

## بررسی مکانیسم‌های مختلف شفاف‌سازی و رنگ بری عصاره خرما (*Phoenix dactylifera*)

راضیه نیازمند<sup>۱</sup>، محمد حسین حداد خداپرست<sup>۲</sup> و محمد باقر حبیبی<sup>۳</sup>

### چکیده

این پژوهش به منظور دستیابی به روش مناسب جهت تولید قند مایع یا عسل از خرما و ضایعات آن انجام گرفته است. مهمترین فرآیند جهت نیل به این هدف حذف ترکیبات رنگی و کدر شامل فلاونوئیدها، پکتین، پروتئین و غیره موجود در عصاره می‌باشد. جهت پکتین‌زدایی عصاره خرما از دو نوع آنزیم پکتیناز تجارتهی (Rohapct,3XL) جهت حذف باقیمانده پکتین و سایر عوامل کدورت از دو روش شفاف‌سازی (مواد کمک شفاف‌کننده و اولترافیلتراسیون) و بالاخره جهت حذف رنگدانه‌های موجود در عصاره از دو روش رنگ بری (رزین و خاک رنگ بر) استفاده شد. در نهایت همه نمونه‌ها در اواپراتور تحت خلا در دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به بریکس ۸۰ تغلیظ شدند. در تمامی مراحل، شدت عبور نور در طول موج‌های ۴۲۰ و ۵۲۰ نانومتر به عنوان شاخصی از رنگ و شفافیت، همچنین درصد مواد جامد محلول اندازه‌گیری شد. نتایج اندازه‌گیری شدت عبور نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر مؤید عدم معنی‌دار بودن دو نوع آنزیم و دو روش شفاف‌سازی بر رنگ بود. هر دو روش رنگ‌بری تأثیر کاملاً معنی‌داری بر رنگ داشتند. رنگ بری با خاک نتایج بهتری را نشان داد. بررسی شدت عبور نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر نیز همان نتایج را که در مورد رنگ به دست آمد تأیید نمود. با این تفاوت که در این مورد دو روش شفاف‌سازی در حذف عوامل کدورت تفاوت آشکارتری با هم داشتند. اما این تفاوت معنی‌دار نبود. نتایج اندازه‌گیری بریکس نشان داد که مهم‌ترین مرحله تأثیرگذار بر درصد مواد جامد محلول مرحله رنگ‌بری می‌باشد. رنگ بری با خاک، بریکس را به طور مشهودی افزایش داد. ارزیابی اثرات متقابل مبین معنی‌دار بودن اثرات متقابل شفافیت و رنگ بری بر رنگ و شفافیت و بریکس بر رنگ و شفافیت می‌باشد. اثرات متقابل آنزیم و شفاف‌سازی معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: خرما، شفاف‌سازی، پکتین‌زدایی، اولترافیلتراسیون، کمک شفاف‌کننده، رزین، خاک رنگ‌بر، رنگ‌بری

### مقدمه

جزء ترکیبات غالبند و حدود ۶۰-۷۰٪ وزن خشک میوه رسیده را تشکیل می‌دهند (۲). در بین وارپته‌های خرما، وارپته کبکاب دارای ۶۶/۷ درصد قند بوده که فقط حدود ۰/۳ درصد آن ساکاروز است و بقیه آن را قندهای گلوکز و فروکتوز به میزان تقریباً مساوی تشکیل می‌دهد (۲). لذا به علت بالا بودن قند خرما یکی از راههای معقول جهت استفاده از آن تولید قند مایع یا عسل خرما می‌باشد که می‌تواند در بسیاری از صنایع از جمله کیک و کلوچه، شکلات‌سازی، بستنی و نوشابه جایگزین شکر باشد و واردات شکر را کاهش دهد (۴ و ۲). در فرآیند تولید قند مایع مهم‌ترین مرحله حذف عوامل کدورت و رنگ شامل پکتین پروتئین،

خرما محصول با ارزش و بومی کشور ما می‌باشد. سالانه در دنیا حدود ۴/۵ میلیون تن خرما تولید می‌شود و ایران با تولید ۹۰۸ هزار تن از بزرگترین تولیدکننده‌های خرما در جهان به شمار می‌رود. در حالی که میزان صادرات آن هیچ‌گاه از ۷/۵ درصد بیشتر نبوده است (۱). وضعیت صنایع تبدیلی خرما هم بهتر از آن نمی‌باشد. در این بین میزان ضایعات خرما حدود ۳۰٪ می‌باشد که به مصرف خوراک دام می‌رسد. در حالی که می‌توان خرما ضایعاتی را در صنایع تبدیلی مورد استفاده قرار داده و آن را به محصولی با ارزش افزوده بالا تبدیل کرد (۲، ۱). از نظر ترکیبات میوه خرما قندها

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان

۲- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۱/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۸۴/۳/۶

غشاء بیشتر می‌شود. تحقیقات آلورز و همکاران (۱۹۹۸) مؤید مطالب فوق می‌باشد.

آلورز و همکاران اثر پکتین زدایی را روی اولترافیلتراسیون آب سیب مورد بررسی قرار دادند. این محققان آنزیم Pectinex3XL را به منظور پکتین زدایی آب سیب به کار بردند و مشاهده کردند که با افزایش مقدار آنزیم تا حد بهینه، میزان پکتین و کدورت کاهش می‌یابد. کاهش کدورت به دلیل هیدرولیز پکتین و فلوکوله شدن کمپلکس پکتین و پروتئین می‌باشد که منجر به کاهش ویسکوزیته شده و مزیتی برای فرآیند شفاف سازی و صاف شدن می‌باشد. نتایج تحقیقات آلورز و همکاران همچنان مبین افزایش کارایی اولترافیلتراسیون و دستیابی به پرمیت بیشتر در نتیجه پکتین زدایی قبل از اولترافیلتراسیون می‌باشد (۱۱).

تحقیقات چندی در زمینه شفاف سازی و رنگ بری عصاره خرما انجام شده است. در سال ۱۹۷۷ ایرنبرگ از آهک جهت شفاف سازی و از خاک رنگ بر جهت رنگ بری عصاره خرما استفاده کرده و قند مایع تولید کردند (۱۸). در سال ۱۹۸۳ جعفرالحکاک و همکاران از تکنیکی به نام تکنیک کف جهت شفاف سازی عصاره خرما استفاده کردند. این روش به عنوان یک روش غیر تخریبی گزارش شده است که نیاز به استفاده از آنزیم و مواد شیمیایی دیگر را به حداقل می‌رساند. ضمن این که چون فرآیند غیر تخریبی است مواد جدا شده به عنوان منبع مواد پکتیکی قابل استفاده اند (۹). در سال ۱۳۷۱ سیف کردی و همکاران از خاک رنگ بر و کربن فعال بدون استفاده از مواد شفاف کننده جهت شفاف سازی و رنگ بری عصاره خرما استفاده کرده و عسل خرما تولید کردند (۴).

