نامهٔ بهارستان: سال هشتم و نهم، ۸۷ ـ ۱۳۸۶، دفتر ۱۳ـ۱۴: ۴۰۱ ـ ۴۱۴

بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی قطعات قرآن پوست‌نوشت (۱)

(از مجموعهٔ شخصی محمّدرضا ابوئی مهریزی)

رویا بهادری* ـ فرانک بحرالعلومی**

چکیده: در این تحقیق به دلیل محدودیت نمونه‌برداری، از روش‌هایی که به نمونهٔ کمتری نیاز دارند و غیرتخریبی هستند استفاده شده است. برای اطمینان یافتن از اصالت پوست‌نوشته‌ها و این که نوشته‌ها احتمالاً برروی بستری قدیمی جعل نشده باشد از روش مشاهده در زیر نور فرابنفش، برای شناسایی نوع جنس بستر پوست‌نوشته از روش طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR)، و برای بررسی مرکّب‌های به‌کار رفته از روش بزرگنمایی با میکروسکوپ الکترونیکی روبشی با تجزیهٔ شیمیایی پاشندگی انرژی پرتو ایکس (SEM-EDX) استفاده گردیده است.

نتایج تحقیق نشان داد که این پوست‌نوشته‌ها به شدت آسیب دیده‌اند و بسیار شکننده هستند و آسیب‌های محیطی و آثار حملهٔ قارچ و کپک و آبدیدگی برروی نوشته‌ها قابل مشاهده است. دست‌نوشته‌ها همگی اصالت دارند و خطوط محو شده، شستگی یا افزودگی در آنها دیده نمی‌شود.

مرکّب‌های به کار رفته در این دستنوشته‌ها دچار آسیب زیادی نشده و ریختگی زیادی در آنها مشاهده نمی‌شود. نتایج تجزیهٔ عنصری مرکّب‌ها نشان می‌دهد در مرکب قرمز جیوه یا آهن، در مرکب سبز مس و در مرکب سیاه آهن وجود دارد.

کلید واژه: نسخه‌شناسی؛ بستر نوشتار؛ مرکّب؛ قرآن پوست‌نوشت؛ روش‌های آزمایشگاهی؛ نور فرابنفش؛ FTIR؛ SEM-EDX؛ مرکّب قرمز؛ شنگرف؛ مرکّب سبز؛ مس؛ زنگار؛ مرکّب سیاه؛ آهن؛ کربن.

* پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمّت آثار تاریخی ـ فرهنگی؛ میراث فرهنگی.

** کارشناس ارشد باستان‌سنجی؛ پژوهشگاه میراث فرهنگی؛ پژوهشگر آزاد.

✍ **نامهٔ بهارستان:** این پژوهش به سفارش دفتر مجله انجام شده است.

✓ از آقای محمّدرضا ابوئی مهریزی که پوست‌نوشت‌های قرآن را از مجموعهٔ شخصی خود برای پژوهش، به‌امانت، دراختیار دفتر مجله قرار دادند، سپاسگزاریم.

امروزه روش‌های آزمایشگاهی متعدّدی برای مطالعه و بررسی اسناد و نسخه‌های خطی به‌کار می‌رود. تعیین اصالت، سالیابی، تعیین نوع مرکّب، کاغذ و پوست و تجزیهٔ کمّی و کیفی مرکب و رنگدانه‌های مورد استفاده در تذهیب و تزیینات نسخه‌ها از جمله اطلاعاتی است که می‌توان از آنها برای تکمیل مطالعات نسخه شناسی و کمک به کارشناسان این حوزه یاری جست.[۱] استخراج این اطلاعات اهمیت زیادی نیز در انتخاب روش مرمّت و حفاظت از این آثار دارد.

از مهم‌ترین ویژگی‌های روش‌های آزمایشگاهی برای بررسی اسناد و نسخه‌ها غیرمخرب بودن آنهاست. به‌دلیل اهمیت تاریخی ـ فرهنگی، منحصربه فرد بودن و ارزش بالای این اسناد، امکان نمونه‌برداری در مقادیر زیاد وجود ندارد و روش‌های مورد استفاده نباید در کوتاه‌مدت یا درازمدت آسیب جدّی به اثر وارد کند. اگرچه تاکنون چندین رساله دربارهٔ روش ساخت مرکّب در کشورهای مختلف اسلامی شناخته شده است، اما به اعتقاد بسیاری از نسخه شناسان، منابع معتبر نسخه‌شناسی بیشتر به‌مبحث خوش‌نویسی پرداخته‌اند و روش‌های ساخت کاغذ، آماده‌سازی پوست و صحافی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.[۲]

بررسی آزمایشگاهی مواد نوشتاری، استخراج ترکیبات مرکّب و رنگدانه‌ها و شناسایی الیاف کاغذ و نوع پوست

---

۱ برای اطلاعات بیشتر دربارهٔ اهمیت این روش‌ها در نسخه‌شناسی، نک: فرانسوا دروش و همکاران، داستان پیدایش نسخه و نسخه‌شناسی، مترجم: ع. روح بخشان، نامهٔ بهارستان، س۲، ش۱، ۱۳۸۰، دفتر۳، ص ۶۶ـ۵۷.

۲ ایو پورتر، «ترجمه فارسی رسالهٔ عمدة الکتّاب ابن بادیس صنهاجی ۳۹۸ ـ ۴۵۴ق»، مترجم: ع. روح بخشان، نامهٔ بهارستان، س۱، ش ۲، ۱۳۷۹، دفتر۲، ص ۳۰ـ۱۹؛ ابراهیم شبوح، «دو منبع قدیمی تازه‌یاب در باب ساختن مرکّب»، ترجمهٔ هوش‌آذر آذرنوش، نامهٔ بهارستان، س ۳، ش۱، ۱۳۸۱، دفتر ۵، ص ۱۵۱ـ۱۴۱.

