

تاریخ علم، دوره ۱۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص ۲۲۳-۲۴۳

واکاوی تاریخ ساخت لعاب قلیایی در متون دوره اسلامی

علی اعراب (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری، گروه باستان‌شناسی دانشگاه تهران

ali.aarab@ut.ac.ir

بهمن فیروزمندی شیره‌جین

استاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران

b.firoozmandi@ut.ac.ir

پرستو مسجدی خاک

استادیار، گروه آموزشی باستان‌شناسی و تاریخ، دانشگاه نیشابور

p.masjedi@neyshabur.ac.ir

آرمان شیشه‌گر

استادیار، پژوهشگاه میراث فرهنگی

arman.shishegar@yahoo.com

علی محمد هادیان

استاد، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، دانشگاه تهران

hadian@ut.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۹)

DOI: 10.22059/jihs.2021.325546.371640

چکیده

ساخت لعاب یا مینا از فنونی است که به واسطه ارتباط آن با صیغ یا رنگ‌نشانی می‌تواند به عنوان بخشی از کیمیای دوره اسلامی مطرح شود. لعاب قلیایی یکی از انواع لعاب است که در ایران پیشینه‌ای طولانی داشته و ساخت آن به وسیله شخار طبق متون دوره اسلامی انجام می‌شده است. شخار، خاکستر گیاهان بوده و به سبب میزان بالای قلیا (سدیم و پتاسیم) به عنوان دگرگون‌ساز در ساخت لعاب یا مینا عمل می‌کرده است. در این پژوهش سعی شد تا بر اساس متون مربوط به ساخت لعاب در دوره اسلامی لعاب‌های قلیایی مجدداً ساخته شوند. نتایج حاصل از بازسازی دستورالعمل‌های موجود در متون دوره اسلامی نشان داد که آن دستورالعمل‌ها برای ساخت لعاب کاملاً عملی هستند. اما دو نوع گیاهی که در متون برای ساخت لعاب آمده‌اند گیاهان شورا و اُشان هستند. در اینجا سعی شد تا با آنالیزهای XRD و ICP-MS به بررسی دقیق‌تر خواص گیاهان فوق در لعاب پرداخته شود. چنین آنالیزهایی می‌توانند به یاری مطالعات تاریخ علم و فناوری آمده تا فناوری گذشته نه تنها بازسازی بلکه باززنده‌سازی

۲۲۴ / تاریخ علم، دوره ۱۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰

و راستی آزمایی علمی شود. همچنین چنین آنالیزهایی می‌توانند به بازخوانی یافته‌های باستانی کمک کرده و یک رکن جدید در مطالعات تاریخ علم برای پژوهشگران روشن سازند و آن رکن مواد باستانی هستند که خود می‌توانند مانند یک متن به یاری پژوهشگران تاریخ علم بشتابند.

کلیدواژه‌ها: قلپا، لعاب، متون اسلامی، مینا.

مقدمه

دستورالعمل‌های ساخت لعاب از مواردی است که در متون کهن ایرانی بارها و بارها تحت عنوان ساخت مینا آمده است. در برخی از متون کهن ایرانی ساخت مینا در بخشی از صناعت آمده است که منظور از آن تبدیل جمله فلزات و مواد معدنی کم‌ارزش به جواهرات نفیس است (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۴۴). آنچه مشخص شده آن است که اهل صناعت همان کیمیاگران هستند و دو مفهوم بنیادین صیغ (رنگ‌کردن یا رنگ‌نشانی) و اکسیر (تبدل و دگرگونی) در مطالعات آنان جایگاه ویژه‌ای داشته است (کوهکن و جوهرچی، ۱۳۹۸: ۳۰۹). لذا متون مختلفی نیز در دسترس است که به این امر پرداخته‌اند و در پژوهش حاضر نیز سعی شده تا به بررسی دستورات ساخت لعاب در این متون و مقایسه آن‌ها با علم مدرن لعاب‌سازی پرداخته شود. برای آشنایی و دریافتن شیوه ساخت لعاب به روش سنتی اکنون سه منبع در دست پژوهشگران است: نخست همین متون کهن هستند که همگی مربوط به دوره اسلامی بوده و در این پژوهش مطالعه می‌شوند. دوم لعاب‌های باستانی به جا مانده در ایران است که به صورت آجرها و ظروف لعاب‌دار از دوران ایلام میانه تا دوره اسلامی فراوانی قابل توجهی دارند و مطالعات آزمایشگاهی بر آن‌ها می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار پژوهشگران قرار دهد. سوم هم تعداد محدودی کارگاه‌های تولید لعاب به شیوه سنتی است که هم‌اکنون نیز برخی از آن‌ها فعال هستند. ساخت لعاب‌های سنتی در ایران با ورود مواد جدید دچار ضعف شده و در حال از دست دادن جایگاه اصلی خود است. لذا مطالعاتی این‌چنینی در باره متون به عنوان یکی از منابع اصلی در مطالعه لعاب‌سازی سنتی ایران می‌تواند در بازسازی و باززنده‌سازی چنین هنرهای ارزشمندی مفید واقع شود. همچنین از آنجا که ایران و همسایگان آن را می‌توان یکی از نخستین مناطق در ساخت لعاب روی سرامیک دانست (Holakooei, 2013: 49) لذا می‌توان گفت متون کهن ایرانی در خصوص ساخت لعاب نه تنها برای ما ایرانیان بلکه در تمام جهان به عنوان چکیده‌ای از فن ساخت لعاب سنتی میراثی گران‌بها است. به‌رغم تمامی این موارد متأسفانه هنوز تعدادی از متون فارسی مرتبط با ساخت لعاب تصحیح نشده‌اند که در پژوهش حاضر سعی شده تا به تمامی متون فارسی مرتبط با لعاب به‌خصوص لعاب‌های قلیایی پرداخته شود. اما در کنار متون باید توجه داشت که مواد باستانی به جای مانده از گذشته نیز خود می‌توانند به عنوان نوعی متن و داده در مطالعات تاریخ علم در نظر گرفته شوند و بازخوانی آن‌ها نیز یاری‌رسان پژوهشگران تاریخ علم و فناوری خواهد بود.

