

تعیین اثر دما ، زمان و pH بر خاکستردر شفاف سازی عصاره خرما با ژلاتین

مهدی جلالی^{۱*} ، محمد حسین حداد خداپرست^۲

*۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد قوچان ، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان ، ایران

۲- استاد ، دانشگاه فردوسی مشهد ، گروه علوم و صنایع غذایی ، ایران

ایمیل نویسنده مسئول : mehdijalali62@yahoo.com

چکیده : ژلاتین با داشتن بار مثبت سبب شفافیت عصاره ها می شود. هدف از تحقیق حاضر ، استفاده از ژلاتین و همزمان بودن با دما ، زمان ، pH و تعیین خاکستر با روش سطح پاسخ بود. بعد از ریز کردن خرما و مخلوط کردن با آب مقطر و تنظیم pH با اسید سیتریک و هیدروکسید سدیم عصاره اولیه به دست می آید. با افزودن ۰/۰۵ گرم در لیتر ژلاتین در ۴۰ °C و همزدن در ۱۰ دقیقه در دماها و زمان های مختلف می توان به بررسی خاکستر پرداخت. اثر متغیرها بر مدل رگرسیونی خاکستر نشان داد که تاثیر خطی زمان ، pH و درجه دوم دما و برهمکنش زمان و دما در مدل معنی دار بودند. مقادیر pH ، ۰/۰۰۱ < P و زمان ، ۰/۰۵ < P و عبارت درجه دوم دما ، ۰/۰۱ < P به دست آمد. نتایج نشان دادند که کمترین خاکستر در زمان های بالا ، دما و pH های پایین حاصل می شود.

واژه های کلیدی : عصاره خرما ، ژلاتین ، تعیین دما- زمان - pH ، درصد خاکستر

مقدمه

خرما یک میوه هسته دار است که از درخت نخل از خانواده Palmaceae به دست می آید. در سال ۲۰۰۳ میزان تولید خرما در ایران ۸۷۵۰۰۰ تن بود که رتبه سوم در جهان محسوب می شد (FAO, 2003). علی رغم تولید انبوه خرما در کشورهای خرما خیز جهان، عدم فراهم نمودن تکنیک های مناسب برداشت و نگهداری، بازاریابی نامناسب و ویژگی های نامطلوب ژنتیکی برخی از درختان نخل، منجر به پایین بودن کیفیت خرما تولیدی و سوددهی اقتصادی پایین این محصول گردیده است (سرائی، ۱۳۷۵). استفاده از خرما درجه ۲ و ۳ و ضایعات آن، باعث افزایش ارزش افزوده می شوند. برخی فرآورده های حاصل از خرما و درخت خرما عبارتند از: عصاره، شیره یا شربت، قند مایع، اسیدها و الکل های آلی و ... (1993, Barreveld).

در فرآیند تولید عصاره خرما مهم ترین مرحله حذف عوامل کدورت و رنگ شامل پکتین، پروتئین، صمغ ها، پلی ساکاریدها، تانن و سایر پلی فنل ها می باشد. در یک مطالعه، روش آنزیماتیک با روش شیمیایی در شفاف سازی عصاره خرما مقایسه شد. آنزیم های مورد استفاده پکتیناز، سلولاز، آمیلاز و مخلوط آنها بود و برای شفاف سازی از آهک استفاده شد. دمای 40°C ، $\text{pH} = 4/5$ و زمان آنکوباسیون یک ساعت، بهترین بازده را در شفافیت ماده جامد کل، قند کل و قند احیا کننده داشت. به طوری که در نمونه شاهد بدون آنزیم ۷۶/۹۵ درصد و با استفاده از مخلوط سه آنزیم این فاکتور ۸۲/۴۵ درصد بود (زارع و همکاران، ۱۳۸۵). ژلاتین با داشتن بار مثبت سبب شفاف شدن آب میوه ها گشته به ویژه روی مواد فنلی اثر می نماید. تعیین مقدار ژلاتین بسیار حائز اهمیت است زیرا در صورت مصرف مقدار بیشتر از حد تاثیر معکوس داشته و باعث برگشت بار الکتریکی کمپلکس تانن-ژلاتین به کلونید با بار مثبت شده و هرگز رسوب نخواهد کرد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۱).

