نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 10، شماره 3، پاییز 1393، ص. 290-284

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 3, Fall 2014, p. 284-290

شفاف سازی عصاره حاصل از خرمای واریته کلوته با استفاده از بنتونیت و ژلاتین

مهدی جلالی[1]- محمد حسین حداد خداپرست[2*]- عیسی جاهد[3]

تاریخ دریافت:1392/6/24
تاریخ پذیرش:1393/4/22

چکیده

در این پژوهش از متدولوژی سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی صاف به منظور بررسی رنگبری و شفاف سازی عصاره خرمای واریته کلوته برای تولید قند مایع بهره گرفته شد. ابتدا مقدار بهینه ی بنتونیت3-1 گرم بر لیتر و ژلاتین 0/08-0/02 گرم بر لیتر تعیین شد که مقدار مطلوب بنتونیت و ژلاتین به ترتیب 3 و 0/05 گرم بر لیتر بدست آمد. برای تعیین شرایط بهینه حداکثر فعالیت این دو ترکیب جهت شفاف سازی، با ثابت در نظر گرفتن بنتونیت و ژلاتین، بررسی با سه فاکتور دما ($^{C^o}$ 70 - 30)، pH (6-4) و زمان (120- 40دقیقه) به اجرا در آمد. پارامترها شامل رنگ، خاکستر و جذب بود. بنتونیت و ژلاتین در دما و pH پایین با گذشت زمان فعالیت زیادی داشته و ناخالصی ها را بیشتر کاهش می دهند. کمترین مقدار این پاسخ ها برای رنگ در 420 نانومتر، خاکستر و جذب در 660 نانومتر به ترتیب 4302 ایکومزا، 0/421 درصد و 0/059 به دست آمد. با مقایسه مقادیر در نقطه بهینه شربت شفاف سازی شده توسط بنتونیت و ژلاتین نسبت به شربت اولیه، مشخص شد که این تکنیک توانسته مقدار رنگ، خاکستر و جذب شربت را به ترتیب % 68/25 ، % 8/7 و % 89/46 کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: بنتونیت، خرمای واریته کلوته، رنگبری و شفاف سازی، ژلاتین، متدولوژی سطح پاسخ

مقدمه

در بسیاری از کشورهای دنیا به ویژه خاورمیانه و شمال آفریقا میوه خرما به عنوان یکی از اجزای اساسی رژیم غذایی محسوب می شود. مطالعه های اخیر نشان می دهد که عصاره میوه خرما به علت وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضد جهش دارای توانایی جذب رادیکال های آزاد است (Vayalil , 2005). خرمای با کیفیت خوب برای تولید محصولاتی نظیر مربا، نانوایی، نوشیدنی ها و شیرینی جات به کار می رود (Al-Hooti *et* . , 1997 ; Achour *et al.* , 1996 ; Khatchadourian *et* , 1983 ; Benamara *et al.* , 2004 ; *al.* Youssif *et al.* , 1990 ; *al.*). خرمای با کیفیت پایین تر غنی از کربوهیدارتها و فیبرهای رژیمی می باشد (Besbes *et al.* , 2009). شربت خرما یا به طور مستقیم مصرف می گردد و یا به صورت ترکیب در فرمولاسیون بعضی از مواد غذایی نظیر بعضی از محصولات نانوایی ،نوشیدنی ها ،شیرینی ها و یا ترکیبی از خمیر کنجد و شربت خرما[4] به کار می رود (El- , 2009 ; Barreveld , 1993 , 1997 ; Razavi *et al.* , 2007 ; Sharnouby *et al.* Roukas & Kotzekidou).

در فرآوری آبمیوه، شراب و شیره خرما مهمترین مرحله حذف عوامل کدورت و رنگ نظیر پکتین، پروتئین، صمغ ها، پلی ساکاریدها، تانن ها و سایر پلی فنل ها می باشد (El-Sharnouby *et* , 2009 Onsekizoglu *et al.* , 2010 ; Berardini *et al.* , 2005 ; *al.*). به طور کلی روش های شفاف سازی می تواند توسط سانتریفوژ،روش های آنزیمی و یا استفاده از عوامل شفاف کننده نظیر ژلاتین ، بنتونیت ، هیدروکسید آلومینیم ، سیلیکا سل[5] و پلی وینیل پیرولیدون[6] انجام گیرد (El-Sharnouby . , 2009 ; Youssif et al. , 1990 ; Chatterjee *et al.* , 2004 ; Berardini *et al.* , 2005 ; *et al* , 2006 ; Abbès *et al.* , 2011 ; Onsekizoglu *et al.* , 2010 Moure *et al.*).

