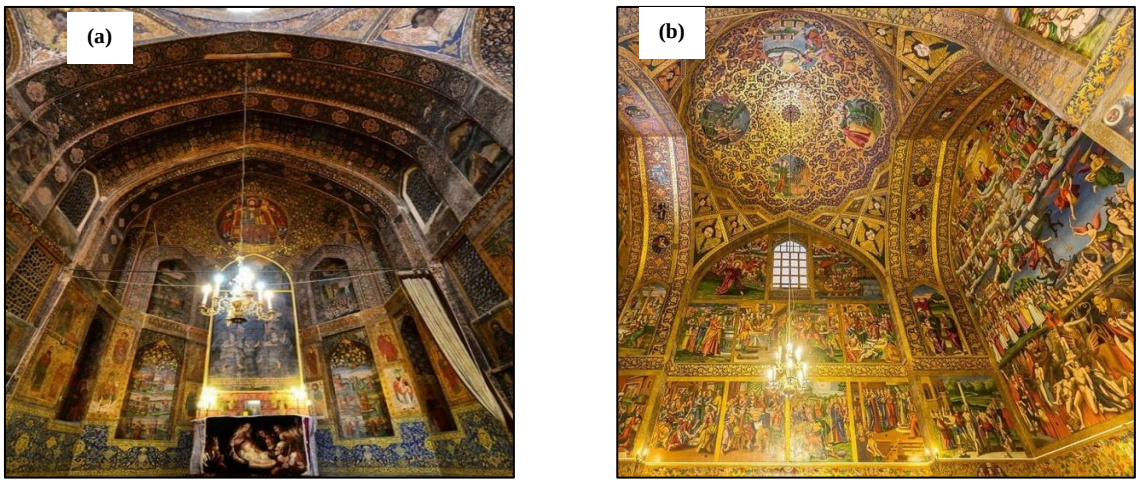
همواره در طول تاریخ سریشم از چسب‌های مؤثر برای استفاده در آثار هنری مانند هنرهای چوبی، نقاشی، آرایه‌های معماری و نسخ خطی بوده است، امروزه برای بهبود کیفیت موادی از جمله پوشش‌دهنده‌ها به‌خصوص از منظر آب‌گریزی مورد توجه بسیاری از شرکت‌ها و تولیدکنندگان مواد قرارگرفته است [۱]. در طی چند دهه گذشته چندین پژوهش در رابطه با سریشم و چسب‌های حیوانی منتشرشده است؛ که در آن‌ها به بررسی خواص مکانیکی چسب و عوامل مهم در کیفیت آن مانند قدرت بلوم، دما، وزن مولکولی و pH پرداخته شده است [۲] و به‌علاوه برخی مطالعات به استفاده از مواد افزودنی مناسب جهت بهبود کیفیت چسب پرداخته‌اند [۳].

سریشم ماده‌ای چسبنده است که از جوشاندن استخوان، غضروف و پوست برخی حیوانات [۴] استخراج می‌شود. بهره‌جویی از سریشم را به استناد منابع می‌توان به دوران مصر باستان نسبت داد. تصاویر کنده‌کاری‌شده بر سنگ‌ها گواه نحوه آماده‌سازی این ماده است. بعد از مدتی این چسب در اروپا نیز دیده می‌شود به‌گونه‌ای که در رم باستان و یونان از سریشم به‌عنوان پوشش سطحی در آثار چوبی و نقاشی دیواری بهره گرفته می‌شد [۵]. سریشم ماهی و سریشم شاخ گوزن نیز در چین از زمان پادشاهی تانگ برای وصالی اشیا شکسته و پوشش‌دهی نقاشی استفاده می‌شده است [۶] ولی بعد از انقلاب صنعتی و ورود مواد جدید به‌تدریج استفاده گسترده از این چسب کمتر شده و دانش تولید چسب حیوانی مرغوب نیز رو به فراموشی گذاشته است [۷]. نکته قابل‌توجه و تأمل آن است که در رابطه با استفاده از این ماده و بسیاری مواد طبیعی دیگر تحقیقی در زبان فارسی صورت نگرفته و تاریخ استفاده از آن در ایران بر ما پوشیده است. حال برای به‌دست آوردن چسب حیوانی باکیفیت مناسب باید به منابع مکتوب و غیرمکتوب رجوع نمود و حتی با انجام آزمایش‌های متعدد بر روی آثار تاریخی که در آن‌ها از چسب سریشم استفاده شده است بهره گرفت. کاربردهای مختلف چندین هزار ساله چسب سریشم [۸] گویای گستردگی استفاده ازاین چسب سنتی در ایران بوده است و در بسیاری از شاهکارهای ادبی ایران از آن یادشده است ازجمله رودکی (۳۱۹- ۲۳۷ ه. ق) که می‌نویسد (هر آنچه مدح تو گویم درست باشد و راست/ مرا به کار نیاید سریشم وکیلا) [۹] و ابوسعید ابوالخیر که شرح می‌دهد (پس در گاوست و گاو در کهسارست/ماهی سریشمین به دریا بارست) [۱۰] را می‌توان تا حدی جستجو کرد شاید این ادبیات مکتوب ایران جزو نخستین منابعی باشد که نامی از آن‌ها به میان آورده شده است و نشان از توان بالای چسب در کاربرد به‌عنوان ماده‌ای مستحکم در استفاده‌های زندگی روزمره دارد چنان‌که در فرهنگ و ادبیات فارسی نیز ورود کرده است. امروزه به دلیل ظهور ابزارهای تجزیه و شناخت مواد، ماهیت چسب سریشم بیشتر در دسترس بوده و با درک ساختار، آگاهی از ضعف‌های موجود مانند سازوکارهای آسیب‌پذیری در رطوبت و آفت‌پذیری به میکروارگانیسم‌های محیطی دقیق‌تر نمایان گشته است به‌علاوه دانش مناسبی در رابطه با مواد افزودنی [۱۱] و شیوه فرآوری مواد اولیه به وجود آمده است که موجب تحول و اصلاحی در کیفیت چسب سریشم گردیده است. این عوامل می‌توانند نویددهنده اعتماد دوباره به این رزین باستانی در رأس مواد استفاده‌شده در آثار هنری و حوزه حفاظت و مرمت باشد. این گفته می‌تواند بر ضرورت پژوهش در جهت شناخت ساختار و بهبود کیفیت سریشم بیفزاید.

۲- کاربرد سریشم در آثار هنری

کاربردهای مختلف سریشم در این سطور قابل بازگویی نیست ازاین‌رو به مواردی پرداخته می‌شود که عمدتاً کاربردی عمومی داشته و برای اکثر متخصصین شناخته‌شده است صدها سال است که از سریشم در آثار نقاشی برای بهبود مقاومت نقاشی روی بوم استفاده می‌شود [۱۲] (شکل ۱). نقاشان عمدتاً برای پوشش‌دهندگی نقاشی‌های روی بوم تا قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰. م از چسب‌های حیوانی بهره می‌گرفتند [۱۳] برای بهینه‌سازی چسب‌های حیوانی در مقابل نوسانات برودتی و رطوبتی [۱۴]. از مواد افزودنی در طول تاریخ و خصوصاً سده اخیر استفاده‌شده است از آن جمله از موم‌ها که در مقابل رطوبت خاصیت دافع بیشتری دارند استفاده شده تا در عین افزایش مقاومت خواص جذب آب و به دنبال آن خاصیت آفت‌پذیری را از سریشم بگیرد اما این ماده نیز به دلیل اشباع‌شدگی به‌وسیله رنگ‌های نقاشی باگذشت زمان تیره می‌شد [۱۵]. برطرف‌سازی این تیرگی در آثار تاریخی که سریشم در آن‌ها استفاده‌شده است از چالش‌های حفاظت گران است.