بهرامیان و همکاران (۲۰۱۰)، از نسبت ۱:۳ استفاده کردند و بعد از ۴-۵ دقیقه اختلاط، به مخلوط آنزیمهای Cellubrix و Pectinex Smash را اضافه کردند و به مدت یک ساعت در آنکوباسیون قرار دادند. نتایج تحقیقات آن ها نشان داد که آنزیم زنی بیشترین اثر را بر شفافیت عصاره خرما دارد و در آنزیم زنی pH مهم ترین فاکتور به شمار می آید. آقافرمانی و همکاران (۱۳۸۵)، تاثیر شرایط فرآیند تصفیه بنتونیتی همراه با ژلاتین را بر روی شربت خام نیشکر بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که، $0/02 \text{ (g/l)}$ ژلاتین، زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد فرآوری با بنتونیت مناسب ترین شرایط برای خالص سازی شربت خام نیشکر می باشد. نتایج در بهینه سازی راندمان استخراج عصاره خرما واریته کلوته نشان داد، که افزایش دما، زمان و نسبت اختلاط و همچنین کاهش pH موثر می باشند. در حالی که افزایش دما و کاهش pH تاثیر منفی بر شفافیت شربت داشتند. شرایط عملیاتی بهینه که برای فرآیند استخراج به دست آمد شامل دمای $45/77^{\circ}\text{C}$ ، $\text{pH} = 4$ ، زمان ۵ ساعت و نسبت اختلاط ۱:۴ بود که در این شرایط بهینه راندمان و میزان جذب به ترتیب برابر ۶۲/۵ درصد و ۰/۲۸ به دست آمد (جلالی و همکاران، ۱۳۹۱). هدف از تحقیق حاضر تعیین شرایط بهینه دما، زمان و pH با استفاده از ژلاتین به منظور شفاف سازی و رنگبری عصاره خرما واریته کلوته و تعیین درصد خاکستر با روش سطح پاسخ^۱ (RSM) بود.

مواد و روش ها

مواد اولیه

تحقیق حاضر بر روی خرما واریته کلوته انجام شد. خرما از بازار مشهد تهیه و تا شروع آزمایشات در سردخانه بالای صفر نگهداری شد. ژلاتین مورد استفاده (Erbigel) نوع A محصول کشور آلمان با عدد بلوم برابر ۱۰۰ بود و به صورت محلول ۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت.

استخراج شیره خرما و شفاف سازی و رنگبری آن

در مرحله اول به منظور افزایش سطح تماس آب با خرما و تسریع فرآیند دیفوزیون، خرماها با دست به قطعات کوچکتری تبدیل شده و با ۵۰۰ گرم آب مقطر (ابتدا آب مقطر داخل بن ماری^۲ به دمای آزمایش رسانیده می شد) با نسبت های مختلفی مخلوط شد. برای استخراج هرچه بیشتر عصاره قندی خرما، آب و خرما مخلوط شده توسط همزن دستی با دور پایین به مدت ۲ دقیقه همگن شد. سپس توسط اسید سیتریک ۵ نرمال و هیدروکسید سدیم ۱ نرمال pH مخلوط در مقدار مورد نظر تنظیم شد. بشر حاوی نمونه به داخل بن ماری با دماهای متفاوت منتقل و پس از زمان های مختلف در دمای مورد نظر، توسط آب سرد تا دمای محیط، سرد شد (Abbès et al., 2011). در ادامه برای انجام شفاف سازی عصاره خرما به این وسیله عمل