و تطبیق آنها با مواد ذکر شده در منابع و رساله‌ها حوزه‌ای نسبتاً جدید است. در چند دههٔ اخیر با پیشرفت دستگاههای مشاهده و تجزیهٔ عنصری و ترکیبی و ابداع روش‌هایی که نیاز به‌مقدار کمی نمونه دارد یا بدون نمونه‌برداری امکان انجام آزمایش‌ها را بر روی آثار فراهم می‌کند، می‌توان در سطحی گسترده به‌بررسی علمی اسناد و نسخه‌های با ارزش پرداخت. یکی از نکات مهمی که نسخه‌شناسان نیز بر آن تأکید دارند، شناسایی مواد پایه در ساخت مرکّب با روش‌های آزمایشگاهی است.[۳] برای مثال در اغلب رساله‌ها، ترکیب مرکّب سرخ را شنگرف ذکر کرده‌اند.[۴] در حالی‌که از ترکیب شنگرف با سفیداب و همچنین از ترکیب سرنج و مغره (نوعی گِل با درصد آهن بالا) رنگ سرخ کمرنگ یکسانی به‌دست می‌آید که تشخیص آنها از یکدیگر بدون تجزیهٔ عنصری بسیار مشکل است.[۵]

در ادوار مختلف تاریخ برای کتابت قرآن علاوه بر کاغذ از پوست حیوانات نیز استفاده شده است. این پوست‌ها را کاملاً نازک می‌ساخته‌اند و بر آن مهره زده و آن را صاف می‌کرده‌اند تا حالت شکنندگی نداشته باشد. این نوع کاغذ پوستی را بیشتر از پوست آهو می‌ساختند.[۶] اما مواردی از نوشتن قرآن بر پوست گاو یا گوساله نیز گزارش شده است.[۷] تشخیص نوع بستر نوشتار و پوست یا کاغذ بودن آن با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی میسّر است.

در این مقاله به‌بررسی بستر نوشتار و مرکّب‌های به‌کار رفته در چند پوست‌نوشتهٔ قرآنی پرداخته شده است. این دست‌نوشته‌ها به‌طور اتّفاقی کشف شده و در حال حاضر علاوه بر این مطالعه، کارشناسان سازمان‌های مختلف مشغول بررسی‌های دیگر بر روی آنها هستند که نتایج را در شماره‌های آینده ملاحظه خواهید کرد.

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟). نمونهٔ ۲ (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

۳ برای نمونه، نک: شبّوح، همان، ص ۱۵۱.

۴ نجیب مایل هروی، تاریخ نسخه پردازی و تصحیح انتقادی نسخه‌های خطی (تهران: وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۱۳۸۰)، ص ۲۸۵.

۵ شبّوح، همان، ص ۱۵۰.

۶ مایل هروی، همان، ص ۲۵۴.

7 Sana'a Manuscripts: uncovering a treasure of words. UNESCO (2007): http:// portal0.unesco.org/en/ev; U. Dreibholz, "Preserving a Treasure: The Sana'a Manuscripts", Museum International, 1997, Volume LI, No. 3, p. 22.

روش کار

پوست‌نوشته‌ها شامل نُه تک برگ و یک جزو شامل شش برگ است. همهٔ صفحات دارای نوشته و همگی بدون تذهیب است که در یکی از آنها فقط مرکّب سیاه، در هشت برگ مرکّب سیاه و قرمز و در نوشته‌های شش برگ جزو از مرکّب‌های سیاه، قرمز و سبز استفاده شده است. مرکبهای سیاه، قرمز و سبز در پوست‌نوشته‌ها تجزیهٔ عنصری شدند و بستر تعدادی از پوست‌نوشته‌ها نیز آنالیز ترکیبی شد. علاوه بر این اصالت پوست‌نوشته‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل محدودیت نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها با حداقل نمونه، برای تخریب کمتر نوشته‌ها، سعی شد تا از روش‌های آزمایشگاهی که نیاز به میزان نمونهٔ کمتر دارند و یا نیمه‌مخرب هستند استفاده شود. در ادامه روش‌های دستگاهی مورد استفاده در این تحقیق معرفی شده است.

روش مشاهده در زیر نور فرابنفش

برای اطمینان از این که نوشته‌ها احتمالاً بر روی بستری قدیمی، مثلاً پس از محو کردن نوشته‌های اولیه، جعل نشده باشد از روش مشاهده در زیر نور فرابنفش استفاده شد. نور فرابنفش بخشی از طیف پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج بین ۱۰ــ۴۰۰ نانومتر است که برای چشم انسان نامرئی است. استفاده از نور فرابنفش برای مشاهدهٔ خطوط محوشده یا افزوده شده به متن اصلی یکی از روشهای متداول برای مطالعهٔ اسناد در نسخه‌شناسی و علوم جنایی است. از دیگر ویژگی‌های این پرتوها اثرات فتوشیمیایی و خواص فلورسانس و نورافشانی برخی مواد و عناصر در زیر این نور است که برای بررسی سطوح اسناد و نقاشی‌ها و رنگدانه‌های تابلوهای نقاشی و تذهیب‌ها از آن استفاده می‌شود.[۸و۹]

برای این بررسی‌ها از منبع نور فرابنفش (black light) Philips Tl (D)08 fluorescent tube با پوشش آبی تیره با طول موج ۳۵۰ــ۳۹۵ نانومتر که نوعی لامپ بخار جیوه با فشار کم است استفاده شد. دیوارهٔ این لامپ با پودر فلورسنتی پوشیده شده است که پس از تخلیهٔ الکتریکی در بخار جیوه و ساطع شدن پرتوهای فرابنفش با طول موج ۲۵۳/۷، این پرتوهای با طول موج کوتاه را جذب کرده و پرتوهایی با طول موج بلند (بلندتر از ۳۵۰ نانومتر) ساطع می‌کند. این روش نیاز به نمونه‌برداری ندارد و می‌توان نمونه‌ها را مستقیماً در زیر منبع فرابنفش قرار داد. اما باید توجه داشت که به دلیل اثر مخرب این نور بر روی کاغذ و پوست، مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها تا حد ممکن کوتاه باشد.

روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)[۱۰]

روش FT-IR که برای شناسایی مواد آلی و تعدادی از مواد معدنی به کار می‌رود، برای شناسایی نوع جنس بستر پوست‌نوشته‌ها به کار رفت. تشخیص کاغذ از پوست با این روش به راحتی صورت می‌گیرد. زیرا ساختار پوست مواد پروتئینی است، در صورتی که کاغذ از مواد سلولزی یا کربوهیدرات تشکیل شده است.[۱۱] برای آماده‌سازی، مقدار چند میکروگرم از نمونه با ۲۰ برابر پتاسیم برمید (KBr) آبدار در یک هاون عقیق ساییده می‌شود و تحت خلاء تبدیل به قرص شفاف با ضخامت یک میلی‌متر می‌شود. طیف‌سنج مورد استفاده در این پژوهش، 510P Nicolet بود. یکی از مزایای این روش مقدار بسیار کم نمونهٔ مورد نیاز و آماده‌سازی بسیار سادهٔ آن می‌باشد.