بنتونیت یک خاک رس از گروه مونتموریلونیت[7] (کلسیم، سدیم،

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد قوچان ، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران
2- استاد ، دانشگاه فردوسی مشهد ، گروه علوم و صنایع غذایی، ایران
3- دانشجوی دکتری ، دانشگاه ارومیه ، گروه علوم و صنایع غذایی، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: kodaparast@um.ac.ir

4- Sesame paste/date syrup blend
5 - Silica sol
6- Polyvinyl pyrrolidone
7- Montmorillonite

منیزیم و آلومینیم سیلیکات) می باشد که بسته به یون قابل تبادل که در آن غالب است به دو صورت سدیم بنتونیت و کلسیم بنتونیت طبقه بندی می شود. میزان تورم و خاصیت رنگبری بیشتر بنتونیت ها در حالت طبیعی و اولیه مطلوب نیست، بنابراین لازم است که تغییراتی ایجاد شود تا خواص مورد نظر درآن تشدید گردد. مثلا کلسیم بنتونیت را می توان با کربنات سدیم تیمار کرد که نتیجه آن تبادل یون و جایگزینی سدیم به جای کلسیم و تولید بنتونیتی با انبساط پذیری اصلاح شده است. این ترکیب جدید سدیم-کلسیم بنتونیت[1] نامیده می شود ، لذا برای ایجاد شفافیت مطلوب بهتر است ازاین ترکیب استفاده گردد (جاهد و همکاران، 1391). ژلاتین ، پروتئینی مشتق شده از کلاژن بوده که از استخوان، پوست و غضروف حیوانات تهیه می گردد و در صنایع غذایی به دلیل ویژگی کاهش مقدار پلی فنل ، روشن کردن رنگ و بالا بردن قابلیت فیلتراسیون مورد استفاده قرار می گیرد (آقافرمانی و همکاران ، 1385). کاربرد ژلاتین و بنتونیت برای جذب مواد فنولیکی از پوست و هسته های سیب و همچنین عصاره و پوست انبه و همچنین استفاده از این دو ترکیب قبل از اولترافیلتراسیون[2] در شفاف سازی آب سیب صورت گرفت (Berardini *et al.* , 2005 ; Haddad *et al.* , 2003 ; Onsekizoglu *et al.* , 2010).

آقافرمانی و همکاران (1385)، تاثیر شرایط فرآیند تصفیه بنتونیتی همراه با ژلاتین را بر روی شربت خام نیشکر بررسی کردند.نتایج این تحقیق نشان داد که، (g/l) 0/02 ژلاتین ، زمان 60 دقیقه و دمای 100 درجه سانتی گراد فرآوری با بنتونیت مناسب ترین شرایط برای خالص سازی شربت خام نیشکر می باشد.

در مطالعه ای دیگر جاهد و همکاران (1391) از روش سطح پاسخ برای تعیین شرایط بهینه فرآیند تصفیه شربت خام چغندرقند با استفاده از بنتونیت بهره گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد در pH های پایین تر جداسازی عوامل ایجاد کننده رنگ و کدورت توسط بنتونیت افزایش یافت که منجر به افزایش درجه خلوص اصلاح شده شربت گردید. با افزایش دما حذف عوامل ایجاد کننده رنگ و کدورت روند افزایشی داشت که منجر به افزایش درجه خلوص گردید.

خرمای واریته کلوته از ارقام مهم و رایج در استان کرمان می باشد (این واریته بومی ایران است) که تاکنون تحقیقی در مورد بررسی راندمان استخراج شیره، ترکیبات شیمیایی و تاثیر فاکتورهای موثر بر راندمان استخراج و همچنین شفاف سازی آن صورت نگرفته است. این رقم خرما به رنگ قهوه‌ای متمایل به سیاه و رنگ خارک آن زرد است. نکته قابل توجه در مورد این رقم خرما این است که با انجام آزمایشات مشخص شد که این واریته بدون استفاده از آنزیم های سلولاز و پکتیناز، راندمان استخراج شیره بسیار بالایی (حدود 63 درصد) داشته که از نظر صنعتی رقم بسیار قابل توجهی است. چرا که در بسیاری موارد جهت رسیدن به این راندمان از استخراج شیره، نیاز به آنزیم های سلولاز و پکتیناز می باشد که منجر به افزایش هزینه ها و قیمت تمام شده محصول می شود. بنابراین هدف از این تحقیق تعیین شرایط بهینه جهت شفاف سازی و رنگبری عصاره خرمای حاصله با استفاده از غلظت های مختلف بنتونیت و ژلاتین و سطوح مختلف pH، دما و زمان به منظور رسیدن به یک فرآیند مناسب جهت تولید قند مایع از خرما بود که از متدولوژی سطح پاسخ[3] (RSM) و طرح مرکب مرکزی صاف[4] (FCCD) برای تعیین این شرایط بهینه استفاده شد.