1. Response Surface Methodology
2. Water Bath, type w 350 B

می شود که ۱۰۰ میلی لیتر عصاره ی بدست آمده را در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و سپس برای شفاف سازی از ژلاتین استفاده شد. محلول ژلاتین به میزان ۰/۰۵ گرم در لیتر و اعمال دمای ۴۰ °C افزوده شد. مخلوط عصاره و ژلاتین را پس از ۱۰ دقیقه همزدن به داخل بن ماری با دماها و زمان های مختلف منتقل کرده و در ادامه توسط آب تا دمای محیط سرد شد. محلول سرد شده را با عبور دادن فاز ته نشین نشده از کاغذ صافی واتمن ۳ عبور داده شد (جاهد و همکاران ، ۱۳۹۱). در انتها از روش کانداکتومتری^۴ برای تعیین خاکستر استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از متدولوژی سطح پاسخ (RSM) جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل شامل دما (۷۰-۳۰ °C)، pH (۶-۴) و زمان (۱۲۰-۴۰ دقیقه) برای تعیین شرایط بهینه استفاده شد. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار (Design Expert) مدل 6.0.2 (میناپولیس آمریکا)^۵ مدلسازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ و متغیرهای مستقل رسم شد. جهت تعیین نقطه بهینه از روش بهینه یابی عددی نرم افزار مذکور استفاده گردید. تابع پاسخ (y)، یعنی خاکستر بر داده های حاصل از مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + \varepsilon \quad \text{رابطه (۱)}$$

ضرایب مدل چند جمله ای به صورت b_0 (عرض از مبدا)، b_1, b_2, b_3, b_4 (اثرات خطی)، $b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{44}$ (اثرات درجه دوم) و $b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}$ (اثرات متقابل) بیان شده اند. معنی داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای پاسخ تعیین شد (جاهد و همکاران ، ۱۳۹۱). با توجه به مقادیر (R^2) و (R^2) اصلاح شده مربوط به مدل ، مشاهده می شود که مدل چند جمله ای درجه دوم دارای مقادیر بالاتری است، لذا در برازش داده ها توان بیشتری را دارا می باشد. ضرایب مدل درجه دوم که بیانگر تاثیر شرایط مختلف شفاف سازی شامل (pH, x_1)، (دما, x_2) و (x_3 , زمان) بر میزان خاکستر محلول عصاره خرماي کلوت هاستند، با استفاده از تکنیک حداقل مربعات محاسبه گردیدند که به صورت رابطه (۲) ارائه شده است. برای شهودی کردن رابطه متغیرهای مستقل و پاسخ ، نمودارهای سه بعدی رویه پاسخ با دو متغیر مستقل در مقابل پاسخ رسم شدند در حالی که سایر متغیرها ثابت در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

تجزیه مدل برازش یافته

به منظور تعیین شرایط بهینه برای شفاف سازی عصاره بدست آمده، ابتدا مقدار مطلوب ژلاتین ۰/۰۵ گرم بر لیتر بدست آمد. سپس برای تعیین شرایط بهینه برای حداکثر فعالیت این ترکیب جهت شفاف سازی، با ثابت در نظر گرفتن مقدار ژلاتین مورد استفاده، طرح با سه فاکتور دما (۷۰-۳۰ °C)، pH (۶-۴) و زمان (۱۲۰-۴۰ دقیقه) به اجرا در آمد. پارامتر اندازه گیری شده در مرحله دوم شامل میزان خاکستر (درصد) بود. نتایج آزمون ضعف برازش و ارزیابی صحت مدل های برازش شده به ترتیب در جدول های (۱) و (۲) خلاصه شده اند.