لعاب و ماهیت آن

لعاب در واقع یک لایه شیشه‌ای یا بلوری است که به‌طور پیوسته بر سطح قطعات سرامیکی ایجاد می‌شود (میرهادی، ۱۳۸۰). ابوریحان بیرونی نیز در تعریف لعاب بسیار دقیق اشاره می‌کند که مینا (لعاب) نوعی شیشه است (بیرونی، ۱۳۴۷: ۹۸). لعاب علاوه بر افزایش زیبایی ظاهری قطعات سرامیکی و حفظ نقش، آثار و اشکال طراحی شده روی سطوح دارای ویژگی‌های مهمی هم‌چون افزایش پایداری در مقابل ترک، مقاومت در برابر اسیدها و قلیاها، از بین بردن زبری‌ها و تخلخل‌های سطح، جلوگیری از نفوذ رطوبت، مقاومت در برابر واکنش‌های شیمیایی است (میرهادی، ۱۳۸۰: ۱۱؛ روح‌فر و نیستانی، ۱۳۸۹: ۲). در مخلوط لعاب وجود حداقل دو ماده ضروری است. یکی عامل ایجاد حالت شیشه‌ای، مانند سیلیس (کوارتز) که در متون کهن بیشتر به صورت بلور یا سنگ بلور آمده و یک عامل کمک ذوب (فلاکس یا گدازآور) مانند سرب یا بوراکس (Chvarria, 1999: 22). فلاکس یا گدازآور در واقع موادی هستند که به سیلیس اضافه می‌شوند تا نقطه ذوب آن را پایین بیاورد (انوشفر و شروه، ۱۳۷۸: ۲۸). اما لعابی که تنها با استفاده از این دو عامل ساخته می‌شود، شفاف، بدون رنگ و بسیار روان است. برای دستیابی به لعاب کدر یا مات، رنگی و با گرانی مورد نیاز باید اکسیدها یا مواد دیگری با نقش کدرکنندگی و رنگ‌دهندگی به آن افزود. موادی که باعث کدر شدن لعاب می‌شوند بدون اینکه در مخلوط لعاب یا در مذاب آن در دمای بالا حل شوند به صورت معلق در لعاب پخش می‌شوند که در هنگام سرد شدن به صورت بلوری و دانه‌های ظریف جدا می‌شوند و باعث می‌شود که لعاب نور را از خود عبور ندهد و به رنگ کدر ظاهر شود (میرهادی، ۱۳۸۰: ۳۴؛ انوشفر و شروه، ۱۳۷۸: ۳۷). برای رنگین نمودن لعاب از اکسیدهای رنگ‌دهنده در مخلوط لعاب استفاده می‌شود. هر اکسید، رنگ خاصی ایجاد می‌کند که می‌تواند توسط دیگر اجزای لعاب تغییر کند (Chavarria, 1999: 39). اجزای اصلی تشکیل‌دهنده لعاب را می‌توان شبکه‌سازها، واسطه‌ها و دگرگون‌سازها در لعاب معرفی کرد. اکسیدهای شبکه‌ساز به اکسیدهای اسیدی نیز معروف هستند و شبکه‌سازها اساس و پایه لعاب هستند. در متون کهن نیز شبکه‌سازها در لعاب را با عنوان اصل نام‌گذاری می‌کنند (بیرونی، ۱۳۴۷: ۹۸؛ نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۴۵). شبکه‌سازها در لعاب شامل اکسید سلیسیم و اکسید بور هستند. واسطه‌ها در لعاب گروه اکسیدهای خنثی هستند، که بسته به شرایط گاهی دگرگون‌ساز و گاهی دگرگون‌ساز در لعاب هستند و مقدار کم آن‌ها در لعاب به عنوان

دگرگون‌ساز و مقدار زیاد آن‌ها در لعاب به عنوان شبکه‌ساز به حساب می‌آیند. در واقع اکسیدهای واسطه باعث ایجاد توازن بین شبکه‌سازها و دگرگون‌سازها در لعاب می‌شوند. معروف‌ترین واسطه در لعاب هم اکسید آلومینیوم است. اما دگرگون‌سازها در لعاب باعث کاهش نقطه ذوب می‌شوند. آن‌ها گروه اکسیدهای قلیایی پایه یا گدازآور نیز خوانده می‌شوند. دگرگون‌سازها قادر به تشکیل شبکه شیشه‌ای نیستند و در هنگام ذوب داخل فضاهای خالی شبکه شیشه‌ای لعاب قرار می‌گیرند که همین عمل باعث کاهش نقطه ذوب نیز می‌گردد (میرهادی، ۱۳۸۰: ۷۹).

روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی لعاب‌ها وجود دارد به طوری که ممکن است این دسته‌بندی‌ها دارای نقاط مشترکی نیز باشند. لعاب‌ها را می‌توان بر اساس روش تهیه (خام یا فریتی)، دمای پخت، نوع گدازآور، فضای داخل کوره، مواد خام مصرفی، درخشش، شفافیت و بافت طبقه‌بندی کرد. در این پژوهش لعاب‌های سنتی بر اساس نوع گدازآور آن‌ها به دو دسته قلیایی و سربی تقسیم شده‌اند.

لعاب قلیایی

استفاده از اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی به همراه MgO (اکسید منیزیم)، ZnO (اکسید روی) و B₂O₃ (اکسید بور) منجر به تشکیل لعاب قلیایی می‌شود. از خواص این لعاب‌های قلیایی می‌توان به شیشه‌ای بودن، نرم بودن، قابل خراش بودن، میل به ترک خوردن و ایجاد رنگ‌های درخشان با اضافه کردن اکسیدهای رنگ دهنده اشاره کرد. لعاب‌های قلیایی می‌توانند مات یا شفاف باشند. برای تهیه لعاب قلیایی شفاف باید مقداری اکسید آلومینیوم جهت جلوگیری از تبلور به لعاب افزوده شود. لعاب‌های قلیایی خاکی نیز در این دسته قرار دارند که گدازآور عمده آنها اکسید کلسیم است که به آن دگرگون‌ساز نیز می‌گویند (انوشفر و شروه، ۱۳۷۸: ۳۷-۳۹).

لعاب سربی

در لعاب‌های سربی اکسید سرب نقش اصلی گدازآوری را بر عهده دارد به طوری که سرب و سیلیس به تنهایی می‌توانند لعاب مطلوبی را شکل بدهند. سرب تمایل زیادی به احیا شدن دارد، در نتیجه لعاب‌های سربی باید در کوره‌هایی که داخل آن هوا جریان دارد (شرایط اکسیدی) پخته شوند، زیرا در صورت وجود دود داخل کوره، به سرعت احیا و سیاه می‌شوند. لعاب‌های سربی بیشتر شفاف هستند و برای مات کردن آنها از موادی مانند اکسید باریم استفاده می‌شود (Shelby, 2005: 41). با توجه به آنکه در

لعاب‌های سربی امکان حضور گدازآوره‌های دیگر در کنار گدازآور اصلی (اکسید سرب) وجود دارد می‌توان لعاب‌های سربی را نیز به لعاب‌های سربی خالص، سربی قلیایی، سربی بور، سربی روی و سربی قلع نیز تقسیم‌بندی کرد.

لعاب قلیایی در متون دوره اسلامی

همان طور که گفته شد یکی از گونه‌های اصلی لعاب نوع قلیایی آن است. لعاب‌های قلیایی در بین لعاب‌های تاریخی فراوانی قابل توجهی داشته و منبع قلیا در این‌گونه لعاب‌ها می‌تواند مواد معدنی، خاکستر گیاهان یا حتی بخشی از گیاهان باشد (Gradmann, 2016: 9). منشأ اصلی قلیا برای لعاب‌های ایران خاکستر گیاهان است (Holakooei, 2012: 93). واژه‌های مختلفی برای بیان مواد قلیایی لعاب‌ها در متون دوره اسلامی به کار رفته که عبارتند از شخار، شخیره، قلیا، کلیاب، قلیاب، قلی، کهار، کلا و قلیه (وولف، ۱۳۷۲: ۱۴۵؛ برهان، ۱۳۳۰؛ نفیسی، ۱۳۴۳)، که در این بین شخار بیش از مابقی به کار رفته است.

ابوریحان بیرونی شخار یا قلی را این‌گونه معرفی می‌کند:

لیث گوید: شخار را که به او جامه شویند، عرب او را قلی گویند و او خاکستر درخت طاق است که عرب او را غضا گویند. طریق ساختن او آن است که درخت طاق و شوره گیاه را تر بیارند و آتش در او زنند. چون جمله اعضا سوخته شود و یک جا گرد آید، آب بر وی بریزند و چون آب بر [خاکستر] رسد، جرم او سخت شود و شخار گردد. به لغت رومی او را إسطریقون گویند؛ به سریانی قلیا خوانند. به لغت پارسی شخار گویند و به هندی سَجی گویند (بیرونی، ۱۳۸۳: ۸۲۶).

