

تأثیر روش‌های مکانیکی فرآوری بر خصوصیات رنگ و گرانشی صمغ کتیرا

عبداله ایمان‌مهر*^۱ و محسن حیدری سلطان‌آبادی^۲

چکیده

صمغ کتیرا به‌عنوان یکی از محصولات صادراتی با ارزش منابع طبیعی ایران و استان اصفهان محسوب می‌شود. این محصول در صنایع غذایی و آرایشی بهداشتی به‌عنوان یک عامل تثبیت‌کننده، افزایش‌دهنده گرانشی در امولسیون‌ها و فرمول‌های غذایی، دارویی و مواد آرایشی بهداشتی استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر، تأثیر روش آسیاب کردن، نوع کتیرا و اندازه نهایی ذرات خردشده بر شاخص‌های کیفی کتیرا ارزیابی گردید. به این منظور با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تأثیرات روش آسیاب کردن در دو سطح یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، نوع کتیرا در دو سطح نواری و ورقه‌ای و اندازه نهایی ذرات کتیرای آسیاب شده در سه سطح ۲، ۵/۰ و ۲۵/۰ میلی‌متر در سه تکرار بر گرانشی و شاخص‌های رنگ ژل به‌عنوان دو عامل بسیار مهم در تعیین کیفیت صمغ کتیرا مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثرات هر سه عامل نوع کتیرا، مراحل آسیاب کردن و اندازه ذرات بر مقادیر گرانشی ژل کتیرا و خصوصیت‌های رنگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. مقادیر متوسط گرانشی کتیرای نواری ۲۶۸۰ سانتی‌پویز و کتیرای ورقه‌ای ۵۱۰ سانتی‌پویز به دست آمد که نشان‌دهنده کیفیت ارزش اقتصادی بیشتر کتیرای نوع نواری است. طبق نتایج، در هر دو نوع کتیرا، با کاهش اندازه نهایی ذرات به کمتر از ۲ میلی‌متر، به‌خصوص در روش آسیاب کردن یک مرحله‌ای، گرانشی کتیرا کاهش یافت. بر اساس اندازه‌گیری فاصله اقلیدسی رنگ‌ها، اختلاف روشنایی رنگ کتیرای نوع نواری و ورقه‌ای، ۱۱/۶۷ واحد و اختلاف روشنایی رنگ کتیرا در یک و دو مرحله آسیاب کردن، ۸/۸۵ واحد به‌دست آمد. طبق نتایج کلی، مناسب‌ترین روش فرآوری کتیرا شامل استفاده از کتیرای نواری، آسیاب کردن در دو مرحله و تبدیل کتیرا به ذرات با اندازه ۲ میلی‌متر است.

واژه‌های کلیدی: آسیاب کردن، اندازه ذرات، صمغ کتیرا، گرانشی، رنگ ژل.

ارجاع: ایمان‌مهر ع و حیدری سلطان‌آبادی م. ۱۴۰۳. تأثیر روش‌های مکانیکی فرآوری بر خصوصیات رنگ و گرانشی صمغ کتیرا. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۳۱: ۷۹-۸۶. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14735.702>

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: imanmehr2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

مقدمه

صمغ کتیرا از ساقه گیاه مرتعی گون سفید استحصال شده و جزء مهم‌ترین منابع صمغ تجاری دنیا به شمار می‌رود. این صمغ به دلیل تجدیدپذیر بودن، در دسترس بودن، مقرون به‌صرفه بودن، غیر حساسیت‌زا بودن، غیر سرطان‌زا بودن و غیر سمی بودن، کاربردهایی فراوانی مانند استفاده در تصفیه فاضلاب، افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی و غذایی و صنایع بهداشتی دارد (Boamah et al., 2023; Anon, 2006).

در حال حاضر حدود ۱۷ میلیون هکتار از زیست‌بوم‌های مرتعی ایران در منطقه مرکزی زاگرس زیر پوشش گونه‌های مختلف گون قرار دارد که حدود ۱۹ درصد از اراضی مرتعی کشور را شامل می‌شود. رویشگاه‌های گون در استان اصفهان در حدود ۵۱/۳ درصد از سطح مراتع این استان را تشکیل می‌دهد. آمارها نشان می‌دهند که حدود ۷۰ درصد حجم صادرات کتیرای جهان را ایران تولید می‌کند و بنا بر گزارش‌های موجود، ایران سالیانه توان تولید ۴۰۰ تن کتیرا را دارد (Qomshi, 2012).

