فصلنامه سرامیک ایران

بررسی تاثیر ترکیب لعاب پایه، افزودنی اکسید آهن، دما و نوع بدنه سرامیکی بر ویژگی‌های ظاهری لعاب آونتورین

مهرنوش شفیعی سرارودی*[1]، فاطمه چمنیان[2]

[1]دانشیار گروه صنایع دستی، دانشگاه هنر اصفهان

[2]کارشناس ارشد صنایع دستی، گروه صنایع دستی، دانشگاه هنر اصفهان

نویسنده مسئول:
دکتر مهرنوش شفیعی سرارودی
دانشگاه هنر اصفهان
mehrnooshshafie@yahoo.com

نوع مقاله: پژوهشی
صفحه‌های: ۵۵ تا ۶۹
شاپا چاپی: ۳۳۵۱-۱۷۳۵
شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷-۲۷۸۳
زبان نشریه: فارسی
دسترس‌پذیر در نشانی:
www.JICERS.ir

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۹/۲۱

DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5

چکیده: *لعاب آونتورین از جمله لعاب‌های درشت بلوری است که حاصل اشباع اکسید آهن در لعاب است. به طور کلی در لعاب‌های بلوری تشکیل بلورها نیازمند شرایط خاصی است، به همین دلیل هدف از این پژوهش بررسی عوامل موثر در ایجاد لعاب آونتورین حاصل از اکسید آهن، از جمله ترکیب، دما، شرایط پخت و بدنه مورد استفاده است. همچنین عوامل موثر در بهبود بلورهای آن مورد بررسی قرار گرفت. سوالی که مطرح می‌شود این است که هرکدام از عوامل ذکر شده چه تاثیری در تشکیل و یا بهبود ویژگی‌های لعاب آونتورین دارد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، تجربی است که به صورت آزمایشگاهی-کارگاهی انجام شده است. در این بخش مواد اولیه پایه که شامل سیلیس، کائولن، بوراکس و اکسید آهن متناسب با میزان تعیین شده به وسیله جارمیل با یکدیگر ترکیب شدند و در کوره الکتریکی پخته و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. روش تجزیه و تحلیل در آن به صورت توامان هم کمی و هم کیفی مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیل کمی در جهت بررسی مقادیر مواد مصرفی و تحلیل کیفی در بررسی ویژگی‌های بصری ایجاد شده در لعاب، مورد استفاده قرار گرفت. روش گردآوری داده‌ها در این پژوهش به شیوه کتابخانه‌ای در بخش مطالب نظری و مشاهده در بخش تولید لعاب است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بدنه‌هایی از جنس رس، بدنه‌هایی مناسب برای ایجاد لعاب آونتورین نیستند و درحالی که بدنه‌های خاکینه سفید پخت دما پایین پاسخ مطلوبی دارد. نوع و مقدار اکسید آهن مصرفی در ایجاد و بهبود بلورها در لعاب تاثیرگذار است. بهترین جلوه‌های آونتورین با دو اکسید آهن سیاه و قرمز حاصل شد. و می‌توان در مقدار اکسید آهن ۲۰ درصد و بالاتر، شاهد مطلوب‌ترین کیفیت بلورها از نظر اندازه و میزان درخشش بود، از نظر دما، مطلوب‌ترین لعاب‌ها از منظر حجم بلورها و درخشش آن‌ها، در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. مقدار مواد تشکیل دهنده پایه لعاب که شامل سیلیس، کائولن، اکسید بور و اکسید سدیم است بر کیفیت لعاب آونتورین موثر است و در پایه‌هایی که میزان کائولن آن‌ها کمتراست میزان رشد بلورها بهتر بود.*

کلمات کلیدی: *سرامیک، لعاب، لعاب درشت بلور، آونتورین، دلربا، اکسید آهن.*

۱- مقدمه

لعاب‌ها در طول دوران تولید و تحول خود از انواع بسیار زیاد و متنوعی برخوردار هستند. تغییرات در لعاب‌ها بستگی به عوامل مختلفی دارد که در این میان نوع مواد اولیه پایه لعاب، نوع مواد رنگزای مصرفی، دمای پخت لعاب، شرایط و نحوه پخت و اتمسفر کوره، از اهمیت به سزایی برخوردارند. این عوامل باعث شده که دسته بندی‌های مختلفی برای انواع لعاب چه به لحاظ مواد مصرفی و چه از نظر ظاهری بوجود آید مانند لعاب سربی، قلیایی و یا لعاب شفاف و مات. دسته‌ای از این لعاب‌ها که جزو لعاب‌های نوظهور در سال‌های اخیر هستند و در سفال‌های کهن شاهد آن نبوده‌ایم، لعاب‌های بلوری یا کریستالی است. این لعاب‌ها بسته به ابعاد و اندازه بلورهایی که بر سطح آن شکل می‌گیرد، به دو دسته ماکرو کریستالین و میکرو کریستالین قابل

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]
[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

تقسیم هستند. مواد مورد استفاده، «دمای کوره و نحوه سرد شدن لعاب از عوامل تاثیرگذار بر شکل‌گیری این لعاب‌ها است» [۱]. « لعاب دلربا نوعی از این لعاب‌های بلورین است که در دسته لعاب های میکروکریستال قرار می‌گیرد» [۱].

این لعاب بلوری بر پایه لعاب قلیایی بوری است که ویسکوزیته مذاب آن کم است. «هنگام سرد شدن مذاب لعاب، به خاطر قدرت حل کنندگی مذاب بر اثر کاهش دما، اکسید آهن که به صورت بلور فلزی هماتیت براق است، جدا شده و ظاهر می‌شود» [۲] . بلورهای کوچک تشکیل شده در این لعاب ذرات طلائی رنگ بر زمینه قرمز قهوه‌ای ظاهر می‌شوند. این لعاب از اشباع اکسید آهن در لعاب حاصل می‌شود ولی با استفاده از اکسید کروم، مس و اورانیوم نیز می‌توان لعاب‌های دلربا را تهیه نمود. «نام این لعاب از "کوارتز دلربا" گرفته شده است. کوارتز دلربا نوعی کوارتز بوده که دارای بلورهای میکا و هماتیت Fe_2O_3 (به عنوان ناخالصی) می‌باشد که به عنوان نوعی سنگ نیمه قیمتی در جواهرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد» [۳]. همچنین در جایی دیگر آمده است « لعاب آونتورین را شاید بعد از فلدسپار نامگذاری کرده باشند و همچنین (Sun Stone) هم نامیده شده است. معمولا این لعاب‌ها را می‌توان با پایه سربی و حرارت کم یا با لعاب‌های بدون سرب ولی حرارت ۱۱۵۰ تا ۱۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تهیه نمود [۴]. «در این لعاب اکسید آهن در حین پخت به صورت صاف در لعاب حل شده و پس از سرد شدن بلورهایی جدایش می‌کنند که بر خلاف سایر لعاب‌های بلوری، این بلورها در داخل لعاب به صورت دفن شده باقی می‌مانند» [۵]. برای تشکیل بلورهای قرمز در این لعاب لازم است که مقدار زیاد مواد قلیایی و سیلیس در کنار مقدار کم اکسید آلومینیوم قرار بگیرد. وجود بوراکس (B_2O_3) و اکسید سدیم تشکیل بلور را در این نوع لعاب‌ها افزایش داده و رنگ قرمز زیبایی به وجود می‌آورد. «اکسید آلومینیوم اثر تخریبی روی تشکیل این گونه بلورها می‌گذارد. اضافه کردن اکسید کلسیم، تشکیل بلورها را نامناسب می‌کند و بلورهای کمتری تولید می‌شوند. هرچه مقدار اکسید کلسیم افزایش یابد همزمان با آن رنگ بلورها به رنگ قهوه‌ای تمایل پیدا می‌کند. مقداری Na_2O_3 در لعاب عمل تبلور را مناسب‌تر می‌کند و هر قدر مقدار آن افزایش پیدا کند تشکیل بلور نیز بهتر و مناسب‌تر می‌شود، به طوری که محتوای یک مول از اکسید سدیم در طرف بازها بهترین لعاب آونتورین حاصل می‌شود» [۵].