ژلاتین با داشتن بار مثبت سبب شفاف شدن آب میوه‌ها گشته و به ویژه روی مواد فنلی اثر می‌نماید. زیرا مواد فنلی در pH آب میوه دارای بار

صمغ‌ها، پلی ساکاریدها، تانن و سایر پلی فنل‌ها می‌باشد. هر یک از این عوامل اثرات مختلفی بر کدورت و رنگ می‌توانند داشته باشند. مثلاً ممکن است دارای بار منفی، مثبت و یا دی پلار باشند (۳). علاوه بر این در pH های مختلف واکنش متفاوتی را بروز می‌دهند. لذا جهت حذف همه این عوامل نمی‌توان با یک روش عمل کرد. پکتین زنجیری متشکل از واحدهای اسید گالاکتورونیک است که با تعدادی از گروه‌های کربوکسیل متیله شده‌اند. ترکیبات پکتیکی در اثر هیدرولیز مناسب توسط اسید و یا قلیا شکسته می‌شوند (۳). آنزیم‌های پکتیناز باعث هیدرولیز کامل و سریع ترکیبات پکتیکی می‌شوند. این آنزیم‌ها اغلب در شرایط اسیدی عمل می‌کنند (۳). پروتئین و صمغ‌ها معمولاً به صورت کلوئیدی در محیط وجود داشته و رفتار یونی آن‌ها بسته به pH محیط تغییر می‌کند. برای جداسازی آن‌ها باید از ترکیباتی استفاده کرد که قادر به رسوب دادن آن‌ها باشند و یا این که از غشاءهایی مانند اولترافیلتراسیون که دارای مش کوچک‌تر از قطر این مواد باشند، استفاده کرد (۸،۳).

لازم به ذکر است که مرحله آنزیم زنی قبل از شفاف سازی ضروری می‌باشد. چرا که باعث کارایی بهتر مرحله شفاف سازی می‌شود. سلیمان و همکاران (۱۹۹۸) مدلی را برای اولترافیلتراسیون بدون آنزیم زنی طراحی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که وجود پکتین باعث محدودیت در جریان پرمیت می‌شود. زیرا پکتین ساختمان شبکه‌ای و پلیمری داشته و منافذ غشاء را می‌بندد. بنابراین مدل طراحی شده به دلیل وجود مقدار زیاد پکتین در عصاره قابل استفاده نمی‌باشد (۳۴). در این پروژه نیز در مراحل مقدماتی مشاهده شد که اگر عصاره خرما به خوبی پکتین زدایی نشود باعث بسته شدن منافذ غشاء اولترافیلتراسیون می‌شود. هر چه مقدار پکتین در عصاره کمتر باشد، سرعت عبور عصاره از

دارای بار منفی هستند (۸، ۱۲، ۲۶، ۳۵).

هدف از پژوهش حاضر مقایسه این روش‌ها (استفاده از آنزیم‌ها، مواد کمک‌شفاف‌کننده، اولترافیلتراسیون، رزین و خاک رنگ‌بر) از لحاظ میزان کارایی در کاهش کدورت و رنگ و تاثیر بر محصول و رسیدن به یک فرآیند مناسب جهت تولید قند مایع از خرما است.

### مواد و روش‌ها

در این پروژه از رقم خرما کی‌کاب<sup>۲</sup> درجه ۲ بوشهر استفاده شد. ابتدا خرما با چاقو هسته‌گیری شده و سپس در مخلوط‌کن (مدل وارینگ<sup>۳</sup>)، به مدت ۳۰ تا ۴۰ ثانیه با آب ۸۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شد. pH عصاره به کمک محلول اسید مالیک ۴۰ درصد در pH اپتیمم فعالیت دو آنزیم (۴/۵) تنظیم شد. جهت کنترل و تنظیم بهتر pH، اسید به آب مورد استفاده افزوده شد. ارلن‌های حاوی نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در شیکر (مدل ISHC-۲۰۴۰، ساخت ایران) به سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه قرار داده شدند تا عمل استخراج و قند‌گیری تکمیل شود. بعد از طی این مدت عصاره با پارچه لمل صاف شد. دمای عصاره صاف شده در ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. سپس به ترتیب مراحل آنزیم زنی، شفاف سازی، رنگ‌بری و تغلیظ طی شد. دو نوع آنزیم پکتیناز تجارتهی، Rohapc DA6L آنزیم پیشنهادی شرکت<sup>۴</sup> و آنزیم Pectinex3XL ساخت شرکت<sup>۵</sup> جهت حذف پکتین به عنوان عامل اصلی کدورت مورد استفاده قرار گرفت. آنزیم Rohapct علاوه بر پکتین متیل استراز و پلی گالاتوروناز دارای آرابیناز نیز می‌باشد. غلظت بهینه آنزیم جهت پکتین زدایی از طریق افزودن مقادیر مختلف آنزیم

منفی بوده و بارهای الکتریکی غیر همنام با یکدیگر فلوک<sup>۱</sup> تشکیل می‌دهند. 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 کلئید با بار مثبت شده و هرگز رسوب نخواهد کرد (۸). سیلیکاسول با ایجاد بار منفی در آب‌میوه و تشکیل فلوک با ترکیبات دارای بار مثبت مانند پروتئین سبب شفاف شدن آن می‌گردد. علاوه بر این سیلیکاسول به دلیل دارا بودن ویژگی جذب سطحی بر روی مواد فنلی منومر ویا پلیمر تاثیر می‌گذارد (۸،۳). بنتونیت از گروه خاک‌های مونتوریلونیت بوده و سطح فوقانی کریستال آن دارای بار منفی و سطح جانبی آن دارای بار مثبت می‌باشد. در مجموع غلظت بار منفی این خاک‌ها بیشتر می‌باشد. از این رو بنتونیت علاوه بر ویژگی سطحی با دادن بار منفی به آب‌میوه سبب شفاف شدن آن می‌شود. خاک رنگ‌بر از طریق جذب سطحی عمل می‌کند.

خاک رنگ‌بر طبیعی دارای قدرت رنگ‌بری کمی می‌باشد، با عمل آوری این خاک‌ها توسط اسید هیدروکلریک یا سولفوریک سطح خاک بسیار زیاد افزایش می‌یابد. خصوصیات خاک‌ها تا حد زیادی به سطح آنها بستگی دارد. خاک‌ها معمولاً ۲۰ تا ۷۰٪ وزنشان در محصول باقی می‌مانند (۵).

