

تصفیه شربت خام نیشکر با استفاده از بنتونیت و ژلاتین و تأثیر آن بر روی ترکیبات رنگی

بیوک آقا فرمانی^{۱*}، محمدحسین حداد خداپرست^۲ و جواد حصاری^۳

تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۳۰

۱- مربی گروه تکنولوژی مواد غذایی، آموزشکده کشاورزی اهر، دانشگاه تبریز

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

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

E-mail: bfarmani@tabrizu.ac.ir

*مسئول مکاتبه

چکیده

ترکیبات رنگی با دو منشا متفاوت، یکی گیاه نیشکر و دیگری حاصل از فرآیند، در طول مراحل مختلف فرآیند بوجود می‌آیند که کنترل آنها از بعد تجارتي، تکنولوژیکی و علمی مهم است. از ترکیبات رنگی با منشای گیاهی می‌توان به آنتوسیانین‌ها، کلروفیل‌ها، زانتوفیل‌ها، فلاونوئیدها و بتا-کاروتن اشاره نمود. برخی از مواد مانند بنتونیت توانایی انجام بعضی از عملکردهای کربن فعال و دی‌اکسید گوگرد را دارد و پلی‌فنل‌اکسیداز، فنل‌ها و ملکولهای باردار و ... را جذب می‌کند. جذب ترکیبات فنلی موجود در عصاره بوسيله بنتونیت قدرت قهوه‌ای شدن آنزیمی را کاهش می‌دهد. وجود ترکیبات رنگی راندمان و کیفیت محصول نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و باید از شربت خام نیشکر حذف گردند. در مرحله نخست این مطالعه بعد از اعمال فرآیند تصفیه با بنتونیت روی شربت خام نیشکر، ویژگی‌های کیفی آن شامل رنگ با شربت تصفیه شده آهکی بعنوان نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت تا مقادیر بهینه مورد نیاز بنتونیت و pH مشخص گردند. در پایان، نتایج آزمایش‌ها در حالت استفاده از ۱/۵gr/l بنتونیت و pH=۴/۵ بیشترین کاهش در ترکیبات رنگی را نشان دادند. مرحله دوم مطالعه، فرآیند تصفیه بنتونیتی همراه با ژلاتین و تأثیر شرایط فرآیند شامل زمان و دمای فرآوری با بنتونیت روی رنگ، در مقایسه با نمونه شاهد (تصفیه شده تنها با بنتونیت) مورد بررسی قرار گرفت تا مقدار بهینه ژلاتین، زمان و دمای فرآوری با بنتونیت برای رسیدن به کیفیت مطلوب رنگی مشخص گردند. در پایان، نتایج آزمایش‌ها ۰/۰۲gr/l ژلاتین، زمان ۶۰ min و دمای ۸۰°C فرآوری با بنتونیت و ژلاتین را مناسب‌ترین شرایط برای خالص‌سازی شربت خام نیشکر نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: شربت خام نیشکر، تصفیه بنتونیتی، خالص‌سازی، ژلاتین، ترکیبات رنگی

Refining of Raw Sugar Cane Juice Using Bentonite and Gelatin and its Effects on Colorants

B Farmani^{1*}, MH Haddad Khodaparast² and J Hesari³

¹Lecturer, Dept. Food Science and Technology, Agriculture College of Ahar, University of Tabriz, Iran

²Professor, Dept. Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdosi University of Mashhad, Iran

³Assistant Prof., Dept. Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding author: E-mail: bfarmani@tabrizu.ac.ir

Abstract

In commercial, technological and scientific aspects, control of colorants compounds, produced from tow different source: sugarcane and processing is very important. As an example of colorants with plant source, anthocyanins, xanthophylls, flavonoids and beta-carotene can be mentioned. Some material like bentonite can act like as active carbon and dioxide sulfur in absorbing polyphenol oxidase, phenols, charged molecules and etc. The adsorption of phenols from extracted products reduces the rate of enzymatic reaction colorful materials are usually affecting the efficiency and quality of final products and should be removed from raw sugarcane juice. In this study, first of all, raw sugarcane juice treated by bentonite compared with the sample purified with lime and so optimum quantity of bentonite and pH were recognized. Experimental results indicated 1.5gr/l bentonite and pH=4.5 had the best results in reduction of syrup color. As a second step, in order to increasing the effectiveness of bentonite adding gelatin was checked and it is compared by pure bentonite for optimizing the time and temperature of process. The experimental results indicated that 0.02gr/l gelatin in 100C° for 60 min are optimum conditions for purification of raw sugarcane juice in processing with bentonite.