از سریشم به‌عنوان بست در مرکب خوشنویسی استفاده می‌شده است [۱۶]. در این مورد سریشم بخش همیشگی بست‌های مورد استفاده در ساخت مرکب بوده و در خوشنویسی بر روی پارچه [۱۷] و دیگر سطوح کارایی مناسبی داشته است. از این چسب می‌توان برای ایجاد سطحی صاف بر روی پارچه و نیز در صحافی کاغذ، ساخت پاپیه ماشه و مقوا [۱۸] نیز بهره گرفت. در تزئینات گچ‌بری به‌صورت قالبی از چسب سریشم برای لغزنده کردن سطح قالب استفاده می‌کنند تا در هنگام جدا کردن گچ از قالب این کار به‌صورت سهل‌تر انجام گیرد [۱۹]. اجرای فن طلاچسبان در آثار هنری معمولاً به دو روش مختلف انجام می‌شود: الف: طلاچسبان به‌صورت ورقه طلا و ب: استفاده از مخلوط طلا و یک بست که در هر دو مورد سریشم کارایی داشته [۲۰] و نمونه‌های آن در منابع ذکرشده است. در همین راستا از سریشم برای پوشش دهی و یا اتصال قسمت‌های مختلف چوب از انواع چسب می‌توان استفاده کرد به‌طوری‌که این کاربرد مدت طولانی مورداستفاده قرارگرفته است [۲۱]. شاهد این امر در تاریخ ادبیات ایران است که نظامی به‌صورت دقیق با شعر (صیقلش از مالش سریشم و شیر، گشته آیینه‌وار و عکس‌پذیر) [۲۲] بیان می‌کند که چگونه با استفاده از شیر و سریشم به پوشش‌دهی و صیقل‌کاری سطوح می‌پرداختند،



شکل ۱: سریشم به‌عنوان بست در ترکیبات معدنی لایه چینی‌های (a) کلیسای وانک، (b) بیت اللحم (تصاویر از یاسر حمزوی).

Figure1: Animal glue as a media in the mineral composition of the Layered layout of (a) Wank Church, and (b) the church Bethlehem (Pictures by Yasser Hamzavi).

از طرفی سریشم جزء اصلی هنر خاتم‌کاری است که با ترکیبی از چوب، استخوان و چندضلعی‌های منظم فلزی عمدتاً مسی بر روی سطوح موجب آراستن آن‌ها می‌شود [۲۳]. بخشی از کاربرد سریشم در ساخت آثار فرهنگی و هنری در جدول ۱ آمده است.

۳- ساختار شیمیایی سریشم

سریشم پلیمری طبیعی است که از توالی آمینواسیدها ساختاری زنجیره مانند به نام پروتئین کلاژن[1] ایجاد می‌شود [۳۳]. عمده مواد تشکیل‌شده از این نوع پروتئین در اندام‌های زیستی جانوران شامل: پوست، غضروف، بافت همبند (نوعی بافت پیوندی که وظیفه آن حفاظت از دیگر اندام‌ها است) و استخوان بوده و در کل یک‌چهارم ساختار اصلی بدن را کلاژن تشکیل می‌دهد که گستردگی منبع استخراج سریشم باعث ایجاد تفاوت هرچند جزئی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سریشم می‌شود [۳۴، ۳۷]. کلاژن پروتئینی ساختاری بوده که با اتصال هر آمینواسید در مجاور همدیگر یک زنجیره مولکولی بزرگ را تشکیل می‌دهد (شکل ۲)؛ و این زنجیره مولکولی در بدن باعث ایجاد و تقویت اندام‌هایی مانند پوست و استخوان می‌شود [۳۵].

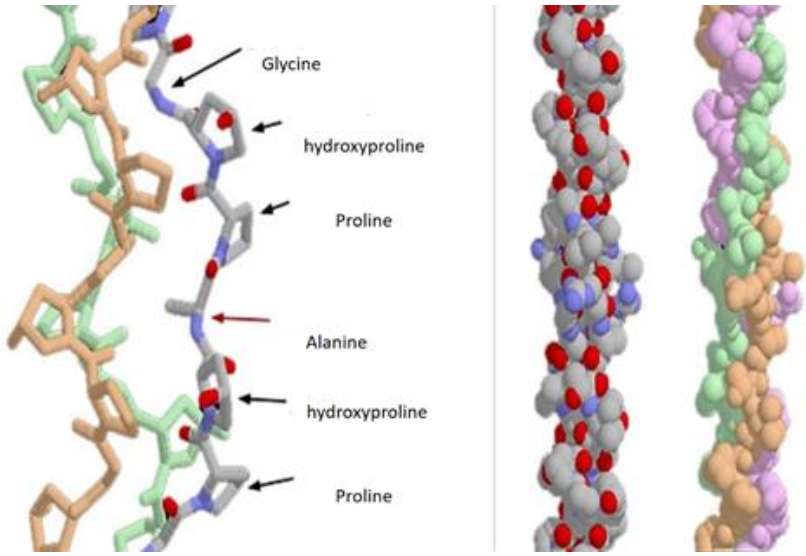
کلاژن درواقع از سه زنجیره آمینواسیدی ساخته‌شده و یک ساختار مارپیچی محکم را تشکیل می‌دهد که با نظر به کاربرد زیاد و پیچیده کلاژن در بدن، ساختار آمینواسیدی ساده و قابل‌فهمی دارد [۳۶، ۳۴، ۷]. گلسین، پرولین و هیدروکسی پرولین (نوعی آمینواسید اصلاح‌شده در ساختار پروتئین) سه اسیدآمینه اصلی کلاژن بوده [۳۶] ولی آمیدهای دیگری نیز در ساختار کلاژن‌ها با درصد کم وجود دارند [۳۷]. روش تشکیل این ساختار به‌گونه‌ای است که ابتدا آمینواسید اصلی در ساختار اولیه قرار می‌گیرد و دو آمینواسید دیگر فضای خالی ساختار را پر می‌کند و یک زنجیره مولکولی را تشکیل می‌دهند (شکل ۲).

[1] Collagen

جدول ۱: کاربرد سریشم و معرفی نمونه‌های استفاده‌شده.

Table 1: Application of animal glue and introduction of used samples.

کاربرد چسب سریشم	نمونه موردی در آثار
طلاکاری	کلیسای سنت ماکسیمیم فرانسه [۲۴]، بقعه سید رکن‌الدین یزد [۲۵]
ساختار گچ	مسجد خواجه زین‌الدین ازبکستان [۲۶]
تکیه‌گاه نقاشی و بست رنگ‌دانه‌های معدنی	کاخ الحمرا [۲۷]، کلیسای وانک و بیت اللحم اصفهان [۲۸]
پوشش‌دهنده در چوب و خاتم‌کاری	کاخ الحمرا [۲۷]، درب مقبره شاه‌چراغ [۲۳]، جعبه چوبی تزئینی ساخته یان ون مکرن در هلند[۲۹]
به عنوان بست نقاشی	کلیسای پروتوتان یونان [۳۰]، نقاشی‌های گورستان پیزا ایتالیا [۳۱]
استفاده در ساخت قالب گچی	تزئینات قالبی گنبد سلطانیه [۱۹]
صحافی کاغذ	کتاب انجیل ساخته‌شده قرن ۱۸ ایتالیا موجود در موسسه مرمت رم [۳۲]



شکل ۲: توالی آمینواسیدی در زنجیره مولکولی کلاژن [۳۸].
Figure 2: Amino acid sequence in the collagen molecular continuum (image translated by the authors).

توالی آمینواسیدی در زنجیره پلی پپتیدی به ساختار نخستین پروتئین بستگی دارد به گویش دیگر نحوه توالی آمینو اسیدها در پروتئین به نخستین آمینواسید موجود در پروتئین وابسته بوده و ادامه توالی زنجیره با ساختار اول منظم می‌شود. آمینواسیدها به سه دسته قطبی، غیرقطبی و باردار تقسیم می‌شوند و آلنین، گلسین و پرولین عضوی از آمینواسیدهای غیرقطبی بوده و در شرایط استاندارد این آمینواسیدها بسیار آب‌گریز هستند [۳۹]، دسته‌های قطبی نیز آمینواسیدهایی بدون بار بوده و در آب به‌راحتی محلول می‌شوند آمینواسید سرین جزوی از آمینواسیدهای قطبی بدون بار محسوب می‌شود، آمینواسیدهای باردار نیز به دو بخش قطبی بار منفی و قطبی بار مثبت تقسیم می‌شوند اسید گلوتامیک جزوی از آمینو اسیدهای باردار محسوب می‌شود.