مواد و روش ها

مواد

تحقیق حاضر بر روی خرمای واریته کلوته انجام شد. خرما به صورت یکجا از بازار مشهد تهیه و تا شروع آزمایشات در سردخانه بالای صفر نگهداری شد. نمونه بر اساس رطوبت ، خاکستر ، قند کل و پروتئین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (AOAC, 2000).

ژلاتین مورد استفاده (Erbigel) ژلاتین نوع A محصول کشور آلمان با عدد بلوم برابر 100 بود و به صورت محلول 5 درصد مورد استفاده قرار گرفت. بنتونیت مورد استفاده ازنوع سدیم-کلسیم بنتونیت (Na-Calite ، آلمان) بود که هر دو از کارخانه شهد ایران مشهد تهیه شدند.

استخراج شیره خرما

آزمایش ها در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول به منظور استخراج حداکثر عصاره قندی از خرما، ابتدا مقدار مورد نظر خرما را از سردخانه بیرون آورده و سپس در دمای محیط قرار داده شد تا به دمای آزمایشگاه برسد. دلیل این امر، این بود که بافت خرما داخل سردخانه سفت شده و هنگام همزدن با همزن دستی فرآیند همگن کردن و در نتیجه نفوذ به خوبی انجام نمی شد. سپس به منظور افزایش سطح تماس آب با خرما و تسریع فرآیند دیفوزیون، خرماها با دست به قطعات کوچکتری تبدیل شده و با500 گرم آب مقطر (ابتدا آب مقطر داخل بن ماری[5] به دمای آزمایش رسانیده می شد) با نسبت 1:4 مخلوط شد. برای استخراج هرچه بیشتر شیره قندی خرما آب و خرمای مخلوط شده توسط همزن دستی با دور پایین به مدت 2 دقیقه همگن شد. سپس توسط اسید سیتریک 5 نرمال و هیدروکسید سدیم 1 نرمال pH مخلوط در حدود 4 تنظیم شد. بشر حاوی نمونه به

1- NaCalit
2- Ultrafiltration
3- Response Surface Methodology
4- Face Central Composite Design
5 - Water Bath , type w 350 B

داخل بن ماری با دمای 77 درجه سانتیگراد منتقل و پس از مدت زمان 5 ساعت در دمای مورد نظر، توسط آب سرد تا دمای محیط سرد شد. محلول سرد شده توسط فیلتر های پارچه ای صاف و سپس فرآیند شفاف سازی روی آن انجام گردید (Abbès *et al.* , 2011). لازم به ذکر است که شرایط استخراج شیره در یک فرآیند جداگانه بهینه یابی شد و در این مرحله شیره در شرایط بهینه مرحله قبل استخراج گردید.

شفاف سازی و رنگبری شیره خرما

برای این منظور 100 میلی لیتر شیره خرما بدست آمده را در یک ارلن 250 میلی لیتری ریخته و سپس برای شفاف سازی از بنتونیت و ژلاتین استفاده شد. بنتونیت باید قبل از مصرف مدتی در داخل آب خیسانیده شود، لذا محلول 20 درصد بنتونیت، 12-8 ساعت قبل از انجام آزمایش ها آماده شد. سپس مقدار 3 گرم بر لیتر بنتونیت به صورت محلول 20 درصد به ارلن اضافه گردید. به دلیل اسیدی بودن خاصیت بنتونیت، pH مخلوط باید اندکی کاهش یابد. مخلوط بدست آمده توسط اسید سیتریک و هیدروکسید سدیم در pH مورد نظر تنظیم گردید. شیره خرما و بنتونیت به مدت 10دقیقه توسط همزن مغناطیسی در دور پایین در دمای محیط به همزده شد تا واکنش ها تکمیل گردد، سپس محلول ژلاتین به میزان 0/05 گرم در لیتر افزوده شد. مخلوط حاوی شیره، بنتونیت و ژلاتین را پس از 10 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[1] برای اندازه گیری پارامترهای مورد نظر ، استفاده گردید (جاهد و همکاران ، 1391).

اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز شیره خرما

جذب که معرف میزان شفافیت شیره خرما می باشد، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر[2] در طول موج 660 نانومتر اندازه گیری شد. رنگ سنجی نیز با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 420 نانومتر انجام شد. پس از قرائت میزان، مقدار رنگ با استفاده از استاندارد مقایسه ای ایکومزا محاسبه گردید. خاکستر نیز به روش کنداکتومتری[3] اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از متدولوژی سطح پاسخ (RSM) با طرح مرکب مرکزی صاف (FCCD) جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل شامل دما (^{oC} 70-30)، pH (6-4) و زمان (120-40 دقیقه) برای تعیین شرایط بهینه استفاده شد. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار(Design Expert) مدل6.0.2 (مینـاپولیس آمریکا)[4] مدلسازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیرهای مستقل رسم شد. جهت تعیین نقطه بهینه از روش بهینه یابی عددی نرم افزار مذکور استفاده گردید. توابع پاسخ (y) ، شامل میزان رنگ ، جذب و خاکستر بودند بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^{\,2} + b_{22}x_2^{\,2} + b_{33}x_3^{\,2} + b_{44}x_4^{\,2} + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + \varepsilon \quad (1)$$

ضرایب مدل چند جمله ای به صورت b_0 (عرض از مبداء)، b_4، b_3، b_2، b_1 (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 هر پاسخ تعیین شد. به منظور حصول مدل های تجربی برای پیش بینی هر کدام از پاسخ ها میزان جذب ، رنگ و خاکستر، رابطه های خطی و چند جمله ای درجه دوم رابطه(1) بر داده های به دست آمده برازش شدند. سپس این مدل ها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند تا مدل مناسب گزینش گردد. معنی داری آماری مدل ها با استفاده از آزمون (F) و مقدار احتمال(P) بررسی شدند.

با توجه به مقادیر (R^2) و (R^2) اصلاح شده مربوط به مدل ها ، 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 (x_1 ,pH) ، (x_2 ,دما) و (x_3 , زمان) بر میزان رنگ، خاکستر و میزان جذب محلول عصاره خرمای کلوته هستند، با استفاده از تکنیک حداقل مربعات محاسبه گردیدند که به صورت رابطه مدل های (2) ، (3) و (4) 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

ترکیب شیمیایی خرما

خرمای مورد استفاده جهت استخراج شیره ، خرمای واریته کلوته بود که از نظر برخی ویژگی ها شامل رطوبت، خاکستر، پروتئین و قند

1- Whatman , 42
2- Cambridge England
3- Model 380 BA , UK

4 - Stat – Ease Inc. , Minneapolis , USA

کل مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج آن در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- ترکیب خرمای کلوته مورد استفاده

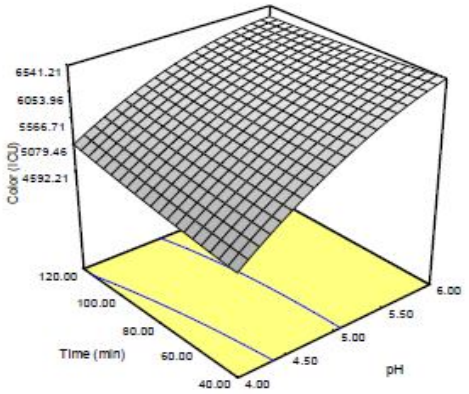
رطوبت (%)	خاکستر (%)	قند کل (%)	پروتئین (N×6/25 %)
23/76	1/84	74/76	2/311

بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر پاسخ ها

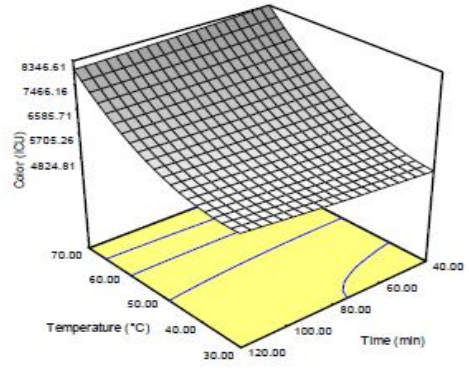
بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان رنگ