سپس او اشاره می‌کند که آبگینه‌گران هم از شخار استفاده می‌کنند (همان). همچنین در یک نسخه به نام مجموعة الصنایع که نویسنده آن هم مشخص نیست، اما به نظر برخی از پژوهشگران احتمالاً مربوط به دوره صفویه است (چترایی، ۱۳۹۰: ۳۰۶) از شخار یا قلیا به نام نمک شاجی یا ساجی یاد می‌شود (مجموعة الصنایع: ۹). ابی البرکات جوهری نیشابوری و ابوالقاسم کاشانی نیز به خاصیت پاک‌کنندگی شخار برای یاقوت، لعل و زمرد اشاره می‌کنند (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۱۲۲؛ کاشانی، ۱۳۴۵: ۵۱-۴۲). مقدسی نیز به اشنان (کلی) اشاره کرده و از آن به عنوان یکی از موارد صادراتی

از استان حلب در سوریه امروزی یاد می‌کند (به نقل از: Barkoudah and Henderson, 2006: 300).

ابوالقاسم کاشانی، در خصوص به کار بردن شخار در لعاب، ذکر می‌کند که شخار از سوزاندن گیاه اشنان به دست می‌آید و بهترین نوع شخار را از اشنانی معرفی می‌کند که اگر آن را بشکنند میانه آن سرخ بوده و بوی تندی هم داشته باشد. او همچنین ذکر می‌کند که شخار هر منطقه ویژگی‌های خاص خود را دارد، از جمله به شخار تبریز اشاره می‌کند که برای هر یک من سنگ، یک من و نیم شخار لازم است (هر یک من برابر با حدود ۳ کیلوگرم است) (کاشانی، ۱۳۴۵: ۳۴۲-۳۳۹).

وولف نیز به طریقه ساختن قلیا یا شخار اشاره می‌کند بدین صورت که آماده کردن قلیا به وسیله قلیاسوز (قلاع) انجام می‌شود که بیشتر آن‌ها هم در شهر قم زندگی می‌کنند و معتقد است که قلیای قمی از لحاظ مرغوب بودن در آن دوره معروف بوده است. او نیز به گیاه اشنان یا اشنون به عنوان ماده اصلی قلیا اشاره می‌کند، البته این نکته را هم آورده که گاهی گیاهان شور دیگر هم برای این منظور استفاده می‌شده‌اند. سپس نحوه ساخت قلیا را این‌گونه شرح می‌دهد:

قلیاسوز همه این گیاهان را {که کاملاً خشک نشده‌اند} در چالی که قطر دهانه آن یک متر و گودی آن دو متر است ریخته و آن‌ها را از زیر آتش می‌کند و گیاه را روی آتش می‌ریزد تا اینکه آهسته آهسته و با شعله کم و بی‌گرمای زیاد بسوزد (وولف، ۱۳۷۲: ۱۴۵).

سپس خاکستر به دست آمده از این روش، در کوره خاصی که تکلیس (کوره رنگ) نام دارد و لوله‌ای داشته که از زیر حرارت می‌بیند، پخته می‌شود تا کلسینه شود. هر بار حدود ۵ تا ۷ کیلوگرم از این خاکستر را در کوره با به هم زدن آن با سیخ کلسینه^۱ می‌کنند و شمش‌های ۵ کیلوگرمی شخار پس از آن انبار می‌شوند (همان).

علی محمد اصفهانی نیز در این خصوص معتقد است که قلیا از خاکستر گیاه شورای (شوره) بیابانی به دست می‌آید و ذکر می‌کند که در نایین و اردستان نمونه‌های بسیار

۱. حرارت دادن مواد مختلف تا قبل از رسیدن به دمای ذوب آن‌ها را گویند. این عمل باعث می‌شود تا رطوبت در ماده مورد نظر از بین رفته و باعث تصفیه مواد جامد شده و حتی باعث می‌شود تا مواد سخت مانند سیلیس پس از کلسینه شدن راحت‌تر نرم شوند.

خوب، از این شورا به دست می‌آید. وی در خصوص نحوه آماده کردن این گیاه شورا چنین شرح می‌دهد:

مقداری از قلیایی را که پیشتر گفتیم بردار {آنچه پیشتر اشاره کرده همان خاکستر شوراهای بیابانی است}. در فیتیلجه {پاتیلچه‌ای} بگذار و در آتش قرار ده و بجوشان (هرچقدر که لازم است، آب اضافه کن) پس از جوشیدن آن را در کاسه‌ای سفالین بریز و تمام شب آن را رها کن. صبح روز بعد بر سر جوهر قلیا بلورهای شاخه شاخه‌ای مبینی شبیه نبات یا برف زمستان. این جوهر که استاد ما بدان جوهر قلیا می‌گفت، را بردار... (اصفهانی، ۱۳۹۱: ۳۳۳).

در باره شخار، دو نکته جالب توجه نیز وجود دارد. یکی از آن‌ها در باره مخلوط کردن گیاه شورا و اشنان است بدین صورت که آلان نقل می‌کند که نسخه‌های خطی و رساله‌های پس از کاشانی معتقدند «ترکیب نمودن دو گیاه اشنان و شورا باعث تخریب و از بین رفتن لعاب می‌شود» (Allan, 1973: 116) و اولمر نیز به منظور تأیید این موضوع به میزان کمتر قلیا در گیاه شورا نسبت به گیاه اشنان اشاره دارد، در عین حال که اولمر معتقد است شخار نباید پیش از استفاده به هیچ وجه آب ببیند یا شسته شود (Olmer, 1908: 44-45). اما در این باره دو نکته باید گفت که در هیچ یک از متون پس از کاشانی در خصوص ساخت لعاب یا مینا به موضوع ترکیب کردن یا نکردن گیاهان شورا و اشنان اشاره نشده است. تنها می‌توان گفت در متونی مانند الصیدنه ابوریحان بیرونی و رساله علی محمد اصفهانی به گیاه شورا یا شوره بیابانی اشاره شده است و مابقی متون اشنان را گیاه اصلی برای ساخت لعاب‌های قلیایی گفته‌اند. همچنین در خصوص شستن یا آب دیدن خاکستر گیاهان برای ساخت لعاب بازهم در متن الصیدنه و رساله علی محمد اصفهانی به حضور آب در ساخت شخار اشاره شده است و در مابقی دستورالعمل‌ها اشاره به آب وجود ندارد. لذا پس از بررسی متون دوره اسلامی در خصوص ساخت لعاب‌های قلیایی سؤالات جدیدی در پژوهش حاضر مطرح گردید که در ادامه به آنها اشاره می‌شود:

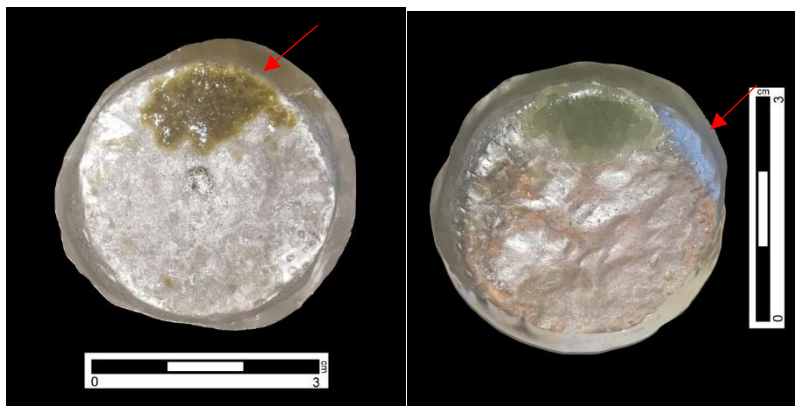
- آیا تمام موارد مذکور در متون دوره اسلامی منجر به تولید شیشه یا لعاب می‌شود؟