رزین‌های تبادل یونی به طور عمده از پلیمریزاسیون استیرن و دی‌وینیل بنزن سنتز می‌شوند. دی‌وینیل بنزن اتصالات جانبی ساختار رزین را تشکیل می‌دهد. با توجه به نوع رزین یک گروه عمل‌کننده مشخصی مکان فعال رزین جهت تبادل یونی را تشکیل می‌دهد. رزین‌های کاتیونی دارای یون‌های متحرک با بار مثبت جهت تبادل می‌باشند و رزین‌های آنیونی یون‌های متحرک

2 - Kabkab  
3- waring  
4- Rohm  
5 - Novo

1- Floc

دو ستون آنیونی با همان مشخصات عبور داده شدند. فرآیند رنگ‌بری با خاک طی دو مرحله انجام گرفت. در مرحله اول ۳٪ خاک رنگ‌بر و ۵٪/۰ کربن فعال به نمونه‌ها افزوده شده و به مدت ۱۰ تا ۱۵ ساعت در شیکر با دمای ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۵۰rpm قرار داده شدند. هرچه سرعت شیکر بالاتر باشد بهتر است، زیرا از ته نشین شدن خاک جلوگیری می‌کند. بعد از طی این مدت نمونه‌ها به طور جزئی صاف شده و مجدداً ۳ درصد خاک به آن‌ها افزوده شده و در شیکر با همان شرایط مرحله قبل قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها صاف شده، در نهایت همه نمونه‌ها در اوپراتور تحت خلاء تا بریکس ۸۰ تغلیظ شدند.

در تمامی مراحل چهار پارامتر میزان عبور نور در طول موج‌های ۴۲۰ و ۵۲۰ نانومتر به عنوان معیاری از رنگ و شفافیت، بریکس و pH اندازه‌گیری شدند. آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت. به منظور آنالیز آماری از طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل استفاده شد. همچنین آنالیزهای شیمیایی مانند اندازه‌گیری پروتئین، خاکستر، پتاسیم و سدیم جهت تایید نتایج به دست آمده انجام گرفت.

### نتایج و بحث

#### ۱- بررسی اثر نوع آنزیم و روش شفاف

##### سازی

#### ۱-۱- بررسی رابطه آنزیم و روش شفاف

##### سازی بر شدت عبور نور در طول موج‌های ۴۲۰ و ۵۲۰ نانومتر

جدول ۱ نتایج اثر متقابل آنزیم و روش شفاف‌سازی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است رابطه معنی‌داری بین آنزیم و روش شفاف‌سازی بر رنگ و شفافیت وجود ندارد. مطالعه جدول ۱ نشان می‌دهد که هر یک از این دو فاکتور

و تست الکل و بررسی میزان عبور نور به دست آمد که مقدار ۵۰۰ ppm در دمای ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و pH برابر ۴/۵ گزارش شد. بعد از طی مدت یک ساعت و تکمیل عمل آنزیم عصاره صاف شد. در صورت عدم تغییر میزان عبور نور از عصاره آنزیم‌زنی شده بعد از گذشت مدت لازم پی به کامل شدن فعالیت آنزیم برده می‌شود. به منظور تکمیل شفاف‌سازی و حذف سایر عوامل کدورت مانند پروتئین، صمغ‌ها، یون‌های فلزات و... دو روش استفاده از مواد کمک شفاف‌کننده (ppm ۱۰۰ ژلاتین، ۵۰۰ ppm سیلیکاسول و ۸۰۰ ppm بنتونیت) و ولترافیلتراسیون (شرکت آلفالوال) با غشای استات سلولز به کار گرفته شد. دمای عصاره در ۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و سپس عصاره از غشاء دستگاه عبور داده شد. در مورد مواد کمک شفاف‌کننده بدین ترتیب عمل شد که ابتدا ژلاتین به عصاره پکتین زدایی شده افزوده شد و نمونه به مدت نیم ساعت در شیکر با سرعت ۷۰ rpm قرار داده شد. پس از طی این مدت به ترتیب ابتدا سیلیکاسول و بعد از گذشت نیم ساعت بنتونیت به نمونه‌ها افزوده شد. سرعت در تمام مراحل یکسان بود. به بنتونیت نیز اجازه داده شد تا به مدت نیم ساعت اثر خود را تکمیل کرده، رسوب کند.

مرحله بعد رنگ‌بری عصاره بود. به منظور حذف یا کاهش عوامل رنگی از دو ماده رنگ‌بر، رزین و خاک رنگ‌بر، استفاده شد. نوع رزین با توجه به منابع رزین اسیدی و بازی قوی انتخاب شد. رزین کاتیونی اسیدی (RC1043 type MITSUBISHI) و رزین آنیونی (Puro1it type A430) مورد استفاده قرار گرفتند (شرکت شیمی‌آب). خاک رنگ‌بر (ساخت شرکت آلمان) از کارخانه روغن دامون فریمان تهیه شد. عصاره ابتدا از دو ستون رزین کاتیونی (۱۰۰×۵cm) و سپس از

جدول ۱- اثر متقابل آنزیم و شفاف سازی بر شدت عبور نور در طول موج های ۴۲۰ و ۵۲۰ نانومتر

نوع آنزیم	روش شفاف سازی	نشر در طول موج ۴۲۰ نانومتر	نشر در طول موج ۵۲۰ نانومتر
Rohapct	کمک شفاف کننده	۱۳/۷۵۰	۶۵/۵۲۷
	اولترافیلتراسیون	۱۵/۸۰۰	۶۶/۵۷۷
3XL	کمک شفاف کننده	۱۳/۳۷۷	۶۳/۲۰۰
	اولترافیلتراسیون	۱۰/۵۵۰	۵۸/۴۷۷

مستقل از یکدیگر عمل کرده و تاثیر معنی داری بر هم ندارند، یعنی عمل آنزیم مستقل از روش شفاف سازی می باشد. مطالعه مکانیسم عمل هر یک از این فاکتورها مؤید استقلال آنها می باشد. زیرا آنزیم بر پکتین اثر می کند، در حالی که روش شفاف سازی جهت حذف سایر ترکیبات کلوئیدی و درشت به کار برده می شود (۲۵). عامل های کمک شفاف کننده مورد استفاده شامل ژلاتین سیلیکاسول و بنتونیت می باشند که به ترتیب جهت حذف مواد کلوئیدی با بار منفی مانند تانن مواد کلوئیدی با بار مثبت و پروتئین ها افزوده شدند (۳، ۵، ۶، ۸). در مورد تکنیک اولترافیلتراسیون نیز باید یاد آور شویم که غشاء طوری است که مواد محلول از آن عبور کنند، اما مواد کلوئیدی، صمغ ها و ماکرومولکول هایی مانند پروتئین قادر به عبور نمی باشند (۳، ۸). با توضیحات فوق مشخص است که بر خلاف آنزیم روش های شفاف سازی قابلیت بسیار کمی جهت حذف پکتین به عنوان عامل اصلی کدورت در عصاره خرما دارند. لذا فعالیت پکتینازها مستقل از مواد کمک شفاف کننده و اولترافیلتراسیون می باشد. مقایسه میانگین ها نشان می دهد که به طور کلی نوع آنزیم تاثیر معنی داری بر شدت عبور نور ندارد که مبین یکسان عمل کردن دو آنزیم بر روی پکتین خرما می باشد. علاوه بر این نتایج تجزیه واریانس مؤید عدم وجود اختلاف معنی دار بین دو روش شفاف سازی است، یعنی هر دو روش شفاف سازی، استفاده از مواد