به‌طور کلی صمغ کتیرا به دو گروه عمده نواری^۱ و ورقه‌ای^۲ تقسیم‌بندی می‌شود. در فرآیند صمغ‌گیری با ایجاد خراش یا برش بر روی ساقه گون، ترشحات گیاه به‌صورت صمغ خارج می‌شود که سریعاً برای ترمیم گیاه خشک می‌شود. خراش ایجاد شده روی پوست ساقه به سه صورت عمودی، افقی یا مورب هستند که مورد دوم متداول‌ترین روش است. در برش‌های افقی و مورب معمولاً صمغ نواری و در برش‌های عمودی صمغ ورقه‌ای شکل تشکیل می‌شود (Nejatian et al., 2020). علاوه بر تأثیر روش برش، اعتقاد بر این است که گونه گیاه گون بر شکل و قطر صمغ خروجی تأثیر می‌گذارد. جمع‌آوری صمغ معمولاً در سه تا پنج روز پس از برش‌زنی در ماه‌های خشک و گرم سال انجام می‌شود (Barak et al., 2020). نوع نواری و ورقه‌ای صمغ خواص فیزیکی متفاوتی دارند. برای مثال، پودر صمغ نواری، زرد کم‌رنگ و پودر ورقه‌ای مایل به رنگ کرم تا برنزه است. صمغ نوع ورقه‌ای دارای فعالیت سطحی بهتری نسبت به انواع نواری است.

با این حال، صمغ نوع نواری گرانبوی بیشتری نسبت به نوع ورقه‌ای داشته و تجارت جهانی آن بسیار بیشتر است (Barak et al., 2020).

شاخص‌های کیفیت و مرغوبیت محصول کتیرا در ارزش‌گذاری آن از نظر اقتصادی بسیار با اهمیت است. علاوه بر شرایط بوم‌شناسی عرصه‌های گون، شرایط استحصال و فرآوری بر خواص کیفی آن اثرگذار است (Balaghi et al., 2010). بر این اساس تحقیقاتی در مورد کیفیت کتیرا و روش‌های افزایش آن انجام شده است. طبق نتایج تحقیقی، از جمله عوامل تعیین‌کننده کیفیت صمغ کتیرا گرانبوی محلول آبی، شاخص‌های رنگ و بار میکروبی آن است (Abbasi & Rahimi, 2006). پژوهشگران تأثیر اندازه ذرات پودر شده صمغ کتیرا بر روی گرانبوی و اثر آن بر سرعت حل‌الیت را بررسی کردند و نشان دادند که اندازه ذرات بر سرعت حل‌الیت و گرانبوی تأثیر دارد. همچنین آنها مشخص نمودند که کاهش اندازه ذرات تا اندازه خاصی باعث افزایش گرانبوی می‌شود و از آن به بعد می‌تواند تأثیر نامناسب بر آن داشته باشد (Zahedi & Vedadi, 1979). نتایج تحقیقات دیگر قابلیت کتیرای نواری در تولید الیاف و تأثیر اندازه ذرات خرد شده کتیرا بر روی کیفیت این الیاف را نشان داد (Khajavi et al., 2004). در تحقیقات کاربردی از صمغ کتیرا در تولید دارو استفاده می‌شود. در این خصوص بالا بودن گرانبوی و شفافیت رنگ از مهم‌ترین عامل‌ها در انتخاب نوع کتیرا از نظر کیفی نام برده شده است (Tavakoli & Mohammadifar, 2017). همچنین از صمغ کتیرا به‌عنوان یک امولسی‌فایر بسیار عالی برای امولسیون‌های روغن در آب استفاده شد. در این خصوص، اندازه ذرات کتیرا بر کیفیت امولسیون تأثیرگذار بوده است (Gentry et al., 1990).

در پژوهش‌های دیگر از صمغ کتیرا برای پوشش محصولات غذایی جهت افزایش ماندگاری آنها استفاده شده است. در تحقیقی اثر پوشش توت‌فرنگی تازه طی ۲۰ روز انبارداری (دمای ۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد) با ترکیبی از پایه ژل آلونهورا و ژل کتیرا بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی و حسی در مقایسه با نمونه بدون پوشش ارزیابی گردید. طبق نتایج، کاربرد محلول ترکیبی از دو ژل کتیرا و آلونهورا به‌عنوان یک فرمول پوششی مطلوب، علاوه بر خاصیت ضد

1- Ribbon

2- Flake

با استفاده از دستگاه آسیاب موجود در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان (مدل SK-1) به پودر تبدیل شد (شکل ۲).