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان رنگ شیره خرما در شکل های رویه پاسخ نشان داده شده است (شکل 1). در این شکل تاثیر زمان و pH (در حالی که دما ثابت و برابر $50^{\circ}C$) و درجه حرارت و زمان (در حالی که pH=5) بر تغییرات رنگ شیره خرما ملاحظه می شود. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (2) مشاهده می شود که دما تاثیر عمده ای بر تغییرات رنگ شیره خرما داشته است. که معنی دار بودن اثرات خطی (P<0/0001) و توان دوم (P<0/05) آن موید این مطلب می باشد. به طوری که با تغییر دما از 30 به 50 درجه سانتی گراد، میزان رنگ شیره تغییر چشمگیری نکرده، ولی با ادامه افزایش دما تا 70 درجه سانتی گراد، رنگ شربت به صورت سهمی افزایش یافته است. با توجه به معنی دار نبودن تاثیر زمان بر میزان رنگ عصاره استخراج شده (P>0/05)، چنین نتیجه گیری می شود که رنگ شربت نسبت به تغییرات مدت زمان حساسیت چندانی ندارد. به طوری که با تغییر سطوح این متغیر، میزان تغییرات رنگ بسیار ناچیز است. از شکل رویه چنین به نظر می رسد که رابطه رنگ با pH به صورت خطی است که این روند توسط معنی دار بودن اثر خطی مدل (P<0/001) تایید می شود. نتایج نشان داد که با کاهش pH از 6 به 4، میزان جذب عوامل ایجاد رنگ در شیره خرما توسط بنتونیت و ژلاتین افزایش یافته و در نتیجه میزان رنگ شربت به صورت تقریبا خطی کاهش یافت. در مقایسه با بررسی انجام گرفته برای شربت نیشکر مشخص شد که با افزایش pH کارایی بنتونیت برای حذف ترکیبات رنگی کاهش می یابد (آقا فرمانی و همکاران، 1388). بر اساس نتایج بدست آمده و همچنین شکل های رویه پاسخ مشخص شد که بهترین نتیجه از نظر کاهش رنگ توسط ژلاتین و بنتونیت در درجه حرارت های پایین و pH پایین حاصل شده است. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین رنگ شربت با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ذیل به دست آمد.

$$Color = -350408 + 314706x_1 - 1559x_2 + 3598x_3 - 26618x_1^2 + 1.88x_2^2 + 0.018x_3^2 + 1342x_1x_2 - 4.55x_1x_3 - 0.28x_2x_3 \quad (2)$$



(الف)



(ب)

شکل 1- نمودار رویه پاسخ رنگ (الف) تاثیر زمان و pH ($T = 50^{\circ}C$) و (ب) تاثیر درجه حرارت و زمان (pH=5).

بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان خاکستر

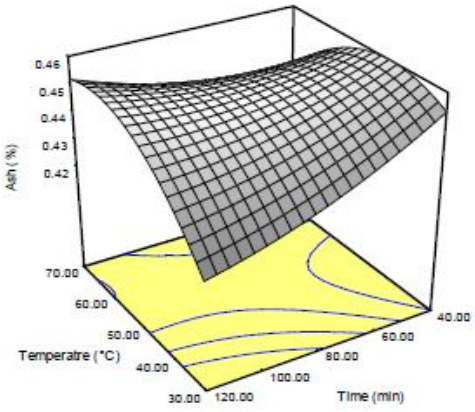
تاثیر متغیرهای مستقل بر خاکستر شیره استخراج شده از خرمای واریته کلوته به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل(2) نشان داده شده است. در این شکل تاثیر درجه حرارت و زمان (در حالی که pH=5) و تاثیر pH و زمان (در حالی که دما ثابت و برابر $50^{\circ}C$ نشان داده شده است.

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 ، 1384). 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 شیره خرما نسبت به شربت چغندر قند و شربت نیشکری باشد (آقا فرمانی و همکاران ، 1384 ؛ جاهد و همکاران ، 1391).