Keywords: Bentonite refining, Colorants, Gelatin, Purification, Raw sugarcane juice

مقدمه (۱۳۸۵). تصفیه شربت خام مخلوط^۱ نیشکر با بنتونیت از جمله روشهای تصفیه شیمیایی محسوب می‌گردد و در مواردی همچون حذف ترکیبات رنگی بسیار بهتر از روش تصفیه آهکی عمل می‌کند (فرمانی و همکاران ۱۳۸۴).

هنگام عصاره‌گیری از ساقه‌های نیشکر در واحد آسیاب‌ها انواع مختلف ترکیبات محلول و قسمتی از مواد نامحلول ساقه نیشکر وارد شربت خام استخراجی می‌شود. شربت خام به این صورت قابل استفاده نبوده و باید تحت فرآیندهای خالص‌سازی از جمله روش‌های تصفیه مکانیکی و شیمیایی قرار گیرد (فرمانی و رضائی

¹Mixed raw juice

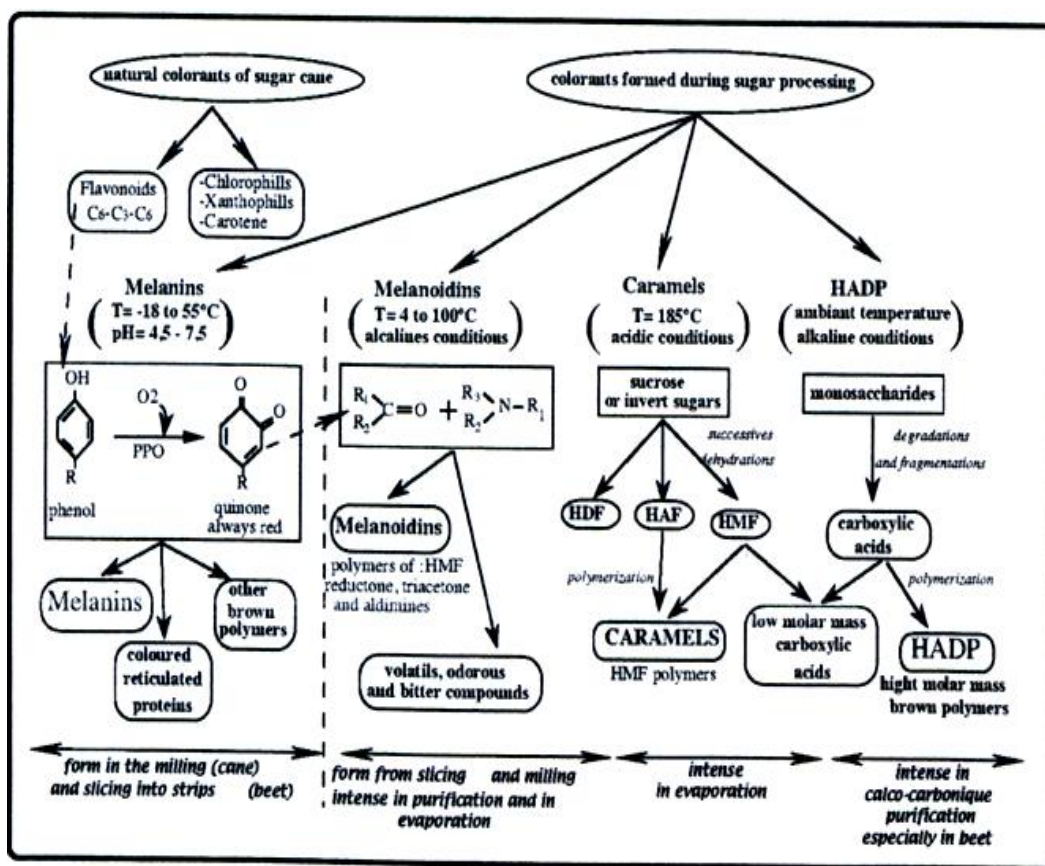
همکاران ۲۰۰۲). هدف اساسی تصفیه شربت خام، حذف بیشترین مقدار ناخالصی‌ها در سریعترین مرحله از شربت خام مخلوط می‌باشد (اقلوستان و همکاران ۲۰۰۲). ترکیبات رنگی با دو منشا متفاوت، یکی گیاه نیشکر و دیگری حاصل از فرایند که در طول مراحل مختلف فرآیند بوجود می‌آیند که از نظر کاهش راندمان و افت کیفیت محصول نقش مهمی دارند. به همین دلیل از بدو پیدایش این صنعت تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه شناخت مکانیسم، تولید و نیز روش‌های جداسازی آنها در دنیا انجام گرفته و می‌گیرد (مرساد و همکاران ۲۰۰۳). جنبه‌های مختلف کنترل رنگ که می‌تواند قابل توجه باشد شامل کنترل تجارتي، تکنولوژیکی و علمی این فرآیند است (فرمانی و رضائی ۱۳۸۶).