کمک شفاف کننده و اولترافیلتراسیون، در حذف عوامل کدورت تقریباً یکسان عمل کرده و تاثیر مشابهی بر رنگ و شفافیت دارند. ژلاتین، سیلیکاسول و بنتونیت هر یک بخشی از عوامل کدورت باقیمانده در عصاره آنزیم زنی شده را حذف می کنند و اولترافیلتراسیون به این ترکیبات اجازه عبور از غشاء را نمی دهد. بنابراین قابلیت دو روش باید تقریباً یکسان باشد. البته همان طور که اثر آنزیم های پکتیناز باعث افزایش کارایی اولترافیلتراسیون می شود، بر کارایی کمک شفاف کننده ها نیز می افزاید. کاشیاب و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی خود روی آنزیم های پکتیناز ضمن تایید این مطلب شرح دادند که مولکول های پکتین دارای بار منفی می باشند. پکتیناز، پکتین را تجزیه کرده و آن را در معرض قسمتی از پروتئین با بار مثبت قرار می دهد. لذا دفع الکترو استاتیکی مولکول های پکتین از بین رفته و باعث به هم پیوستن این ذرات و تشکیل ذرات بزرگتر می شود و در مراحل بعد عوامل فلوکوله کننده مانند ژلاتین یا بنتونیت می توانند باعث رسوب این ذرات شده و آن ها را از محیط حذف کنند و به این ترتیب کارایی عوامل شفاف کننده را افزایش دهند (۲۴).

#### ۱-۲- بررسی رابطه نوع آنزیم و روش شفاف

##### سازی بر بریکس

به نظر می رسد که چون پکتین ترکیبی نامحلول در آب است حذف آن نباید بر بریکس تاثیرگذار

که می‌تواند نشان دهنده وجود مقدار ناچیز آرابان ترکیب پکتین خرما باشد. همان‌طور که در بالا اشاره شد با توجه به تاثیر مستقل هر یک از دو فاکتور آنزیم و روش شفاف‌سازی بر عوامل کدورت انتظار می‌رود که اثر متقابلی بین این دو فاکتور بر روی بریکس وجود نداشته باشد. نمودار ۱ و نتایج تجزیه واریانس گواه این مطلب می‌باشد. هریک از مراحل آنزیم زنی و شفاف‌سازی به دلیل حذف پکتین، پلی ساکاریدها، پروتئین و سایر عوامل کدورت باعث کاهش بریکس می‌شوند (۹، ۱۹، ۲۲).

## ۲- بررسی اثر روش شفاف‌سازی و رنگ

### بری

#### ۱-۲- بررسی رابطه روش شفاف‌سازی و

#### رنگ بری بر شدت عبور نور در طول موج ۴۲۰

#### نانومتر

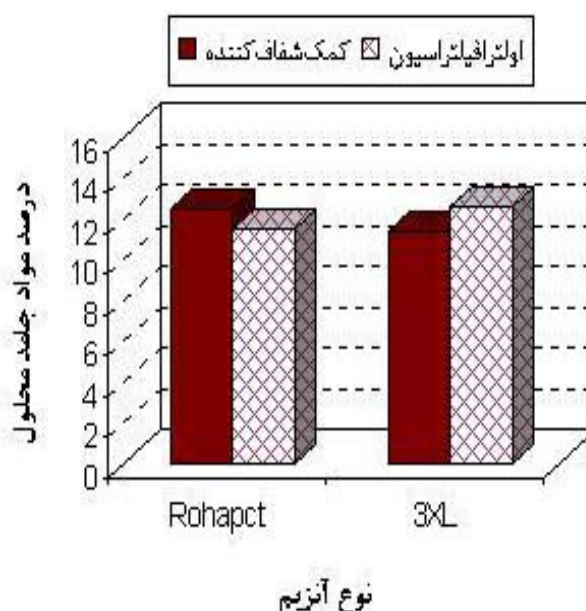
نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین دو روش رنگ‌بری اختلاف آشکاری مشهود است ( $p < 0/01$ ). رنگ‌بری عصاره خرما با خاک و کربن نتیجه بهتری را نسبت به رنگ‌بری با رزین نشان داد. نتیجه حاصل با نتایج سایر محققین که در زمینه رنگ‌بری محصولات مختلف کار کرده‌اند، مطابقت دارد.

آچران‌دیو و همکاران (۲۰۰۲) از رزین و کربن فعال برای رنگ‌بری سرکه استفاده کردند. آن‌ها مشاهده کردند که کربن فعال با کارایی بیشتری سرکه را رنگ‌بری می‌کند. رزین قادر است سرکه صورتی رنگ را ۶۹ درصد رنگ‌بری کند، در حالی که قدرت رنگ‌بری کربن فعال ۹۴ درصد می‌باشد (۷). مسلم است که این نتایج در مورد خرما بدست نمی‌آید. زیرا مقدار ترکیبات رنگی در عصاره خرما بیشتر از سرکه است. به هر حال اثر رزین در رنگ‌بری عصاره خرما نیز کمتر از خاک رنگ‌بر و کربن فعال می‌باشد.

به نظر می‌رسد تفاوت در کارایی نتیجه تفاوت در عملکرد دو روش رنگ‌بری می‌باشد. خاک رنگ‌بر

باشد. اما نتایج اندازه‌گیری بریکس نشان داد که پکتین تحت تاثیر آنزیم رسوب می‌کند و موجب کاهش بریکس می‌شود. سپدا و همکاران (۱۹۹۹) ثابت کردند که عصاره پکتین زدایی شده، رفتار نیوتنی دارد، چرا که غلظت آن کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین عنوان کردند که غلظت مواد جامد محلول یا بریکس با دانسیته نسبی رابطه مستقیم دارد. پکتین در نتیجه تاثیر آنزیم پکتیناز بر عصاره رسوب کرده، جرم صاره و در نتیجه دانسیته آن کاهش می‌یابد به علت وجود رابطه مستقیم بین دانسیته و بریکس قطعاً بریکس نیز کاهش می‌یابد (۱۷).