روش بزرگنمایی با میکروسکوپ الکترونی روبشی با تجزیهٔ شیمیایی پاشندگی انرژی پرتو ایکس (SEM-EDX)[۱۲]

SEM-EDX یکی از ابزارهای قوی برای بزرگنمایی سطح اجسام (تا چند صد هزار برابر) و مطالعهٔ ساختار و ریخت‌شناسی سطح اجسام است. همچنین ابزاری برای تجزیهٔ عنصری سطح محدودی از نمونه (آنالیز نقطه‌ای) است. در میکروسکوپ الکترونی به جای استفاده از تابش و بازتابش نور مرئی، از یک دسته الکترون که از یک منبع تولید الکترون، تولید شده و به سطح نمونه برخورد می‌کند برای ایجاد تصویری تا چند هزار برابر بزرگتر از نمونهٔ

---

8 Franz Mairinger, "The ultraviolet and fluorescence study of painting and manuscript", in: *Radiation in Art and Archaeometry*, eds. D. C. Creagh, D. A. Vradley, Elsevier, 2000, p. 56-75.

۹ فرانک بحرالعلومی، «تعیین اصالت اسناد و نسخه‌های خطی با استفاده از روش‌های علمی و آزمایشگاهی»، نامهٔ بهارستان، س ۳، ش ۲ (۱۳۸۱) دفتر ۶: ۵۲۶ــ۵۲۱.

10 Fourier Trasform Infrared Spectroscopy (FTIR).

11 Barbara Stuart, Analytical Techniques in Material Conservation, Wiley, 2007, p. 129-130.

12 Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX).

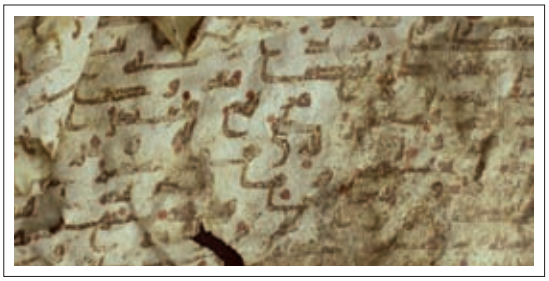
اصلی استفاده می‌شود. این دسته الکترون به‌وسیلهٔ عدسی‌های الکترونیکی و مغناطیسی بر روی نمونه متمرکز می‌شود. به همین دلیل تصویر تهیه‌شده با میکروسکوپ الکترونی فاقد رنگ‌های طبیعی و به صورت سیاه و سفید است. با برخورد الکترون به هر نقطه الکترونی از آن نقطه کنده شده و علائمی تولید می‌کند. این علائم تقویت می‌شود و به رایانه منتقل می‌گردد و به این ترتیب تصویری از سطح نمونه تهیه می‌شود. در حین این عمل پرتوهای ایکس نیز تولید می‌گردد که می‌توان از آنها برای شناسایی کمّی و کیفی عناصر موجود در سطح نمونه استفاده کرد.[۱۳] به دلیل کم بودن میزان نمونه، از این روش که قابلیت تجزیهٔ کمّی عنصری غیرتخریبی نقطه‌ای اجسام را دارد برای بررسی رنگ‌های مختلف مرکّب‌های به‌کار رفته در پوست‌نوشته‌ها استفاده شد.

برای آنالیز نمونه‌ها به روش EDX، نمونه‌ها به صورت قطعات کوچک در جانمونه‌ای مخصوص دستگاه قرار داده شد. محل قرارگیری نمونه از جنس آلومینیوم است که ایجاد هدایت الکتریکی می‌کند (برای نمونه‌هایی مانند پوست و کاغذ که رسانا نیستند). از این روش برای تجزیه عنصری کمّی استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در این آنالیزها، میکروسکوپ الکترونی روبشی TESCAN مدل VEGA ساخت کشور جمهوری چک بود.

نتیجهٔ بررسی

پوست‌نوشته‌های مورد بررسی به شدت آسیب دیده‌اند و به دلیل از دست دادن آب بسیار ترد و شکننده هستند و در سطح بعضی از آنها آثاری از قارچ و کپک مشاهده می‌شود. با توجه به نوع خط و بستر نوشته، به نظر می‌رسد این پوست‌نوشته‌ها مربوط به چند کاتب متفاوت است و احتمالاً زمان کتابت آنها نیز متفاوت است.

یک برگ پوست‌نوشته کاملاً با بقیه متفاوت است و رنگ مرکّب آن بیش از بقیه کمرنگ شده است. با این وجود می‌توان تزئینات قرمزرنگ را بر روی آن مشاهده کرد.* این پوست‌نوشته در نقاطی دارای شکستگی، افتادگی و تاخوردگی است و نقاط سیاه و کدرشدگی که نتیجهٔ حملهٔ قارچ و کپک به آن هستند بر روی نوشته دیده می‌شود. یک طرف نوشته آسیب بیشتری دیده و مرکّب آن نیز کمرنگ‌تر است و احتمالاً بیش از طرف دیگر در معرض آسیب‌های محیطی قرار داشته است.



ت ۱ و ۲: پشت و روی پوست‌نوشتهٔ قرآنی که کاملاً کمرنگ شده است. نمونهٔ ۶.

بخش دیگری از پوست‌نوشته‌ها یک جزو شامل شش برگ است که بخش‌هایی از قسمت بالا و پایین آن از بین رفته است*. آثار آبدیدگی و حملهٔ قارچ و کپک برروی این اوراق نیز قابل مشاهده است. نقطه‌گذاری‌ها به وسیله مرکّب قرمز انجام شده است و نقاط سبز نیز بر روی نوشته‌ها دیده می‌شود*.