برای بررسی اثر مقدار پودرشدگی کتیرا و اندازه ذرات به‌دست‌آمده، صفحه مشبک آسیاب در سه قطر سوراخ (۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) تغییر داده شد. از آنجایی که در عملیات آسیاب کردن کتیرا ممکن است مدت زمان آسیاب کردن در اثر گرمای ایجاد شده بر کیفیت محصول تأثیر منفی گذارد، عملیات آسیاب کردن در دو حالت یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای انجام شد. در حالت یک مرحله‌ای قطعات کتیرا به‌طور مستقیم و با یک‌بار عملیات آسیاب کردن به‌اندازه مورد نظر (۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) درآمد؛ اما در روش دو مرحله‌ای برای جلوگیری از بالا رفتن حرارت ذرات در عملیات آسیاب کردن، ابتدا در مرحله اول محصول در آسیاب با صفحه مشبک ۵ میلی‌متری به دانه‌های کوچک‌تر (حدوداً ۵ میلی‌متر) شکسته و در مرحله دوم به اندازه‌های مورد نظر (۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) تبدیل گردید. از پودر به‌دست‌آمده در روش‌های مختلف آسیاب کردن، برای تهیه ژل کتیرا طبق استاندارد استفاده شد (Anon, 2001). نمونه‌های ژل به‌دست‌آمده از هر آزمایش، از نظر شاخص‌های رنگ و گرانشی مورد بررسی قرار گرفت. این دو خصوصیت به‌عنوان اصلی‌ترین و مهم‌ترین خصوصیت‌های تعیین کیفیت ژل حاصل از صمغ کتیرا شناخته می‌شوند. برای بررسی اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ از دستگاه رنگ‌سنج رقمی مدل Lutron RGB-1002 (شکل ۳ الف) و برای سنجش گرانشی ژل از دستگاه بروکفیلد Brookfield (مدل DV-II) استفاده شد (شکل ۳ ب).

اگرچه ویژگی‌های رنگ محصول به‌صورت مرسوم در قالب مؤلفه‌های فضای رنگ RGB استخراج می‌شود، اما در تحقیقات اخیر در زمینه کنترل کیفیت محصولات غذایی و کشاورزی از دیگر مؤلفه‌ها همچون مؤلفه‌های فضای رنگ $L^*a^*b^*$ استفاده می‌شود. L^* مؤلفه روشنایی یا درخشندگی است که از ۰ تا ۱۰۰ مقدار می‌گیرد و خصوصیت‌های a^* (دامنه سبز تا قرمز) و b^* (دامنه آبی تا زرد) دو مؤلفه رنگی هستند که از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ تغییر می‌کنند (Liu et al., 2014). ضریب روشنایی L^* و مختصات رنگی a^* و b^* به ترتیب با استفاده از معادلات (۱) تا (۳) به دست می‌آیند (Dobrzanski &

میکروبی زیاد، از توانایی بالایی در افزایش ماندگاری توت فرنگی تازه برخوردار بود (Emamifar & Bavaisi, 2017). با توجه به آنچه بیان شد کتیرا یک فرآورده کاملاً ارگانیک بوده و روش‌های فرآوری و خالص‌سازی آن نباید به‌گونه‌ای باشد که بر خصوصیات کیفی آن تأثیر منفی بگذارد. از طرفی این محصول، بیشتر به‌صورت پودر مورد مصرف قرار می‌گیرد و روش تبدیل آن به ذرات پودر می‌تواند خواص کیفی آن شامل گرانشی و شاخص‌های رنگ را تحت شعاع قرار دهد. به این منظور لازم است که تأثیر روش‌های مکانیکی فرآوری بر خصوصیات کیفی این محصول با ارزش تعیین گردد. بر این اساس در تحقیق حاضر تأثیر روش‌ها مکانیکی فرآوری بر خصوصیات رنگ و گرانشی صمغ کتیرا مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

از آنجایی که صمغ کتیرا یک فرآورده طبیعی ارگانیک بوده و در مراحل تولید آن از هیچ‌گونه ماده شیمیایی مصنوعی سنتتیک استفاده نمی‌شود، انتظار است در عملیات فرآوری آن به کیفیت محصول صدمه‌ای وارد نشود. بنابراین تصفیه و جداسازی ناخالصی‌های آن باید فقط به‌صورت مکانیکی انجام گردد. همچنین با توجه به اینکه این محصول در صنایع تبدیلی و غذایی به‌صورت پودر مصرف می‌شود، روش صحیح این عملیات باعث افزایش کیفیت و قیمت محصول خواهد شد. از طرفی شکل اولیه محصول کتیرا بسته به گونه گیاه گون، به دو صورت نواری و ورقه‌ای است. در این تحقیق، به‌منظور بررسی اثر روش‌های آسیاب کردن و نوع کتیرا بر کیفیت پودر کتیرای به‌دست‌آمده، با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تأثیر روش آسیاب کردن در دو سطح یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، نوع کتیرا در دو سطح نواری و ورقه‌ای و اندازه نهایی ذرات کتیرای آسیاب شده در سه سطح ۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر در سه تکرار بر شاخص‌های رنگ و گرانشی ژل به‌عنوان دو عامل بسیار مهم در تعیین کیفیت صمغ کتیرا مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا جهت انجام آزمایشها، دو بسته ۵ کیلوگرمی از دو نوع کتیرای نواری و ورقه‌ای از کتیرای صادراتی برداشت‌شده از مناطق کوهستانی استان اصفهان تهیه و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان منتقل گردید (شکل ۱). سپس هر دو نوع کتیرا