«روی، روتایل، بیسموت و تیتان به گسترش و تاثیرات این لعاب کمک می‌کند [۱]. این نوع از لعاب به طور محدود در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد و علیرغم اینکه تعداد معدودی از هنرمندان از این لعاب استفاده می‌کنند اما اطلاعات علمی کافی و گسترده‌ای در این زمینه وجود ندارد. تحقیقات انگشت شماری که در این حوزه وجود دارد منجر به شناخت کافی از عوامل موثر در ایجاد آن نمی‌شود و راه را برای استفاده سایر هنرمندان هموار نمی‌سازد. لذا در این پژوهش به بررسی عوامل موثر در ایجاد لعاب دلربا حاصل از اکسید آهن پرداخته شده و همچنین عوامل موثر در بهبود بلورهای آن مورد بررسی قرار گرفته است. عواملی که به نظر می‌رسد در تشکیل و بهبود این لعاب‌ها موثر باشد، شامل مواد تشکیل دهنده پایه لعاب مانند سرب، قلیاها، اکسید بور و همچنین مقدار و نوع اکسید آهن است. از طرفی دما و شرایط پخت لعاب می‌تواند نقش موثری در ایجاد این لعاب داشته باشد. لذا آزمودن مواد پایه لعاب به همراه دما و شرایط پخت کوره از عوامل مورد بررسی در این تحقیق بوده است و به عنوان متغییرهای اصلی در نظر گرفته شده است. از طرفی ایجاد این لعاب در راستای استفاده از آن در خلق آثار سفالین خواهد بود. بنابراین سوال اصلی که مطرح شده این است که عوامل موثر در ایجاد لعاب آونتورین چه هستند و چگونه می‌توان در تزئین اشیاء سفالین از این لعاب استفاده کرد. در راستای این سوال، تاثیر مقدار و نوع اکسید آهن در ایجاد لعاب دلربا، تاثیر مواد پایه شامل سرب، سدیم و بور در ایجاد این لعاب، همچنین تاثیر دما و برنامه پخت کوره در ایجاد آن مورد کنکاش قرار گرفته است. در این پژوهش به دلیل آنکه ماهیت آزمایشی دارد و مولفه های مختلف تشکیل لعاب مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد، لذا در دسته تحقیقات تجربی قرار دارد. روش گردآوری داده‌ها به شیوه کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است. در بخش فعالیت‌های آزمایشگاهی مواد اولیه پایه که شامل سیلیس، کائولن، بوراکس و اکسید آهن متناسب با میزان تعیین شده به وسیله جارمیل با یکدیگر ترکیب شدند و در کوره الکتریکی پخته و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. لازم به ذکر است که مشاهدات این پژوهش با چشم غیر مسلح مورد بررسی قرار گرفته است چرا که در وادی هنر ما به دنبال چگونگی های قابل مشاهده در جهت بهبود نتایج حاصله هستیم. روش تجزیه و تحلیل به شیوه ترکیبی کمی و کیفی است.

در پایان انتظار می‌رود از مطالعات و آزمایش‌های متعدد انجام شده در حوزه این پژوهش بتوان شاهد کیفیات مطلوبی از لعاب دلربا با پوشش دهی کامل سطوح دربردارنده و کریستال‌هایی در ابعاد و اندازه مناسب، در دمای پایین‌تر از ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

دست یابیم.

تاکنون کتاب‌ها و مقالات فارسی زبان محدودی در خصوص لعاب دلربا به رشته نگارش در آمده است، در برخی منابع پیدایش لعاب آونتورین را به چین و در برخی به ژاپن نسبت داده‌اند. اولین پژوهش‌های علمی در حوزه لعاب آونتورین توسط دکتر مکلر (Maeckler) به کمک دکتر هنک (Heiecke) در رویال فکتری برلین انجام شد که در سال ۱۸۹۶ منتشر شد [۶]. جان بریت در سال ۱۳۹۷ به طور تخصصی به لعاب‌های کریستالین پرداخته است. این کتاب دارای بیش از پنجاه فرمول کاربردی ساخت لعاب‌های کریستالین است، در بخشی از این کتاب به لعاب دلربا اشاره شده و چگونگی دستیابی به این لعاب به طور مختصر شرح داده شده است، همچنین به فرمول فریت ۳۱۱۰ که فرمول پایه لعاب دلربا در دمای بین ۱۴۰۰تا ۱۷۰۰ درجه فارنهایت است اشاره شده است [۴]. همچنین قصاعی و خضرایی در سال۱۳۹۰، ویژگی‌های فنی لعاب از جمله ضریب انبساط حرارتی، ویسکوزیته و رفتار ذوب لعاب و خواص حرارتی آن به وسیله میکروسکوپ حرارتی و نوری مورد بررسی قرار داده‌اند [۷]. همچنین خضرایی در سال ۱۳۸۹ به طور مختصر به بدنه سرامیکی مورد استفاده وخواص مواد تشکیل دهنده لعاب دلربا وخواص لعاب‌ها مانند ویسکوزیته، کشش سطحی، انبساط حرارتی پرداخته است و ویژگی‌های فنی لعاب مورد بررسی قرار داده است، حال آن که در پژوهش حاضر وجه هنری و زیبایی شناسانه و حصول جلوه‌های جدید از لعاب دلربا از اولویت بیشتری برخوردار است [۸].

میر هادی در سال ۱۳۸۰ در بخش لعاب‌های بلوری کتاب خود به لعاب آونتورین اشارات مختصری کرده و چند نمونه فرمول برای دستیابی به لعاب آونتورین را آورده است که با توجه به دمای ذوب بالای آن‌ها در این پژوهش کاربرد چندانی ندارند [۲].

رحیمی و متین در سال ۱۳۸۲ در بخش لعاب‌های ویژه فاز بلوری کتاب خود، در قسمتی به معرفی لعاب‌های آونتورین پرداخته‌اند و اشاره کرده‌اند که این لعاب نوعی از لعاب‌های میکروکریستال است که ابعاد بلورهای آن از لعاب ماکروکریستال کوچکتر است و همچنین اشاره شده که این نوع لعاب بر اثر اشباع اکسید آهن در ترکیب لعاب به وجود می‌آید، ولی با استفاده از اکسید کروم، مس و اورانیوم نیز می‌توان لعاب‌های آونتورین را به وجود آورد. در پایان نیز به فرمول لعاب دلربا در دمای ذوب بالا اشاره شده‌است [۹].