- اگر جواب سؤال نخست مثبت بود آنگاه تفاوت شیشه یا لعاب ساخته شده از طریق گیاه اشنان با گیاه شورا در چیست؟

- آنچه در خصوص ترکیب کردن این دو گیاه و تذکری که در مقاله آلان به عنوان تذکری از متون پس از کاشانی آورده شده، تذکری به جا است و ترکیب کردن این دو گیاه منجر به تخریب لعاب یا شیشه خواهد شد؟ اما مورد آخر تفاوت بین استفاده از آب هنگام آماده سازی خاکستر گیاه برای لعاب است.
- آیا استفاده از آب که در برخی از متون آمده و در برخی دیگر خیر، می تواند در تولید لعابی بهتر مفید باشد یا خیر؟

برای پاسخ دادن به سؤالات فوق در ادامه پژوهش حاضر پژوهشگران بر اساس دستورالعمل های ذکر شده در متون دوره اسلامی که در بالا شرح آن داده شد ماده قلیا را با دو گیاه شورا و اشنان که در متون به عنوان بهترین گیاهان برای تولید لعاب قلیایی آورده شده اند، ساخته اند. بر این اساس خاکستر هر دو گیاه بر اساس دو دستورالعمل متفاوت آماده گردید، نخست با توجه به دستورالعملی که در بیشتر متون آورده شده بود و به خصوص در دوره قاجار مورد استفاده بود (وولف، ۱۳۷۲: ۱۴۵) و دوم بر اساس دستورالعملی که ابوریحان بیرونی نوشته بود (بیرونی، ۱۳۸۳: ۸۲۶)، تفاوت اصلی در این دو دستورالعمل استفاده کردن یا نکردن از آب هنگام آماده کردن خاکستر بود. همچنین بر اساس متون دوره اسلامی، در بیشتر موارد مقدار خاکستر گیاه (شخار) را با مقدار عامل سیلیس (سنگ چخماق یا شکر سنگ) یکی دانسته اند یا کمی شخار را بیشتر در نظر گرفته اند (کاشانی، ۱۳۴۵: ۳۴۰). در این پژوهش نسبت ۱ به ۱/۲ به ترتیب برای سیلیس و شخار در نظر گرفته شد. یکی ترکیب خاکستر اشنان و سیلیس و دیگری ترکیب خاکستر شورا و سیلیس بود. پس از قرار دادن ترکیب حاصله در اجاق با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت و خشک شدن کامل ترکیب فوق ابتدا هر دو ترکیب تا دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد حرارت دیدند. نتایج آن در شکل ۱ قابل مشاهده است که هر دو مورد به تولید شیشه یا مینا که در متون هم آمده بود منجر گردید. اما نکته مهم در خصوص شیشه ها تفاوت رنگی موجود در آنها بود که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است. بدین صورت که تفاوت در خاکستر گیاهان استفاده شده برای ساخت لعاب قلیایی می تواند منجر به تفاوت در رنگ شیشه یا لعاب به دست آمده گردد. این موضوع را می توان به دلیل تفاوت در ماهیت شیمیایی مواد قلیایی یا شخارهای مورد استفاده دانست که در ادامه در باره آن بحث خواهد شد. در متون مربوط به دوره آشور به ساخت لعاب قلیایی با گیاهان اشاره شده است (Oppenheim, 1970; Brill,)

(1972) و رنگ مورد نظر حاصل شده از این طریق که نوعی شیشه پایه برای ساخت دیگر شیشه‌ها هم بوده، با تأکید در متون آشوری، رنگ زرد کهربایی بوده است (Thavapalan, 2019: 369). رنگی که در نهایت طی بازسازی انجام شده در این پژوهش، با شیشه‌ای که از طریق گیاه اشنان ساخته شده بود به دست آمد و کاملاً متفاوت از رنگ به دست آمده از شیشه ساخته شده با گیاه شورا بود که در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد رنگی حدوداً آبی داشت.



الف

ب

شکل ۱. شیشه‌های قلیایی ساخته شده بر اساس دستورالعمل متون دوره اسلامی؛ الف، شیشه ساخته شده با گیاه اشنان؛ ب، شیشه ساخته شده با گیاه شورا

برای سنجش و مقایسه دو گیاه شورا و اشنان در ساخت لعاب یا شیشه، بر روی شیشه‌های ساخته شده و حرارت دیده تا دماهای ۸۰۰، ۱۱۰۰ و در نهایت ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد آنالیز XRD انجام شد. دلیل انتخاب این دو درجه حرارت آن است که بر اساس مطالعات انجام شده اینها دماهای در دسترس در سده‌های میانه بوده‌اند (Gradmann, 2016: 109). درجه حرارت ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد نیز به منظور بررسی ویژگی‌های شیشه تولیدی در دماهای بالاتر بود. برای مقایسه شیشه‌های تولیدی در سه دمای فوق از آنالیز XRD استفاده شد. اما آنالیز XRD یا پراش اشعه ایکس روشی است که برای مطالعه کریستال و آمورف در مواد جامد به کار می‌رود و یکی از ابزارهای مناسب برای مطالعات مرتبط با تاریخ علم یا فناوری می‌تواند باشد (Artioli, 2013).

اما سؤال مهم دیگر در باره ترکیب کردن این دو گیاه بود که در متون پس از کاشانی به آن اشاره شده بود (به نقل از Allan, 1973: 116). همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، مقدار آمورف در نمونه‌ای که شورا و اشنان باهم ترکیب شده‌اند کمتر از مقدار اشنان به تنهایی است ولی از میزان شورا به تنهایی بیشتر است. این یعنی فاز شیشه حاصل از ترکیب دو گیاه از فاز شیشه‌ای حاصل از اشنان کم‌تر بوده ولی از فاز شیشه‌ای حاصل از شورا بیشتر است. پس چرا آلان اشاره می‌کند که در نسخ پس از کاشانی به این موضوع اشاره شده که نباید دو گیاه باهم ترکیب شوند و اولمر هم برای پاسخ به این نکته اشاره می‌کند که اضافه کردن علف شور به اشنان و ترکیب کردن آنها باعث از بین رفتن لعاب می‌شود که دلیل او هم به نظر به خاطر کم بودن خاصیت قلیایی گیاه شورا است (Olmer, 1908: 44-45). به هر روی این نکته تنها در مقاله آلان آمده و در هیچ یک از نسخه‌ها و رساله‌های کاشانی و پس از او نویسندگان این پژوهش موردی را که به این موضوع اشاره داشته باشد نیافته‌اند. همچنین ترکیب دو گیاه مذکور باز هم منجر به شکل‌گیری شیشه و فاز آمورف می‌شود. اما آنچه آلان می‌گوید و اولمر هم به آن پاسخ می‌دهد از کجا نشأت می‌گیرد؟ آیا آن‌ها نسخه‌ای خاص را در اختیار داشته‌اند که اکنون در دسترس نیست؟ به هر روی آنچه در این پژوهش مشخص شد آن است که ترکیب دو گیاه شورا و اشنان باعث از بین رفتن لعاب یا فاز شیشه‌ای نمی‌شود و اتفاقاً منجر به شکل‌گیری شیشه با مقدار قابل توجهی فاز آمورف خواهد شد. حال لازم است تا یک بار دیگر به بررسی دقیق‌تر متن ابوالقاسم کاشانی در خصوص ماده پنجم استفاده شده در ساخت لعاب یعنی شخار پرداخته شود. همان‌طور که پیشتر گفته شد کاشانی در مورد این ماده در ترکیب لعاب چنین می‌آورد:

پنجم شخار باشد که آن را قلیه گویند به اعتبار آنکه اشنان به حد کمال نمونه سپیده آن را خالص بسوزانند به غیر آنکه به شوره مختلط باشد. چه آن مانند اشنان است و بهترین شخار آن باشد که چون بشکنند میانش سرخ قام تیز بوی بود (کاشانی، ۱۳۸۶: ۳۳۹).