جدول ۱: نتایج آزمون ضعف برازش مدل های برازش یافته بر داده های پاسخ در مرحله شفاف سازی عصاره خرما

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	اندیس F	اندیس p برای Lack of fit
درصد خاکستر					
خطی	$2/8 \times 10^{-3}$	۱۱	$2/55 \times 10^{-4}$	۱۲/۵۷	۰/۰۰۵۹
درجه دوم	$3/4 \times 10^{-4}$	۵	$6/8 \times 10^{-5}$	۳/۳۶	۰/۱۱

3 . Whatman , 42

4 . Model 380 BA , UK

5 . Stat – Ease Inc. , Minneapolis , USA

همان طور که در جدول (۱) مشاهده می شود، آزمون ضعف برازش مربوط به مدل های چند جمله ای درجه دوم برازش یافته بر داده های مرحله شفاف سازی عصاره، در سطح آلفا برابر ۰/۰۵ معنی دار نمی باشد.

جدول ۲: نتایج آنالیز آماری مدل برازش یافته بر داده های پاسخ

منبع تغییر	انحراف معیار	ضریب تعیین R ²	R ² اصلاح شده
درصد خاکستر	۰/۰۱۳	۰/۵۰	۰/۴۰
خطی	۰/۰۰۶۶	۰/۹۲	۰/۸۶
درجه دوم			

همچنین مشخص شد که عبارت های مربوط به بر همکنش هیچکدام از متغیرهای مستقل معنی دار نبودند. مقدار بالای R² (R²=۰/۹۴) و متناسب بودن مقدار (R²) و (R²) اصلاح شده موید قدرت بالای مدل در پیش بینی می باشد (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول آنالیز واریانس (ANOVA)، مدل خاکستر که در جدول (۳) ارائه شده است، مشاهده می شود که این مدل معنی دار بوده (P<۰/۰۰۱) و آزمون ضعف برازش آن معنی دار نیست (P>۰/۰۵) که نشان دهنده مناسب بودن مدل می باشد. عبارت های معنی دار مدل شامل pH (A, P<۰/۰۰۰۱)، زمان (C, P<۰/۰۰۵) و عبارت درجه دوم دما (B², P<۰/۰۰۱) بودند (جدول ۳). همان طور که مشاهده می شود در این مدل نیز عبارات اثرات درجه دوم و اثرات متقابل معنی دار بوده و به شکل مدل حاصله انحنا بخشیده اند. در مدل جذب عبارت های مربوط به بر همکنش زمان و دما (BC, P<۰/۰۰۱) معنی دار بود. مقادیر (R²) و (R²) اصلاح شده این مدل به ترتیب برابر ۰/۹۲ و ۰/۸۶ بودند که مقدار (R²) بالاتر از ۰/۸ بیانگر قدرت بالای مدل می باشد (جدول ۲).

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم برای خاکستر عصاره خرما

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	اندیس F	اندیس P
مدل	۵/۳۵×۱۰ ^{-۳}	۹	۵/۹۴×۱۰ ^{-۴}	۱۳/۴۵	۰/۰۰۰۲
A	۲/۳۷×۱۰ ^{-۳}	۱	۲/۳۷×۱۰ ^{-۳}	۵۳/۶۴	<۰/۰۰۰۱
B	۲/۱۱×۱۰ ^{-۴}	۱	۲/۱۱×۱۰ ^{-۴}	۴/۷۹	۰/۰۵۳
C	۳/۰۲×۱۰ ^{-۴}	۱	۳/۰۲×۱۰ ^{-۴}	۶/۸۴	۰/۰۲۵
A ²	۴/۷×۱۰ ^{-۵}	۱	۴/۷×۱۰ ^{-۵}	۱/۰۶	۰/۳۲
B ²	۶/۹۲×۱۰ ^{-۴}	۱	۶/۹۲×۱۰ ^{-۴}	۱۵/۶۵	۰/۰۰۲۷
C ²	۵/۹۱×۱۰ ^{-۵}	۱	۵/۹۱×۱۰ ^{-۵}	۱/۳۴	۰/۲۷
AB	۹/۸×۱۰ ^{-۵}	۱	۹/۸×۱۰ ^{-۵}	۲/۲۲	۰/۱۶
AC	۱/۲۵×۱۰ ^{-۵}	۱	۱/۲۵×۱۰ ^{-۵}	۰/۲۸	۰/۶۰
BC	۱/۶۲×۱۰ ^{-۳}	۱	۱/۶۲×۱۰ ^{-۳}	۳۶/۷۴	۰/۰۰۰۱
ضعف برازش	۳/۴×۱۰ ^{-۴}	۵	۶/۸۱×۱۰ ^{-۵}	۳/۳۶	۰/۱۱
خطا	۱/۰۱×۱۰ ^{-۴}	۵	۲/۰۳×۱۰ ^{-۵}	-	-