عباسیان در سال ۱۳۷۰ به طور عمده به معرفی مواد اولیه لعاب‌ها و خواص آن‌ها پرداخته است، همچنین به تقسیم بندی لعاب‌ها و اکسیدهای رنگی و به طور مختصر به معرفی لعاب‌های بلوری پرداخته است که البته در آن اشاره‌ای به لعاب آونتورین نشده است [۵].

در خارج از ایران و در سطح بین‌المللی مقالات متعددی در زمینه لعاب آونتورین نگارش شده است، از جمله آن‌ها می‌توان به مقاله‌ای توسط آ. گزلبو و همکاران در سال ۲۰۰۶ اشاره کرد که به لعاب آونتورین در پایه لعاب سربی پرداخته‌اند، که می‌توان گفت این لعاب بلوری در این مقاله از دید مهندسان صنعت سرامیک مورد بررسی قرار گرفته است [۱۰]. همچنین فلیکس فرونلی در سال ۱۹۳۳ به بررسی متغیرها از جمله اکسید آهن و مواد پایه تشکیل دهنده لعاب و تغییر شرایط پخت بر اساس مخروط زگر در لعاب دلربا پرداخته است، که شامل نتایج سودمندی در راستای این پژوهش است [۶].

وجه تمایز پژوهش‌هایی که تاکنون صورت گرفته با پژوهش پیش رو این است که در پژوهش حاضر هدف بررسی عوامل اصلی تاثیرگذار بر لعاب دلربا که شامل مقدار سرب، سدیم و بور، مقدار و نوع اکسید آهن مصرفی، دما و برنامه پخت در کوره است می‌باشد که منجر به دستیابی به فرمول یا فرمول هایی متناسب با مواد اولیه موجود در ایران و با دمای نسبتا پایین‌تر است، چرا که بیشتر فرمول‌هایی که برای لعاب دلربا وجود دارد دارای دمای پخت حدود ۱۱۵۰تا ۱۱۸۰ درجه سانتی‌گراد هستند، همچنین بعضا مقالات ارائه شده، توسط مهندسان صنعت سرامیک بوده و وجه هنری و اجرا روی سطوح و بسترهای مورد نظر هنرمندان کمتر مورد توجه سازندگان این لعاب بوده است.

۲- فعالیت آزمایشگاهی

اولین گام برای تولید لعاب آونتورین داشتن مواد اولیه مرغوب برای ایجاد بلورهای‌های مرغوب است چرا که استفاده از مواد و ترکیبات درست و مناسب، توانایی بلور شدن را به لعاب می‌دهد، مواد اولیه کاربردی در این لعاب شامل سیلیس، آلومینا، اکسید سدیم، بوراکس، اکسید سرب و اکسید آهن است.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

جهت طراحی فرمول مناسب برای لعاب دلربا با دمای پایین‌تر از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد، ابتدا تعدادی از فرمول‌های رایج را از میان منابع موجود، که بر طبق روش فرمول نویسی هرمان زگر نگاشته شده بودند را به درصد تبدیل نموده و مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- فرمول ارائه شده در سایر منابع- درجه حرارت پخت ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد [۳].

مواد اولیه	mol	%		مواد اولیه	mol	%
Na_2O	۰/۷	-		Na_2O	۱	-
K_2O	۰/۸	۲/۰۷		Al_2O_3	۰/۱۵	۴/۷۶
BaO	۰/۱۲	۲/۲۵		B_2O_3	۱/۲۵	۳۱/۰۶
Al_2O_3	۰/۰۱۷	۰/۵۳		SiO_2	۷	۴۹/۴۵
B_2O_3	۱/۴۲	۳۵/۱۸		Fe_2O_3	۰/۷۵	۱۴/۷۲
SiO_2	۶/۱۹	۴۵/۲۶		-	-	-
Fe_2O_3	۰/۷۵	۱۴/۶۸				

جدول ۲- فرمول ارائه شده در سایر منابع- درجه حرارت پخت ۱۱۵۰ تا ۱۱۸۰ درجه سانتی‌گراد [۴].

مواد اولیه –	درصد وزنی
CaO	۶/۲۹
Na_2O	۱۵/۲۴
K_2O	۲/۳۶
Al_2O_3	۳/۷
BaO	۲/۶۴
SiO_2	۶۹/۷۷
Li_2CO_3	۱۱
Fe_2O_3	۲۰

جدول ۳- فرمول ارائه شده در سایر منابع- درجه حرارت پخت ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد [۶].

مواد اولیه	mol	%		مواد اولیه	mol	%
Na_2O	۱	-		Na_2O	۱	-
Al_2O_3	۰/۱۰	۳/۶۷		Al_2O_3	۰/۱۰	۳/۰۲
B_2O_3	۱/۲۵	۳۵/۹۶		B_2O_3	۲	۴۷/۳
SiO_2	۵	۴۱/۰۲		SiO_2	۵	۳۳/۷۴
Fe_2O_3	۰/۸۵	۱۹/۳۳		Fe_2O_3	۰/۸۵	۱۵/۹

جدول ۴- فرمول ارائه شده در سایر منابع- درجه حرارت پخت ۱۵۵۰ درجه سانتی‌گراد [۱۰].

مواد اولیه	%
Na_2O	۱۰/۰
BaO	۱/۲
Al_2O_3	۰/۷
B_2O_3	۲۲/۲
SiO_2	۶۵/۹
Fe_2O_3	۲۰

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

در طراحی فرمول‌های مورد نظر، سه مولفه اصلی آن‌ها از جمله سیلیس، بوراکس و کائولن مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی کلی می‌توان گفت در لعاب‌هایی که دمای آن‌ها بالاتر از ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است، میزان سیلیس و تا حدودی کائولن بیشتر و میزان بوراکس کمتر است. سیلیس دارای نقطه ذوبی معادل ۱۷۱۰ درجه سانتی‌گراد است و اکسید آلومینیوم نیز دارای نقطه ذوبی حدود ۲۰۵۰ درجه سانتی‌گراد است. با افزایش این دو ماده، دمای ذوب تا حدودی بالا رفته و از طرفی هر دو ماده باعث بالا رفتن ویسکوزیته مذاب می‌شوند. بوراکس در لعاب به صورت شبکه‌ساز عمل می‌کند و با جایگزین کردن مقداری از این ماده به جای سیلیس در لعاب، دمای ذوب به شدت کاهش می‌یابد.

در فرمول‌های طراحی شده در این پژوهش میزان سیلیس و کائولن نسبت به فرمول‌های دما بالا، کمتر شده و همچنین میزان بوراکس افزایش یافته است چرا که بوراکس علاوه بر کاهش دمای منطقه ذوب باعث کاهش ویسکوزیته لعاب می‌شود و یکی از عوامل کمک کننده در رشد بلور، ویسکوزیته پایین مذاب است.

در این مرحله سه لعاب قلیایی بوری به عنوان لعاب پایه که با نام‌های B1 تا B3 نام‌گذاری شده‌اند، با مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد با انواع اکسید آهن در دسترس، شامل اکسید آهن قرمز سه ظرفیتی (Fe_2O_3)، اکسید آهن سیاه (Fe_3O_4) و اکسید آهن زرد ($Fe_2O_3+H_2O$) روی بدنه‌های رسی و سفید در دو دمای ۱۰۸۰ و ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفتند. لازم به ذکر است در هر مرحله از آزمون‌ها، ترکیبات لعاب به وسیله دستگاه جارمیل آسیاب شده و از مش شماره ۸۰ عبور داده شده و سپس لعاب به روش غوطه‌وری بر روی بدنه اعمال و در نهایت در کوره الکتریکی پخته شده است.