آلان در باره این بخش چنین می‌نویسد:

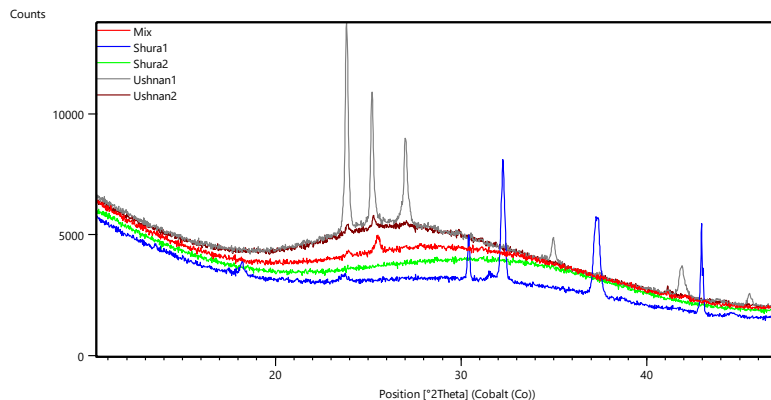
شخار که به آن قلیه می‌گویند از سوختن گیاه کاملاً رسیده و خالص اشنان حاصل می‌شود. این گیاه نباید با گیاه شوره که به گیاه اشنان شباهت دارد ترکیب شود؛ زیرا آن را خراب می‌کند. بهترین نوع شخار آن است که وقتی آن را

می‌شکنند و وسطش به رنگ قرمز باشد و بوی تیزی از آن به مشام برسد (Allan, 1973: 112).

اما با دقت بیشتر بر این بخش از متن کاشانی می‌توان دریافت که کاشانی به خراب شدن لعاب در صورت ترکیب اشنان و شوره اشاره نکرده است. اتفاقاً آنچه از این متن استنباط می‌شود آن است که شوره هم مانند اشنان منجر به لعاب می‌شود زیرا بسیار شبیه به اشنان است. نکته مهم در این بخش از رساله کاشانی در مفهوم «به غیر آنکه» است. در لغت‌نامه دهخدا واژه‌های «به غیر» و «غیر از» هم معنی با واژه‌هایی مانند «مگر»، «به جز آنکه» و «الا آنکه» آمده است (دهخدا، ۱۳۷۷) که همگی آن‌ها هم معنی با «به استثنای» هستند. حال اگر با این توضیح به متن توجه کنیم، آنچه از آن برداشت خواهد شد بدین صورت است:

شخار که به آن قلیه می‌گویند از سوختن گیاه کاملاً رسیده اشنان حاصل می‌شود به شرط آنکه این گیاه کاملاً خالص و بدون مخلوط نمودن با ماده یا گیاه دیگری سوخته شود؛ به استثنای آنکه (مگر آنکه) با شوره مخلوط باشد، چراکه شوره شبیه به اشنان است (در لعاب‌سازی خواصی شبیه به اشنان دارد)

بدین ترتیب می‌توان از یک اشتباه در فهم رساله کاشانی سخن گفت که از سال ۱۹۷۳ م تاکنون بارها در مقالات و پژوهش‌های مختلف تکرار شده است.



شکل ۲. نمودار XRD بر روی نمونه شیشه‌های تولیدی بر اساس متون کهن با گیاه اشنان، شورا و ترکیب آن‌ها

اما سؤال دیگری که در ابتدای همین بخش آمد در باره نحوه آماده‌سازی خاکستر گیاهان به عنوان شخار یا عامل قلیا در لعاب است. که در برخی از متون به استفاده از آب اشاره شده و در برخی دیگر خیر. در عین حال که می‌بایست درصد کمی عناصر موجود در هریک از خاکسترها نیز بررسی شوند تا شناخت دقیق‌تری از متون و رساله‌های لعاب‌های قلیایی حاصل گردد.

از این رو مقداری گیاه شورا و اشنان از حاشیه کویر مرکزی ایران و در حد فاصل میان استان‌های اصفهان و قم که مورد نظر و توجه بسیاری از متون هم بود جمع‌آوری گردید. گیاهان فوق به شیوه‌های گفته شده توسط ابوریحان بیرونی و وولف آماده و خاکستر شدند. سپس خاکسترهای به دست آمده به منظور انجام آنالیز ICP-MS به آزمایشگاه فرستاده شد. آنالیز ICP-MS یک آنالیز کمی است که مقدار عناصر موجود در هر نمونه را به صورت درصد یا ppm در اختیار پژوهشگران می‌گذارد. از این رو می‌تواند نتایج آنالیز ICP-MS نشان از آن دارد که در دو گیاه اشنان و شورا که با روش هنرمندان قاجار آماده شده‌اند درصد سدیم (Na) و پتاسیم (K) به عنوان دو عامل قلیا در لعاب بسیار بالا است. البته درصد پتاسیم در خاکستر شورا و اشنانی که به روش صنعت‌گران قاجاری طبق کتاب وولف آماده شده بودند، در مقایسه با اشنانی که با روش مطرح شده در کتاب الصیدنه ابوریحان بیرونی و برخورد آب با خاکستر آمده بسیار بیشتر است (جدول ۱). پس در اینجا به نظر می‌رسد تذکر اولمر کاملاً به جا بوده و خاکستر این گیاهان نباید به هیچ وجه با آب تماس داشته باشد یا شسته شود (Olmer, 1908: 44-45). مگر آنکه هنرمند یا صنعت‌گر هدف خاصی از این کار داشته و عمداً به دنبال کم کردن مقدار پتاسیم در لعاب بوده است. اما در حالت کلی درصد بسیار بالای سدیم و پتاسیم به عنوان عوامل قلیا در خاکسترهای گیاهان مورد مطالعه نشان از آن دارد که وجود خاکستر این گیاهان در لعاب می‌تواند مفید بوده و باعث شکل‌گیری لعاب قلیایی شود. نتایج آنالیز در جدول ۱ قابل مشاهده است که در این بین می‌توان به تفاوت‌های موجود بین اشنان و شورا هم توجه داشت.