سریشم پوستی، استخوانی، سریشم ماهی و سریشم کیسه شنای ماهی که این نوع چسب‌ها بیشتر به‌عنوان ایزین گلاس[1] شناخته می‌شود نمونه‌های بارزی از چسب‌های حیوانی هستند [۴۰]. سریشم استخوانی بیشتر در ساخت مقوا و کاغذ کاربرد داشته و نسبت به سریشم پوستی که از پوست حیواناتی مانند خرگوش و گاو تهیه می‌شود مقاومت کمتری را دارا هستند [۴۱].

سریشم ماهی ایزین گلس اکثراً از مثانه شنای (محفظه‌ای است که در شکم ماهی وجود داشته و هدف آن کنترل عمق شنای ماهی در آب است) ماهی ساخته می‌شود [۴۲]. رنگ چسب‌های استخوانی اغلب روشن کهربایی بوده و رنگ چسب‌های پوستی بیشتر به قهوه‌ای تمایل دارد [۴۳] با توجه به شناخت ساختار و همچنین آگاهی از منابع استخراج سریشم لازم به ذکر است که روش تهیه وساختن نیز برای هر یک متفاوت خواهند بود به‌طوری‌که روش ساخت چسب‌های حیوانی مبتنی بر پوست با چسب سریشم استخوانی کمی تفاوت دارد البته این تفاوت می‌تواند به دلیل ساختار متفاوت منبع استخراج آنها باشد. به‌غیر از سریشم، چسب‌های دیگری بر پایه مواد طبیعی وجود دارند که همواره در آثار تاریخی و هنری استفاده می‌شدند به‌عنوان‌مثال چسب کازئین و چسب آلبومینی؛ کازئین چسبی که از شیر پستانداران به‌خصوص گاو تهیه می‌شود؛ یکی از ویژگی‌های این نوع چسب مقاومت نسبی در مقابل نوسانات رطوبتی است [۲۷]. چسب‌های آلبومینی نیز در زمره چسب‌های پروتئینی قرارگرفته و از موادی مانند سفیده تخم‌مرغ و خون [۴۴] ساخته می‌شوند این نوع چسب‌ها در مقابل قارچ‌ها و باکتری مقاومت پایینی دارند و درگذشته از آن‌ها همراه برخی افزودنی‌ها جهت جلوگیری از رشد قارچ درآثار چوبی استفاده می‌شدند و یا حتی از سفیده تخم‌مرغ در ملاط‌های گچی و آهکی نیز استفاده شده است [۴۵].

۴- روش تهیه چسب سریشم

فرآیند ساخت سریشم دیر زمانی است که در کشور ما دچار تحولات اساسی نشده و ساختار سنتی خود را حفظ کرده اما با توجه به دانش امروز، ساخت سریشم نیاز به اصلاح دارد. ساخت سریشم به روش سنتی برای منابع مختلف سریشم پوستی و استخوانی به‌علت تفاوت جزئی آمینواسیدها در ساختار خود طرز تهیه متفاوتی دارد. برای به دست آوردن سریشم می‌بایست پروتئین کلاژن به ژلاتین کلاژن تبدیل شود بدین معنا که قسمت‌هایی از توالی پروتئین کلاژن باید شکسته و تجزیه شود البته تجزیه کلاژن در زنجیره آمینواسیدی نیز باید کنترل‌شده باشد تا سریشم بتواند کیفیت مناسبی را از خود بروز

[1] Isinglass

دهد [۴۶]. در ساخت چسب سریشم پوستی ابتدا پوست را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنند و به مدت ۱۵ تا ۲۰ روز در محلول آب‌آهک قرار می‌دهند علت به‌کارگیری این مرحله از ساخت، سست کردن پیوندهای میان آمینواسید است تا عملکرد شکسته شدن توالی آمینواسیدها سهل‌تر صورت گیرد. گاهی اوقات نیز آب‌آهک را هم زده تا خون و گوشت چسبیده به پوست جدا شود سپس به‌وسیله آب و اسید ضعیف، آهک موجود در پوست را شستشو داده و درنهایت به آن آب جوش اضافه می‌کنند تا ماده ژلاتینی از پوست جدا شود سپس محلول به‌دست‌آمده را تقطیر کرده و اجازه می‌دهند در قالب‌های مختلفی خشک شود [۴۸، ۴۷، ۳۹، ۳۳] (شکل ۳).

برای تهیه سریشم استخوانی نیز مانند ساخت سریشم پوستی ابتدا قطعات استخوان را خرد و به قسمت‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کنند و برای از بین بردن مواد معدنی موجود در استخوان، قطعات ریز استخوان را به مدت ۸ تا ۱۲ روز در محلول آب و اسید کلریدریک ۲ تا ۸ درصد و یا به مدت ۸ تا ۱۴ روز در محلول جوهر نمک غوطه‌ور می‌کنند حتی می‌توان برای چربی‌زدایی از عبور بخار حلال‌های آلی استفاده کرد؛ درنهایت محلول را شسته و مانند تهیه چسب پوستی عملیات نهایی را انجام می‌دهند البته می‌توان استخوان‌ها را به یک اتوکلاو منتقل کرده و به‌وسیله فشار حاصل بخار آب چسب تهیه شود [۴۸، ۴۷، ۳۹، ۳۳] (شکل۴).

نحوه ساخت چسب سریشم کنونی موجود در بازار هنر ایران دارای مشکلاتی بود که امروزه با انجام پژوهش‌های مختلف؛ ساخت چسب سریشم می‌تواند اصلاح شود. تبدیل کلاژن به ژلاتین فرآیندی است که به چندین متغیر وابسته است و با اصلاح مناسب متغیرها می‌توان به بهترین کیفیت چسب‌های حیوانی رسید. دما از عوامل مهمی است که در میان سازندگان چسب سریشم توجه جدی به آن نمی‌شود [۴۶]. دمای تبدیل کلاژن به ژلاتین در بیشتر منابع طبیعی کلاژن، زیر دمای جوش بوده اما لازم به ذکر است که دمای ساخت چسب سریشم در پوست پستانداران، استخوان و ماهی‌ها متفاوت است؛ برای مثال فرآیند تبدیل کلاژن به ژلاتین سریشم پستانداران نزدیک دمای جوش بوده ولی درعین‌حال دمای تبدیل کلاژن به ژلاتین در ماهی پایین‌تر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد است [۴۹]. اگر دمای ساخت بالاتر از حد مناسب انواع گونه‌های چسب باشد پیوندهای بیشتری در کلاژن شکسته و در نهایت وزن مولکولی پایینی را ایجاد کرده وهرچه وزن مولکولی کمتر باشد کیفیت چسب سریشم نیز مناسب نخواهد بود [۵۰]. البته شایان‌ذکر است که تنها وزن مولکولی معیاری بر کیفیت چسب سریشم نیست. سرد و خشک‌سازی چسب سریشم نیز باید مورد توجه قرار گیرد؛ به‌گونه‌ای که عملیات سردسازی و خشک‌کردن ژلاتین به هر میزان طولانی و آهسته‌تر باشد، چسب کیفیت بهتری خواهد داشت. این نکته فراموش نشود که خشک‌سازی و سرد کردن چسب باید به‌گونه‌ای باشد که حباب‌های هوا و فضای خالی کمتری را ایجاد کند؛ سریشم یکنواخت کیفیت بهتری خواهد داشت [۲، ۷]. درگذشته و امروز موادی برای بهبود خواص چسب سریشم اضافه می‌کردند تا چسب حاصله با کیفیت گردد.

امروزه به دلیل سیاست‌های حفظ اطلاعات شرکت‌ها نمی‌توان مواد افزودنی در سریشم را با دقت شناسایی نمود ولی در آثاری که از گذشتگان باقی‌مانده است می‌توان نکاتی را بیان کرد تا چسب سریشم کیفیت بهتری را داشته باشد.

شکل ۳: فرآیند ساخت چسب سریشم پوستی به‌طور سنتی (نگارندگان).

Figure 3: The process of making animal skin glue in the traditional way (authors).

شکل ۴: فرآیند ساخت سریشم استخوانی به روش سنتی (نگارندگان).

Figure 4: The process of making animal bone glue in the traditional way (authors).