جدول ۴: خلاصه نتایج آماری مدل برازش یافته در مرحله شفاف سازی عصاره خرما

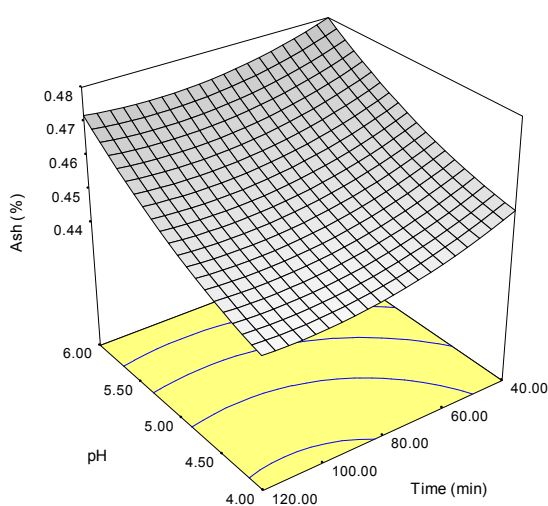
پاسخ	میانگین	انحراف معیار (SD)	ضریب تغییرات (CV)	R ²	R ² اصلاح شده
خاکستر (%)	۰/۴۵	۰/۰۰۶۶	۱/۴۹	۰/۹۲	۰/۸۶

بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان خاکستر

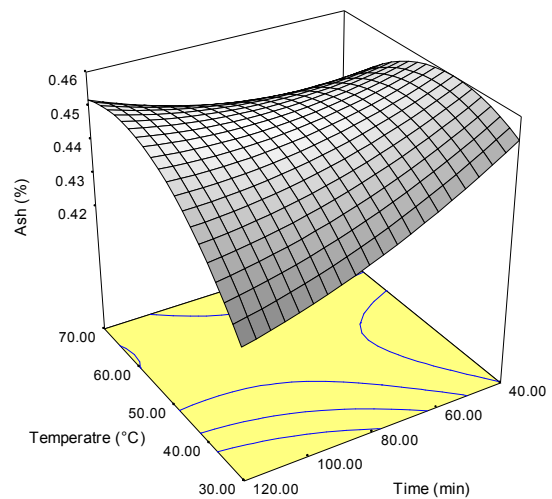
تاثیر متغیرهای مستقل بر خاکستر عصاره استخراج شده از خرما واریته کلوته به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل (۱) نشان داده شده است. در این شکل تاثیر درجه حرارت و زمان (در حالی که pH=5) و تاثیر pH و زمان (در حالی که دما ثابت و برابر 50°C) نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس داده های خاکستر نشان داد که pH بیشترین تاثیر را بر میزان خاکستر شربت داشت، به طوری که با کاهش pH میزان خاکستر شربت روند نزولی داشت (آقا فرمانی و همکاران ، ۱۳۸۴). نتایج بدست آمده با تحقیقات مشابه برخی محققان به بررسی اثر بنتونیت و ژلاتین بر حذف ناخالصی ها از شربت چغندر قند و شربت نیشکری پرداخته اند، مغایرت دارد. دلیل این امر احتمالا تفاوت در ترکیب شربت ها، بخصوص نوع عناصر معدنی موجود در عصاره خرما نسبت به شربت چغندر قند و شربت نیشکری باشد (آقا فرمانی و همکاران ، ۱۳۸۴ ؛ جاهد و همکاران ، ۱۳۹۱).