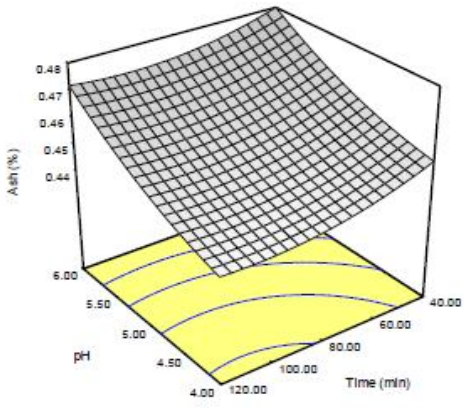
تنها اثر معنی دار برای دما، اثر توان دوم آن (P<0/01) می باشد. نتایج نشان داد که به دلیل فعالیت بهتر بنتونیت و ژلاتین در درجه

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 توسط بنتونیت افزایش و در نتیجه خاکستر شربت کاهش یافته است ضرایب رگرسیونی بدست آمده در رابطه(3) 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 ذیل می باشد.

$$Ash=0.524-0.037x_1+1.89x_2-1.64x_3+4.13x_1^2-3.96x_2^2+2.89x_3^2+1.75x_1x_2+3.12x_1x_3+1.78x_2x_3 \quad (3)$$



(الف)



(ب)

شکل 2- نمودار رویه پاسخ خاکستر (الف) تاثیر زمان و درجه حرارت(pH=5) و (ب) تاثیر pH و زمان (T=50°C)

بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان جذب

تاثیر متغیرهای مستقل بر جذب عصاره استخراج شده از خرمای کلوته به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل3 نمایش داده شده است.

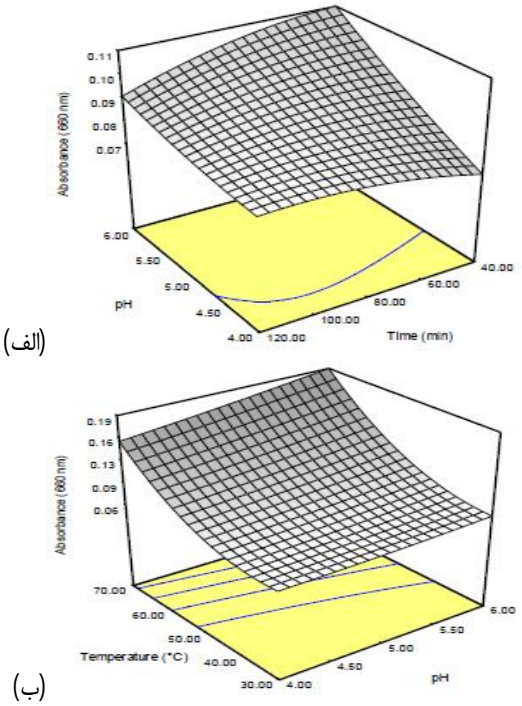
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین متغیرهای مستقل فقط درجه حرارت بر میزان جذب شیره خرما موثر بود، به طوری که تنها اثرات خطی (P<0/0001) و درجه دوم (P<0/05) دما در مدل معنی دار شد. روند تاثیر گذاری متغیرهای مستقل بر جذب شربت مشابه تاثیر آن ها بر رنگ شربت می باشد که دلیل این امر احتمالا به این خاطر است که مواد کلوئیدی و معلق علاوه بر اینکه باعث کدورت در شربت و افزایش جذب می شوند باعث ایجاد رنگ ظاهری در شربت نیز شده و در نتیجه با رنگ شیره نیز در ارتباط هستند. بنابراین هر عاملی که باعث حذف و یا کاهش مواد کلوئیدی در شربت شود علاوه بر افزایش شفافیت شربت باعث کاهش رنگ آن نیز می شود(آقافرمانی و همکاران، 1388).

با افزایش درجه حرارت از 30 تا حدود 50 درجه سانتی گراد، تغییر زیادی در میزان جذب ایجاد نشده است، ولی با ادامه افزایش درجه حرارت تا 70 درجه سانتی گراد، میزان جذب شربت و در نتیجه کدورت شربت به صورت سهمی افزایش یافته است. مشابه چنین روندی نیز برای تغییرات رنگ با درجه حرارت به دست آمد به طوری که با افزایش درجه حرارت میزان رنگ شربت افزایش یافت (شکل1).

با افزایش زمان از 40 به 120 دقیقه و کاهش pH از 6 به 4، میزان جذب شربت و در نتیجه کدورت آن کاهش یافته است که مشابه چنین روندی برای رنگ نیز حاصل شد. دلیل فعالیت بهتر بنتونیت در pH های پایین، در جداسازی ترکیبات عامل کدورت و رنگ این است که بنتونیت در شرایط اسیدی بار منفی بیشتری دارد و به موازات افزایش غلظت بار، قدرت شفاف کنندگی نیز افزایش می یابد (آقافرمانی و همکاران ، 1388).

بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش کمترین میزان جذب و درنتیجه بیشترین شفافیت شربت در درجه حرارت و pH پایین و همچنین زمان طولانی تر قابل حصول است. رابطه مدل جهت تخمین میزان جذب شربت با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ذیل می باشد.

$$Abs=0.072-7.35x_1-5.4x_2+1.8x_3+1.54x_1^2+7.51x_2^2-2.16x_3^2+3.5x_1x_2-1.68x_1x_3-1.34x_2x_3 \quad (4)$$



شکل 3- نمودار رویه پاسخ جذب (الف) تاثیر pH و زمان ($T^{°C}$=50) و (ب) تاثیر درجه حرارت و pH (time =80 min).

بهینه سازی مرحله شفاف سازی شیره خرما

شرایط عملیاتی بهینه برای رنگبری و شفاف سازی عصاره خرما با استفاده از مقادیر ثابت بنتونیت (3 گرم بر لیتر) و ژلاتین (0/05 گرم بر لیتر) در pH ، زمان و دماهای مختلف بر روی پارامترهای رنگ، خاکستر و جذب شربت، با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی نرم افزار (Design Expert) جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ ها و متغیرهای مستقل تنظیم خواهد شد. برای این منظور هر سه پاسخ در حداقل مقدار خود در نظر گرفته شدند. در حالت بهینه کمترین مقدار برای رنگ، خاکستر و جذب به ترتیب 4302 ایکومزا، 0/421 درصد و 0/059 به دست آمد. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه رنگبری و شفاف سازی شربت برای pH، درجه حرارت و زمان به ترتیب 4/28، 38 درجه سانتی گراد و 82 دقیقه به دست آمد. مقدار پارامترهای رنگ، خاکستر و جذب برای شربت اولیه به ترتیب برابر 13552 ایکومزا، 0/46 درصد و 0/560 بود. با مقایسه مقادیر بدست آمده در نقطه بهینه شربت شفاف سازی شده توسط بنتونیت و ژلاتین نسبت به شربت اولیه، مشخص شد که این تکنیک رنگبری و شفاف سازی توانسته مقدار رنگ، خاکستر و جذب شربت را به ترتیب % 68/25 ، % 8/7 و % 89/46 کاهش دهد.

نتیجه گیری

خرما یکی از محصولات باغی بسیار مهم است که غذایی طبیعی و پرارزش برای انسان می باشد.به علت دارا بودن مواد معدنی، قندها ،ویتامین های مختلف و ترکیبات آنتی اکسیدانی ارزش تغذیه ای بالایی دارد و در بسیاری از کشورهای دنیا به ویژه خاورمیانه و شمال آفریقا میوه خرما به عنوان یکی از اجزای اساسی رژیم غذایی محسوب می شود. در این پژوهش، خرمای واریته کلوته که از ارقام مهم ایرانی و رایج در منطقه کرمان می باشد انتخاب شد و اثر فاکتورهای مختلف بر رنگبری و شفاف سازی آن بررسی و بهینه یابی شد. با بررسی اثر فاکتورهای pH، درجه حرارت و زمان در مرحله رنگبری و شفاف سازی توسط بنتونیت و ژلاتین نیز مشخص شد دما و pH از مهمترین عوامل کنترل کننده فعالیت بنتونیت و ژلاتین بوده و زمان نسبت به این دو متغیر تاثیر کمتری داشت. نتایج نشان داد که بنتونیت و 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 شیره را بیشتر کاهش می دهند. به طوری که کمترین مقدار این پاسخ ها در نقطه بهینه برای رنگ در 420 نانومتر، خاکستر و جذب در 660 نانومتر به ترتیب 4302 ایکومزا، 0/421 درصد و 0/059 به دست آمد که در مقایسه با نمونه شربت اولیه، کاهش چشمگیری در میزان رنگ و کدورت مشاهده شد، در حالی که میزان خاکستر شربت تغییر چندانی نکرد. این امر نشان می دهد که استفاده از بنتونیت برای شفاف سازی، در کنار حذف ناخالصی ها و شفاف شدن شیره، خاکستر آن افزایش پیدا نمی کند.

جدول 2- نتایج به دست آمده از فرآیند بهینه سازی در رنگبری و شفاف سازی

متغیر مستقل	حداقل	حداکثر	مقدار بهینه	پاسخ	مقدار
دما ($^{°C}$)	30	70	38	رنگ (ICU)	4302
pH	4	6	4/28	خاکستر (%)	0/421
زمان (دقیقه)	40	120	82	جذب	0/059

منابع

آقافرمانی، ب. حداد خداپرست،م.ح. حصاری، ج. رضایی. ع.، 1384 ، تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت : 1- تعیین مقدار بهینه بنتونیت و pH .فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران.دوره 2.شماره4.صفحات 10- 1.