تأثیرپذیری زیاد چسب سریشم در مقابل نوسانات رطوبتی و آب همواره یکی از مشکلات این چسب بوده به‌طوری‌که درگذشته برای رفع تأثیر مخرب رطوبت برچسب سریشم از سفیدآب شیخ و دی کرومات پتاسیم استفاده می‌شد [۴۳]. از گلیسیرول، سوربیتول و عسل [۴۸] نیز برای نرم‌کنندگی استفاده می‌کنند تا در بهره‌گیری برای کاغذ مناسب شود، افزودن زاج سفید [۳۳] و کلرید کلسیم [۳] مقاومت چسب را می‌تواند افزایش دهد و همین‌طور برای جلوگیری از رشد کپک و قارچ در چسب می‌توان از کلرید جیوه بهره گرفت [۵۱]. در مسجد خواجه زین‌الدین در بخارا با شناسایی چسب مورد استفاده در نمونه‌ها مقداری اوره دیده شد و با توجه به خاصیت بازی، اوره می‌تواند به بهبود کیفیت سریشم کمک کند [۲۶].

ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مانند خاصیت چسبندگی که چسب‌هایی حیوانی از خود بروز می‌دهند را می‌توان از کیفیت چسب تشخیص داد. چسب‌های با وزن مولکولی پایین قدرت چسبندگی پائینی دارند به مقاومت واکنش مناسب نداشته و در مقابل نوسانات مقاومتی کارایی مناسب نخواهند داشت، منشأ سریشم‌های حیوانی و با توجه به منبع استخراج آنها دارای ویژگی متفاوتی هستند که می‌تواند استفاده بهینه در آثار مختلف را تا حدودی تعیین کند. به‌عنوان نمونه چسب‌های پوستی می‌توانند برای استفاده در آثار چوبی مناسب باشند، باید انتخاب مواد افزودنی در سریشم نیز بر مبنای استفاده موردی و در آثار باشد؛ برای مثال کلرید جیوه در جلوگیری از رشد قارچ و باکتری مؤثر بوده با اضافه نمودن آن به سریشم، در نقاشی و آثار چوبی عملکرد قابل‌قبول خواهد داشت. به‌طورکلی کیفیت سریشم می‌بایست در مقابل کارآیی آن در استفاده از یک اثر مشخص، سنجیده شود [۲، ۳، ۵۱].

۵- تغییرات شیمیایی در هنگام آماده‌سازی چسب

بعد از ساخت مناسب چسب سریشم، این چسب خشک‌شده و نیاز به آماده‌سازی دوباره دارد. مگر چسب‌های مایع سریشم که منبع استخراج آنها بیشتر ماهی‌های سردسیر است. ساختار شیمیایی و دناتوراسیون[1] (تغییر شکل پروتئین براثر عوامل بیرونی مانند دما)، خواص ذاتی چسب مانند قدرت چسبندگی و دمای محلول شوندگی، گرانروی، قدرت کششی، pH و خواص چسب بعد از خشک‌شدن (انسجام، چسبندگی، مقاومت پیوندهای نهایی و رفتار مکانیکی)؛ نکاتی هستند که برای به‌دست آوردن یک چسب مناسب باید موردتوجه قرار گیرند [۲، ۷، ۵۲].

کلاژن موجود در سریشم، مولکول‌های طولانی پروتئین هستند که از توالی واتصال اسیدآمینه تشکیل می‌شوند و توسط پیوندهای پپتیدی به یکدیگر وصل می‌شوند [۵۳] و به‌طورکلی برای ایجاد سریشم باید این پیوندها در قسمت‌هایی از زنجیره شکسته شوند [۵۴]. عملکرد در سریشم ماهی به علت پیوند عرضی کمتر، انرژی پایین‌تری نیاز است تا ژلاتین از کلاژن ماهی تشکیل شود [۵۵]. برای شکسته‌شدن زنجیره مولکولی پروتئین، دما نقش مهمی را ایفا می‌کند. در آماده‌سازی (تبدیل سریشم جامد به مایع) سریشم نیز فرآیند دناتوراسیون برای آماده‌سازی سریشم استفاده همانند تبدیل کلاژن به ژلاتین امری ضروری است به‌طوری‌که تشکیل ژلاتین در جهت استفاده از چسب در دمای پایین اتفاق نمی‌افتد و یا دمای بیش از اندازه باعث شکسته شدن بیشتر زنجیره می‌شود و درنهایت چسب با آماده‌سازی نامناسب کیفیت خود را از دست می‌دهد [۵۶] و برای آماده‌سازی چسب با منشأ پستانداران ماهی دمای کمتر از ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به هر میزان فرآیند آهسته انجام گیرد ساختار مولکولی دچار کمترین تغییرات خواهد شد (جدول ۲). آماده‌سازی سریشم با pH متوسط و قلیایی ضعیف و دمای مناسب، ژلاتینی با زنجیره طویل و وزن مولکولی بالا شکل خواهد گرفت؛ بنابراین دمای بیش‌ازحد بالا و pH اسیدی یا قلیایی زیاد می‌تواند کیفیت چسب را کاهش دهد [۵۷، ۵۸]. البته میزان pH به علت کاربردهای مختلف می‌تواند متنوع باشد؛ برای مثال سریشم‌های با pH خنثی و کمی بازی می‌توانند در استفاده چوب کارساز باشد به‌طوری‌که گذشتگان از سریشم پوست خرگوش که خاصیت خنثی دارد در مشرق زمین برای کارهای چوبی استفاده می‌کردند [۵۹]، در جدول ۲ متداول‌ترین حالت آماده‌سازی و بخشی از کاربرد سریشم ذکرشده است.

[1] Denaturation

جدول ۲: مناسب‌ترین حالت آماده‌سازی چسب سریشم و متداول‌ترین استفاده در آثار.
Table 2: The most suitable mode of preparation of silk glue and the most common use in works.

نوع کلاژن	pH	دمای دناتوراسیون (°C)	استفاده در آثار
سریشم ماهی (زیست در آب‌های سرد)	۷/۱ -۶/۵ [۷]	۱۵-۱۰ [۷]	کاغذ و مقوا [۴۳]
سریشم ماهی (زیست در آب‌های گرم)	۷/۱ -۶/۵ [۷، ۴۲]	۲۹- ۱۵ [۴۲]	کاغذ، چوب [۷] و بست مرکب [۵۶]
سریشم ماهی خاویاری و ISINGLASS	۷/۱ -۶/۳ [۴۹]	۳۹-۲۹ [۴۹]	چوب، نقاشی [۷، ۴۴]
سریشم پستانداران استخوانی (خرگوش، گاو، گوزن)	۶/۵ -۵/۸ [۴۶]	۶۰-۴۰ [۵۶]	مقوا و بست مرکب جوهر [۵۶]
سریشم پستانداران پوستی (خرگوش، گاو، گوزن)	۷/۵ – ۶/۵ [۵۲]	۶۰-۴۰ [۵۶]	چوب، نقاشی [۴۳]، کاغذ [۴۳]، عاج [۷]

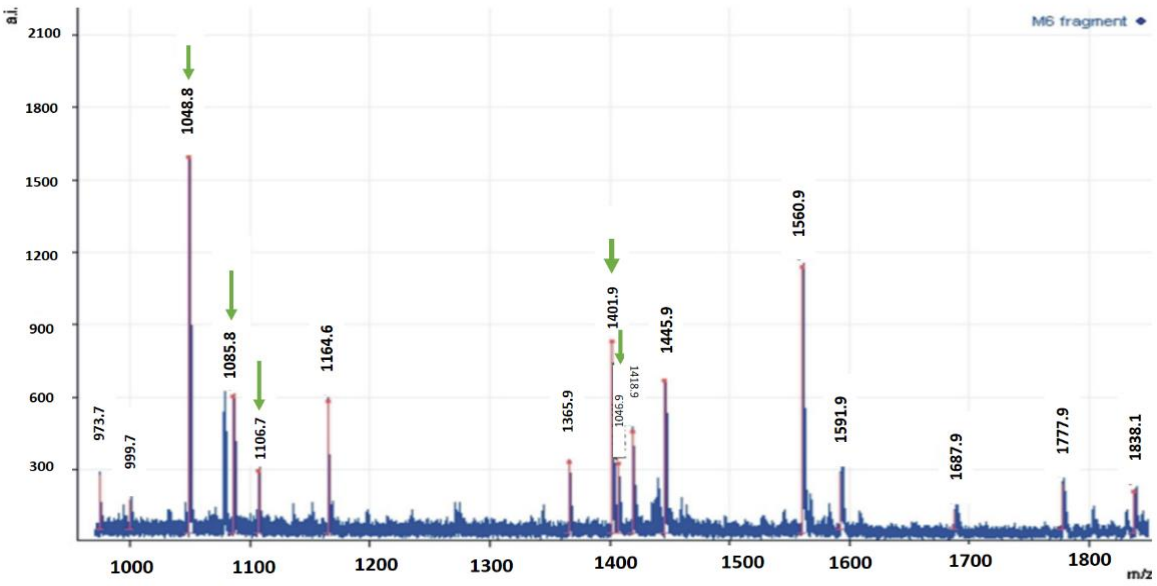
استحکام چسب معیاری برای قدرت ژل چسب‌های ژلاتینی است و استحکام با وزن مولکولی رابطه مستقیم دارد. میانگین وزن مولکولی سریشم بازه‌ای بین ۲۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ گرم بر مول است و به تابع وزن مولکولی گفته‌شده تشکیل سریشم با وزن مولکولی کمتر از ۲۰۰۰۰ گرم بر مول انجام نمی‌گیرد [۳۵]. مقاومت چسب به عامل دیگری تحت عنوان قدرت بلوم نیز وابسته است قدرت بلوم برابر است با مقدار نیروی لازم برای ایجاد فرورفتگی در چسب و برحسب گرم یا گرم بلوم بیان می‌شود؛ هرچقدر این آزمایش عدد بیشتری نشان دهد به معنای مقاومت بالای چسب است [۲].