بنتونیت‌ها برای حذف ترکیبات رنگی عصاره نیشکر به کاربرد می‌روند. برای اینکار بنتونیت را به صورت مواد جامد معلق یا کلوئیدی در آب مقطر پخش می‌کنند و سپس بدون پیش تیمار خاص به عصاره خام نیشکر اضافه می‌نمایند (فرمانی و همکاران ۱۳۸۴). بنتونیتی که به منظور کمک شفاف‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای ویژگی خاص با درجه خلوص معینی باشد. شفاف‌سازی براساس تأثیر بارهای الکتریکی غیرهمنام و یا براساس جذب سطحی انجام می‌گیرد. برای ایجاد شفافیت مطلوب از بنتونیت کلسیم-سدیم یا Na-Calit استفاده می‌گردد (پیروزی فرد ۱۳۷۸). مزایایی دیگر این نوع بنتونیت عبارت است از: جذب بالای ترکیبات رنگی و پروتئین‌ها، خالص سازی و شفاف‌سازی خوب، کنترل راحت فرآیند، حجم پایین رسوبات و قابلیت آسان فیلتراسیون رسوبات است (بی‌نام ۲۰۰۴).

جدول 1- انواع مواد رنگی طبیعی نیشکر (فرمانی و رضائی 1386)

ویژگی‌ها	مواد رنگی
رنگدانه‌های سبز فتوسنتزی	کلروفیل‌ها
مواد رنگی زرد کاروتنوئیدی، زنجیره‌های بلند کربنی غیر اشباع و بدون شاخه	کاروتن
مواد رنگی زرد کاروتنوئیدی	زانتوفیل‌ها
تمایل به اتصال با یک یا چند ملکول ساکاروز	فلاونوئیدها
مواد رنگی اسیدی در محیط‌های اسیدی پایدار و در pH بالای 9 کاملاً تجزیه	فلاون‌ها
معمولاً در سبزیجات بوده، از فلاون‌ها مشتق می‌شوند	فلاونول‌ها
مواد رنگی زرد روشن، در حضور آمونیاک به رنگ زرد نارنجی	کالکون‌ها
پلیمرهای کندانس شده تانن‌ها، با آهن جهت تشکیل سایر مواد رنگی در محیط اسیدی و گرم وارد واکنش شده و رنگ قهوه‌ای زرد و نامحلول تشکیل می‌دهند	کاتشین‌ها
طبیعت کاتیونیکی، تجزیه در pH= 8، در محیط اسیدی قرمز، در محیط قلیائی آبی، تشکیل کمپلکس با بعضی از فلزات و در نتیجه باثبات شدن در pH بالا	آنتوسیانین‌ها

اجزاء تشکیل دهنده عصاره خام نیشکر (*Saccharum spp.*) در نواحی مختلف متغیر است و عموماً شامل: ۷۵-۶۹ درصد آب، ۱۶-۸ درصد ساکاروز، ۲-۰/۵ درصد قندهای احیاء کننده، ۱-۰/۵ درصد ترکیبات غیرآلی، ۱-۰/۵ درصد مواد نیتروژن‌دار و ۱-۰/۵ درصد سایر مواد آلی است (ل متر ۱۹۹۰). شربت خام نیشکر محتوی مواد محلول و نامحلول است که می‌توانند راندمان و کیفیت محصول نهایی را تحت تأثیر قرار دهند (آرماز و همکاران ۱۹۹۹). ترکیبات عمده‌ای که در تولید شربت نیشکر ایجاد مزاحمت می‌کنند شامل ترکیبات رنگی، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیگنین و سیلیکات‌های کلوئیدی هستند (قودشال و



شکل 1- روش‌های مختلف تشکیل ترکیبات رنگی در صنایع قند نیشکر و چغندر قند (مرسد و همکاران 2003).