آقافرمانی، ب. حداد خداپرست. م.ح. حصاری،ج. رضایی عراقی، ع.، 1385 ، تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت : 2- تعیین مقدار بهینه ژلاتین زمان و دمای فرآوری با بنتونیت .نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران.دوره 2.شماره1.صفحات 13- 1.

آقافرمانی، ب. حداد خداپرست،م.ح. حصاریج.، 1388، تصفیه شربت خام نیشکر با استفاده از بنتونیت و ژلاتین و تاثیر آن بر روی ترکیبات رنگی.مجله پژوهش های صنایع غذایی.دوره 19.شماره1.صفحات 12- 1.

جاهد، ع. حداد خداپرست، م.ح. بهزاد،خ. الهی. م. کوچکی. آ.، 1391 ، 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.دوره 8.شماره1.صفحات 72- 60.

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

Achour, M., Hamdi, S., and Benzarti, L. 1996 . Effet du sirop de glucose sur l'entreposage des dattes Deglet Nour Tunisiennes. Actes des 3 éme journées nationales sur les acquis de la recherché agronomique halieutique et vétérinaire , 147-153 .

Al-Hooti, S.N., Sidhu, J. S., Al-Otaibi, J., Al-Ameeri, H., and Qabazard, H. 1997 . Processing of some important date cultivars grown in United Arab Emirates into chutney and date relish. Journal of Food Processing and Preservation. 21, 55- 68.

AOAC. 2000 . Official methods of analysis (17th ed.). Washington,DC: Association of Official Analytical Chemists [Methods 37.1.12,44.1.05, 2.4.03, 37.1.51, 37.1.34].

Barreveld, W. H. 1993 . Date palm products. Numéro Agricole 101 de Bulletin de Services de la FAO.

Benamara, S., Chibane, H., and Boukhlifa, M. 2004 . Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. Industries Alimentaires et Agricoles . 1, 11- 14.

Berardini, N., Knodler, M., Schieber, A., and Carle, S. 2005 . Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. Innovative Food Science and Technology . 6,442–452.

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C., and Attia, H. 2009 . Adding value to hard date (Phoenix dactylifera L.) : compositional , functional and sensory characteristics of date jam. Food Chemistry. 112, 406-411.

Chatterjee,S., Chatterjee,B.P., and Guha,A.K. 2004 . Clarification of fruit juice with chitosan. Process Biochemistry . 39, 2229- 2232.

El-Sharnouby,G.A., Al-Eid,S.M., and Al – Otaibi,M.M. 2009 . Utilization of enzymes in the production of liquid sugar from dates. African Journal of Biochemistry Research . 3 , 041- 047.

Haddad, W., Shure, K., & Liu , Z. 2003 . Food additives having enlarged concentration of phenolics extracted from fruits and vegetables and process of obtaining the same. US6620452.

Khatchadourian, H. A., Sawaya,W. N., Khalil, J. K., and Mashadi, A. S. 1983 . Processing of five major Saudi Arabian date varieties into date butter and dates in syrup. Date Palm Journal . 2, 103-109.

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

Moure, A., Gullon, P., Dominguez, H., and Parajo, J.C. 2006 . Advances in the manufacture, purification and applications of xylo-oligosaccharides as food additives and nutraceuticals . Process Biochemistry . 41, 1913-1923.

Onsekizoglu,P., Savas Bahceci,K., and Jale Acar,M. 2010 . Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes:A comparative quality assessment. Journal of Membrane Science .352,160- 165.

Razavi, S. M. A., Najafi, M. B. H., and Alaee, Z. 2007 . The time independent rheological properties of low fat sesame paste/date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. Food Hydrocolloids. 21, 198- 202.

Roukas , T., and Kotzekidou, P. 1997 . Pretreatment of date syrup to increase citric acid production. Enzyme and Microbial Technology . 21, 273- 276.

Vayalil , P. K . 2005 .Antioxidant and antimutagenic properties aqueous extract of date fruit (Phoenix dactylifera L.arecaceae) . Journal of Agricultural and Food Chemistry . 50 , 610- 617.

Youssif, A. K., Abou Ali, M., and Bou Idreese, A. 1990 . Processing , evaluation and storability of date jelly. Journal of Food Science and Technology. 27, 264-267.