پس از آزمون و خطا در دماهای مورد نظر و با در نظر گرفتن مواد اولیه مورد نیاز و مبتنی بر اطلاعات موجود در منابع مختلف، فرمول ۳ لعاب پایه، به روش فرمول نویسی هرمان زگر نگارش شدند. مقدار سدیم و بور (ماده مصرفی در دسترس بوراکس بوده است) به صورت حداکثری و ثابت و همچنین کائولن به مقدار کم و به صورت ثابت در نظر گرفته شد. اما مقدار سیلیس در هر لعاب متغیر بوده که باعث بر هم زدن تعادل میان مقدار گداز آور و سیلیس شده است. چرا که بر اساس مطالعات انجام شده افزایش مقدار بور و سدیم تاثیر مهمی در تشکیل لعاب آونتورین دارد.

جدول ۵- فرمول‌های قلیایی بوری طراحی شده برای لعاب آونتورین به مول.

	شبکه‌ساز	واسطه	گدازآور
B1	$1.8SiO_2$	$0.03Al_2O_3$	$1Na_2O$
	$2B_2O_3$		
B2	$1.5SiO_2$	$0.03Al_2O_3$	$1Na_2O$
	$2B_2O_3$		
B3	$2SiO_2$	$0.03Al_2O_3$ $0.03Al_2O_3$	$1Na_2O$ $1Na_2O$

پس از ترکیبات لعاب، دومین عامل موثر در تشکیل بلور در لعاب‌های بلوری و لعاب آونتورین کوره، و برنامه حرارت دهی و مرحله سردسازی است. اگر در لعاب ترکیبات درست باشد اما برنامه پخت مناسبی نداشته باشیم، بلوری تشکیل نخواهد شد. تنظیم برنامه برای رسیدن به نقطه ذوب مناسب و سرد شدن گام به گام و آهسته در تشکیل بلورهای آونتورین نقش به سزایی دارد. «آرام سرد شدن این لعاب بین دمای ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد ضروری است» [۵].

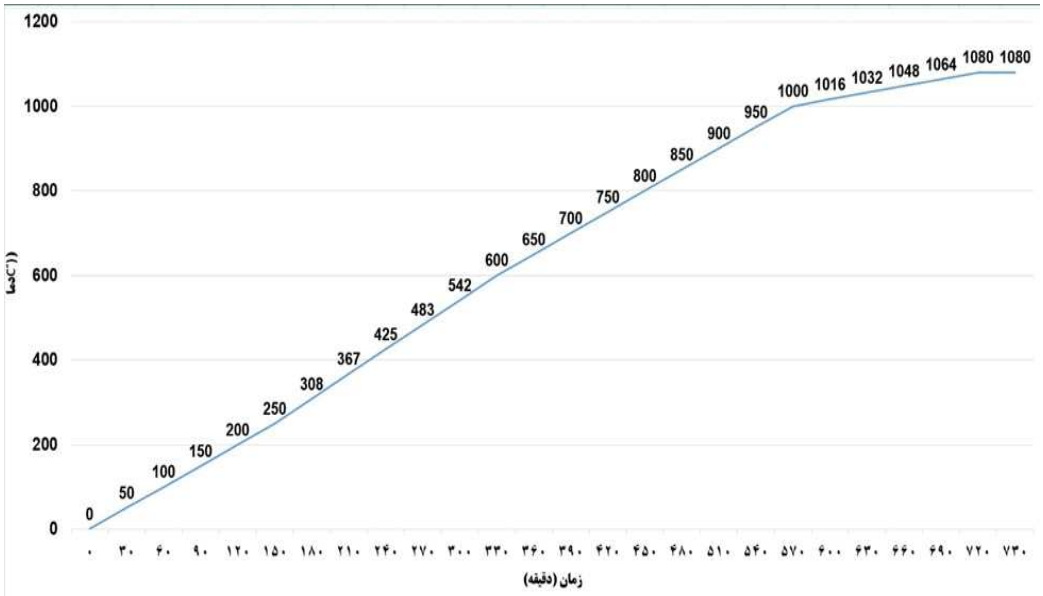
لعاب‌های بلوری معمولا در کوره‌های الکتریکی پخته می‌شوند، زیرا اکسیداسیونی که در کوره‌های الکتریکی اتفاق می‌افتد، برای این‌گونه لعاب‌ها مناسب‌تر است و آسان‌تر می‌توان آن را در دمای بالا کنترل کرد. به همین منظور برای پخت لعاب آونتورین در این پژوهش دو برنامه پخت در دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده که به شرح زیراست:

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]
[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

برنامه شماره ۱ (۱۰۸۰°c):

جدول ۶- برنامه دمادهی کوره در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتیگراد.

شماره	دما (درجه سانتیگراد)	زمان (دقیقه)
۱	۰ – ۱۵۰ درجه سانتیگراد	۹۰ دقیقه
۲	۱۵۰ - ۲۵۰ درجه سانتیگراد	۶۰ دقیقه
۳	۲۵۰ – ۶۰۰ درجه سانتیگراد	۱۸۰ دقیقه
۴	۶۰۰ – ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد	۲۴۰ دقیقه
۵	۱۰۰۰ – ۱۰۸۰ درجه سانتیگراد	۱۵۰ دقیقه



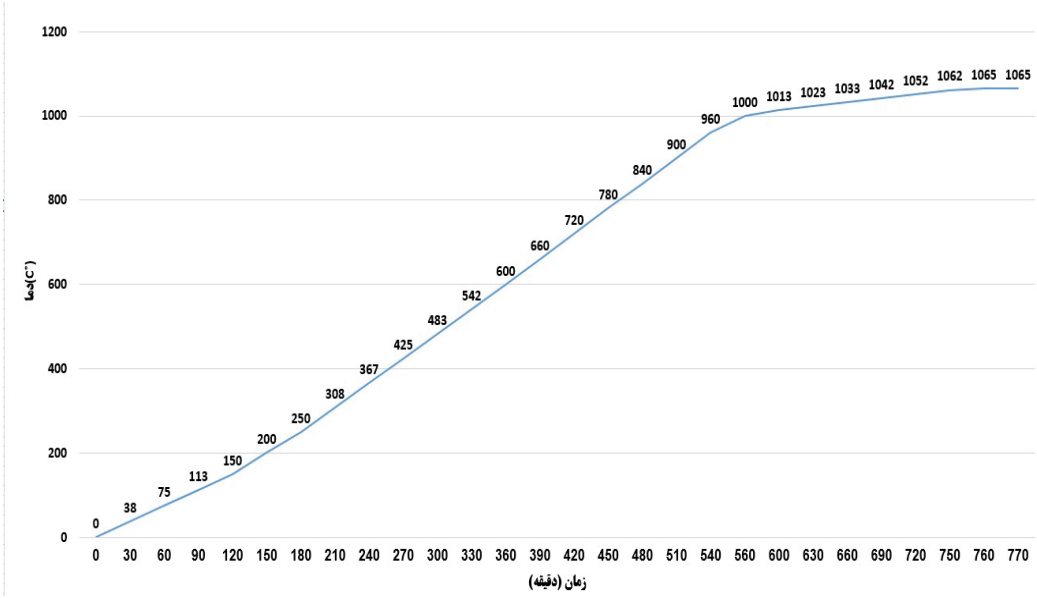
شکل ۱- نمودار دما دهی کوره در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد.