(Rybczynski., 2002):

معادلات فوق فقط زمانی اعمال می‌شوند که X/X_0 Y/Y_0 و Z/Z_0 بزرگ‌تر از 0.08856 باشند. ΔE^*_{ab} فاصله اقلیدسی بین دو رنگ در سامانه $L^*a^*b^*$ است که

شاخصی برای بیان میزان اختلاف رنگ بوده و به صورت

معادله (۴) تعریف می‌شود:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (۵)$$

محققان رنگ تخمین می‌زنند که آستانه تشخیص

تفاوت دو رنگ (ΔE) برابر ۱ است. حداقل تفاوتقابل تشخیص رنگ برای چشم انسان، مقدار ΔE بین ۱ و

۲ است (Wee et al., 2002).

تجزیه واریانس داده‌ها حاصل از طرح آزمایش با

استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه مدل ۱۶ انجام شد.

همچنین برای مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها (روش چند

دامنه‌ای دانکن) از نرم‌افزار آماری Mstat-c استفاده

گردید.

$$L^* = 116 \frac{Y^{1/3}}{Y_0} - 16 \quad (۱)$$

$$a^* = 500 \frac{X^{1/3}}{X_0} - \frac{Y^{1/3}}{Y_0} \quad (۲)$$

$$b^* = 200 \frac{Y^{1/3}}{Y_0} - \frac{Z^{1/3}}{Z_0} \quad (۳)$$

در این معادلات، $Y_0=100$ ، $X_0=96.4212$ و $Z_0=82.5188$ مقادیر محرکه‌های سه‌گانه برای رنگ سفید

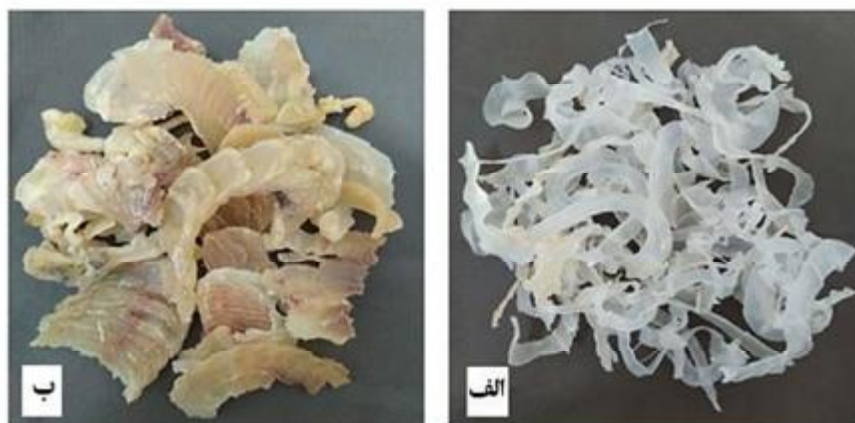
مرجع هستند که با توجه به منبع نوری و مشاهده کننده

تغییر می‌کنند، همچنین مقادیر X ، Y و Z در معادلات

(۱) تا (۳) بر اساس درصد رنگ‌های اصلی و از طریق حل

معادلات دستگاه معادلات (۴) محاسبه می‌شوند.

$$\begin{cases} X = 0.607R + 0.174G + 0.201B \\ Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Z = 0.000R + 0.066G + 1.117B \end{cases} \quad (۴)$$



شکل ۱- کتیرای نواری (الف) و کتیرای ورقه‌ای (ب)



شکل ۲- دستگاه آسیاب مدل SK-1



شکل ۳- رنگ‌سنج رقمی Lutron (الف) و دستگاه سنجش گرانروی Brookfield (ب)