جذب سطحی جذب می‌کند. همچنین ممکن است بطور غیر مستقیم برخی از ترکیبات فنولی را از طریق اتصال پروتئین‌ها جذب کند که در این صورت فنول‌ها با پروتئین‌های جذب شده در سطح بنتونیت، کمپلکس تشکیل می‌دهند (فرمانی و رضایی ۱۳۸۵).

از ویژگی‌های مهم ژلاتین می‌توان به کاهش مقدار پلی‌فنل‌ها، شفاف کردن رنگ و بالا بردن قابلیت فیلتراسیون اشاره کرد (پیروزی‌فرد ۱۳۷۸). ژلاتین و بنتونیت با هم برای حذف تانن‌ها، ترکیبات رنگی و سایر ناخالصی‌ها بکار می‌رود (فرمانی و همکاران ۱۳۸۵). ژلاتین پروتئینی با بار مثبت است که با ترکیباتی با بار منفی مانند تانن‌ها و بنتونیت پیوند تشکیل می‌دهد (زولکین ۱۹۸۸). ژلاتین در ترکیب با بنتونیت یک رسوب متراکم ایجاد می‌کند که عمل شفاف‌سازی و فیلتراسیون را تسهیل می‌کند. در پایان پس‌آب ژلاتین و بنتونیت (بنتونیت - ژلاتین) می‌تواند بعنوان کود در افزایش



شکل 2- بنتونیت استفاده شده در فرآیند خالص‌سازی (فرمانی و

همکاران 1384).

بنتونیت توانایی انجام بعضی از عملکردهای کربن فعال و گاز دی‌اکسید گوگرد را دارد. بنتونیت پلی‌فنل اکسیدان، فنل‌ها و ملکولهای باردار مثبت را جذب می‌کند. پلی‌فنل اکسیداز عامل قهوه‌ای شدن آنزیمی در عصاره‌ها و میوه‌ها است و فنل‌ها سوبسترای عمده برای اکسیداسیون در عصاره‌ها محسوب می‌شود. جذب فنل‌های موجود در عصاره بوسیله بنتونیت قدرت قهوه‌ای شدن آنزیمی را کاهش می‌دهد (مین و موریس ۱۹۹۱). بنتونیت بعضی از ملکولهای بدون بار را نیز از طریق

حاصلخیزی و بهبود بافت خاک مورد استفاده قرار گیرد (فرمانی و رضائی ۱۳۸۵).
در این کار پژوهشی تاثیر مقادیر بنتونیت، pH، ژلاتین، زمان و دمای فرآوری با بنتونیت روی رنگ شربت خام نیشکر مورد بررسی قرار گرفت. شایان ذکر است که کار حاضر مقدمه‌ای برای تولید شربت مایع طبیعی یا عسل نیشکر بوده و تولید شکر کریستالیزه در روش تصفیه بنتونیت - ژلاتین مورد نظر نمی‌باشد.

تعیین مقدار بهینه ژلاتین، زمان و دمای فرآوری با بنتونیت آزمایش‌ها در سه مرحله انجام گرفتند که عبارت بودند از: مرحله اول تعیین زمان تماس بهینه بنتونیت در شش سطح (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ min)، مرحله دوم تعیین دمای تماس بهینه بنتونیت در شش سطح (۲۵، ۴۰، ۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰°C) و مرحله سوم تعیین مقدار بهینه ژلاتین در پنج سطح (۰، ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ gr/l) در pH=۴/۵ و با پیش تیمار ۱/۵ gr/l بنتونیت. رنگ (در طول موج ۴۲۰ nm) که مطابق روش ایکومسا اندازه‌گیری شد (۶). در آزمایش‌ها نمونه شاهد، شربت خام نیشکر تصفیه شده در دمای آزمایشگاهی فقط با استفاده از بنتونیت بود (pH=۴/۵ و ۱/۵ gr/l بنتونیت). شکل ۳ شمای کلی مراحل تصفیه شربت خام نیشکر با استفاده از بنتونیت - ژلاتین را نشان می‌دهد.