Compound	اشنان	شورا	اشنان طبق دستورالعمل کتاب الصیدنه
Ag (ppm)	1.99	1.72	<0.5
Al (ppm)	576.54	973.37	485.52
As (ppm)	22.33	2.96	14.58
B (ppm)	2319.09	4250.86	2355.20

Ba (ppm)	7.95	48.97	8.52
Ca (ppm)	>10000	>10000	5579.22
Cr (ppm)	1.91	<0.5	<0.5
Cu (ppm)	5.97	3.33	2.29
Fe (ppm)	698.81	232.82	40.03
Ga (ppm)	<0.5	2.26	<0.5
K (ppm)	>10000	>10000	3678.02
Li (ppm)	2.10	3.06	1.75
Mg (ppm)	3449.30	3474.23	1508.52
Mn (ppm)	66.60	262.89	68.14
Mo (ppm)	<0.5	0.86	<0.5
Na (ppm)	>10000	>10000	>10000
Nb (ppm)	<0.5	<0.5	<0.5
Nd (ppm)	<0.5	<0.5	<0.5
Ni (ppm)	<0.5	1.58	<0.5
P (ppm)	664.02	665.81	252.98
Pb (ppm)	<0.5	<0.5	1.69
Rb (ppm)	3.92	15.37	4.81
S (ppm)	1601.39	2237.97	4373.08
Sr (ppm)	389.66	678.69	288.76
Ti (ppm)	9.73	56.34	14.41
V (ppm)	4.63	5.27	3.05
Zn (ppm)	151.09	35.22	46.85
Zr (ppm)	6.96	36.94	6.81

جدول ۱. نتایج آنالیز ICP-MS بر روی خاکستر گیاهان اشنان و شورا

کاربرد شخار در ساخت لعاب به عنوان دگرگون‌ساز در متون دوره اسلامی دگرگون‌سازها یا فلاکس‌ها در لعاب‌سازی نقش گدازآوری دارند و باعث می‌شوند تا نقطه ذوب سیلیس پایین آمده و در نهایت لعاب شکل بگیرد. در لعاب‌های قلیایی، اکسیدهای سدیم و پتاسیم، به عنوان دگرگون‌ساز یا فلاکس در لعاب عمل می‌کنند که عامل اکسیدهای سدیم و پتاسیم در لعاب بر اساس متون کهن همان‌طور که گفته شد شخار است. در بین متون مورد مطالعه، در دو رساله جواهرالصنایع و مجموعه الصنایع، به استفاده از شخار در لعاب بارها اشاره شده است. لذا در ادامه به آن‌ها پرداخته خواهد شد؛ دو رساله مجموعه الصنایع و جواهرالصنایع از نظر متن شباهت زیادی به یکدیگر

دارند، در این خصوص مرحوم دانش‌پژوه معتقد است که مجموعه الصنایع همان جواهر الصنایع بوده و نویسنده آن را میریحیی حکیم فیلسوف مغربی معرفی می‌کند و تاریخ نگارش آن را حدود سده ۱۰ و ۱۱ هجری قمری معرفی کرده و معتقد است که این نسخه ترجمه ترکی هم دارد (دانش‌پژوه، ۱۳۵۶: ۱۶-۳۵). متأسفانه هیچ یک از دو متن مجموعه الصنایع و جواهرالصنایع تاکنون تصحیح نشده‌اند و آنچه در اینجا آمده بر اساس نسخ خطی آن‌ها بوده است. اگر به بخش ساختن مینا در هر دو نسخه پرداخته شود، می‌توان به شباهت‌های بسیار آن‌ها پی برد اما شاید تفاوت‌های کوچک میان این دو نسخه در ساخت لعاب سبز که از شخار نیز در ساخت آن سخن رفته بتواند تقدم و تأخر این دو نسخه را روشن کند. در اینجا شیوه ساخت لعاب سبز بر اساس نسخه معروف به جواهر الصنایع آورده می‌شود، سپس به تفاوت‌های آنها پرداخته خواهد شد:

بیارند سنگ بلور کشمیری آتش‌گیر پاک و روشن و بی‌رگ بر سنگ سماق کرده خورد بسایند به مبالغه تمام چنان که در چشم نخلد به نوعی که در عمل یاقوت گفته شد مدبر سازند آنگاه بیارند از بلور مدبر ده جزو اشخار سوده و پخته یک جزو راسخ یک جزو سفیده ارزیز یک جزو و جمله را به هم آمیزند و در بوته کنند و پایین بوته را سوراخ کنند و به بوته دیگر وصل کنند چنانچه از بوته اول بر بوته زیرین بچکد و بر یکدیگر استوار کنند (جواهرالصنایع: ۱۷).

اگر این دستور ساخت مینای سبز رنگ با همین عنوان در کتاب مجموعه الصنایع مقایسه شود مشخص خواهد شد که تفاوت اندکی در دستور ساخت وجود دارد. زیرا در مجموعه الصنایع مقدار شخار پنج جزو آمده، مس سوخته یا راسخ یک جزو و سفیده ارزیز هم پنج جزو آمده است (مجموعه الصنایع: ۶۱). همان طور که مشخص است هرچند مواد مورد استفاده در هر دو دستور مانند بسیاری دیگر از دستورات این دو نسخه یکسان است اما میزان یا درصد ترکیب مواد با یکدیگر تفاوت دارد. آیا این تفاوت‌ها در میزان مواد به حدی است که بتوان گفت این دو متن تألیف دو نویسنده متفاوت هستند؟ لازم است برای پاسخ به این سؤال بخش‌های دیگری از این دو متن نیز با یکدیگر مقایسه شوند. بدین منظور به بررسی مینای آبگون پرداخته خواهد شد که در هر دو نسخه ذکرش رفته و شخار در این مینا نیز از مواد اصلی است و در جواهر الصنایع به این صورت آمده است:

بیارند بلور مدبر ده جزو و سفیده ارزیز خالص دو جزو و اشخار یک جزو بر یکدیگر آمیزند و به همان طریق مذکور عمل کنند. چون از بوته بیرون آرند مینای آبگون لطیف روشن برآید... (جواهرالصنایع: ۱۸).

اما دستوری که در مجموعه الصنایع آمده بازهم تفاوت‌هایی دارد از جمله پنج جزو سفیده ارزیز به جای دو جزو و مهم‌تر از آن رنگ نهایی است که نویسنده مجموعه الصنایع پیشنهاد می‌دهد، بدین صورت «مینایی آبگون و لطیف و روشن به رنگ آسمان...» (مجموعه الصنایع: ۶۵). در اینجا به نظر می‌رسد که نویسنده مجموعه الصنایع اطلاعاتی از تکنیک‌های ساخت لعاب نداشته و صرفاً از کتاب جواهرالصنایع رونوشت برداشته است. زیرا دستوری که برای مینای آبگون در هر دو نسخه آمده همان لعاب شفاف و روشن است و مؤلف مجموعه الصنایع احتمالاً معنای آبگون را در اینجا اشتباه متوجه شده و آن را به رنگ آبی تعبیر کرده است اما با چنین دستوری در لعاب‌سازی رنگ آبی آسمان به دست نخواهد آمد و طبق گفته کتاب جواهرالصنایع رنگ به دست آمده رنگی روشن و براق خواهد بود که به آن در اصلاحات امروزی ترنسپرنت نیز می‌گویند.