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی واریانس داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. مطابق نتایج جدول، اثر هر سه عامل (نوع کتیرا A، مراحل آسیاب کردن B و اندازه ذرات C، بر مقادیر گرانروی ژل کتیرا و خصوصیت‌های رنگ R، G و B در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل دوگانه هر سه عامل ($A \times B$ و $A \times C$ و $B \times C$) بر گرانروی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید و تنها اثر متقابل نوع کتیرا و مراحل آسیاب کردن ($A \times B$) بر هر سه خصوصیت رنگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. طبق نتایج، اثر متقابل مراحل آسیاب کردن و اندازه ذرات ($B \times C$) بر خصوصیت رنگ R در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سه‌گانه بر هیچ‌یک از خصوصیت‌های آزمایش معنی‌دار نبود.

با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل نوع کتیرا، مراحل آسیاب کردن و اندازه ذرات بر گرانروی کتیرا، به بررسی این میانگین‌ها پرداخته می‌شود. جدول ۳ اثر متقابل نوع کتیرا (نواری و ورقه‌ای) و مراحل آسیاب کردن (یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای) را بر میانگین‌های گرانروی کتیرا نشان می‌دهد. در مجموع، کتیرای پودر شده نواری در دو مرحله بیشترین گرانروی (بالاترین کیفیت) و کتیرای ورقه‌ای پودر شده در یک مرحله کمترین گرانروی (کمترین کیفیت) را دارد. در کتیرای نواری، در استفاده از روش آسیاب کردن دو مرحله‌ای، طی فرآیند پودر شدن، تنش حرارتی کمتری به مواد وارد شده و تأثیر کمتری بر کاهش گرانروی (ویسکوزیته) دارد. درحالی‌که در روش یک مرحله‌ای به دلیل شکستن و خرد شدن یک‌باره به‌اندازه مورد نظر، این تنش حرارتی شدیدتر بوده و شدت

تأثیر بر کاهش گرانروی به گونه معنی‌داری افزایش می‌یابد. در کتیرای ورقه‌ای، یک یا دو مرحله خرد کردن کتیرا تأثیر معنی‌داری بر گرانروی محصول نداشته است. اثر متقابل نوع کتیرا (نواری و ورقه‌ای) و اندازه ذرات (۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متری) بر میانگین‌های گرانروی کتیرا (جدول ۴) نشان می‌دهد که کتیرای پودر شده نواری با اندازه ۲ میلی‌متر، بیشترین گرانروی و کتیرای ورقه‌ای با اندازه پودر شده ۰/۲۵ میلی‌متر کمترین گرانروی را دارد. در کتیرای نواری با کاهش اندازه ذرات از ۲ به ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر، به صورت معنی‌دار، گرانروی نیز کاهش یافته است. در کتیرای ورقه‌ای، کاهش گرانروی بین دو اندازه ذره ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر معنی‌دار نیست. به طور کلی، با کاهش اندازه ذرات، گرانروی ژل کتیرا کاهش یافته است که علت اصلی آن فشار و به دنبال آن، دمای ایجاد شده بیشتر در فرآیند آسیاب کردن ذرات کوچک‌تر است.

جدول ۵ اثر متقابل اندازه ذرات (۲، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متری) و مراحل آسیاب کردن (یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای) را بر میانگین‌های گرانروی کتیرا نشان می‌دهد. بر این اساس، با کاهش اندازه ذرات در هر دو روش آسیاب کردن (دو مرحله‌ای و یک مرحله‌ای)، به‌وضوح کاهش گرانروی حاکی از تأثیر تنش حرارتی در فرآیند پودر شدن است. همچنین در هر گروه از اندازه ذرات، مقدار گرانروی کتیرا در آسیاب دو مرحله‌ای بیش‌تر از یک مرحله‌ای است. در تحقیقی مشخص گردید که شش گونه صمغ کتیرا دارای پراکندگی خواص ویسکوالاستیسیته در حد ۱/۳ درصد هستند (Balaghi et

تبدیل گردید. طبق نتایج این تحقیق، کاهش گرانیوی و خاصیت ژل شدن، اثرات متفاوت بر سایر خواص خواهد داشت (Prasad et al., 2022).