طرح آماری

در این پژوهش از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده گردید. مقایسه میانگین مربعات مختلف با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای تجزیه واریانس، مقایسات میانگین و رسم جدولها و شکل‌ها از نرم-افزارهای MSTAT-C (نسخه ۱/۴۲)، ورد و اکسل (نسخه ۲۰۰۵) استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سطح آزمایشگاهی در واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر و دعبل خزایی استان خوزستان انجام گرفته است. واریته‌های تجارتي عمده نیشکر که عصاره آنها تحت آزمایش قرار گرفتند شامل CP₄₈، CP₅₇ و CP₆₉ بودند. بنتونیت مورد استفاده از نوع بنتونیت کلسیم - سدیم (محصول کارخانه ایران باریت تبریز) و ژلاتین از نوع A (کارخانه ایران - شهد مشهد) بود.

مواد و تجهیزات

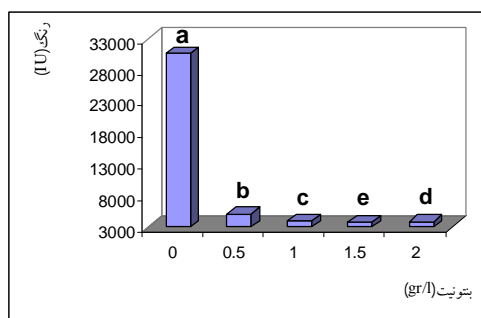
شربت خام نیشکر (برداشت شده از واحد آسیابها)، بنتونیت، ژلاتین، pH متر دیجیتالی مجهز به دماسنج، اسپکتروفتومتر، تالامتر، کاغذ صافی معمولی، اسید سیتریک گرانولی مرک، پودر استات سرب قلیایی مرک، هیتر برقی، دماسنج شیشه‌ای، پی‌پت و قیف شیشه‌ای، بشر، بالن ژوژه و سایر وسایل آزمایشگاهی.

روش‌ها

تعیین مقدار بهینه بنتونیت و pH

آزمایش‌ها در دو مرحله برای تصفیه بنتونیتی شربت خام نیشکر در مقایسه با روش تصفیه آهکی انجام گرفت. مرحله اول تعیین مقدار بهینه بنتونیت در pH=۳/۷۶ با استفاده از بنتونیت در چهار سطح (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ gr/l) و مرحله دوم تعیین مقدار بهینه pH در

برای تعیین مقدار بهینه بنتونیت، مقایسه میانگین نمونه‌های فرآیند شده با مقادیر متفاوت بنتونیت در pH=۳/۷۶ در مقایسه با نمونه شاهد انجام شد. در شکل ۴ مقدار gr/l صفر بنتونیت مربوط به نمونه شاهد (تصفیه آهکی) در pH=۶/۷ است.

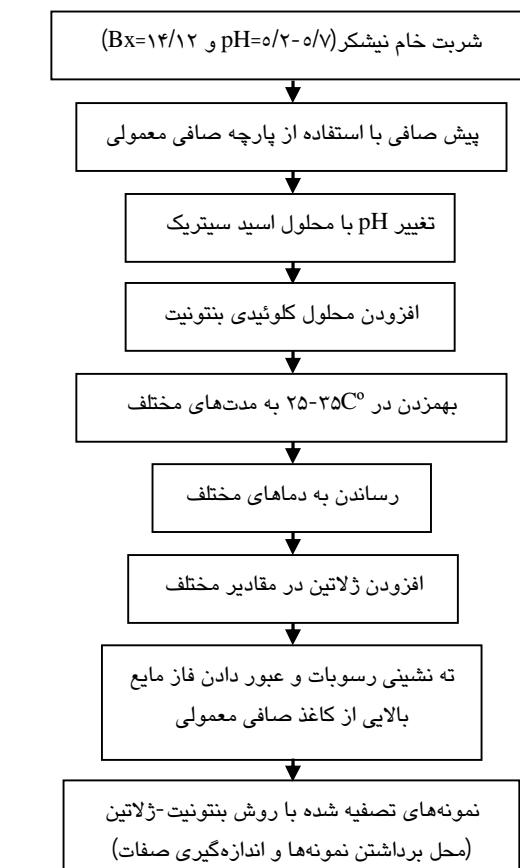


شکل ۴- تغییر رنگ شربت‌ها با مقادیر متفاوت بنتونیت.