برنامه شماره ۲ (۱۰۶۵°c):

جدول ۷- برنامه دمادهی کوره در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتیگراد.

شماره	دما (درجه سانتیگراد)	زمان (دقیقه)
۱	۰ - ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	۱۲۰ دقیقه
۲	۱۵۰ – ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد	۶۰ دقیقه
۳	۲۵۰- ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد	۱۸۰ دقیقه
۴	۶۰۰ – ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد	۲۰۰ دقیقه
۵	۱۰۰۰ – ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد	۲۰۰ دقیقه

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]
[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]



شکل ۲- نمودار دمادهی کوره در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد.

در هر دو برنامه پخت ۱۰ دقیقه توقف در دمای نهایی صورت می‌پذیرد.

در این پژوهش دو بدنه موجود و پرکاربرد برای هنرمندان ایران که شامل بدنه رسی و بدنه خاکینه سفید پخت موجود در بازار است مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. این بدنه‌ها پخت پایین بوده و در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد پخت اولیه و در دمای ۱۰۶۵ و ماکزیمم ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد برای پخت لعاب بکار گرفته شدند.

۳- نتایج و بحث

در این بخش آزمون‌های حاصل از داده‌های تحقیق، به تفکیک نوع لعاب پایه و نوع اکسید آهن ارائه شده و مورد تجزیه و تحلیل واقع شده است.

۳-۱- یافته‌های مربوط به پایه شماره ۱ (B1)

آزمون‌های ردیف اول این جدول حاصل افزودن مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد اکسید آهن سه ظرفیتی (Fe_2O_3) به لعاب پایه شماره یک و پخت در دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد است. در آزمون‌هایی که با مقدار ۲۰ درصد اکسید آهن حاصل شده، شاهد رشد بلورهای بسیار کوچک در تعداد زیاد به صورت فشرده در زمینه قهوه‌ای رنگ بودیم. بارزترین تفاوت آزمونی که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد پخته شده با آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده در این است که، در لعابی که دردمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده شاهد انقباض منظم و زیبایی در لعاب هستیم که به نوعی القا کننده لعاب‌های لکه روغنی (Oil spot) است.

آزمون‌های ردیف دوم که دارای اکسید آهن سیاه است. در آزمونی که لعاب به همراه ۲۰ درصد اکسید آهن سیاه در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده به میزان کم، لعاب دچار جمع‌شدگی شده است، در بخش‌هایی که بلور تشکیل شده، بلورها به صورت فشرده در کنار هم قرار دارند. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب به صورت یکدست بر زمینه قرمز قهوه‌ای ایجاد شده است. بلورها نسبت به نمونه مشابه، با اکسید آهن قرمز، بزرگتر بوده و درخشندگی آن بیشتر است. در آزمونی که به میزان ۱۵ درصد در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده است، در سطح ظرف لعاب کاملا شفاف به رنگ قرمز قهوه‌ای به صورت کاملا یکدست تشکیل شده که بلورها به صورت لکه لکه‌ای تشکیل شده است. همچنین در آزمونی که دارای ۲۰ درصد اکسید آهن سیاه که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، حجم قابل توجهی از لعاب در مرکز بدنه جمع شده و در قسمت‌های دیگر بدنه تنها چند لکه کوچک از لعاب باقی‌مانده و بلورها تنها در حاشیه لعاب‌های جمع‌شده، تشکیل شده است.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

جدول ۸- پایه ۱ (B1) + اکسیدآهن قرمز (سه ظرفیتی)، سیاه و زرد.

دما	۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد		۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد	
	۱۵ درصد	۲۰ درصد	۱۵ درصد	۲۰ درصد
اکسید آهن قرمز				
اکسید آهن سیاه				
اکسید آهن زرد				

در آزمون‌های ردیف آخر، لعاب پایه شماره یک با اکسید آهن زرد مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمونی که با میزان ۲۰ درصد اکسید آهن زرد در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده است، لعاب از دیواره‌های بدنه به مرکز آن شره کرده است که علت آن ویسکوزیته کم لعاب است. در این آزمون، لعاب روی قسمت‌های شیب‌دار، دارای بلورهای کوچک‌تر و در قسمت‌هایی که لعاب تجمع داشته کریستال‌ها بزرگتر هستند. در برخی از قسمت‌ها پس رفتگی لعاب به وجود آمده است. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب و بلورهای تشکیل شده دارای تشابه بسیار با آزمون دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد است، با این تفاوت که پس‌رفتگی‌های آن نسبت به آزمون ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد کمتر است و شاهد لعاب یکدست‌تری هستیم.

در آزمون‌هایی که دارای ۱۵ درصد اکسید آهن زرد است، تعداد بلورها نسبت به آزمون‌هایی دارای ۲۰ درصد اکسید آهن، بسیار کم است. در اولین آزمون که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب شفاف متمایل به رنگ قرمز قهوه‌ای ایجاد شده و لعاب به صورت یکدست و شیشه‌ای تمام سطح بدنه را پوشانده است. بلورها به صورت معدود و پراکنده در سطح لعاب تشکیل شده است. در آزمون مشابهی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، پس‌رفتگی در لعاب بسیار زیاد لعاب بوده به طوری که بخش زیادی از بدنه عاری از هرگونه لعاب شده است. بلورها در حاشیه لعاب‌های جمع شده در اندازه‌های بسیار کوچک و به صورت فشرده تشکیل شده اند.

۳-۲- یافته‌های پایه شماره ۲ (B2)

در این بخش آزمون‌ها با فرمول لعاب پایه شماره ۲ با افزودن مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد اکسید آهن قرمز، اکسید آهن سیاه، اکسید آهن زرد در دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

جدول ۹- پایه ۲ (B2) + اکسیدآهن قرمز (سه ظرفیتی).

دما	۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد		۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد	
	۱۵ درصد	۲۰ درصد	۱۵ درصد	۲۰ درصد
اکسید آهن قرمز				
اکسید آهن سیاه				
اکسید آهن زرد				

در آزمون‌های ردیف اول فرمول شماره ۲ با اکسید آهن سه ظرفیتی یا اکسید آهن قرمز مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمون‌هایی که مقدار ۲۰ درصد اکسید آهن قرمز به لعاب پایه اضافه گردیده و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، جمع شدگی و انقباض در سطح لعاب ایجاد شده است. در لکه‌های ایجاد شده، بلورها در اندازه‌های بسیار کوچک تشکیل شده‌اند. در آزمون مشابهی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده لعاب به صورت یکدست بر سطح بدنه ایجاد شده و هیچگونه پس‌رفتگی در آن دیده نمی‌شود. بلورهای تشکیل شده در سطح لعاب بسیار کوچک بوده به طوری که در بخش‌هایی از لعاب، بلورها با چشم غیر مسلح به سختی دیده می‌شدند. در آزمونی که میزان ۱۵ درصد اکسید آهن قرمز به آن افزوده شده و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد پخته شده، لعاب به صورت یکدست و بدون پس رفتگی با شره‌های اندک به سمت مرکز بدنه ایجاد شده است. در این آزمون تعداد بلورهای تشکیل شده در سطح لعاب، نسبت به دو آزمون قبل کم‌تر است، اما اندازه آن‌ها بزرگتر است. در آزمون مشابهی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب دچار پس‌رفتگی و شره شده است و بلورها در حاشیه پس‌رفتگی‌ها بیشترین رشد را داشته‌اند.