(al., 2011). در مطالعات دیگر نیز از روش آسیاب کردن برای صمغ عربی استفاده شده است. در این فرایند، ورقه‌های صمغ به شکل‌های مختلف و در اندازه‌های خاص

جدول ۱- نتایج بررسی واریانس (میانگین مربعات) خواص فیزیکی کتیرا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		رنگ قرمز	رنگ سبز	رنگ آبی
نوع کتیرا (A)	۱	۴۵۰۱۴/۶۹**	۲۸۴۴۸/۴۴**	۱۵۶۲۸۸/۴۴**
مراحل آسیاب کردن (B)	۱	۱۰۷۹۱۲/۲۵**	۴۹۸۷۷/۷۷**	۱۷۷۷/۷۷**
اندازه ذرات (C)	۲	۱۰۵۴۸/۳۶**	۱۰۰۷۶/۳۳**	۹۷۷۵/۳۶**
A*B	۱	۱۲۶۵۶/۲۵**	۱۵۴۷/۱۱**	۲۸۸۰/۱۱**
A*C	۲	۷۰/۰۲ ^{ns}	۵۴۵/۴۴ ^{ns}	۲۳۳/۳۶ ^{ns}
B*C	۲	۵۹۹/۰۸*	۳۰۰/۴۴ ^{ns}	۴۰۰/۱۹ ^{ns}
A*B*C	۲	۲۱۷/۷۵ ^{ns}	۵۰۱/۴۴ ^{ns}	۳۹۲/۵۲ ^{ns}
خطا	۲۴	۱۱۲۸/۴۷۲	۱۸۹/۶۳	۱۳۸/۳۰

n.s, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در مورد صمغ عربی نیز روشی برای تولید پودر ارائه شد که شامل عملیات مختلف حذف ناخالصی‌ها، آسیاب کردن، آبکافت، شفاف‌سازی و رنگ‌زدایی، سانتریفیوژ، تصفیه غشای سرامیکی، خشک‌کردن اسپری و خنک کردن بود (Tinnelly & Wenzhi, 2007).

ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری رنگ ژل کتیرا در جدول ۵ ارائه شده است. بر پایه نتایج و بر اساس فاصله اقلیدسی (ΔE) به‌دست‌آمده بین هر دو گروه از کتیراها، در مجموع همه تیمارها اختلاف رنگ کتیرای نوع نواری و ورقه‌ای به میزان ۱۱/۶۷ واحد است که در واقع کتیرای نواری به همین میزان روشن‌تر است. اختلاف رنگ کتیراهای آسیاب شده در آسیاب دو مرحله‌ای نسبت به یک بار آسیاب کردن به میزان ۸/۸۵ واحد است که نشان می‌دهد با آسیاب کردن دو مرحله‌ای، روشنی رنگ نسبت به آسیاب کردن یک مرحله‌ای کاهش می‌یابد. بیشترین فاصله اقلیدسی رنگ بین اندازه ذرات ۲ و ۵ میلی‌متر به دست آمد که برابر با ۵/۳۸ است و نشان می‌دهد با کاهش اندازه ذرات، روشنی رنگ کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد با اعمال نیروی بیشتر به کتیرا برای تبدیل به ذرات کوچک‌تر، در اثر افزایش دما و فشار، رنگ ذرات تیره‌تر می‌شوند. در تحقیقی بر روی تأثیر استفاده از اکسیداسیون اسید فرولیک در اصلاح خواص صمغ عربی مشخص گردید که کاربرد این اصلاح‌کننده باعث ایجاد تغییر در خصوصیت‌های رنگ محصول گردید به گونه‌ای

جدول ۲- اثر متقابل نوع کتیرا و مراحل آسیاب کردن

نوع کتیرا	مراحل آسیاب کردن	گرانیوی (سانتی‌پوین)
نواری	یک مرحله‌ای	۲۵۷۱b
	دو مرحله‌ای	۲۷۸۹a
ورقه‌ای	یک مرحله‌ای	۴۷۶/۱c
	دو مرحله‌ای	۵۴۳/۳c

حرف مشابه در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

جدول ۳- اثر متقابل نوع کتیرا و اندازه ذرات بر گرانیوی

نوع کتیرا	اندازه ذرات (میلی‌متر)	گرانیوی (سانتی‌پوین)
نواری	۰/۲۵	۲۳۵۴ ^c
	۰/۵	۲۷۶۸ ^b
	۲	۲۹۱۸ ^a
ورقه‌ای	۰/۲۵	۴۴۵ ^c
	۰/۵	۴۹۲/۵ ^e
	۲	۵۹۱/۶۶ ^d

حرف مشابه در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

جدول ۴- اثر متقابل اندازه ذرات و مراحل آسیاب کردن بر

گرانیوی

اندازه ذرات (میلی‌متر)	مراحل آسیاب کردن	گرانیوی (سانتی‌پوین)
۰/۲۵	یک مرحله‌ای	۱۲۹۶ ^e
	دو مرحله‌ای	۱۵۰۳ ^d
۰/۵	یک مرحله‌ای	۱۵۶۸ ^c
	دو مرحله‌ای	۱۶۹۳ ^b
۲	یک مرحله‌ای	۱۷۰۷ ^a
	دو مرحله‌ای	۱۸۰۳ ^a

حرف مشابه در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن).