عمده‌ترین مزیت روش تصفیه بنتونیتی همانطوری که در شکل ۴ دیده می‌شود قابلیت حذف بسیار بالای ترکیبات رنگی نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد است. در بین شربت خام نیشکر تیمار شده با بنتونیت بیشترین کاهش رنگ، نمونه فرآیند شده با ۱/۵ gr/l بنتونیت بود. در حالت استفاده از ۲ gr/l بنتونیت رنگ شربت‌ها افزایش می‌یابد که می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقدار اضافی بنتونیت در محیط می‌تواند به عنوان عامل رنگ‌زا عمل کند (فرمانی و همکاران ۱۳۸۴). بنابراین ۱/۵ gr/l بنتونیت، مقدار بهینه برای ادامه آزمایش‌ها انتخاب گردید.

مقدار بهینه pH

بعد از مشخص شدن مقدار بهینه ۱/۵ gr/l بنتونیت لازم بود که pH مناسب هم مشخص گردد. برای این منظور تاثیر pHهای مختلف روی شربت خام نیشکر با افزودن ۱/۵ gr/l بنتونیت روی صفت رنگ مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- شمای کلی مراحل تصفیه شربت خام نیشکر با روش بنتونیت-ژلاتین

نتایج و بحث

مقدار بهینه بنتونیت

در حذف ناخالص‌های شربت خام نیشکر دو عامل اصلی جذب سطحی و تاثیر متقابل بارها دخالت دارند (فرمانی و همکاران ۱۳۸۴). تاثیر مقادیر مختلف بنتونیت در pH=۳/۷۶ روی صفت رنگ در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر مقادیر مختلف بنتونیت روی صفت رنگ در شربت خام نیشکر تصفیه شده با بنتونیت.

میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی
بین تیمارها	4
خطا	10
ضریب تغییرات	-
0/39	

** معنی‌دار در سطح احتمال 1%

جدول 3- تجزیه واریانس تاثیر pH های مختلف روی صفت رنگ در شربت خام نیشکر تصفیه شده با بنتونیت. میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	رنگ (IU)
بین تیمارها	4	293834310/567**
خطا	10	1396/867
ضریب تغییرات	-	0/25

** معنی دار در سطح احتمال 1%

این مهم‌ترین دلیل برای کاربرد این نوع بنتونیت در محیط اسیدی است (فرمانی و رضائی ۱۳۸۵). در پایان آزمایش‌ها با توجه به نتایج بدست آمده مقدار بهینه بنتونیت و pH برای ادامه فرآیند تصفیه شربت خام نیشکر به ترتیب ۱/۵ gr/l و ۴/۵ تعیین گردید.

زمان بهینه فرآوری با بنتونیت

تاثیر زمان تماس بنتونیت روی صفت رنگ شربت تصفیه شده با بنتونیت در جدول ۴ آمده است.

جدول 4- تجزیه واریانس تاثیر زمان‌های مختلف روی صفت رنگ در شربت خام نیشکر تصفیه شده با بنتونیت. میانگین مربعات

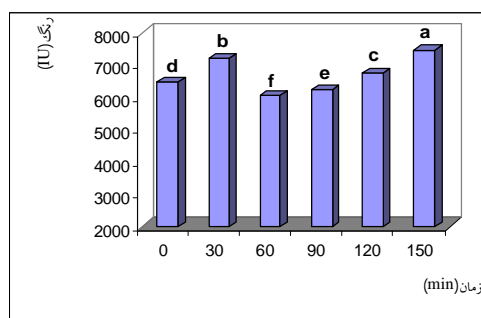
منابع تغییرات	درجه آزادی	رنگ (IU)
بین تیمارها	5	934494/356**
خطا	12	677/00
ضریب تغییرات (%)	-	0/39

** معنی دار در سطح احتمال 1%

جدول 5- تغییر رنگ شربت‌ها با مقادیر متفاوت pH. رنگ (IU)

pH	رنگ (IU)
6.7	~30000
4	~5000
4.5	~8000
5	~12000
5.5	~18000

برای تعیین زمان فرآوری بهینه با بنتونیت، مقایسه میانگین نمونه‌های فرآیند شده در زمانهای مختلف در مقایسه با نمونه شاهد (تصفیه شده فقط با بنتونیت) انجام گرفته (فرمانی و همکاران ۱۳۸۴). در شکل ۶ زمان صفر دقیقه (بدون احتساب زمان ۱۵ دقیقه اولیه جهت مخلوط کردن خوب محلول کلونیدی بنتونیت با نمونه‌های شربت خام نیشکر) مربوط به نمونه شاهد است.