بنابراین آنزیمی بهتر عمل می‌کند که پکتین بیشتری را تجزیه کرده و بریکس را بیشتر کاهش دهد. نتایج آماری مبین عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو آنزیم می‌باشد و هر دو آنزیم بریکس را به یک نسبت کاهش می‌دهند. لذا وجود آرابیناز علاوه در بر پکتین متیل استراز در ترکیب آنزیم تجارتهی روهاپکت اثر مشهودی بر تجزیه پکتین خرما ندارد



#### نمودار ۱ - اثر متقابل نوع آنزیم و روش

#### شفاف‌سازی بر بریکس

ولف و همکاران (۱۹۷۹) حدود ۴۷ نوع رزین مختلف را برای رنگ‌بری عصاره خرما مورد بررسی قرار داده و رزین‌های ژلی اسیدی و بازی قوی را جهت نیل به این هدف مناسب گزارش کردند (۳۵). به نظر می‌رسد که قدرت رنگ‌بری این نوع رزین‌ها به اندازه خاک نمی‌باشد. البته کارایی کمتر این نوع رزین‌ها دلیل بر عدم قابلیت رزین بطور کلی نمی‌باشد. چرا که نتایج به دست آمده توسط محققانی که از انواع دیگر رزین‌ها برای رنگ‌بری فرآورده‌های مختلف استفاده کردند، رضایت‌بخش بوده است. گوکمن و همکاران (۲۰۰۲) قابلیت جذب‌های پلیمری ماکروپوروس بدون گروه عمل کننده را جهت رنگ‌بری آب سیب حدود ۴۰ الی ۶۰ درصد گزارش کردند (۲۰).

رونگفوشی و همکاران (۲۰۰۲) رزین‌هایی که دارای دو گروه عمل کننده بودند را به منظور تصفیه و رنگ‌بری گلوکوزیدهای استویا به کار بردند. چرا که آنها معتقد بودند رزین‌های ماکروپوروس بازی قوی با وجود کارایی بسیار بالا در رنگ‌بری جهت رنگ‌بری کافی نمی‌باشند و با ادغام این رزین‌ها با یک گروه عمل کننده دیگر می‌توانیم به رزینی با خلل و فرج بیشتر برسیم که ظرفیت رنگ‌بری بسیار بیشتری دارد (۳۱). با توضیحات فوق به نظر می‌رسد که برخلاف نتیجه بدست آمده از تحقیق ولف و همکاران، رزین‌های ماکروپوروس برای هدف ما مناسب‌تر از رزین‌های ژلی می‌باشند.

لازم به ذکر است که اگر محصول نهایی عسل خرما نباشد، مثلاً نوشابه یا شربت خرما باشد، رنگ‌بری با رزین مناسب است. اما در فرآیند تولید عسل در مرحله نهایی عصاره باید تغلیظ شود تا به بریکسی معادل عسل طبیعی برسد. در اثر تغلیظ و تجمع رنگدانه‌ها و حذف آب رنگ آن تیره می‌شود که با توجه به بریکس نهایی میزان تیرگی متفاوت خواهد بود.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که شفاف‌سازی به

و کربن فعال به عنوان عوامل جاذب می‌باشند. خاک و کربن ترکیباتی ریز با سطح بسیار زیاد می‌باشند که ترکیبات رنگی در داخل خلل و فرج آن محبوس شده و حذف می‌شوند. این پدیده ممکن است فیزیکی یا شیمیایی باشد، اما به هر حال جدا از اثر آن بر محصول نهایی هر چه میزان مصرف ترکیبات جاذب بیشتر باشد، ترکیبات رنگی بیشتری را جدا خواهند نمود (۴، ۵، ۲۱، ۲۷).

آچران‌دیو و همکاران عنوان کردند که میزان جذب توسط چندین فاکتور کنترل می‌شود:

- الف: انتشار مولکول‌های حل شونده در محل تا تشکیل لایه محاط کننده ذرات (انتشار توده‌ای)  
 ب: انتشار از لایه محاط کننده به سطح ذرات (انتشار خارجی)  
 ج: انتشار از سطح به مکان‌های درونی (انتشار سطحی)

د: جذب که می‌تواند شامل مکانیسم‌هایی مانند جذب فیزیکی شیمیایی، تبادل یونی، رسوب یا تشکیل کمپلکس باشد (۷). زمانی که تکان و حرکت محلول به اندازه کافی باشد، محدودیتی در انتشار توده‌ای وجود ندارد. اما در مرحله انتشار از فیلم به سطح ذرات جاذب محدودیت داریم. وقتی به ماکزیمم انتشار خارجی می‌رسیم، رنگ‌بری دیگر افزایش قابل توجهی نشان نمی‌دهد. لذا انتشار سطحی مرحله محدود کننده در فرآیند جذب نمی‌باشد.

با توجه به محدودیت مرحله انتشار خارجی هر چه میزان خلل و فرج و نواحی تماس جاذب بیشتر باشد، میزان انتشار خارجی بیشتر بوده و ظرفیت رنگ‌بری نیز افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده که نواحی تماس خاک رنگ بر و کربن فعال بیشتر از رزین‌ها بوده، لذا ظرفیت رنگ‌بری بیشتری دارند (۷، ۱۶).

در مورد رزین‌ها نوع آن‌ها نیز در رنگ‌بری مهم می‌باشد. اکثر منابع رزین‌های اسیدی و بازی قوی را جهت رنگ‌بری فرآورده‌های رنگی پیشنهاد کرده‌اند.

**جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس اثر روش شفاف‌سازی و رنگ‌بری بر شدت عبور نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر.**

منبع	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	احتمال
روش شفاف‌سازی	۱۰۱/۲۱۰	۱۰۱/۲۱۰	۵/۵۲۶۳	۰/۰۴۶۶
روش رنگ‌بری	۱۵۸۸/۱۵۰	۱۵۸۸/۱۵۰	۸۶/۷۱۵۹	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل روش شفاف‌سازی و رنگ‌بری	۹۶/۰۵۰	۹۶/۰۵۰	۵/۲۴۴۵	۰/۰۵۱۳

به کار گیری کمک شفاف‌کننده‌ها نسبت به اولترافیلتراسیون، رنگ‌بری با رزین نتیجه بهتری خواهد داد (نمودار ۲).

تانن یکی از ترکیبات رنگی موجود در عصاره می‌باشد. علاوه بر این تانن قادر به تشکیل پیوندهای قوی با پروتئین‌ها است که باعث ایجاد کدورت به شکل کلوئیدهای معلق می‌شود (۳۲، ۳۳).

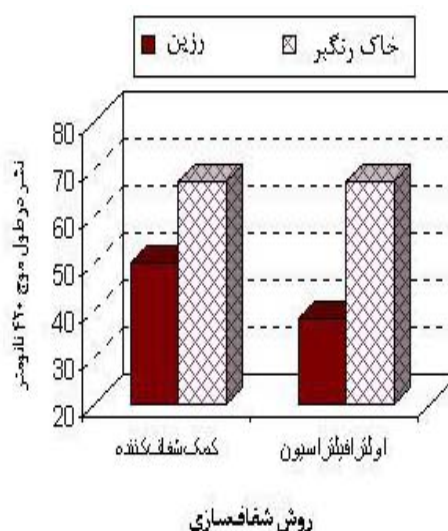
لینکی و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که ژلاتین نقش بسیار مهمی در فلوکولاسیون ذرات جامد معلق در آب‌سیب دارد (۲۸).