ت۳

ت۴

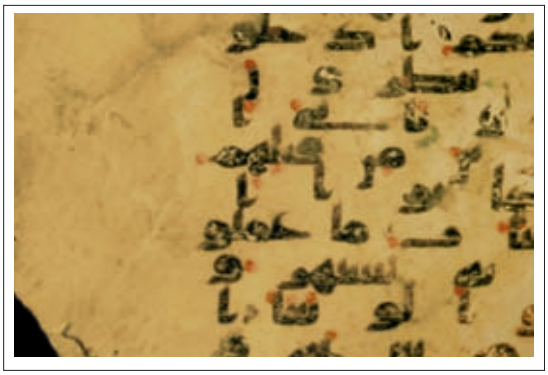
ت ۳: برگی از پوست‌نوشته که در آن مرکب سیاه، قرمز و سبز به‌کار رفته است. نمونهٔ ۲.

ت ۴: جزییات پوست‌نوشته با تزئینات قرمز و سبز. نمونهٔ ۲.

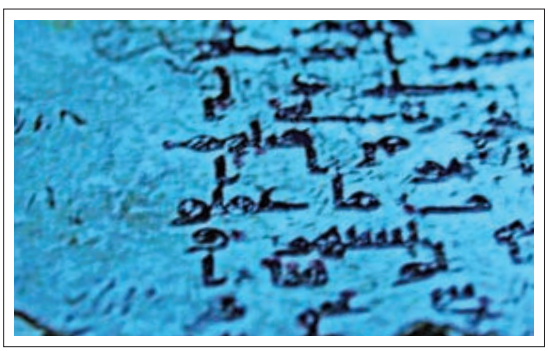
13 ibid., p. 91-96.

بررسی اصالت پوست‌نوشته‌ها[۱۴]

برای اطمینان از اینکه این نوشته‌ها برروی نوشته‌هایی که قبلاً پاک شده نگاشته نشده است و جهت بررسی بین سطرها و یافتن نوشته‌های احتمالی، کلیهٔ پوست‌نوشته‌ها (پشت و رو) در زیر نور فرابنفش مطالعه شد. نتایج نشان داد که خطوط محوشده، شسته‌شده یا افزوده‌شده‌ای در این اسناد مشاهده نمی‌شود. در یک مورد (برگ اول جزو)، بر روی یکی از صفحات اعداد و نوشته‌ای دیده می‌شود که منشاء آنها نامعلوم است و احتمال دارد در زمانی به عنوان شماره‌گذاری بر روی صفحات اضافه شده باشد.* ت۸ـ۵



ت ۵: تصویر پوست‌نوشته در زیر نور معمولی. نمونهٔ ۲.

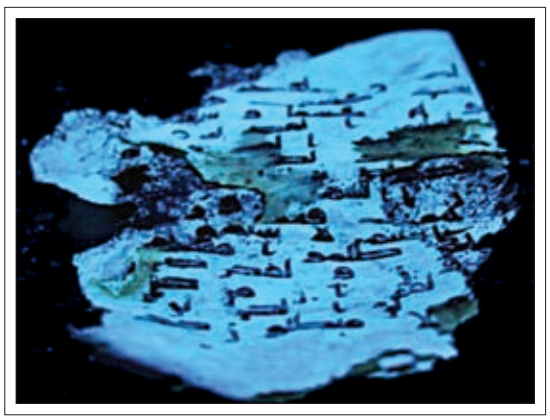


ت ۶: تصویر پوست‌نوشته در زیر نور فرابنفش. نوشته‌ها در اینجا به خوبی دیده می‌شود. نمونهٔ ۲.

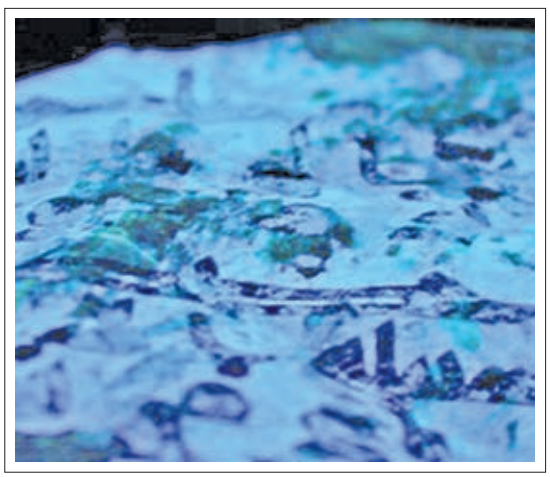
ت ۷: جزئیات نوشته‌ها در زیر نور فرابنفش. نمونهٔ ۲.

ت ۸: تصویر از همان قسمت در زیر نور معمولی. نمونهٔ ۲.

بررسی در زیر نور فرابنفش در بقیهٔ پوست‌نوشته‌ها نشان داد که همگی در زمانی دچار حملهٔ قارچ و کپک شده بودند که فقط اثر محوی از آنها در نور معمولی دیده می‌شود.* ت۹



ت ۹ الف: آثار قارچ و کپک برروی پوست‌نوشته‌ها. نمونهٔ ۸.



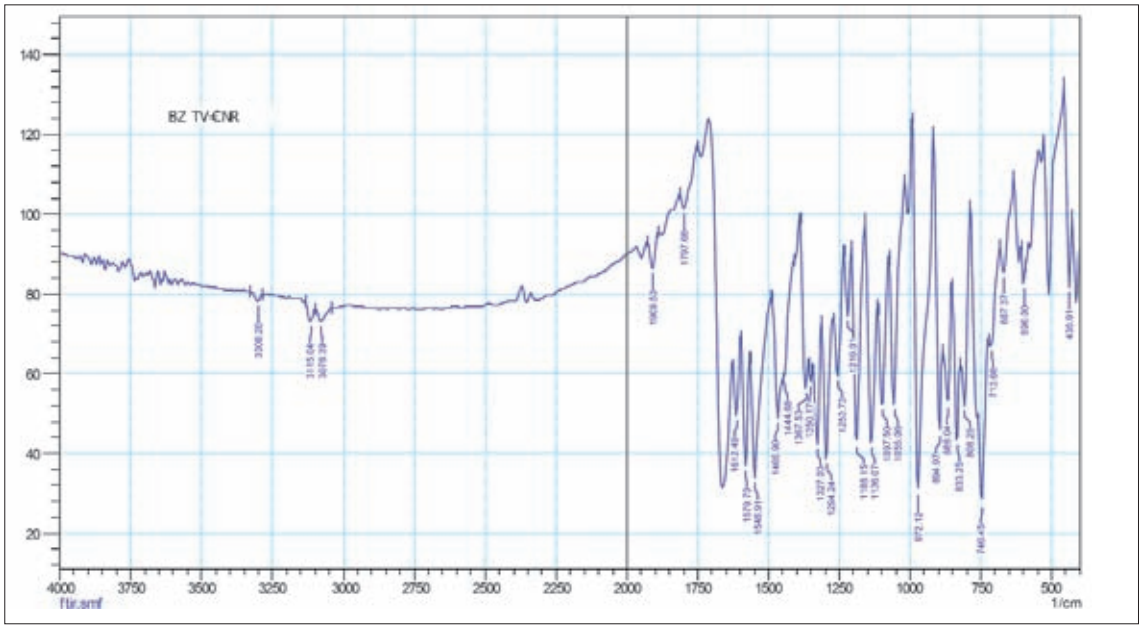
ت ۹ ب: جزئیات آثار قارچ و کپک برروی پوست‌نوشته‌ها. نمونهٔ ۸.