تفاوت آزمون‌های ردیف اول و دوم در نوع اکسید آهن مورد استفاده در آن است. اکسید آهن مورد استفاده در ردیف دوم، اکسید آهن سیاه با فرمول Fe_3O_4 است. در آزمونی که میزان ۲۰ درصد اکسید آهن به آن افزوده شده است و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب از قسمت‌های شیب‌دار بدنه به سمت بخش مسطح آن شره کرده، اما همچنان لعاب روی تمامی بخش‌ها وجود دارد. در قسمت‌هایی که شاهد بیشترین شیب و بیشترین میزان شره هستیم، بلورها کوچک‌تر هستند. در بخش‌هایی که شیب کمتر و حجم لعاب بیشتر است، بلورها کمی بزرگتر و تعداد بیشتری بلور ایجاد شده است. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، اتفاق مشابه با آزمون دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد افتاده است.

در آزمونی که با میزان ۱۵ درصد اکسید آهن سیاه انجام شده است و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده لعاب تمام سطح بدنه را پوشانده است. در بخشی از بدنه شاهد تجمع بلورها و در بخش‌هایی حجم بلورها کمتر است. در آزمونی که در دمای

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]
[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده است، تمامی لعاب از دیواره‌ها به مرکز بدنه حرکت کرده است و بلورها همانند هاله‌ای در کنار لعاب تشکیل شده‌اند و تعداد کمی بلور در سطح اصلی لعاب ایجاد شده است.

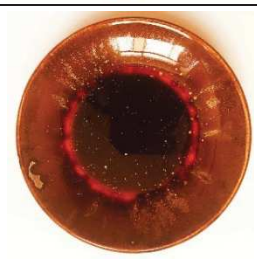
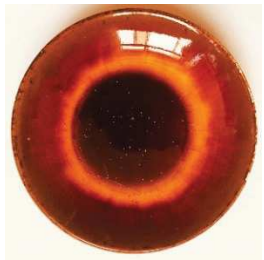
آزمون‌های موجود در ردیف آخر با اکسید آهن زرد انجام شده است. در ردیف اول که میزان ۲۰ درصد اکسید آهن زرد به لعاب پایه اضافه شده است و تا دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب از دیواره‌ها به سمت مرکز شره کرده است. در این آزمون هرچه از دیواره‌ها به سمت مرکز بدنه می‌رویم قشر لعاب ضخیم‌تر و بلورها در اندازه‌های بزرگتری دیده می‌شوند. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده‌است، همانند آزمون قبلی لعاب به سمت مرکز بدنه شره کرده است. در بخش‌های مرکزی آزمون، رشد بلورها بسیار بالا بوده است. در آزمونی که میزان ۱۵ درصد اکسید آهن به لعاب افزوده شده و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده شاهد شره لعاب از دیواره‌ها به سمت مرکز بدنه هستیم. بلورهای ایجاد شده در این آزمون بسیار معدود و در اندازه‌های متفاوت بودند. در این آزمون لعاب زرد رنگ همچون هاله‌ای اطراف بخش مرکزی بدنه را فرا گرفته است.

در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، همچون دو آزمون مشابه که با اکسید آهن قرمز و سیاه انجام شده، بخش زیادی از لعاب به مرکز بدنه حرکت کرده است و لعاب پس‌رفتگی زیادی دارد. در این آزمون بلورها بیشتر در قسمت‌های کناره لعاب‌های جمع شده، ایجاد شده است.

۳-۳- یافته‌های پایه شماره ۳ (B3)

در این بخش آزمون‌ها با فرمول لعاب پایه شماره ۳ با افزودن مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد اکسید آهن قرمز، اکسید آهن سیاه، اکسید آهن زرد در دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱۰- پایه ۳ (B3) اکسیدآهن قرمز (سه ظرفیتی).

دما	۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد		۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد	
	۱۵ درصد	۲۰ درصد	۱۵ درصد	۲۰ درصد
اکسید آهن قرمز				
اکسید آهن سیاه				
اکسید آهن زرد				

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

در آزمون‌های موجود در جدول بالا لعاب پایه شماره ۳ با اکسید آهن سه ظرفیتی یا اصطلاحا اکسید آهن قرمز، اکسید آهن سیاه و زرد مورد بررسی قرار گرفته است. در ردیف اول که با اکسید آهن قرمز مورد بررسی قرار گرفته، در آزمونی که میزان ۲۰ درصد اکسید آهن به لعاب اضافه شده است و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، در لعاب حالت لکه لکه‌ای ایجاد شده است. این آزمون به آزمونی که با فرمول شماره یک به همراه ۲۰ درصد اکسید آهن در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده شباهت بسیار زیادی دارد. حالتی که در این دو آزمون ایجاد شده شباهت بسیار زیادی به لعاب تموکو (Temouku) و لکه روغنی دارد. در داخل لکه‌های ایجاد شده بلورها در اندازه‌های بسیار کوچک تشکیل شده‌اند. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده لعاب به صورت یکدست سطح بدنه را پوشانده است. اندازه بلورها بسیار کوچک و به طور منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. در آزمونی که میزان ۱۵ درصد اکسید آهن قرمز به لعاب اضافه شده و در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، حداکثر حجم لعاب به سمت مرکز بدنه شره کرده است و مقدار کمی از لعاب در حاشیه‌ها باقی مانده است. در این آزمون رشد بلورها فقط در حاشیه شره‌ها و جمع شدگی‌ها قابل مشاهده است. در قسمت مرکزی، لعاب شیشه‌ای به رنگ قهوه‌ای متمایل به سیاه ایجاد شده است و بلورهای انگشت شماری در آن دیده می‌شود.

در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده شاهد شره بسیار کم لعاب به سمت مرکز بدنه هستیم، اما همچنان لعاب تمامی سطح بدنه را پوشانده است و بلورها به صورت پراکنده در اندازه متوسط در سطح لعاب تشکیل شده است.

در ردیف دوم این جدول لعاب پایه شماره سه با اکسید آهن دو ظرفیتی یا اصطلاحا اکسید آهن سیاه مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمونی که میزان ۲۰ درصد اکسید آهن مورد استفاده قرار گرفته، در اولین گزینه که تا دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، شاهد تجمع حداکثر حجم لعاب در مرکز بدنه هستیم که در واقع می‌توان گفت توده‌ای بلوری تشکیل شده است چرا که در سطح لعاب، بلورها در اندازه‌های متعدد به صورت کاملا فشرده سطح لعاب را پوشانده‌اند به طوری که بلورها را به طور مجزا قابل رویت نیستند. در آزمونی که با همان میزان اکسید آهن تا دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، شره لعاب بسیار کم بوده است. در لبه‌های آزمون بلورها کمتر و در بخش‌های مرکزی حجم زیادی از بلور به صورت فشرده ایجاد شده است. در دو آزمونی که میزان ۱۵ درصد اکسید آهن در آن وجود دارد، در هر دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد شاهد اتفاقات مشابه هستیم. در هر دو آزمون لعاب به سمت مرکز بدنه شره کرده است اما همچنان لعاب روی تمامی سطوح وجود دارد. در هر دو آزمون بلورهای به وجود آمده بسیار کم است، همچنین در قسمت‌هایی که شیب بدنه بیشتر است لعاب شفاف و مات به صورت موی‌رگ‌های ریز در یکدیگر تنیده شده‌اند.