اولترافیلتراسیون بر خلاف ژلاتین قادر به کاهش پیش‌سازهای عامل کدورت خصوصا پلی‌فنل‌ها نمی‌باشد (۸). ژلاتین با بخشی از تانن موجود در عصاره، کمپلکسی ایجاد کرده و رسوب می‌کند و به این طریق به رنگ‌بری کمک می‌نماید. در حالی که تانن آزاد از غشای اولترافیلتراسیون عبور می‌کند (۶، ۳).

نمودار ۲ نشان می‌دهد که رزین در مقابل کمک شفاف‌کننده‌ها بهتر عمل کرده و حدود ۲۳ درصد کارایی آن افزایش یافته است که مؤید توضیحات فوق می‌باشد. استقلال عملکرد خاک نسبت به روش شفاف‌سازی ناشی از جذب سطحی ترکیبات رنگی توسط خاک و کربن می‌باشد که قطعاً تاثیر آن بسیار بیشتر از ژلاتین می‌باشد.

تنهایی از لحاظ آماری فاقد تاثیر معنی‌دار می‌باشد. همان‌طور که گفته شد شدت نور عبوری در طول موج ۴۲۰ نانومتر مبین رنگ می‌باشد و شفاف‌سازی در حذف عوامل ایجاد کننده رنگ نقش کمتری دارد و بیشتر عوامل کدورت را حذف می‌کند. جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس و اثر شفاف‌سازی و رنگ‌بری را بر شدت عبور نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر یا به عبارتی رنگ نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

مشاهده می‌شود که رنگ‌بری با خاک مستقل از روش شفاف‌سازی عمل می‌کند. اما رنگ‌بری با



**نمودار ۲- اثر متقابل شفاف‌سازی و رنگ‌بری بر شدت عبور نور در ۴۲۰ nm**

رزین تا حدودی تابع روش شفاف‌سازی می‌باشد. با



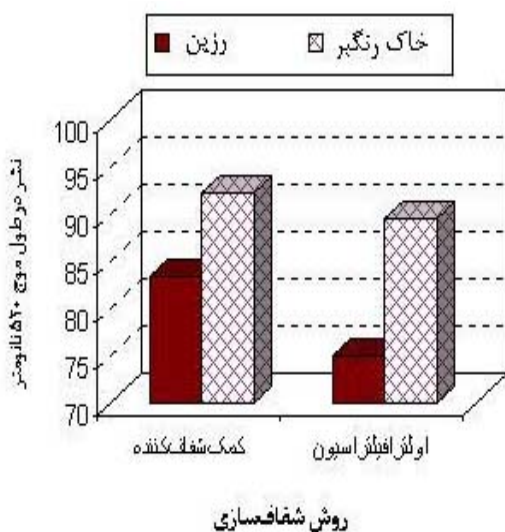
**جدول ۳ - نتایج تجزیه واریانس روش شفاف سازی و رنگ بری در طول موج ۵۲۰ نانومتر.**

منبع	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	احتمال
روش شفاف سازی	۹۶/۱۶۳	۹۶/۱۶۳	۳۴/۵۱۹۴	۰/۰۰۰۴
روش رنگ بری	۴۱۵/۰۱۰	۴۱۵/۰۱۰	۱۴۸/۹۷۴۵	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل روش شفاف سازی و رنگ بری	۲۵/۰۸۵	۲۵/۰۸۵	۹/۰۰۴۷	۰/۰۱۷۱

پروتئین و پلی ساکاریدها و سایر عوامل قادر به عبور از غشای اولترافیلتراسیون می باشند. اندازه گیری پروتئین هم نشان داده است که نمونه های شفاف شده با اولترافیلتراسیون پروتئین بیشتری نسبت به نمونه های شفاف شده با کمک شفاف کننده ها دارند. نتایج فوق بدین معنی نمی باشد که سیستم اولترافیلتراسیون در شفاف سازی بی تاثیر است بلکه تحقیقات بسیاری حاکی از عمل مؤثر اولترافیلتراسیون در حذف عوامل کدورت و رنگ می باشد. باتاکاریا و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که فرآیند اولترافیلتراسیون عصاره چغندر قند با کارایی بیشتری نسبت به روش سنتی (آهک زنی) عوامل رنگ و کدورت را حذف می کنند. آن ها گزارش کردند که فرآیند اولترافیلتراسیون علاوه بر حذف ذرات معلق با وزن مولکولی بالا، قادر به دفع عوامل

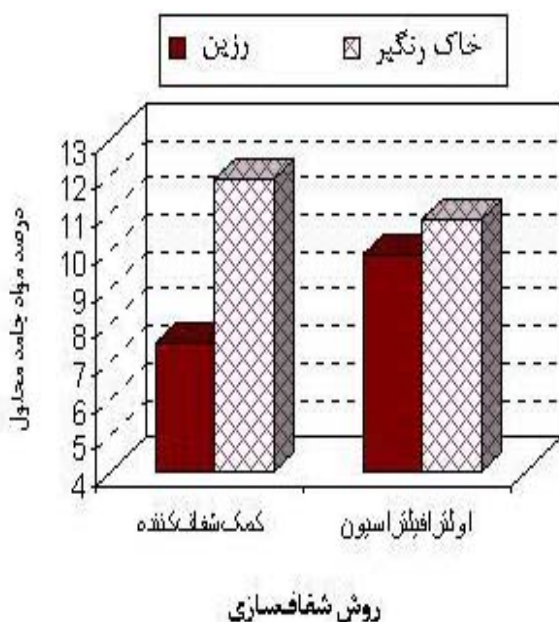
**۲-۲- بررسی رابطه روش شفاف سازی و رنگ بری بر شدت عبور نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر**

نتایج ارزیابی اثر متقابل شفاف سازی و رنگ بری بر شفافیت مشابه رنگ می باشد (نمودار ۳). با این تفاوت که در اینجا اختلاف شدیدتر می باشد ( $p < 0.01$ ) که می تواند ریشه در معنی دار بودن فاکتور شفاف سازی به تنهایی داشته باشد (جدول ۳). همان طور که شرح داده شد، عوامل کمک شفاف کننده نقش مؤثرتری در حذف عوامل کدورت نسبت به اولترافیلتراسیون دارند. نتایج آنالیزهای شیمیایی نیز مؤید عملکرد مؤثرتر کمک شفاف کننده ها در حذف پروتئین نسبت به اولترافیلتراسیون می باشد. قبلا به اثر ژلاتین اشاره شد. یکی دیگر از مواد شفاف کننده، بنتونیت می باشد. بنتونیت به عنوان عامل اختصاصی جهت حذف پروتئین عمل می کند. خاک بنتونیت از طریق جذب سطحی عمل کرده و علاوه بر حذف عوامل کدورت، در دفع ترکیبات رنگی نیز نقش دارد (۸، ۱۹). اردوگان و همکاران (۱۹۹۶) انواع خاک های بنتونیت را جهت دفع رنگ و کدورت از عصاره قند به کار بردند. آن ها گزارش کردند که خاک بنتونیت قادر به حذف عوامل رنگی و کاهش مقدار رنگ عصاره قند تا حدود حداکثر ۲۵ درصد می باشد. با فعال سازی خاک بنتونیت با اسید می توان ظرفیت رنگ بری را تا حدود ۲۹ درصد افزایش داد (۱۹). به نظر می رسد قسمتی از مولکول های