بررسی بستر پوست‌نوشته‌ها

برای تعیین نوع بستر پوست‌نوشته‌ها، ابتدا کارشناسان چند برگ از آنها را بررسی کردند و جنس آن‌ها را به احتمال زیاد پوست آهو تشخیص دادند که تأیید قطعی آن نیاز به‌بررسی‌های آزمایشگاهی دارد. برای تشخیص پوست بودن آنها از روش طیف‌سنجی FTIR که روش شناخته‌شده‌ای برای شناسایی مواد آلی است استفاده شد. در طیف FTIR بستر این پوست‌نوشته نوارهای جذبی ناحیهٔ cm^{-1} ۱۴۸۷، ۱۵۵۴، ۱۶۶۶، ۳۳۰۰، وجود پروتئین را ثابت می‌کند.* بنابراین بستر این پوست‌نوشته از نوع پوست است و کاغذ نیست، بنابراین می‌توان آنها را پوست‌نوشته خواند.[۱۵] ت۱۰←

[۱۴] در نظر است برای تعیین قدمت این آثار، نمونه‌هایی به آزمایشگاه دانشگاه کمبریج لندن برای سالیابی کربن ۱۴ ارسال شود.

[15] Parchment.



ت ۱۰: طیف FTIR نمونهٔ بستر که نشان‌دهندهٔ مواد پروتئینی است.

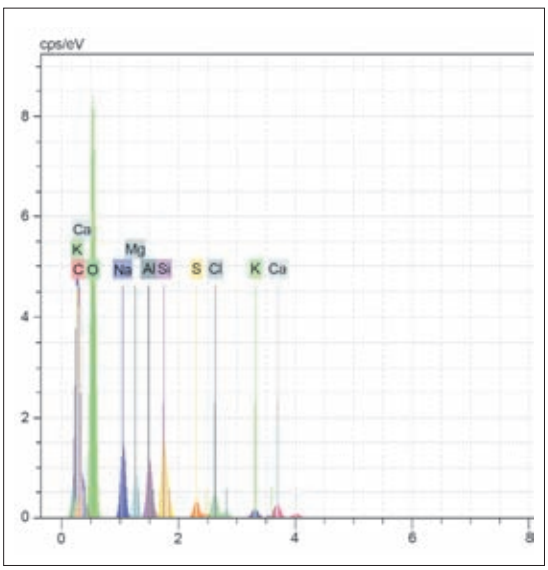
با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نیز تصویری از پوست تهیه شد.* نتایج آنالیز عنصری از پوست نشان‌دهندهٔ وجود عناصری مانند کربن و اکسیژن به مقدار زیاد است که شاهدی بر منشاء آلی آنهاست. وجود عناصری مانند سیلیسیم، سدیم، گوگرد، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و کلر می‌تواند به علت استفاده از ترکیبات مختلف در دباغی پوست باشد.* حضور آلومینیم (Al) به‌دلیل نمونه‌ای است که پوست روی آن قرار گرفته و مربوط به آنالیز پوست نیست.

تصاویر SEM تهیه‌شده از بستر نشان می‌دهد که پوست نرمی و انعطاف خود را از دست داده و بافت‌های آن در طی زمان دچار آسیب بسیاری شده است.*

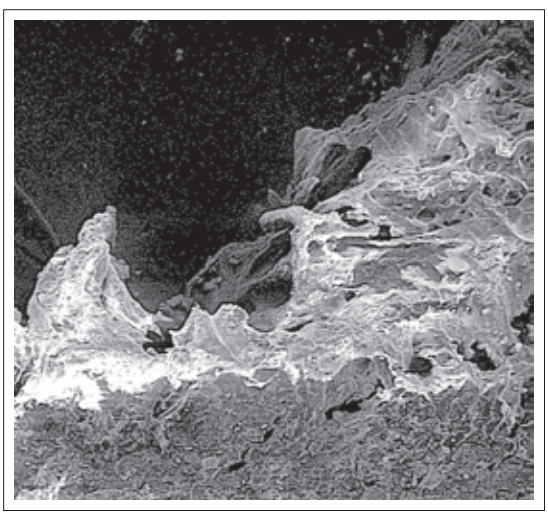
ت۱۱ب

ج۲ و ت ۱۱الف ←

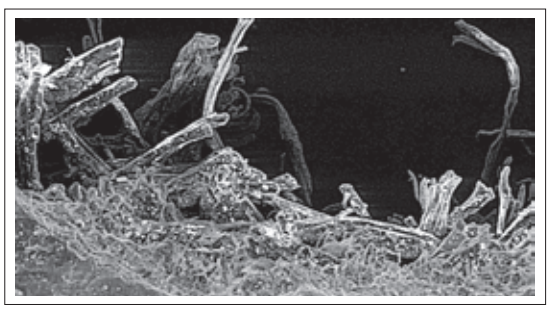
ت۱۳ـ۱۲



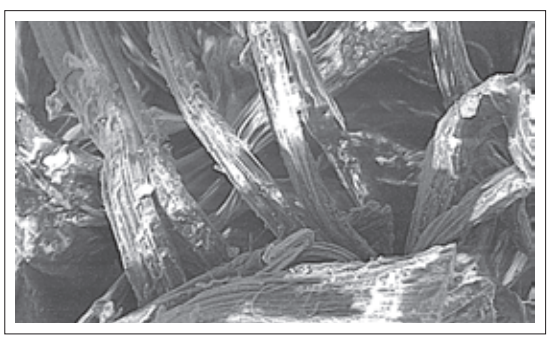
ت ۱۱الف: تجزیه عنصری پوست به روش EDX.