در آزمون‌های ردیف سوم لعاب پایه شماره ۳ با اکسید آهن زرد در مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد مورد آزمایش قرار گرفته‌است. اولین ردیف، در آزمون‌هایی که میزان ۲۰ درصد اکسید آهن قرمز به لعاب پایه اضافه شده، در آزمونی که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی گراد حرارت دیده، لعاب از دیواره‌ها به مرکز بدنه حرکت کرده است. در قسمت دیواره‌ها، بلورهای بسیار ریز بر زمینه‌ای تیره ایجاد شده است. در این آزمون بخش زیادی از لعاب در مرکز بدنه جمع شده و حجم زیادی از بلور در آن تشکیل شده است. در آزمون دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد، شاهد اتفاق مشابه با آزمون دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد هستیم، با این تفاوت که در آزمون دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حجم بیشتری از لعاب به سمت مرکز بدنه جمع شده است. در ردیف پایین آزمون‌ها با میزان ۱۵ درصد اکسید آهن مورد آزمایش قرار گرفته است. در آزمونی که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده حجم زیادی از لعاب از دیواره‌ها به سمت مرکز جمع شده است. در این آزمون، بلورها بیشتر در حاشیه لعاب‌های جمع شده ایجاد شده است. در آزمونی که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده همانند آزمون قبلی ویسکوزیته لعاب پایین و شره لعاب زیاد بوده است، اما لعاب روی تمامی قسمت‌های بدنه وجود دارد. در این آزمون شاهد حداقل رشد بلور هستیم، به طوری بلورها به صورت پراکنده ایجاد شده است.

۳-۴- تاثیر سرب بر کیفیت لعاب آونتورین

در این بخش با افزودن مقادیر ۱۰ و ۱۲ درصد اکسید سرب(لیتاژ) به بررسی تاثیر سرب در کیفیت لعاب آونتورین پرداخته شده است.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

جدول ۱۱- پایه شماره ۳ (B3) اکسید آهن قرمز (سه ظرفیتی)+ ٪۱۰ PbO..

	پایه ۳ (B3) + اکسیدآهن قرمز(سه ظرفیتی)+ ۱۰ % PbO	
۱۵ درصد آهن	:1065°C	:1080°C
۲۰ درصد آهن	:1065°C	:1080°C
	پایه ۳ (B3) + اکسیدآهن قرمز(سه ظرفیتی)+ ۱۲ ٪ PbO	
۲۵ درصد آهن	:1065°C	:1080°C

در ردیف اول میزان ۱۵ درصد اکسید آهن سه ظرفیتی به همراه ۱۰ درصد اکسید سرب به لعاب پایه شماره ۳ افزوده شد و بر روی بدنه و سفید در دو دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. در اولین آزمون که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، پس‌رفتگی لعاب در قسمت‌های شیب‌دار به وجود آمده است. در دیواره‌های آزمون بلورها در اندازه‌های کوچک و به صورت پراکنده دیده می‌شود. در قسمت مرکزی آزمون که حجم لعاب بیشتر است، بلورها در اندازه‌های بزرگ و به صورت پراکنده در بخش مرکزی آزمون ایجاد شده است. در آزمون دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد، نتیجه آزمون کاملا مشابه آزمون دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد است با این تفاوت که در آزمون دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد میزان پس‌رفتگی لعاب کمتر و بلورهای تشکیل شده در مرکز آزمون کمتر است. در ردیف بعد لعاب پایه شماره ۳ با ۲۰ درصد اکسید آهن قرمز به همراه ۱۰ درصد اکسید سرب (لیتارژ) با فرمول PbO بر روی بدنه سفید مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمونی که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، بر خلاف نمونه مشابه خود بدون اکسید سرب که لعاب حالت لکه روغنی (Oil spot) پیدا کرده بود، در این نمونه لعاب به طور یکدست سطح بدنه را پوشانده و شره آن بسیار کم بوده است. در آزمون بعد که در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، لعاب به مرکز بدنه شره کرده است و در دیواره‌های آزمون شاهد انقباض‌هایی در سطح لعاب هستیم. در

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

این نمونه نسبت به نمونه مشابه خود بدون اکسید سرب، میزان حرکت لعاب کمتر است.
در آزمون‌های ردیف سوم میزان اکسید سرب را و میزان اکسید آهن را نسبت به نمونه‌های دو ردیف بالا افزایش دادیم. در آزمون‌های این ردیف میزان ۲۵ درصد اکسید آهن سه ظرفیتی و ۱۲ درصد اکسید سرب به لعاب پایه شماره ۳ افزوده شد. در هر دو آزمون در دمای ۱۰۶۵ و ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد شاهد اتفاقات مشابه هستیم. در هر دو مورد شره لعاب به مرکز آزمون وجود دارد و بلورهای کریستالی در اندازه متناسب و درخشش بسیار تشکیل شده است. در آزمونی که تا دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دیده، قسمتی از لعاب بخش مرکزی دچار سوختگی شده است.

۳-۵- یافته‌های مربوط به بدنه‌های رسی

تمامی آزمون ها روی بدنه رسی نیز مورد آزمایش قرار گرفت و در هیچ کدام از موارد لعاب آونتورین ایجاد نشد و هیچ بلـوری بـر سطح لعاب دیده نشد. تعدادی از نتایج در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۲- نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی بدنه رسی.

	۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد ۱۵ درصد آهن قرمز	۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد ۱۵ درصد آهن قرمز	۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد ۲۰ درصد آهن قرمز	۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد ۲۰ درصد آهن قرمز
پایه ۱				
پایه ۲				
پایه ۳				

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش تجربی نشانگر آنست که:
از نظر دما، مطلوب‌ترین لعاب‌ها از منظر حجم بلورها و درخشش آن‌هـا، در دمـای ۱۰۸۰ درجـه سـانتی‌گـراد بـه دسـت آمـد. در لعاب‌هایی که در دمای ۱۰۶۵ درجه سانتی‌گراد پخته شده‌اند، پدیده جمـع شـدگی در بخش‌هـایی از لعـاب رخ داد. کـه بـا انجـام آزمون‌های ممتد این نتیجه حاصل شد که با اکسید آهن قرمز در لعاب قلیایی بوری در دمای ۱۰۶۵ درجه سـانتی‌گـراد مـی‌تـوان شاهد جلوه‌های مطلوبی از لعاب‌های لکه روغنی (Oil spot) یا لعاب تموکو (Temokou) بود.
نوع اکسید آهن مصرفی در ایجاد و جلوه‌های بصری لعاب آونتورین تاثیرگذار بود و بهترین جلوه‌های آونتورین با دو اکسید آهن

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]
[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

سیاه و قرمز حاصل شد. در لعاب‌ها با اکسید آهن سیاه، بلورهای بزرگتری نسبت به لعاب‌ها با اکسید آهن قرمز مشاهده شد، همچنین در لعاب‌ها با اکسید آهن سیاه زمینه لعاب قهوه‌ای متمایل به رنگ قرمز بود. در لعاب‌ها با اکسید آهن قرمز زمینه تیره تر و بلورها ریز تر بودند.