**نمودار ۳- اثر متقابل شفاف سازی و رنگ بری بر شدت عبور نور در ۵۲۰nm**

خاک بریکس را به میزان بیشتری افزایش می دهد. عملکرد رزین ها به صورت تبادل یونی است. مشاهده می شود که کیفیت رنگ بری با رزین از روش شفاف سازی تبعیت می کند. رنگ بری بعد از اولترافیلتراسیون موجب افزایش بیشتر بریکس شد. در بررسی آنالیزهای شیمیایی و اندازه گیری املاح پتاسیم ملاحظه می شود که نمونه های عمل شده با اولترافیلتراسیون نسبت به کمک شفاف کننده ها میزان واکنش خاصی را دربر نمی گیرد و بالاخص اکثر مواد جامد محلول قادر به عبور از فیلتر می باشند.



#### نمودار ۴ - اثر متقابل روش شفاف سازی و رنگ بری بر بریکس

اما عملکرد عوامل شفاف کننده این طور نبوده و ممکن است مقداری از املاح که با عوامل کدورت کمپلکس داده اند، همراه با آنها حذف و یا در سطح بنتونیت جذب شده و همراه با آن رسوب کنند. مهم تر از عناصر، پروتئین ها می باشند که بالاخص توسط بنتونیت و مقداری هم به صورت کمپلکس

رنگی دارای وزن مولکولی بالا نیز می باشند (۱۵). بالا کریشن و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که وجود ناخالصی هایی مانند پروتئین، صمغ ها، پلی ساکاریدها و ... در عصاره چغندر قند باعث گرفتگی غشای اولترافیلتراسیون می شود و جریان پرمیت را کاهش می دهد. نکته جالب در این تحقیق وابستگی قابلیت فیلتراسیون به pH می باشد. مشاهده می شود که قابلیت فیلتراسیون در pH های اسیدی ضعیف تر است و در pH حدود خنثی کارایی بالاتر است (۱۴). با توجه به این که عصاره خرما در این مرحله pH حدود ۴/۵ تا ۵ دارد، لذا شاهد تمام قابلیت اولترافیلتراسیون نمی باشیم. علت آن به تغییر کنفورماسیون ناخالصی های پروتئینی در pH اسیدی برمی گردد. هینکوا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که رتنتات<sup>۱</sup> حاصل از عبور عصاره چغندر قند از غشای اولترافیلتراسیون حاوی پلی ساکاریدهای محلول مواد رنگی دارای وزن مولکولی بالا و کمپلکس های کلوئیدی با هم و با ذرات جامد معلق و سایر مولکول های بزرگ دیگر است. با این وجود لازم است که عصاره پس از عبور از اولترافیلتراسیون به کمک رزین ها رنگ بری شود (۲۳).

#### ۲-۳- بررسی رابطه روش شفاف سازی و

#### رنگ بری بر بریکس

نمودار ۴ اثر متقابل روش های شفاف سازی و رنگ بری را بر بریکس نشان می دهد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می دهد که این تاثیر معنی دار می باشد ( $p < 0.01$ ).

جهت توجیه این اختلاف معنی دار به نتایج آنالیزهای شیمیایی مراجعه می کنیم. این نتایج نشان می دهد که به طور کلی رنگ بری با خاک مؤثرتر عمل می کند، اما میزانی از خاک در عصاره باقی می ماند و درصد خاکستر محصول نهایی بالا می رود. بنابراین املاح افزایش یافته، در نتیجه رنگ بری با

1-Retentate

## جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر روش شفاف سازی و رنگ بری بر بریکس.

منبع	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	احتمال
روش شفاف سازی	۱/۲۲۲	۱/۲۲۲	۱/۷۹۰۵	۰/۲۱۷۶
روش رنگ بری	۲۱/۵۲۰	۲۱/۵۲۰	۳۱/۵۲۲۱	۰/۰۰۰۰
اثر متقابل روش شفاف سازی و رنگ بری	۸/۶۸۷	۸/۶۸۷	۱۲/۷۲۴۳	۰/۰۰۷۳

استفاده از مواد کمک شفاف کننده کارایی بهتری در حذف عوامل کدورت دارند.

نتایج تجزیه واریانس گویای معنی دار بودن دو روش رنگ بری است ( $p < 0.01$ ). کارایی بهتر خاک رنگ بر و کربن فعال نسبت به رزین کاملاً محسوس می باشد. اثر متقابل شفاف سازی و رنگ بری نشان می دهد که خاک رنگ بر مستقل از شفاف سازی عمل می کند، در حالی که رنگ بری با رزین تابع روش شفاف سازی می باشد. رزین در حضور مواد کمک شفاف کننده بهتر از اولترافیلتراسیون عمل می کند. در انتخاب روش شفاف سازی و رنگ بری علاوه بر کارایی آن ها باید به سایر مزایا و معایب آن ها مانند هزینه سرمایه گذاری، تعداد مراحل فرآیند، زمان انجام فرآیند، میزان پساب و رسوبات، قابلیت شستشو، سهولت کاربرد، امکان اجرای فرآیند مداوم و تاثیر روش بر کیفیت محصول نهایی نیز توجه کرده، با در نظر گرفتن شرایط موجود روش بهتر را انتخاب نمود.

پروتئین- تانن- ژلاتین حذف شده و باعث کاهش بریکس می شوند (۳، ۸). ملاحظه می شود که وابستگی روش رنگ بری با خاک به روش شفاف سازی و تاثیر آن بر بریکس کمتر از رنگ بری با رزین می باشد که ناشی از ویژگی جذب سطحی خاک و کربن و حذف نسبی عوامل کدورت و ترکیبات رنگی باقی مانده می باشد.

## نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان می دهد که دو آنزیم مورد استفاده تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند و اثر متقابل آن ها با رنگ بری و شفاف سازی نیز به لحاظ آماری معنی دار می روهاپکت اثر محسوس مشهودی بر تجزیه پکتین ندارد که می تواند نشان دهنده میزان ناچیز آرابان در خرما باشد.