تنها اثر معنی دار برای دما، اثر توان دوم آن ($P < 0.01$) می باشد. نتایج نشان داد که به دلیل فعالیت بهتر ژلاتین در درجه حرارت های پایین، با افزایش دما از 30 به 70 درجه سانتی گراد از فعالیت آن ها کاسته شده و در نتیجه میزان خاکستر به صورت سهمی افزایش یافته است. نتایج آنالیز واریانس داده های خاکستر نشان داد که فقط اثر خطی آن در مدل معنی دار شده است، به طوری که با افزایش زمان واکنش از 40 تا 120 دقیقه، میزان جذب عناصر افزایش و در نتیجه خاکستر شربت کاهش یافته است ضرایب رگرسیونی بدست آمده در رابطه (۲) نیز نشان می دهد که افزایش زمان تاثیر منفی بر خاکستر شربت داشته است، این نتایج موید تحقیقات مکیمر و همکارانش می باشد (Mekhemer et al. , 2008). بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که کمترین مقدار خاکستر در زمان های بالا، درجه حرارت و pH های پایین قابل حصول است. رابطه مدل جهت تخمین میزان خاکستر شربت با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه (۲) می باشد.

$$\text{Ash} = 0.524 - 0.037x_1 + 1.89x_2 - 1.64x_3 + 4.13x_1^2 - 3.96x_2^2 + 2.89x_3^2 + 1.75x_1x_2 + 3.12x_1x_3 + 1.78x_2x_3 \quad \text{رابطه (۲)}$$



(ب)



(الف)

شکل ۱: نمودار رویه پاسخ خاکستر (الف) تاثیر درجه حرارت و زمان (pH=5) و (ب) تاثیر pH و زمان ($T=50^{\circ}\text{C}$).

بهینه سازی مرحله شفاف سازی عصاره خرما

شرایط عملیاتی بهینه برای شفاف سازی عصاره خرما با استفاده از ژلاتین (0.5 گرم بر لیتر) در pH ، زمان و دماهای مختلف بر روی پارامتر خاکستر، با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی نرم افزار (Design Expert) جستجو شد. برای این منظور پاسخ خاکستر در حداقل مقدار خود در نظر گرفته

شد. در حالت بهینه، کمترین مقدار خاکستر ۰/۴۲۱ درصد به دست آمد. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه شفاف سازی شربت برای pH، درجه حرارت و زمان به ترتیب ۰/۴۲۸، ۳۸ درجه سانتی گراد و ۸۲ دقیقه به دست آمد.

جدول ۵: نتایج به دست آمده از فرآیند بهینه سازی در شفاف سازی

مقدار	پاسخ	مقدار بهینه	حداکثر	حداقل	متغیر مستقل
		۳۸	۷۰	۳۰	دما (°C)
۰/۴۲۱	خاکستر (%)	۴/۲۸	۶	۴	pH
		۸۲	۱۲۰	۴۰	زمان (دقیقه)