علاوه بر مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد برای اشباع اکسید آهن برای ایجاد لعاب آونتورین در مقدار ۲۵ درصد اکسید آهن نیز کیفیت مطلوبی از لعاب آونتورین مشاهده شد و بهترین کیفیت لعاب آونتورین در مقادیر ۲۰ و ۲۵ درصد اکسید آهن به دست آمد.

مقدار مواد تشکیل دهنده پایه لعاب که شامل سیلیس، کائولن، اکسید بور و اکسید سدیم است بر کیفیت لعاب آونتورین موثر است و در این پژوهش از فرمول شماره ۱ و ۳ بهترین لعاب آونتورین، از نظر کیفیت بلورها و کمترین میزان شره حاصل شد. یکی از دلایل آن می‌تواند کمتر بودن میزان کائولن موجود در لعاب نسبت به دو فرمول دیگر باشد. چرا که در لعاب آونتورین هرچه مقدار اکسید آلومینیوم کمتر باشد کیفیت لعاب به دست آمده بهتر خواهد بود. همچنین مقدار بالاتر سیلیس به نسبت بوراکس نیز در این دو فرمول به نسبت پایه شماره ۲ دیده می‌شود.

در لعاب‌هایی که مقدار بوراکس کم و مقدار آهن زیاد است بلورها ریزتر و تعداد آن‌ها زیادتر و بافت لعاب یکدست‌تر است، حال آن که در لعاب‌هایی میزان بوراکس و اکسید آهن هر دو کم است بلورها درشت‌تر ولی تعداد آن‌ها کمتر است. در لعاب‌هایی که میزان بوراکس و اکسید آهن زیاد و میزان سیلیس کم، میزان رشد بلورها بالا اما لعاب دچار ترک خوردگی بسیار زیادی است.

وجود مقدار اندک سرب در تسهیل رشد بلورها نقش موثری دارد. از سرب می‌توان به عنوان بهبود دهنده لعاب آونتورین، در آزمون‌هایی که در حالت بدون سرب از کیفیت قابل قبولی برخودار بوده‌اند، یاد کرد.

بدنه‌هایی از جنس خاکینه سفید پخت دما پایین، بدنه مناسبی برای این لعاب هستند. همچنین با توجه به مطالعات انجام شده می توان گفت بدنه‌هایی از جنس پرسلان و استون‌ور بهترین بستر برای لعاب‌های بلورین هستند. بدنه‌هایی از جنس گل رس بدنه‌های مناسبی برای لعاب آونتورین نیستند و سرب تاثیری بر عملکرد لعاب در ایجاد بلورها روی بدنه رسی ندارد.

مراجع

[۱] راسخ تلخداش. رقیه، (۱۳۸۹)، « پژوهشی بر ساخت لعاب‌های کریستالی و بهره‌وری آن در سرامیک اسلامی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کاشان.

[۲] میرهادی. بهمن،(۱۳۸۰)، « مواد اولیه لعاب‌ها و رنگ‌ها و محاسبه آن‌ها»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر(واحد تفرش): تفرش.

[۳] رحیمی. افسون، متین. مهران، (۱۳۶۹)، «تکنولوژی سرامیک‌های ظریف ۲»، چاپ اول، انتشارات شرکت صنایع خاک چینی ایران: تهران.

[۴] بریت. جان، (۱۳۹۷)، « لعاب‌های کریستالین»،ترجمه یدالله زیارتی، چاپ اول، انتشارات فرهوش: تهران.

[۵] عباسیان. میر محمد،(۱۳۷۰)، «صنعت لعاب‌سازی و رنگ‌های آن»، چاپ اول، انتشارات گوتنبرگ: تهران.

[۶] قصاعی. حسین، خضرایی، سمانه، (۱۳۹۰)، «ساخت لعاب آونچورین و بررسی تاثیر ترکیب بر رفتار خوب و خواص حرارتی آن»، هشتمین کنگره سرامیک ایران، اردیبهشت، ۱۹۴- ۱۹۸.

[۷] خضرایی. سمانه، (۱۳۸۹)، « تزئینات توپی گچی ته آجری دوره ایلخانی (مطالعه تطبیقی مسجد جامع اشترجان و بقعه پیربکران) ارائه طرح محیطی با استفاده از تکنیک سفال و لعاب آونچورین»، به راهنمایی بهمن نامور مطلق و حسین قصاعی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهرا.

[8][9] Fraulini, F.(1933). Aventurine glaze. University of science and technology, Missouri, U.S.

[9][10] A, Gozalbo. M. J, Orts. S, Mestre. P,Gomez. P,Agut. F, Lucas. A, Belda. C,Blanco. Ceramic glazes with aventurine effect. Universitat Jaumel. Catellon. Spain.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]

Investigation of the Effect of Base Glaze Combination, Iron Oxide, Temperature and Type of Ceramic Surface on the Appearance Features of Aventurine Glaze

Mehrnoosh Shafiei Sararoudi, Fatemeh Chamanian

art university of Isfahan

* mehrnooshshafie@yahoo.com

Abstract: Aventurine glaze is one of the Macrocrystalline glaze that is the result of saturation of iron oxide in the glaze. In general, the formation of crystals in crystalline glazes requires special conditions, so the purpose of this study is to investigate the effective factors on the formation of aventurine glaze of iron oxide including combination, temperature, firing conditions and surface that is used. And also effective factors that improve crystals were investigated. The question is asked: what is the effect of each factor on the formation and improvement of the features of the aventurine glaze. The current research is functional research and experimental in terms of method, and has been done in a laboratory-studio. In this section, raw materials which include silica, kaolin, borax and iron oxide in appropriate amounts were combined by a ball mill and fired in an electric kiln and then analyzed. The method of analysis has been used in both quantitative and qualitative analysis. Quantitative analysis was used to examine the quantities of basic material and qualitative analysis was used to examine the visual features that were created in the glaze. The method of data collection in this research is the library method in the theoretical section and observation in the glaze production section. The results have shown that red clay bodies are not suitable for aventurine glaze, while white bodies that fired in low temperature are suitable. The type and amount of iron oxide used is effective in creating and improving crystals in this glaze. The best effects of aventurine were achieved with two types of iron oxides that include black iron oxide and ferric oxide. And 20% and above amount of iron oxide were the best amounts for Aventurine glaze, we can see the most desirable quality of crystals in terms of size and brightness, in terms of temperature, the most desirable glazes in terms of quantity of crystals and brightness, at 1080 degrees Centigrade. The amount of glaze base materials, which include silica, kaolin, boron oxide and sodium oxide, affects the quality of the aventurine glaze, and the lower the kaolin base, the better crystals have grown.

Keywords: Ceramic, Glaze, Macrocrystalline glaze, Aventurine glaze, Iron oxide.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-02-17]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.0.6.5]