۶- روش‌های شناسایی سریشم بر اساس نمونه‌های تاریخی و فرهنگی

برای شناسایی ساختار و مواد تشکیل‌دهنده آثار تاریخی و فرهنگی می‌بایست اقدامات شایانی برای نمونه‌برداری انجام داد. با توجه به ارزش‌های تاریخی و فرهنگی آثار باید به گونه اخلاق مدارانه تصمیم گرفت تا آسیب غیرقابل جبرانی به آثار وارد نشود [۶۰]. درگذشته برای انجام آزمایش‌های متنوع جهت ساختارشناسی از نمونه‌برداری مخرب استفاده می‌شد؛ این نوع نمونه‌برداری باعث از بین رفتن آثار و غیرقابل برگشت بود [۶۱] ولی به مرور زمان و درک کامل از ارزش آثار، نمونه‌برداری و آزمایش‌های غیرمخرب بیشتر موردتوجه قرار گرفت. آزمایش‌های غیرمخرب آزمون‌هایی هستند که بدون تخریب آثار انجام می‌گیرند [۶۲] و بعد از انجام آزمون و شناسایی ساختار؛ بدون هیچ آسیبی در آثار باقی خواهد ماند [۶۳]. روش‌های گوناگونی برای شناسایی سریشم وجود دارد. چسب‌های حیوانی پایه پروتئینی دارند به همین علت باید به روش‌هایی رجوع کرد که هدف اصلی آن‌ها شناسایی مواد آلی است. روش‌های شناسایی پایه (آزمون اسپات) می‌تواند حضور پروتئین را به‌وسیله اکسید کلسیم و سولفات مس تشخیص داد، ولی این روش به‌هیچ‌وجه قادر نخواهد بود نوع پروتئین را مشخص کند، به همین علت آنالیزهای دستگاهی مانند طیف‌سنجی زیر قرمز (FTIR) [۶۴]، طیف‌سنجی جرمی و طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی (NMR) [۲۶] می‌تواند راه‌حل مناسبی برای شناسایی نوع پروتئین‌ها باشد. شکل ۵ یک نمونه پروتئین شناسایی‌شده به‌وسیله طیف‌سنجی جرمی را نشان می‌دهد. طیف‌سنجی جرمی در پروتئومیکس برای تفکیک پروتئین‌های سریشم می‌تواند کارکرد مثبتی داشته باشد از ویژگی‌های این آنالیز در این است که نمونه‌های کم پروتئین مانند نقاشی‌ها عملکرد قابل قبولی دارد. دو روش در طیف‌سنجی جرمی پروتئومیکس برای تفکیک پروتئین‌ها استفاده می‌شود؛ الف: جداسازی مخلوط پروتئینی به‌وسیله ژل الکتروفروز دوبعدی و حل نمونه در ژل انگشت‌نگاری پپتیدی به‌وسیله طیف‌سنج MALADI-TOF؛ ب-طیف‌سنجی جرمی متوالی. درروش اول با انجام آنالیز و مقایسه جرم پپتیدی حاصله از آزمایش انجام‌شده با جرم‌های پپتیدی پروتئین در بانک اطلاعاتی موجود می‌توان نوع پروتئین را تعیین کرد در روش دوم نیز با به دست آوردن توالی آمینواسیدی و مقایسه آن با توالی آمینو اسیدی پروتئین‌ها در پایگاه داده‌ها، نوع پروتئین تشخیص داده می‌شود [۶۵] به بیان دیگر طیف‌سنج جرمی ابزاری است که برای مطالعه پروتئین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نحوه شناسایی بدین گونه است که ابتدا پروتئین‌ها به‌وسیله آنزیم‌هایی تجزیه گردیده و به پپتیدهایی کوچک‌تر تجزیه و یونیزه می‌شوند؛ روش‌های مختلفی مانند یونیزاسیون الکتریکی و یا یونیزاسیون الکترو پاشش برای یونیزاسیون وجود دارند که در عملکرد با یکدیگر متفاوت هستند. درنهایت هر قله از طیف‌سنجی جرمی شامل یک قطعه از پپتیدهای تجزیه‌شده است حال با توجه به طیف ایجاد شده از شناسایی پروتئین و مقایسه آن به پایگاه داده‌ها تا حدودی نوع پروتئین را می‌توان تعین کرد. روش توضیح داده‌شده معمولاً دقت بیشتر از ۶۰ درصد را ارائه نخواهند داد به همین جهت تعیین نوع دقیق به‌خصوص در نمونه‌های تاریخی سریشم کاری دشوار محسوب می‌گردد ولی می‌توان منشأ پوستی و استخوانی بودن سریشم را بررسی کرد؛ از دیگر معایب این روش تجزیه پروتئین به پپتیدهای کوچک‌تر است که در این مرحله از شناسایی پروتئین امکان دارد آنزیمی که عمل تجزیه پروتئین را بر عهده دارد باعث حذف قسمت‌های اصلی پروتئین شود و در پایان نتیجه‌ای نادرست در تحلیل داده‌ها ایجاد خواهد شد [۶۷، ۶۶، ۶۸، ۷۱]. بنابراین نیاز به مطالعه گسترده‌تر در جهت رفع مشکلات در آنالیز طیف‌سنجی جرمی و همین‌طور در تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از طیف‌سنجی جرمی وجود دارد.

در جهت تفهیم گسترده‌تر موضوع مناسب است پژوهشی که در رابطه با شناسایی سریشم در سال ۲۰۱۱ منتشرشده است را بررسی کرد. این مقاله از ۵ نوع نمونه برای اثبات و بیان تمایز میان چسب‌ها با منشأ مختلف مورد ارزیابی قرار داده است که این ۵ نوع نمونه شامل چسب‌های استخوانی و پوستی در گاو، سریشم خرگوش، سریشم ماهیان خاویاری خزری و درنهایت یک نمونه تاریخی است که شرح کلی این مقاله از شناسایی چسب سریشم به‌وسیله طیف‌سنجی جرمی شامل مراحل ۱- جداسازی نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنج جرمی ۲- شناسایی پروتئین با استفاده از روش‌های بیوانفورماتیک ۳- جستجوی پپتیدهای خاص با استفاده از ابزارهای هم ترازی با اشاره به یک توالی پپتیدی در پایگاه داده است. یکی از پایگاه‌های داده که در جهت شناسایی پروتئین‌ها استفاده می‌شود منبع اینترنتی NCBI Protein است.

با توجه به یافته‌های این مقاله پروتئین‌های گاوی که شامل بخش استخوان، پوست، دیواره رگ‌ها و دندان در طیف‌سنجی جرمی پیک‌های ۱۰۶۶-۱۰۷۸، ۹۹۴-۹۷۷، ۶۰۸-۶۴۳، ۵۷۲-۵۸۶ و ۹۴۷-۹۷۲ را شامل می‌شود و به مطالعه متفاوت‌تر پروتئین پوستی در بازه‌های ۶۷۲-۷۰۴ و ۷۷۷-۸۰۰ را گستره دارد.