نتایج کلی نشان داد که اعمال نیروی بیشتر به‌خصوص در یک مرحله (آسیاب کردن) بر روی کتیرا برای تبدیل آن به ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر، موجب کاهش کیفیت گرانروی و تیره‌تر شدن رنگ نمونه‌ها می‌شود. بر این اساس مناسب‌ترین روش فرآوری کتیرا شامل استفاده از کتیرای نواری، آسیاب کردن در دو مرحله و تبدیل کتیرا به ذرات با اندازه ۲ میلی‌متر است.

که فاصله اقلیدسی و رنگ صمغ معمولی و اصلاح‌شده (ΔE) به مقدار ۲۴/۲ رسید (Vuillemin et al., 2020). بررسی رنگ صمغ عربی با اندازه‌های ذرات مختلف نشان داد که ذرات درشت نسبت به سایر ذرات کوچک‌تر، روشن‌تر هستند. در همین حال، ذرات بسیار ریز (۳۷ میکرومتر) و ریز (۸۵ میکرومتر)، قرمزی (a^*) مشابهی با ذرات صمغ عربی تجاری (۳/۷ میکرومتر) داشتند. همچنین ذرات ریز (۸۵ میکرومتر) کم‌ترین مقدار زردی (b^*) را داشتند (Rosland Abel et al., 2020).

جدول ۵- ویژگی‌های رنگ اندازه‌گیری شده در کتیرا

$\Delta E(max)$	خصوصیت‌های رنگ						خصوصیت‌های آزمایش	
	b^*	a^*	L^*	B	G	R		
۱۱/۶۷	۷/۷۰۵	۴/۴۲	۸۵	۱۹۸	۲۰۹	۲۲۷	نواری	نوع کتیرا
	۱۶/۸۷۱	۰/۰۹۶	۷۹/۲۱	۱۶۵	۱۹۵	۲۰۹	ورقه‌ای	
۸/۸۵	۱۴/۵۳۵	۳/۴۹۶	۸۵/۶۷۲	۱۸۷	۲۱۱	۲۳۲	یک مرحله‌ای	مراحل آسیاب کردن
	۹/۹۴۲	۰/۹۸۸	۷۸/۵۲۷	۱۷۶	۱۹۳	۲۰۴	دو مرحله‌ای	
۵/۳۸	۱۱/۹۲۱	۲/۲۸۶	۸۴/۶۳	۱۸۹	۲۰۹	۲۲۵	۲	اندازه ذرات (میلی‌متر)
	۱۳/۳۶۲	۱/۴۸۵	۸۲/۳۳۲	۱۸۰	۲۰۳	۲۱۸	۰/۵	
	۱۱/۵۹	۲/۵۰۵	۷۹/۲۶	۱۷۵	۱۹۴	۲۱۰	۰/۲۵	

مرحله‌ای و نیز کاهش بیشتر ذرات کتیرا، روشنی رنگ ذرات کاهش می‌یابد. طبق نتایج کلی، مناسب‌ترین روش فرآوری کتیرا شامل استفاده از کتیرای نواری، آسیاب کردن در دو مرحله و تبدیل کتیرا به ذرات با اندازه ۲ میلی‌متر است.

منابع

- Abbasi, S. & Rahimi, S. (2006). Investigating the effect of concentration, temperature, viscosity and rotation speed on the flow behavior of Iranian Tragacanth gum solution. *Iranian Journal of Food Sciences and Industries*, 2(4). (in Persian).
- Anon. (2001). Tragacanth Gum. Metals and arsenic specifications revised at the 57th JECFA. Anon. (2006). Food Additive Status List. <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>. Content current as of: 07/02/2024
- Balaghi, S., Mohammadifar, M. A., Zargaraan, A., Ahmadi Gavlighi, H. & Mohammadi, M. (2011). Compositional analysis and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian Astragalus, *Food Hydrocolloids*, 25(7): 1775-1784.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی اثر روش‌های آسیاب کردن و اندازه ذرات دو نوع کتیرا بر خواص گرانروی و رنگ محصول نشان داد که متوسط مقادیر گرانروی کتیرای نواری ۲۶۸۰ سانتی‌پویز و کتیرای ورقه‌ای ۵۱۰ سانتی‌پویز به دست آمد که نشان‌دهنده کیفیت بالاتر و ارزش اقتصادی بیشتر کتیرای نوع نواری است. در آسیاب کردن هر دو نوع کتیرا (ورقه‌ای و نواری)، با کاهش اندازه ذرات، به‌خصوص در روش آسیاب کردن یک مرحله‌ای، کاهش گرانروی بالاتری مشاهده شد، به‌طوری‌که متوسط مقدار گرانروی کتیرا در آسیاب کردن یک مرحله‌ای، ۹/۳ درصد نسبت به آسیاب کردن دو مرحله‌ای کمتر بود. بررسی شاخص‌های رنگ کتیرا نشان داد که بر اساس فاصله اقلیدسی (ΔE) به‌دست‌آمده، اختلاف رنگ کتیرای نوع نواری و ورقه‌ای از لحاظ روشنایی ۱۱/۶۷ واحد، اختلاف رنگ بین یک و دو مرحله آسیاب کردن ۸/۸۵ واحد و بیش‌ترین اختلاف رنگ بین ذرات کتیرا ۵/۳۸ واحد است. این امر نشان می‌دهد که اولاً کتیرای نواری دارای رنگ روشن‌تری است و ثانیاً در مجموع با آسیاب کردن دو