نتیجه گیری کلی

خرما یکی از محصولات باغی بسیار مهم است که غذایی طبیعی و پرارزش برای انسان می باشد. با ایجاد صنایع تبدیلی می توان ارزش افزوده خرما را در بازار داخلی افزایش داد و با تولید فرآورده هایی مانند عصاره و عسل خرما، قند مایع، خمیر و پودر خرما می توان بخش قابل توجهی از خرما تولیدی در کشور را به محصولات با ارزش افزوده بالاتر و قابل صدور تبدیل ساخته و از ضایع شدن آن ها جلوگیری کرد. در این پژوهش، خرما درجه دوم واریته کلوته که از ارقام مهم ایرانی و رایج در استان کرمان می باشد انتخاب شد. با بررسی اثر فاکتورهای pH، درجه حرارت و زمان در مرحله رنگبری و شفاف سازی توسط ژلاتین نیز مشخص شد دما و pH از مهمترین عوامل کنترل کننده فعالیت ژلاتین بوده و زمان نسبت به این دو متغیر تاثیر کمتری داشت. نتایج نشان داد که ژلاتین به عنوان مواد شفاف کننده و تصفیه کننده در این تحقیق، در دما و pH پایین با گذشت زمان فعالیت بیشتری داشته و میزان ناخالصی های عصاره را بیشتر کاهش می دهند. به طوری که کمترین مقدار این پاسخ ها در نقطه بهینه برای خاکستر ۰/۴۲۱ درصد به دست آمد که در مقایسه با نمونه عصاره اولیه، خاکستر تغییر چندانی نکرد. این امر نشان می دهد که استفاده از ژلاتین برای شفاف سازی، در کنار حذف ناخالصی ها و شفاف شدن عصاره، خاکستر آن افزایش پیدا نمی کند.

منابع

- ۱- آقافرمانی، ب.، حداد خداپرست، م.ح.، حصاری، ج.، و رضایی، ع.، ۱۳۸۴، تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت : ۱- تعیین مقدار بهینه بنتونیت و pH، فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، ۲، ۱- ۱۰.
- ۲- آقافرمانی، ب.، حداد خداپرست، م.ح.، حصاری، ج.، و رضایی عراقی، ع.، ۱۳۸۵، تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت : ۲- تعیین مقدار بهینه ژلاتین، زمان و دمای فرآوری با بنتونیت، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۲، ۱- ۱۳.
- ۳- جاهد، ع.، حداد خداپرست، م.ح.، بهزاد، خ.، الهی، م.، و کوچکی، آ.، ۱۳۹۱، بهینه یابی شرایط تصفیه شربت خام چغندر قند با استفاده از بنتونیت با روش سطح پاسخ (RSM)، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸، ۶۰- ۷۲.
- ۴- جلالی، م.، عطای صالحی، ا.، و حداد خداپرست، م.ح.، ۱۳۹۱، بررسی عوامل موثر بر فرآیند استخراج شیره از خرما و واریته کلوته و بهینه یابی آن با استفاده از متدولوژی سطح پاسخ، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸، ۳۲۷- ۳۳۶.
- ۵- زارع، ف.، آذین، م.، نیکوپور، ه.، و مظلومی، م.ت.، ۱۳۸۵، بررسی تاثیر آنزیمهای پکتولیتیک و سلولیتیک در بهبود فرایند قندگیری از خرما، فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱، ۱۵- ۲۱.
- ۶- سرائی، ج.، ۱۳۷۵، خرما (فرآیند و عمل آوری، تولید فرآورده های جنبی)، چاپ اول، انتشارات بارثاوا.
- ۷- مرتضوی، ع.، قدس روحانی، م.، و جوینده، ح.، ۱۳۸۱، تکنولوژی شیر و فرآورده های لبنی، چاپ سوم، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

8- Abbès , F., Bouaziz ,M.A., Blecker ,C., Masmoudi ,M., Attia ,H.,& Besbes ,S., 2011, Date syrup: Effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physicochemical characteristics. Sensory and functional properties. 44,1827- 1834.

9- Bahramian, S., Azin, M., Chamani, M., and Gerami, A., 2010, Optimization of enzymatic extraction of sugars from Kabkab date fruit. World applied science journal, 9 (1), 85-90.

10- Barrevel, W.H. Date palm products, FAO publication, 1993[on-line].

11- [http:// www.fao.org , 2003]

12- Mekhemer , W.K., Hefine ,J.A., Alandis ,N.M., Aldayel ,O.A., & Al- Raddadi ,S., 2008, Thermodynamics and Kinetics of Co (II) Adsorption onto Natural and Treated Bentonite . Jordan Journal of Chemistry , 3,409-423.