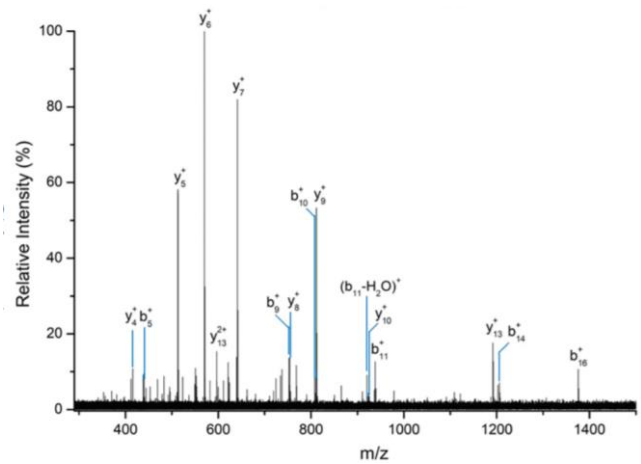


شکل ۵: تصویر طیف‌سنجی جرمی طیف چسب حیوانی را نشان می‌دهد فلش‌های سبز پیک های سریشم است [۷۰].

Figure 5: Mass spectrometry analysis shows the spectrum of animal glue [60].

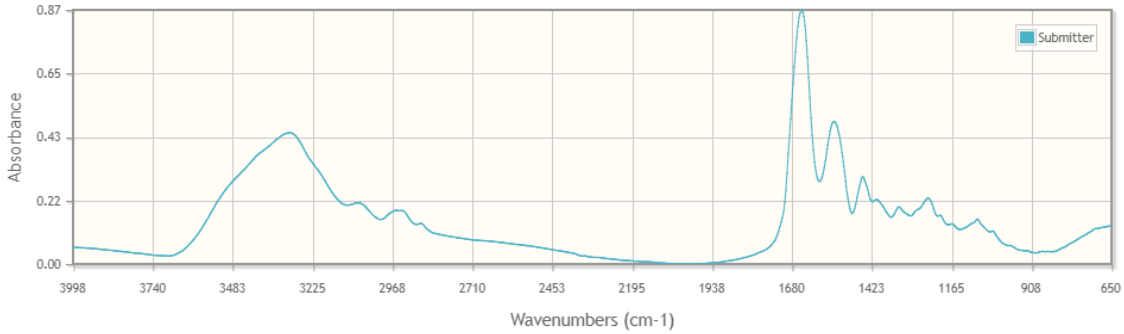
شکل ۶ یکی از طیف‌هایی است که در جهت شناسایی نوع پروتئین‌ها در این مقاله بیان گردیده است [۲۴]. با توجه به اینکه در نمونه‌های تاریخی امکان دارد ناخالصی چه به‌صورت عمد (برای مثال افزودن روغن کتان یا سفیدآب شیخ برای بهبود کیفیت سریشم) غیرعمد دیده شود به همین جهت باید مراحل جداسازی و تفکیک در دستگاه طیف‌سنجی جرمی با وضوح بالا صورت گیرد که برای عملی شدن این گفته تعدادی از پژوهشگران طیف‌سنجی جرمی- جرمی را معرفی می‌کنند.

طیف‌سنجی زیر قرمز جهت شناسایی رزین‌ها، روغن‌ها و پروتئین‌ها و به‌طور گسترده برای شناسایی مواد آلی مناسب است در کل، تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی زیر قرمز (FTIR) ساختار پروتئین شامل تابش زیر قرمز برای ارزیابی حالت‌های ارتعاشی ناشی از اتم‌های درون مولکول‌های پروتئین و ارتباط آن با ساختار اول، دوم، سوم و چهارم پروتئین است و برای تعیین ساختار پروتئین می‌توان از بسامد باند طیفی زیر قرمز، شدت باند و عرض باند بهره جست [۷۱]. پیک و طیف‌هایی که می‌توانند تا حد زیادی بر وجود پروتئین در نمونه مورد بررسی استناد کرد شامل پیک‌هایی در محدوده (۱۵۰۰ ،۱۵۶۵ ،۱۳۰۰ ،۳۴۰۰ ،۳۲۰۰ ،۱۶۶۰ ،۱۶۰۰ ،۱۴۸۰) است: پروتئین‌ها با ظاهر شدن آمیدهای نوع یک و نوع دوم قابل‌شناسایی هستند. برای تمایز و تفاوت میان انواع پروتئین و چسب حیوانی آمیدهای نوع اول کارساز است [۵۸]. شکل ۷ طیف FTIR چسب پوستی را نشان می‌دهد که پیک‌های بازه ۱۶۵۰-۱۶۲۰ قابل‌مشاهده بوده و همچنین پیک امید نوع اول نیز در حدود بازه ۱۵۰۰ دیده می‌شود. آنالیزهای دیگری نیز در جهت شناسایی ساختار پروتئین‌ها مانند طیف رنگ تابی دورانی (CD) می‌تواند در جهت شناختن پروتئین‌ها کارساز باشد. با آنالیز دستگاه CD می‌توان ساختار دوم آمینو اسید را درتوالی پروتئین شناسایی کرده و ازآنجایی‌که ساختار هر پروتئین به نخستین آمینو اسید وابسته است تا حدودی می‌توان آمینو اسید اول را تشخیص داده و شناسایی نوع پروتئین تا حدی میسر گردد؛ در طبیعت پروتئین‌های فراوانی وجود دارد که از جنبه ساختاری مشابه همدیگر هستند. از این‌جهت شناسایی دقیق نوع چسب سریشم و تفکیک چسب کاری پیچیده بوده و نیاز به نمونه‌برداری و آنالیز آزمایش بسیار دقیق است شباهت ۹۲ درصد پروتئین گاوی با خرگوش دلیلی بر این گفته است [۲۴].



شکل ۶: تصویر طیف‌سنجی- جرمی که نشان‌دهنده پیک‌های چسب سریشم است [۲۴].

Figure 6: Mass –spectrometry image showing the particles of silicon glue [24].



شکل ۷: طیف‌سنجی زیر قرمز سریشم پوستی [۷۲].

Figure 7: Infrared spectroscopy of Animal skin glue scalp [72].

۷- نتیجه‌گیری

چسب سریشم به‌عنوان یکی از به‌صرفه‌ترین رزین‌های طبیعی برگرفته از ضایعات پوست و استخوان‌های حیوانی از دوران پیش از تاریخ تا به امروز در آثاری همچون چوب، نقاشی، پاپیه‌ماشه، افزودنی به ملاط‌های گچ و آهک و نیز درپوشش دهی در آثار هنری و تاریخی کاربرد داشته است. متأسفانه علیرغم گستردگی استفاده‌ی این رزین کارآمد چه ازلحاظ تاریخی و چه کاربردی و اقتصادی، مطالعات زیادی درزمینه بهینه‌سازی سریشم برای استفاده در کارهای هنری و حتی موارد کاربردی این رزین دوست‌دار طبیعت انجام نگرفته است. به‌طوری که امروزه در معدود مراکز تولید سریشم از روش‌های سنتی و نیمه‌صنعتی برای ساخت سریشم استفاده می‌شود و این امر زمینه‌ساز مطالعه جدی در زمینه بهبود و بهینه‌سازی شرایط تولید سریشم است. ازاین‌رو موضوع سریشم مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج اصل از بررسی منابع مختلف در رابطه با ویژگی‌های ساختاری، علمی و کاربردی این رزین طبیعی نشان داد که در جهت صنعتی‌کردن تولید سریشم باکیفیت بایستی در کشور اقدامات صورت گیرد و در قالب پروژه‌های فنی و علمی درآیند تا بتوان ارزش اقتصادی این محصول را به‌واسطه بهینه‌سازی و ارتقا خواص و کاستن از سایر کاستی‌ها و عیوب ساختاری آن بیشتر نمود. بررسی‌های انجام‌شده مشخص نمود که عملکرد چسب‌های حیوانی شدیداً تحت تأثیر نوع کلاژن موجود در منبع حیوانی و همچنین چگونگی و شیوه استخراج و آماده‌سازی محصول است. ازاین‌رو انتخاب سریشم مناسب جهت استفاده در آثار مختلف نیازمند شناخت خواص، ساختار و نحوه ساخت و آماده‌سازی چسب است که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر عوامل مهمی مانند دما، pH و منبع کلاژن می‌تواند بر قدرت چسبندگی تأثیر بگذارد و به نحوی می‌توان گفت بهینه‌سازی این عوامل می‌تواند در گام اول باعث بهینه‌سازی خواص سریشم گردد. به‌علاوه لازم به ذکر است که چسب‌های پروتئینی با توجه به کثرت منابع استخراجی می‌توانند از لحاظ اقتصادی در قالب رده چسب‌های به‌صرفه به‌حساب آید. حال با توجه به ضعف‌های چسب سریشم مانند مقاومت ناکافی در مقابل نوسانات رطوبتی نیاز به بررسی دقیق جهت بهبود کیفیت این‌گونه چسب‌ها وجود دارد. با اصلاح نحوه ساخت، آماده‌سازی و استفاده از افزودنی‌های مناسب می‌توان ماده‌ای مؤثر در حوزه ساخت و تولید آثار هنری سنتی و جدید یا استفاده از رزین طبیعی سریشم و همچنین حفاظت و مرمت اشیا تاریخی به دست آورد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه حامد یعقوب‌زاده در مقطع کارشناسی ارشد مرمت اشیا فرهنگی و تاریخی در دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز است که بدین‌وسیله از دانشگاه هنر اسلامی تبریز در جهت فراهم نمودن امکانات مادی و معنوی برای به تحقق رساندن این پژوهش قدردانی می‌شود. از بابک حجتی، صالح ایمانی و لیلی نعمانی خیاوی در جهت مشاوره‌های گفته‌شده تقدیر می‌شود.