- Rosland Abel, S. E., Yusof, Y. A., Chin, N. L., Chang, L. S., Mohd Ghazali, H. & Manaf, Y. N. (2020). Characterisation of physicochemical properties of gum arabic powder at various particle sizes. *Food Research* 4 (Suppl. 1): 107-115.
- Tavakoli, M. & Mohammadifar, M. A. (2017). A review on gum tragacanth and its biomedical applications. *Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran (NSMSI)*, 36(84): 1-20. (in Persian).
- Tinnelly & Wenzhi, D. (2007). Technique for producing arabic gum powder. CN101143995A.
- Vuillemin, M. E., Michaux, F., Adam, A. A., Linder, M., Muniglia, L. & Jasniewski, J. (2020). Physicochemical characterizations of gum Arabic modified with oxidation products of ferulic acid. *Food Hydrocolloids*, 107.
- Wee, A. G., Monaghan, P. & Johnston, W. M. (2002). Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6): 657-666.
- Zahedi, A. H. & Vedadi, I. (1979). Effect of Gum Tragacanth size reduction on DTA and TG behavior and its relationship to solution viscosity. *Thermochimica Acta*, 34: 281-286.
- Balaghi, S., Mohammadifar, M., & Zargaraan, A. (2010). Physicochemical and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian Astragalus. *Food Biophysics*, 5(1): 59e71.
- Barak, S., Mudgil, D., & Taneja, S. (2020). Exudate gums: Chemistry, properties and food applications—a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7): 2828-2835.
- Boamah, P. O., Afoakwah, N. A., Onumah, J., Osei, E. D. & Mahunu, G. K. (2023). Physicochemical properties, biological properties and applications of gum tragacanth-a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 5(2023): 100288.
- Dobrzanski, B. & Rybczynski, R. (2002). Colour change of apple as a result of storage, shelf-life and bruising. *International Agrophysics*, 16: 261-268.
- Emamifar, A. & Bavaisi, S. (2017). Effect of mixed edible coatings containing gum tragacanth and aloe vera on postharvest quality of strawberries during storage. *Iranian food science and technology research journal*, 13(3): 39-54. (in Persian).
- Gentry, H. S., Mittleman, M. & Mc Crohan, P. R. (1990). *Introduction of chia and gum tragacanth in the U.S.* In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. 252-256 Timber Press, Portland, OR.
- Khajavi, R., Mosavi Pourgharbi, S. H. & Rashidi, A. (2004). Gum Tragacanth Fibers Introduction Primitive GT Fibers. *International Journal of Engineering*, 17(2): 201-208.
- Liu, W., Chen, J. Ji, & Ye, C. (2014). Optimal Color Design of Psychological Counseling Room by Design of Experiments and Response Surface Methodology. *PLoS One*, 9(3): e90646.
- Nejatian, M., Abbasi, S., & Azarikia, F. (2020). Gum Tragacanth: Structure, characteristics and applications in foods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160: 846-860.
- Prasad, N., Thombare, N., Sharma, S. C. & Kumar, S. (2022). Gum arabic – A versatile natural gum: A review on production, processing, properties and applications. *Industrial Crops and Products*, 187. Part A.
- Qomshi Bozorg, P., Wahabi, M. & Fazilati, M. (2012). Qualitative investigation of white gossip (Astragalus gossypinus Fischer.) in the western region of Isfahan province. *Scientific-research quarterly of medicinal and aromatic plants*. 27(4): 668-680. (in Persian).