در این بین باید به کتاب کشف الصنایع نوشته علی حسینی و مربوط به عصر قاجار نیز اشاره کرد که به نظر می‌رسد مطالب مربوط به ساخت لعاب را در آن می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. نخست بخشی که لغات فرنگی^۱ در ساخت انواع رنگ‌های لعاب آورده شده، لغاتی مانند اکسائیداف کوبالت، فلکس و ردلید که نشان از برداشت این دستورات از متونی به زبان احتمالاً فرانسوی است. اما بخش دوم به نظر رونوشتی از کتاب جواهرالصنایع است. برای مثال در شیوه ساختن مینای سبز، مانند آنچه در جواهرالصنایع و مجموعه الصنایع نقل شده در این متن هم آمده و تنها تفاوت‌های اندکی با آنها دارد. تفاوت مشاهده شده در به‌کار بردن واژه روی سوخته است که اتفاقاً این واژه مترادف مس سوخته است که در کتاب جواهرالصنایع هم آمده بود. ضمن آنکه در این دستور ساخت مانند جواهرالصنایع میزان شخار ده جزو آمده است (حسینی، ۱۳۷۲: ۳۴). مایل هروی نیز معتقد است که مؤلف کشف الصنایع به کتاب مجموعه الصنایع نظر داشته و حتی بخش‌هایی را نیز از آن اقتباس کرده است (مایل هروی، ۱۳۷۲:

۱. مؤلف این کتاب می‌نویسد که با زبان فرانسوی که زبان خارجی رایج عصر قاجار بوده آشنای بوده است (افکاری، ۱۳۷۲: ۱۶).

(۱۸۱). در بخش نخست ساخت لعاب در این رساله که کلمات فرنگی هم بسیار به کار رفته است به استفاده از شخار یا قلیا هیچ اشاره‌ای نمی‌شود و به نظر می‌رسد بیشتر لعاب‌های بخش نخست از گونه‌های پایه سربی هستند که در آن‌ها عملاً اکسید سرب به عنوان دگرگون‌ساز در لعاب حضور دارد.

رابطه لعاب و کیمیاگری

به نظر می‌رسد می‌توان تولید لعاب را بخشی از علم کیمیا در علوم قدیم دانست زیرا در تولید لعاب توجه در تمامی متون دوره اسلامی به ترکیب اکسیدهای فلزی گوناگون برای دستیابی به رنگی خاص بر روی لعاب است. موضوعی که به صورت صبغ (رنگ کردن یا رنگ نشانی) در علم کیمیا ظاهر شده و اصلاً از اهداف اصلی این علم است. در باره صبغ یا رنگ نشانی در لعاب به طور مثال می‌توان به رنگ لاجوردی در لعاب بر اساس دستور تفلیسی اشاره کرد که با ترکیب سپیداب اسرب و سنگ آهن چینی سوده به دست می‌آید (تفلیسی، ۱۳۳۶ : ۳۳۱). این دستورالعمل با چینی‌های آبی و سفید آنالیز شده به روش‌های SEM-EDS و EPMA مربوط به سلسله مینگ در چین بسیار شباهت دارد (Wang et al., 2016) یا رنگ فیروزه‌ای که تقریباً در تمامی متون مربوط به ساخت لعاب در دوان اسلامی به زنگار فلز مس به عنوان عامل اصلی رنگ فیروزه‌ای در لعاب اشاره شده است (اصفهانی، ۱۳۹۱ : ۳۳۶؛ مجموعه الصنایع : ۲۲) و استفاده از مس به عنوان عامل اصلی رنگ فیروزه‌ای در لعاب‌های دوره تاریخی ایران، با آنالیز SEM-EDS شناسایی شده است که مس در لعاب‌های پایه قلیایی عامل رنگ فیروزه‌ای بوده و در لعاب‌های پایه سربی عامل رنگ سبز بوده است (Holakoei, 2013: 771). در رنگ زرد نیز نیشابوری از به کاربردن مرقشیشای دهبی (دی سولفید آهن- FeS_2) و سنگ زرنیخ (سولفید آرسنیک- As_2S_3) برای تولید این رنگ یاد می‌کند (نیشابوری، ۱۳۸۳ : ۳۴۷). همان‌طور که مشاهده شد در تمامی موارد گفته شده در متون هماهنگی کامل عامل رنگ‌زای اشاره شده در متون با آنالیزهای شیمیایی لعاب‌های دوره اسلامی در ایران یا سرزمین‌های همجوار است.

نتیجه

متون دوره اسلامی، از منابع دست اول برای باززنده سازی لعاب‌سازی سنتی ایرانی هستند. در این پژوهش سعی شد تا لعاب قلیایی ایرانی بر اساس متون بازسازی شود. در نهایت آنچه در این پژوهش حاصل شد شیشه‌های قلیایی بودند که با دستورالعمل‌های

متون و رساله‌های دوره اسلامی کاملاً تطبیق داده شدند و نتیجه موفقیت از تولید لعاب یا شیشه بر اساس متون گذشته بود. شیوه‌ای که سعی شد در این پژوهش به آن پرداخته شود استفاده از آنالیزهای مختلف بود. آنالیزهایی که بیشتر مورد توجه و استفاده رشته‌های علوم پایه یا مهندسی هستند اما می‌توان از آن‌ها برای پاسخ دادن به بسیاری از سؤالات مرتبط با تاریخ یک علم یا فناوری نیز استفاده کرد. علی‌رغم آنکه در دنیا استفاده از چنین آنالیزهایی برای مطالعه تاریخ علم و فناوری کاملاً جایگاه خود را یافته است. از آنجا که متون امکان بازسازی یک علم یا فناوری را فراهم می‌کنند پس علم یا فناوری بازتولید شده نیازمند راستی‌آزمایی یا حتی کاربردی سازی است. بدون شک این‌ها بخشی از مطالعات مرتبط با تاریخ علم و فناوری هستند. در عین حال که بسیاری از فناوری‌های گذشتگان، به صورت ماده فرهنگی از طریق کاوش و بررسی‌های باستان‌شناسی اکنون در اختیار پژوهشگران است.

واکاوی تاریخ ساخت لعاب قلیایی .../۲۴۱

منابع

- اصفهانی، علی محمد. (۱۳۹۱ش). «رساله علی محمد اصفهانی در فن کاشی کاری». ترجمه سعید خودداری نایینی، مجله مزدک نامه، دوره پنجم، ۳۳۰-۳۴۲.
- افکاری، فریبا. (۱۳۷۴ش). تصحیح نسخه خطی کشف الصنایع نگارش حسینی. پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته علوم کتابداری و اطلاع رسانی، دانشگاه تهران، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی.
- انوشفر، مهدی و عربعلی، شروه. (۱۳۷۸ش). لعاب، کاشی سفال. تهران: انتشارات جاودان خرد. برهان، محمد حسین بن خلف تبریزی. (۱۳۳۰ش). برهان قاطع. تصحیح محمد معین. تهران: نشر زوار.
- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۸۵ش). صیدنه. به کوشش منوچهر ستوده و ایرج افشار. تهران: افست. _____ . (۱۳۴۷ش). الجواهر فی المعرفة الجواهر. تحقیق یوسف الهادی. تهران: نشر علمی و فرهنگی.
- تفلیسی، حبیبش. (۱۳۳۶ش). بیان الصناعات. تصحیح ایرج افشار. تهران: نشر بنیاد فرهنگ ایران زمین.
- جوادی، علیرضا. (دی ۱۳۹۷ش). «بررسی شرایط بهینه لیچینگ کبالت معدن گلستان قمصر». دومین کنفرانس ملی مهندسی مواد، متالورژی و معدن، دانشگاه شهید چمران اهواز. _____ . (بی تا). جواهر الصنایع. کتابخانه مجلس شورای اسلامی، شماره بازیابی ۲۸۴۹.
- جوهری نیشابوری، محمد ابن ابی البرکات. (۱۳۸۳ش). جواهرنامه نظامی. تصحیح ایرج افشار. تهران: نشر میراث مکتوب.
- دانش پژوه، محمدتقی. (۱۳۵۶ش). «رنگ سازی در کاغذ و رنگ زدایی از آن». هنر و مردم، شماره ۱۸۱، ۳۵-۱۶.
- روح فر، زهره و نیستانی، جواد. (۱۳۹۰ش). ساخت لعاب زرین فام در ایران، بر اساس مطالعات تاریخی و پژوهش های آزمایشگاهی. تهران: نشر آرمان شهر.
- شاطری، میترا و حیدری، زهرا. (پاییز و زمستان ۱۳۹۴ش). «سفال گونه نقاشی زیر لعاب با استناد به کتاب عرایس الجواهر و نفایس الاطایب». نگارینه هنر اسلامی، دوره ۲، شماره ۷/۸، ۴۱-۳۰.
- عابد اصفهانی، عباس و هولاکویی، پرویز. (پاییز و زمستان ۱۳۸۵ش). «بررسی عملی تکنیک ایجاد تزیینات زرین فام بر روی لعاب های دوره اسلامی». مطالعات هنر اسلامی، دوره ۳، شماره ۵، ۱۶۹-۱۵۵.
- کاشانی، ابوالقاسم عبدالله علی ابن محمد ابن ابی طاهر. (۱۳۴۵ش). عرایس الجواهر و نفایس الاطایب. تصحیح ایرج افشار. تهران: نشر انجمن آثار ملی.