۸ـ مراجع

1. C. Giosuè, A. Belli, A. Mobili, B. Citterio, F. Biavasco, M. Ruello, F. Tittarelli, "Improving the impact of commercial paint on indoor air quality by using highly porous fillers", Build. 7, Doi:10.3390/buildings7040110, **2017**.
2. A. Melià-Angulo, L. Fuster-López, A. Escuder, "*Study of the mechanical properties of selected animal glues and their implication when designing conservation strategies*", InCeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art May 22 (No. HS). Association CeROArt asb, **2017**.
3. A. Cannon, "*The age of animal glue*", In ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, 74-82, Melbourne, **2014**.
4. H. Amid. "Amid Persian Dictionary". Amirkabir, Tehran, sixth edition, **1996.**
5. LD. Floyd, "The story of an ancient art: From the earliest

adhesives to vegetable glue", Perkins Glue Company, 19-29, **1930.**
6. S. Mai-Mai, "The Way of Chinese Painting: its Ideas and Technique, with Selections from the Seventeenth Century Mustard Seed Garden Manual of Painting", **1959.**
7. N. Schellmann, "Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation", Stud. Conserv. 8, 55-66, **2007**.
8. R. Kay,"*The painter's*", guide to studio methods and materials,Englewood Cliffs, N. J, Prentice-Hall. **1983.**
9. a. Ja'far ibn Muhammad Rudaki, M. Mansouri, "*Roudaki poetry divan based on available authentic copies*", Nasim kowsar, Qom, Scattered Verses, First Edition, No. 12, **2012**.
10. A. Yazdi, Abu Saeed Abolkhair, "*Quartets of Abu Saeed Abolkhair*", Student Culture, Tehran, Quartet No. 82, Second Edition, **2014.**
11. K. Elert, R. Sánchez, C. Benavides-Reyes, F. Ordóñez "Influence of animal glue on mineralogy, strength and weathering resistance of lime plasters". Constr. Build. Mater. 226, 625-635, **2019**.
12. S. Hackney, "Paintings on canvas: lining and alternatives", Tate papers, **2004**.
13. C. Young, P. Ackroyd, The mechanical behaviour and environmental response of paintings to three types of lining treatment, Natl. Gallery tech. bull. 85-104. **2001.**
14. H. Ruhemann, "The impregnation and lining of paintings on a hot table", Stud Conserv. 1, 73-76. **1953.**
15. D. Bomford, S. Staniforth, "Wax–resin lining and colour change: an evaluation", National Gallery technical bulletin tech. bull. 5, 58-65.**1981.**
16. Z. Soltani, H. Farahmand Boroujeni, J. Jokar "Comparative study of calligraphic inks used among Iranians, Ottomans, Chinese, Indians, and Arabs" Ganjineh Asnad, 26, 139-124, **2016.**
17. Sultani, H. Farahmand, A. Isfahani, "Research on calligraphy ink: the face of damage belts, materials and construction methods", Goldasteh, Isfahan, **2015**
18. **M. Rostami, "Method of** making and using cardboard in Islamic art of Iran", Ganjineh Asnad, 12, 135-124, **2002**.
19. A. Mohabeli, "*Prefabricated decorations in the dome of Soltanieh, 8th century AH*", Armanshahr Architecture and Urban Planning, 1, 85-76, **2008.**
20. S. Basiri, "A Comparative Study of the Structural Features of Gilding Decorations of the Qajar Period in Isfahan: A Case Study of the House of Qodiseh, Shahshan and Haghighi", Negarineh, 1, 69-52, **2014.**
21. H. Ahmed, F.Kolisis, "Study on using of protease for removal of animal glue adhesive in textile conservation", J. Appl. Polym. Sci. 124, 3565-3576. **2012.**
22. B. Khorramshahi, A. Nezami Ganjavi, "*Khamseh based on Saadloo version (eighth century AH)*", editors: Vahid Dastgerdi and Samieh Basir Mozhdehi, Nashr-e Dostan, Tehran, PeykarSafat and Seminar and Construction of Khornagh Palace, Part 9, Third Edition, **2014.**
23. S. M. Shojaei, "Introduction of the work and study of the artistic style of the oldest Khatam door in the holy shrine of Hazrat Ahmad Ibn Musa Al-Kadhim (Shahcheragh)", Approach and Relig. Cult. 1, 164-151, **2018.**
24. S. Dallongeville, M. Koperska, N. Garnier, G. Reille-Taillefert, C. Rolando, C. Tokarski, "Identification of animal glue species in artworks using proteomics: application to a 18th century gilt sample", Anal. Chem. 83, 9431-9537. **2011**
25. Y. Hamzavi, F. Salhshour, F. Muzaffar, "Gilding of molded gypsum arrays in the tomb of Seyed Rokn al-Din in Yazd", Islamic Art Studies, 19, 46-39, **2013**.
26. P. Chamberlain, R. Drewello, L. Korn, W. Bauer, T. Gough, A. Al-Fouzan, M. Collins, N. Van Doorn, O. Craig, C. Heron, "Construction of the Khoja Zaynuddin mosque: use of animal glue modified with urine", Archaeometry. 53, 830-841, **2011.**
27. P. Arjonilla, M. J. Ayora-Cañada, R. Rubio Domene, E. Correa Gómez, M. de la Torre-López, A. Domínguez-Vidal "Romantic restorations in the A lhambra monument: S pectroscopic characterization of decorative plasterwork in the R oyal B aths of C omares". J. Raman Spectrosc. 50, 184-192. **2019**
28. T. Tinti, Y. Hamzavi, p. Holakouee, M.P Columbini, "Structure of the Layered layout of the gilding arrays of Vanak and Bethlehem churches in Isfahan", Archaeol. Res. 6, 93-75, **1399.**
29. Y. Mosleh, J. Poulis, W. Gard, J. Van de Kuilen, P. Van Duin, "Ageing phenomena of oak wood-animal glue bonded assemblies for preservation of cultural heritage", 7th International Scientific Conference on Hardwood Processing, **2019.**
30. S. Daniilia, A. Tsakalof, K. Bairachtari, Y. Chryssoulakis, "The Byzantine wall paintings from the Protaton Church on Mount Athos, Greece: tradition and science", J. Archaeol. Sci. 1971-1984, **2007**.
31. I. Bonaduce, M. Colombini, "Gas chromatography/mass spectrometry for the characterization of organic materials in frescoes of the Momumental Cemetery of Pisa (Italy)", Rapid Commun. Mass Spectrom. 30, 2523-2527, **2003.**
32. M. Bicchieri, P. Biocca, P. Colaizzi, F. Pinzari, "Microscopic observations of paper and parchment: the archaeology of small objects", Herit. Sci. 47, 1-12, **2019**
33. R. Pakbaz, "*Guide to Materials and Methods (Design and Painting)*", Contemporary Culture, Tehran, First Edition, 2006.
34. J. Bella, M. Eaton, B. Brodsky, H. Berman, "Crystal and molecular structure of a collagen-like peptide at 1.9 A resolution", Sci. 266, 75-81, 1994
35. R. Kramer, J. Bella, P. Mayville, B. Brodsky, M. Berman "Sequence dependent conformational variations of collagen triple-helical structure", Nat. Struct. Biol. 6, 454-457, **1999.**
36. D. Hickman, T. Sims, C. Miles, A. Bailey, M. De Mari, M. Koopmans, "Isinglass/collagen: denaturation and functionality", J. Biotechnol. 26; 245-57, **2000**
37. C. Paris, S. Lecomte, C. Coupry, "ATR-FTIR spectroscopy as a way to identify natural protein-based materials, tortoiseshell and horn, from their protein-based imitation", Spectrochimica Acta A. 62, 532-538, **2005**
38. B. Brodsky, A. Persikov, "Molecular structure of the collagen triple helix", Adv. Protein Chem. 70, 301-339 .2005.
39. B. Ranjbar, H. Naderi Manesh, Kh., Khalifa, "*Basics of biophysics of proteins, nucleic acids and spectroscopy*", Tarbiat Modares, Tehran, third edition, **2019.**
40. R. Gettens, G. Stout, "*Painting materials: a short encyclopaedia*", Courier Corporation; **1966.**
41. C. Cheow, M. Norizah, Z. Kyaw, N. Howell, "Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (Johnius dussumieri) and shortfin scad (Decapterus macrosoma)". Food Chem. 1, 386-391. **2007**
42. Y. Pan, P. Wang, F. Zhang, Y. Yu, Zhang X, L. Lin, R. Linhardt, "Glycosaminoglycans from fish swim bladder: isolation, structural characterization and bioactive potential", Glycoconj. J. 35, 87-94. **2018**
43. P. Culture, "*Great Culture of Materials*", Sepideh Sehr, Tehran, second edition, **2003.**
44. C. Horie, "*Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*", Routledge, **2010.**
45. I. Krizova, J. Schultz, I. Nemec, R. Cabala, R. Hynek, S. Kuckova, "Comparison of analytical tools appropriate for identification of proteinaceous additives in historical mortars", Anal. Bioanal. Chem. 410, 189-200, **2018**
46. S. Holmgren, K. Taylor, L. Bretscher, R. Raines, "Code for