ت ۱۱ ب: تصویر SEM پوست بدون مرکب، بزرگنمایی 470X (15kv).



ت ۱۲: تصویر SEM از پوست که برروی آن اثرات رشد کپک مشاهده می‌شود بزرگنمایی 362X (15kv).

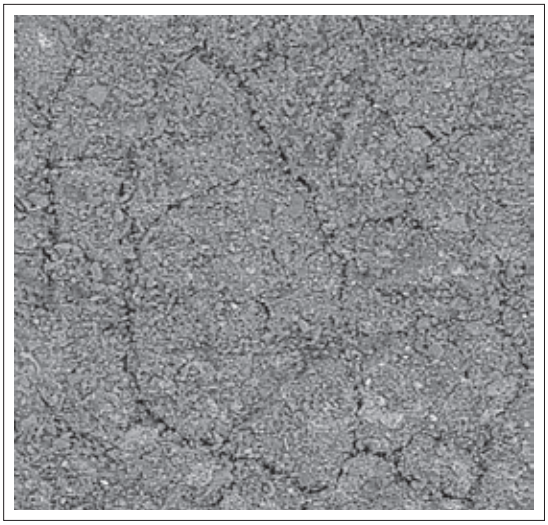


ت ۱۳: تصویر SEM از الیاف پوست که خشکی و از دست رفتن انعطاف در آن مشاهده می‌شود، بزرگنمایی 800X (15kv).

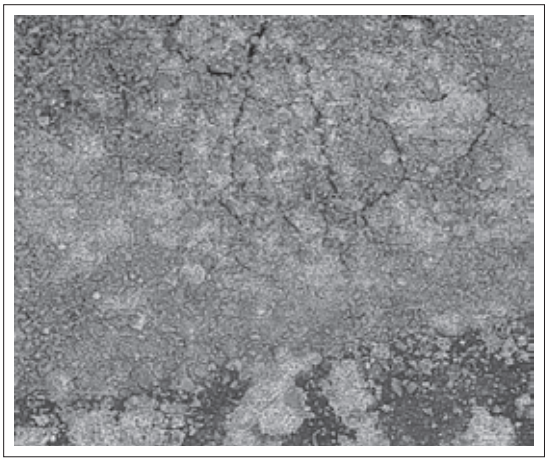
بررسی مرکّب پوست‌نوشته‌ها

برای بررسی عناصر موجود در مرکّب‌های سیاه، قرمز و سبز و تهیهٔ تصاویری با بزرگنمایی زیاد از روش EDX-SEM استفاده شد.

تصاویر تهیه‌شده از سطح مرکّب‌ها نشان می‌دهد که مرکّب مورد استفاده در این نوشته‌ها علیرغم گذشت زمان دچار آسیب زیادی نشده و ریختگی زیادی در آنها مشاهده نمی‌شود. ترک‌های موجود در مرکّب احتمالاً به دلیل خشک شدن و چروک پوست ایجاد شده است.* ت۱۵ـ۱۴



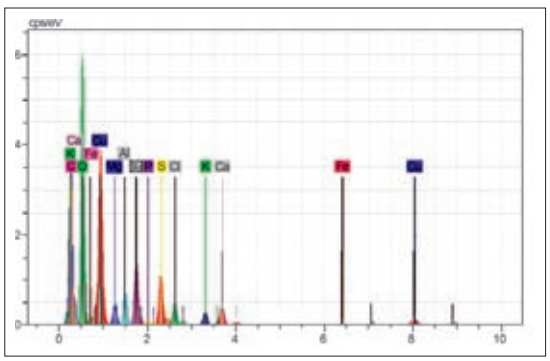
ت ۱۴: نمونه ۱، تصویر SEM مرکب قرمز بزرگنمایی 500X (15kv).



ت ۱۵: نمونه ۱، تصویر SEM مرکب سیاه، بزرگنمایی 500X (15kv).

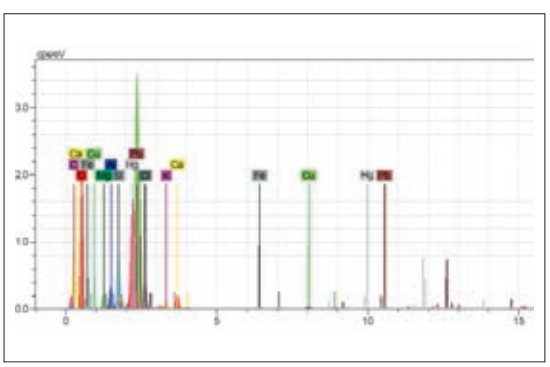
از آنجاکه در اغلب منابع ترکیب همهٔ مرکّب‌های قرمز را شنگرف ذکر کرده‌اند، شش نمونه که امکان نمونه‌برداری از آنها برای بررسی مرکّب قرمز وجود داشت مورد بررسی قرار گرفت. در تصویر ۱۶ (نمونهٔ ۲) طیف EDX مرکّب قرمز آمده است.

ت ۱۶الف: نمونهٔ ۲.



ت ۱۶ب: طیف EDX مرکّب قرمزکه درآن سرب و جیوه مشاهده می‌شود.

ت ۱۷الف: نمونهٔ ۶.



ت ۱۷ ب: طیف EDX مرکّب قرمزکه درآن آهن مشاهده می‌شود.

ت ۱۸ الف: نمونهٔ ۱۰.

ت ۱۸ب: نمونهٔ ۳.

ت ۱۸ج: نمونهٔ ۴.

ت ۱۸د: نمونهٔ ۱۱.

نتایج تجزیهٔ عنصری مرکّب قرمز شش نمونه دست‌نوشته در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج تجزیه عنصری شش نمونه مرکّب قرمز با روش EDX

(عناصر زیر ۱٪ ذکر نشده است.)