آنالیز آماری روش های شفاف سازی، اولترافیلتراسیون و استفاده از مواد کمک شفاف کننده، مبین عدم وجود تفاوت معنی دار در بین آن ها می باشد. مقایسه میانگین ها نشان می دهد که

## منابع

- ۱- بی نام، آمار نامه کشاورزی، سال زراعی ۱۳۷۸-۱۳۷۷، ۱۳۷۹، وزارت کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات، صفحات ۷۳ تا ۷۵.
- ۲- بی نام، دبیرخانه همایش تخصصی خرما، ۱۳۸۱، مجموعه مقالات هشتمین سمینار تخصصی خرما، منطقه ویژه اقتصادی ارگ جدید، کرمان، صفحات ۱۶، ۱۷ و ۱۱۱.

- ۳- پیروزی فرد، م. ۱۳۷۸، شفاف‌سازی آب‌میوه، چاپ اول، چاپ سه‌م، صفحات: ۱۷۸.
- ۴- سیف‌کردی، ع.ا.، توریانی، ش.، خاکباز، ع.، وثوقی، م.، ۱۳۷۱، فرآیند تبدیلی خرما، مرکز تحقیقات کشاورزی تهران، صفحات ۸۰ تا ۹۶.
- ۵- صفایی، ا. ۱۳۷۹، تولید آزمایشگاهی خاک رنگ‌بر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۳۷ تا ۴۴.
- ۶- محمدی نافچی، ع. ۱۳۸۰، تولید نوشابه خرما، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، صفحات ۵۰ تا ۷۰.
- 7- Achaerandio, I., Guell, C., and Lopez, F., 2002. Continuous vinegar decolorization with exchange resins, *Journal of Food Engineering*, 51: 311-317.
- 8- Ahurst, P.R., 1995. Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages, VCH Press, Second edition, pp:540.
- 9- AL-Hakkak J.S., AL- Yousif; AL-Madfai, Suham, H.F., Batta and Fadia, Y., 1983. Clarification of date juice by foaming technique, *Date Palm Journal*, 6(1): 329-336.
- 10- Alkorta, I., Garbisu, C., Llama, M.J., and Serra, J.L., 1998. Industrial applications of pectic enzymes: a review, *Process Biochemistry*, 33(1): 21-28.
- 11- Alvorez, S., Alvorez, R., Riera, F.A., and Coca, J., 1998. Influence of depectinization on apple juice ultra filtration, *Colloids and Surfaces A*, 138: 377-382.
- 12- Anonymous, Application information, 1997, Dowex opti pore adsorbent: decolorization applications in beet sugar processing, Dow Chemical Company.
- 13- Anonymous, Production information, 1997. Dowex resins as organic solvent desiccants, Dow Chemical Company.
- 14- Balakrishnan, M., Dua, M., and Bhagat, J.J., 2000. Effect of operating parameters on sugar cane juice ultra filtration: results of a field experience, *Separation and Purification Technology*, 19: 209-220.
- 15- Bhattachary, P.K., Agarwal, S., De, S., and Rampal, U.V.S., 2001. Ultra filtration of sugar cane juices for recovery of sugar: analysis of flux and retention, *Separation and Purification Technology*, 21: 247-259.
- 16- Borneman, Z., Gokmen, V., and Nijhuis, H.H., 1997. Selective removal of polyphenols and brown color in apple juices using PES/PVP membranes in a single-ultra filtration process, *Journal of Membrane Science*, 134: 191-197.
- 17- Cepeda, E., and Villaran, M.C., 1999. Density and viscosity of madus floribunda juice as a function of concentration and temperature, *Journal of Food Engineering*, 41: 103-107.

- 18- Ehrenberg, V. J., 1977. Production of liquid sugar from dates, *Zucker*, 30(11): 612-619.
- 19- Erdogan, B., Demircis, S., and Akay, Y., 1996. Treatment of sugar beet juice with bentonite, sepiolite and quaternary to remove color and turbidity, *Applied Clay Science*, 11: 55-67.
- 20- Gokmen, V., and Serpen, A., 2002. Equilibrium and kinetic studies on the adsorption of dark colored compounds from apple juice using adsorbent resin, *Journal of Food Engineering*, 53: 221-227.
- 21- Greenberg, A., 1994. Dowex opti pore sd-2, adsorbent as alternative to activated carbon in the processing of corn syrups and high fructose corn syrups, *Dow Chemical Company*.
- 22- Hernandez, E., Chen, C.S., Johnson J., and Carter, R.D., 1995. Viscosity changes in orange juice after ultra filtration and evaporation, *Journal of Food Engineering*, 25:387-396.
- 23- Hinkova, A., Bubnik, Z., Kadlec, P.; and Pridal, J., 2002. Potentials of separation membranes in the sugar industry, *Separation and Purification Technology*, 26: 101-110.
- 24- Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S., and Tewari, R., 2001. Application of pectinases in the commercial sector: a review, *Bioresource Technology*, 77: 215-227.
- 25- Kovacs, K., and Nagy-gatonyi, M., 1985. Clarification and purification of date extract with the enzyme pectinlyase, *Acta alimentaria*, 14: 77-78.
- 26- Lataillade, J.D., and Rousset, F., 2001. Ion exchange decolorization: a flexible way to modernization and capacity extension, 2001 meeting, Taiwan, number: 796.
- 27- Lee Rong-hsing, 2001. Experience in the operation of pulsed bed granular activated carbon decolorization, 2001 meeting, sugar corporation, Hsiao-Kang refinery, Taiwan, number: 802.
- 28- Lenki, R.W., and Riedl, K., 1999. Effect of fractal flocculation behavior on fouling layer resistance during apple juice micro filtration, *Food Research International*, 32: 279-288.
- 29- Multon, J.L., 1997, *Analysis of food constituents*, VCH Press.
- 30- Proper, Karel, Willits, 1979. Treatment of crude sugar juices by ion exchange, U.S. patent, number: 4140541.
- 31- Rongfu, S., Mancai, X., Zuoqing, S., Yunge, F., Xianzhi, G., Yongning, L.; Chunhong, and W., Binglin, H., 2002. Synthesis of bifunctional polymeric adsorbent and its application in purification of stevia glycosides, *Reactive & Functional Polymers*, 50: 107-116.

- 32- Silver, S. B., 1999, Sugar product derived from dates, U.S. patent, number: 5958500.
- 33- Spiel, A.; and Spanier, H.C., 1987. Date processing method, U.S. patent, number: 4680190.
- 34- Sulaiman, M.Z., Sulaiman, N.M., and Shyue Yih L., 1998. Limiting permeat flux in the clarification of untreated star fruit juice by membrane ultra filtration, Chemical Engineering Journal, 69: 145-148.
- 35- Wolf, F., Lindau, S., and Eckert, S., 1979. Sorption characteristics of polyvalent high molecular weight pigments on ion exchange resins, using decolorization of date juice as an example, Lebensmittelindustrie, 26: 500-504.