collagen's stability deciphered", Nature. 392, 666-667, 1998.
47. R. Bagheri, A. Khoshmanesh, "*Adhesives*", University Jihad, Isfahan, second edition, **2012.**
48. L. M Kliner, "*Adhesives and natural polishes*", (translated by Hamid Farahmand Boroujeni), Nima, Isfahan, **1999.**
49. D. Hickman, T. Sims, C. Miles, A. Bailey, M. De Mari, M. Koopmans, "Isinglass/collagen: denaturation and functionality", J. Biotechnol. 26; 245-57, **2000.**
50. K. Boonprab, J. Satiankomsorakrai, N. Khamthong, "Optimum fish for fish glue processing for fish skin value added and the glue character", J. Agric. Sci. Technol. 1, 117-121. **2011.**
51. C.V. Houri, "*Materials used in the restoration of organic solvents, adhesives and polishes*", (translated by Abolfazl Semnani, Hamid Farahmand Boroujeni), University of Arts, Tehran, **1999.**
52. V. Reventlow, "The treatment of gilded objects with rabbit-skin glue size as consolidating adhesive", Gilded wood: conservation and history, 269-275, 1991.
53. P. Rose, "Inedible gelatin and glue. InInedible Meat By-Products", Springer, Dordrecht. 217-263, **1992.**
54. F. Badii, N. Howell, "Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins", Food Hydrocoll. Jul. 20, 630-640, **2006**.
55. I. Haug, K. Draget, O. Smidsrød, "Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin", Food Hydrocoll. Mar. 18, 203-213, **2004.**
56. M. Ogawa, M. Moody, R. Portier, J. Bell, M. Schexnayder, J. Losso, "Biochemical properties of black drum and sheepshead seabream skin collagen", J. Agric. Food Chem. 31, 8088-8092, **2003.**
57. T. Brown, D. Nelson, J. Vogel, J. Southon, "Improved collagen extraction by modified Longin method", Radiocarbon. 30, 171-177, **1988.**
58. **A. Gousterova**, D. Braikova, I. Goshev, P. Christov, K. Tishinov, E. Vasileva-Tonkova, T. Haertle, P. Nedkov "Degradation of keratin and collagen containing wastes by newly isolated thermoactinomycetes or by alkaline hydrolysis", Appl. Microbiol. 40, 335-40, **2005.**
59. L. Burgio, S. Rivers, C. Higgitt, M. Spring, M. Wilson, "Spherical copper resinate on Coromandel objects: analysis and conservation of matt green paint", Stud Conserv. 52, 241-254, **2007.**
60. A. Hussain, S. Akhtar, "Review of non-destructive tests for evaluation of historic masonry and concrete structures", Arab. J. Sci. Eng. 42, 925-940, **2017.**
61. G. Faella, G. Frunzio, M. Guadagnuolo, A. Donadio, L. Ferri, "The church of the nativity in bethlehem: non-destructive tests for the structural knowledge", J. Cult. Heri. 13, 27-41, **2012.**
62. I H. Tuyserkani, "*Non-Destructive Studies*", Second Edition, Fourth Edition, University Jihad, Isfahan, **2015**.
63. L. Binda, A. Saisi, "Nondestructive testing applied to historic buildings: The case of some Sicilian Churches", Hist. Constr. 7, 29-46, **2001.**
64. B. Stuart, "Methods of material decomposition in the restoration and conservation of historical monuments", (translated by Masoud Bagherzadeh Kathiri), Tabriz University of Islamic Art, Tabriz, **2014.**
65. G. Garechahi. M. Taqwa Nejad, H. Alizadeh, "Mass spectrometry and its application in proteomics", New Genetics, **2008.**
66. A. Paradela, J. Albar, "Advances in the analysis of protein phosphorylation". J. Proteome Res. 7, 1809-1818, **2008**.
67. N. Tomas, J. Beck, C. Meyer-Schwesinger, B. Seitz-Polski, H. Ma, G. Zahner, G. Dolla, E. Hoxha, U. Helmchen, A. Dabert-Gay, D. Debayle, "Thrombospondin type-1 domain-containing 7A in idiopathic membranous nephropathy", New Eng. J. Med. 371, 2277-2287. **2014**
68. N. Tomas, J. Beck, C. Meyer-Schwesinger, B. Seitz-Polski, H. Ma, G. Zahner, G. Dolla, E. Hoxha, U. Helmchen, A. Dabert-Gay, D. Debayle, "Thrombospondin type-1 domain-containing 7A in idiopathic membranous nephropathy", New Eng. J. Med. 371, 2277-2287. **201**4
69. M. Rinschen, "Single nephron proteomes connect morphology and function in proteinuric kidney disease". Faseb J. 32, 850-852, **2018.**
70. . Kuckova, IC. Sandu, M. Crhova, R. Hynek, I. Fogas, S. Schafer, "Protein identification and localization using mass spectrometry and staining tests in cross-sections of polychrome samples", J. Cult. Herit. 14, 31-37. **2013.**
71. E. Goormaghtigh, V. Cabiaux, J. Ruysschaert *"Determination of soluble and membrane protein structure by Fourier transform infrared spectroscopy*", Physicochemical methods in the study of biomembranes, 405-450, **1994.**
72. http://www.irug.org/jcamp-details?id=625, IRUG filename: IPR00001, Sample source 2: S.A.M. Monowar Jahan, Conservation Department, Bangladesh National Museum (BNM).

How to cite this article:

H. Yagubzadeh, M. Razani, A Review on Characterization, Optimization and Applications of Animal Glue, *J. Stud. Color world,* 11, 4(2021), 1-12.

DOR: 20.1001.1.22517278.1400.11.4.1.5