ش نمونه	نتیجه
۱	اکسیژن، کربن، سرب و جیوه (هر دو با درصد بالا)، مس (کم)
۲	اکسیژن، کربن، آهن
۳	اکسیژن، کربن، آهن (کم)
۴	اکسیژن، کربن، آهن
۵	اکسیژن، کربن، جیوه، گوگرد
۶	اکسیژن، کربن، جیوه، گوگرد

جدول ۱

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود فقط مرکّب قرمز سه نمونه از شش پوست‌نوشته حاوی جیوه است. بنابرین مرکّب قرمز آنها از ترکیبات شنگرف به دست آمده است. در سه نمونهٔ دیگر، وجود مقادیر بالای اکسیژن و کربن به‌همراه آهن می‌تواند نشان‌دهندهٔ وجود اخرا به‌عنوان رنگ قرمز باشد. در نمونهٔ ۳ که میزان آهن کم است، رنگ قرمز می‌تواند به‌دلیل استفاده از رنگدانه‌های آلی باشد.[۱۶]

شنگرف یا سولفید جیوه (HgS) که در اروپا به آن ورمیلیون[۱۷] نیز می‌گویند در طبیعت به صورت یک کانی وجود دارد و سینابار[۱۸] نامیده می‌شود. در دوران باستان سولفید جیوه را از معادن نقره نیز به دست می‌آوردند. این کانی قرمز رنگ از دوران باستان شناخته‌شده بود. در اروپا نخستین بار از یک محوطهٔ باستانی پنج هزار ساله در اسپانیا به دست آمد. در پرو (آمریکای لاتین) بر روی بقایای استخوان‌های متعلّق به هزارهٔ اول ق‌م نشانه‌هایی از وجود شنگرف مشاهده شده است.[۱۹]

در ایران شنگرف و موارد استفادهٔ متعدّد آن از دیرباز شناخته شده بود. ابودلف، سیّاح عرب که در سال ۳۶۱ق در ایران بوده است، از معادن طلا، جیوه، نقره و زرنیخ زرد در اطراف شهر شیز که شهری در نزدیکی درهٔ شوران (نزدیک تکاب) است، نام می‌برد.[۲۰] البته بسیاری از نویسندگان از منابع غنی جیوه و شنگرف در فرغانه (در ماوراءالنهر) نیز یادکرده‌اند.[۲۱]

---

[۱۶] در رساله‌های مرکّب‌سازی، برای ساخت مرکّب سیاه یا الوان از گیاهان و مواد آلی متعدّدی نام برده شده است که برای شناسایی این ترکیبات می‌توان از طیف‌سنجی رامان که نیاز به میزان بسیار کمی نمونه جهت شناسایی مواد آلی دارد استفاده کرد.

[17] Vermilion.

[18] Cinnabar.

[19] G. R. Rapp, Archaeomineralogy, Springer, Berlin, 2002, p. 212-213.

[۲۰] محمّد زاوش، کانی‌شناسی در ایران قدیم (تهران: پژوهشکاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۷۵)، ص ۲۶۷.

[۲۱] همان، ص ۲۶۸.

به نظر می‌رسد بخشی از نیاز ایران در دوران اسلامی از این منابع تأمین می‌شده است. در بررسی‌های فلزکاری کهن در ایران، وجود منابع شنگرف در کوه‌های افشار که شواهدی مبنی بر معدن‌کاری شدادی در دوران باستان در آن دیده می‌شد، تأیید شده است. همچنین منابعی از جیوه و شنگرف در مناطق زرشوران، یارعزیز و شیرمرد (هم در نزدیکی تکاب) در رودها و زمین‌های شنی دیده شده است.[۲۲] از شنگرف برای تهیهٔ رنگ قرمز مورد استفاده در نقاشی‌ها و تزئین نسخه‌های خطی استفاده می‌شد.

نکته‌ای که شاید کمتر به آن پرداخته شده، سمی بودن بالای شنگرف است. شک نیست که در هنگام ساییدن و پودر کردن شنگرف، غبارات سمی این ماده به ریهٔ مرکّب‌سازان وارد می‌شده و موجب مسمومیت آنها در دراز مدت می‌شده است. ولی به نظر می‌رسد درباره سمی بودن این ماده در منابع و رساله‌های مرکّب سازی ذکری به میان نیامده است.

نتایج تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های سیاه و سبز به‌کار رفته در دست‌نوشته‌ها در جدول ۲ آمده است.

نتایج تجزیهٔ عنصری مرکب سبز و سیاه به‌همراه پوست به روش EDX

(عناصر زیر ۱٪ ذکر نشده است.)

شماره ردیف	شماره نمونه	رنگ مرکب	نتیجه
۱	۱	سیاه	اکسیژن، کلسیم، سیلیسیم، سدیم، آهن، گوگرد، کلر
۲	۱	سبز	اکسیژن، کربن، مس، سیلیسیم، گوگرد، کلسیم
۳	۲	سیاه	اکسیژن، سیلیسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، گوگرد، پتاسیم، آهن
۴	۴	سیاه	اکسیژن، سیلیسیم، کلسیم، سدیم، منیزیم، گوگرد، پتاسیم، آهن
۵	۵	سیاه	اکسیژن، سدیم، کلر، سیلیسیم، کلسیم، منیزیم، آهن
۶	۶	سیاه	اکسیژن، سدیم، کلر، سیلیسیم، کلسیم، منیزیم، آهن

جدول ۲

مرکّب سبز در نمونهٔ شمارهٔ ۱ و مرکّب سیاه در نمونه‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ نیز با استفاده از آنالیز EDX بررسی شد. نتایج این بررسی در جدول شمارهٔ ۲ ارائه شده است.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در مرکّب سبز مقدار قابل توجهی مس وجود دارد که شاهدی بر استفاده از ترکیبات مس مانند زنگار (استات بازی مس) برای تهیهٔ رنگ سبز است.

وجود عناصری مانند سدیم، پتاسیم، کلر و گوگرد احتمالاً نشان‌دهندهٔ استفاده از این مواد در فرایند دباغی و آماده‌سازی پوست است. دباغی پوست، فرایند زدودن مو، چربی و دیگر موادی است که در درازمدت موجب فساد و از بین رفتن پوست و محصولات ساخته شده از آن می‌گردد. در این فرایند از موادی مانند پتاسیم‌کلرید (KCl) و سدیم‌کلرید (Na Cl)، آمونیوم کلراید (NH_4 Cl) و یا سولفات‌ها یا آهک (برای کاهش اسیدی بودن محیط) استفاده می‌شود.[۲۳] این مواد، به خصوص نمک طعام (Na Cl) خود باعث حفاظت پوست از آسیب‌های محیطی در درازمدت می‌شود. وجود این مواد به خوبی در همهٔ نمونه‌ها به اثبات رسیده است و احتمالاً یکی از دلایلی است که این نمونه‌ها با وجود قدمت زیاد هنوز هم تا حدود زیادی سالم باقی مانده‌اند.