۲۴۲ / تاریخ علم، دوره ۱۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰

کوهکن، رضا و جوهرچی، محمد. (پاییز و زمستان ۱۳۹۸ش). «سر اسرار کیمیای رازی تأملی بر دو مفهوم بنیادین صیغ و اکسیر در سنت صنعت». مجله تاریخ علم، دوره ۱۷، شماره ۲، ۳۴۱-۳۰۵.

مایل هروی، نجیب. (۱۳۷۲ش). کتاب آرابی در تمدن اسلامی: مجموعه رسائل در زمینه خوشنویسی، مرکب‌سازی، کاغذگری، تذهیب و تجلید. ۲ جلد. مشهد: نشر آستان قدس رضوی و بنیاد پژوهش‌های اسلامی.

_____. (۱۰۹۶ق). مجموعه الصنایع. کتابخانه مجلس شورای اسلامی، شماره بازیابی ۱۲۳۳۸۱۰.

مقدم حیدری، غلام‌حسین و کاوسی رحیم، علی. (پاییز و زمستان ۱۳۹۵ش). «جایگاه تجربه و آزمون در منظومه کیمیایی حسن بن زاهد کرمانی» مجله تاریخ علم، دوره ۱۴، شماره ۲، ۲۰۱-۲۱۹.

مختاری، زهره و شفیعی سرارودی، مهنوش و امینی، یوسف. (زمستان ۱۳۹۶ش). «بازساخت لعاب مینایی بر اساس متن جواهر نامه نظامی». هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی، دوره ۲۲، شماره ۴، ۴۲-۳۳.

میرهادی، بهمن. (۱۳۸۰ش). مواد اولیه لعاب‌ها و رنگ‌های و محاسبه آن‌ها. تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

میرشفیعی، سیدمحمد و محمدزاده، مهدی. (پاییز و زمستان ۱۳۹۴). «فن شناسی و ساخت مینای زرین فام شیشه، بر اساس فرمول‌های کتاب «جواهر نامه نظامی». پژوهش باستان سنجی، سال اول، شماره ۲، ۲۷-۳۸.

میرشفیعی، سید محمد و باقرزاده کثیری، مسعود. (تابستان ۱۳۹۵ش). «مطالعه ساخت لعاب زرین فام بر اساس اولین فرمول کتاب جواهر نامه نظامی». مجله علوم و فناوری رنگ، دوره ۱۰، شماره ۲، ۷۱-۷۸.

نفیسی، علی اکبر. (۱۳۴۳ش). فرهنگ نفیسی (ناظم الاطبا). به مقدمه محمد علی فروغی. تهران: کتاب فروشی خیام.

وولف، هانس ای. (۱۳۷۲ش). صنایع دستی کهن ایران. ترجمه سیروس ابراهیم زاده. تهران: نشر انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.

یزدانی، ملیکا، امامی، سید محمد امین، احمدی، حسین و همکاران. (پاییز و زمستان ۱۳۹۶ش). «مطالعه شیوه ساخت و اجرای تزیینات برجسته و زراندود در سفال مینایی دوره میانی اسلامی در ایران». هنرهای صناعی ایران، دوره ۱، شماره ۱، ۲۰-۵.

Allan, J. W. (1973). "Abū'l-Qāsim's treatise on ceramics." *Iran*, 11(1), 111-120.

Artioli, G. (2013). "Science for the cultural heritage: the contribution of X-ray diffraction." *Rendiconti Lincei*, 24(1), 55-62.

- Barkoudah, Y., & Henderson, J. (2006). "Plant ashes from Syria and the manufacture of ancient glass: ethnographic and scientific aspects." *Journal of Glass Studies*, 297-321.
- Chavarría, J. (1999). *Glazing techniques*. Clarkson Potter.
- Cizer, S., Caliskan, P. (2013). "Reduced Pigment Lustres: Old Recipes New Experiments," Conference Presentation in ECERS, LIMOGES.
- Colomban, P., Tournié, A., De Montmollin, F. D., & Krainhoefner, F. L. (2010). "Vegetable ash as raw material in the production of glasses and enamels, for example the contemporary vegetable ashes from Burgundy," France. arXiv preprint arXiv:1012.1504.
- Gradmann, R. (2016). *Analysis of historical Islamic glazes and the development of a substitution material*.
- Hearinck Haerincq, E. (1997). Babylonia under Achaemenid rule. Mesopotamia and Iran in the Persian Period: Conquest and Imperialism, 539(331), 26-34.
- Holakooei, P. (2013). Technological study of the seventeenth century haft rang tiles in Iran with a comparative view to the cuerda seca tiles in Spain.
- Matin, M., Gholamnejad, M., & Abkenar, A. N. (2020). 'We must send you a sample'—a Persian–European dialogue: insights into late nineteenth-century ceramic technology based on chemical analysis of tiles from the Ettehadieh house complex, Tehran, Iran. Notes and Records.
- Metcalf, C. (2008). *New Ash Glazes from Arable Crop Waste: Exploring the use of straw from Pisum sativum (Combining Pea) and Vicia faba (Field Bean)* (Doctoral dissertation, University of Sunderland).
- Nagel Nagel, A. (2013). *Color and gilding in Achaemenid architecture and sculpture*. In The Oxford Handbook of Ancient Iran.
- Olmer Olmer, L. J. (1908). *Rapport sur une mission scientifique en Perse*, Imprimerie Nationale, Paris [in French].
- Shelby 2005Shelby, J.E. (2005). *Introduction to Glass Science and Technology* (2nd ed.). The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Wang, W., Zhu, J., Jiang, J., Xu, C., Wu, S., Guan, L., ... & Du, J. (2016). "Microscopic analysis of "iron spot" on blue-and-white porcelain from Jingdezhen imperial kiln in early Ming dynasty (14th–15th century)." *Microscopy research and technique*, 79 (11), 1123-1130.
- Wattanasiriwech, D., Polpuak, N., Danthaisong, P., & Wattanasiriwech, S. (2008). *Use of rice husk ash for quartz substitution in stoneware glazes*.