دربارهٔ مواد تشکیل‌دهندهٔ مرکّب سیاه نمی‌توان به طور قطعی نظری ابراز نمود. استفاده از ترکیبات کربن مانند دوده برای تهیهٔ مرکّب سیاه در منابع مختلف ذکر شده است که احتمال دارد برخی از این مرکب‌ها با استفاده از دوده ساخته شده باشد. آهن به میزان حدود ۱ تا ۲٪ در تمامی نمونه‌های مرکب سیاه وجود دارد، در صورتی که در تجزیهٔ عنصری پوست آهن وجود نداشت.

بعد التحریر

رنگ مرکّب اغلب پوست‌نوشته‌ها در حال حاضر قهوه‌ای است که به احتمال زیاد به دلیل تغییر رنگ سیاه در طی زمان ایجاد شده است. این احتمال که مرکّب از ابتدا به رنگ قهوه‌ای بوده باشد نیاز به بررسی بیشتر و دیگری دارد.

22 Stöllner, Thomas, "Prähistorischer und antiker Erzbergbau in Iran", in: *Persischer antike Pracht*, Bergbaumuseum, Bucjum, 2004, p. 54-56.

23 B. Stuart, Analytical Techniques ..., p. 31.

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟). نمونهٔ ۸ ب (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

Nameh-ye Baharestan: vols. 8-9, 2007-2008, ser. nos. 13-14

Scientific Examination of Quran Fragments on Parchment (1)

Roya BAHADORI & Faranak BAHROLOLUMI

(Research centre for Conservation of Cultural Relics (RCCCR))

This study has relied on non-destructive sampling techniques because of the limited and precious nature of the objects under study. The authenticity of the documents have been established by examination under ultra-violet light, and the nature of the parchments is determined by recourse to Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The color of the inks used in the documents have been studied by the use of scannig electron microscopy in combination with energy dispersive X-ray microanalysis (SEM-EDX).

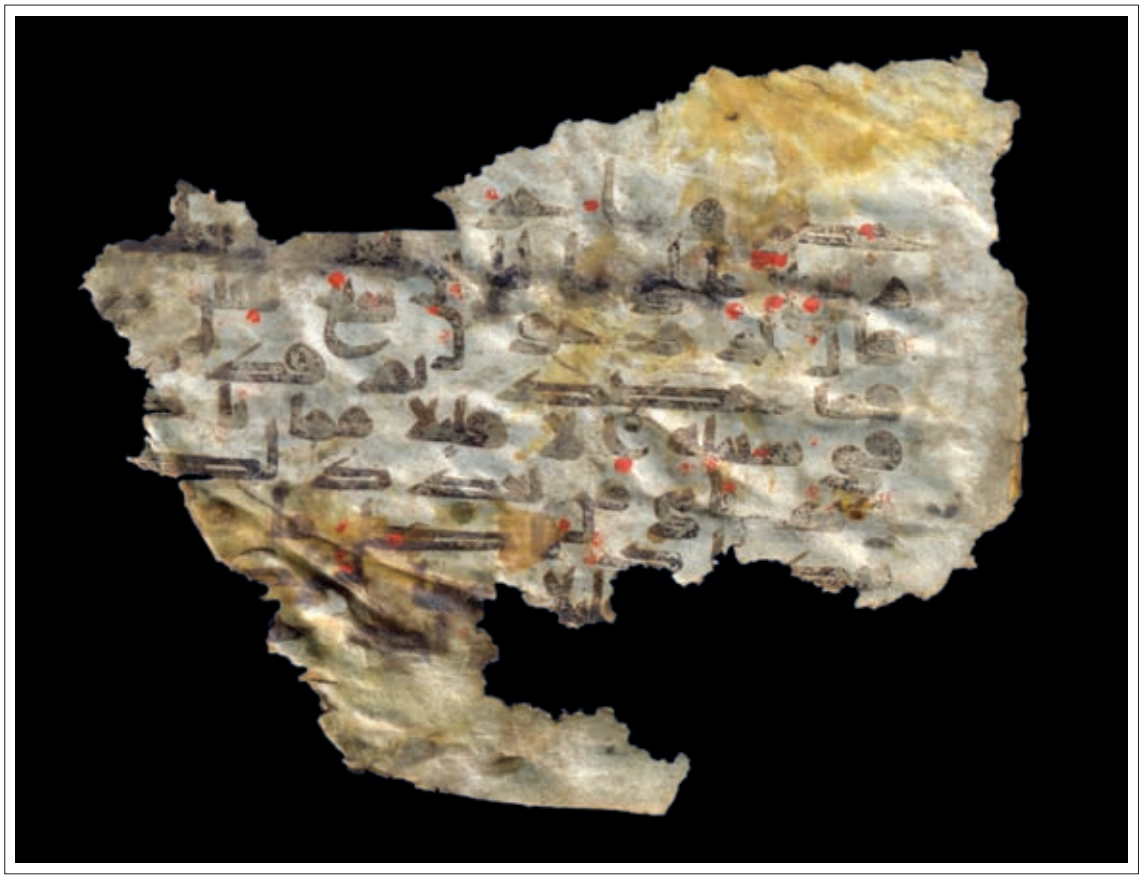
The result of these studies show that these parchments are severely damaged and brittle. They display marks of environmental and water damage as well as of harm by mildew and mould. The parchments are made of gazelle skin and the scripts are authentic with no faded, broken, or augmented lines.

The ink used in these fragments is not terribly damaged and does not show much scattering or loss. The chemical analysis of the ink show that the red ink used in the fragments is made from vermillion, which sometimes includes iron. The green ink contains a considerable amount of copper compounds, the black ink includes iron compounds as well as carbon. Some byproducts from tanning and parchment preparation have also entered the inks of these fragments.

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۱ الف (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۱ ب (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۷ الف (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).



قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۷ ب (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۹ الف (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۹ ب (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۵ الف (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).

قطعه پوست‌نوشت قرآن، سدهٔ سوم و چهارم ق (؟)، نمونهٔ ۵ ب (از مجموعهٔ شخصی محمدرضا ابوئی مهریزی).