شکل 6- تغییر رنگ شربت‌ها در زمانهای مختلف فرآیند.

عمده‌ترین مزیت روش تصفیه بنتونیتی همانطوری که در شکل ۵ دیده می‌شود قابلیت حذف بسیار بالای رنگ نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد است. در بین شربت خام نیشکر تیمار شده با مقادیر متفاوت pH بیشترین کاهش رنگ در شربت‌های فرآیند شده با pH های ۴ و ۴/۵ است. همچنین کاملاً مشخص است که با افزایش pH شربت خام نیشکر کارایی بنتونیت برای حذف ترکیبات رنگی کاهش می‌یابد که می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت، تاثیر بنتونیت در فرآیند کمک صافی همانند آب میوه‌ها کاملاً صحت دارد (فرمانی و رضائی ۱۳۸۴).

شکل 5- تغییر رنگ شربت‌ها با مقادیر متفاوت pH.

شکل 6- تغییر رنگ شربت‌ها در زمانهای مختلف فرآیند.

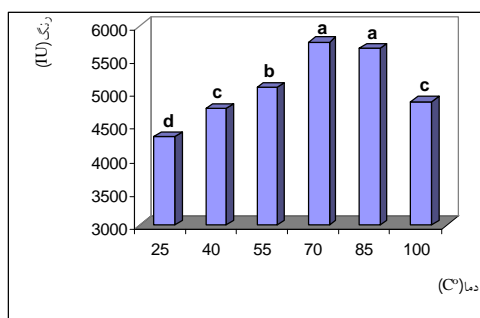
جدول 5- تجزیه واریانس تاثیر دماهای مختلف روی صفت رنگ در

شربت خام نیشکر تصفیه شده با بنتونیت.

میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	رنگ (IU)
بین تیمارها	5	913935/956**
خطا	12	6182/566
ضریب تغییرات (%)	-	1/55

** معنی دار در سطح احتمال 1%

برای تعیین دمای فرآوری بهینه با بنتونیت، مقایسه میانگین نمونه‌های فرآیند شده در دماهای مختلف در مقایسه با شاهد انجام شده است. در شکل ۷ دمای 25°C (مدت زمان نگهداری در هر دما ۵ دقیقه بود) مربوط به نمونه شاهد است.



شکل 7- تغییر رنگ شربت‌ها در دماهای مختلف.

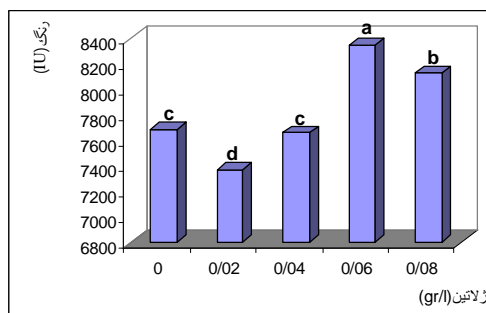
از نظر کلاس‌بندی در سطح ۵ درصد بین نمونه‌های فرآیند شده در دماهای مختلف در صفت رنگ در مقایسه با نمونه شاهد از نظر تغییرات رنگ تفاوت آماری وجود داشت. مطابق شکل از دمای 25°C به 70°C جذب ترکیبات رنگی کاهش یافت. به خاطر اینکه احتمالاً در اثر افزایش دمای نمونه‌های تیماری، انرژی سنیتیکی نیز افزایش می‌یابد و این افزایش دما و انرژی محیط عمل باعث تشکیل ترکیبات رنگی از مسیر غیر آنزیمی هم می‌گردد. بطوری که سرعت تشکیل این ترکیبات از سرعت جذب آنها بوسیله بنتونیت بیشتر می‌گردد (فرمانی و همکاران ۱۳۸۵). از دمای 70°C به طرف 100°C تشکیل این ترکیبات کاهش می‌یابد. احتمالاً در اثر ادامه

از لحاظ کلاس‌بندی در سطح ۵ درصد بین نمونه‌های فرآیند شده در زمانهای مختلف در بین صفت رنگ در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت وجود دارد. عمده‌ترین مزیت روش تصفیه بنتونیتی مربوط به قابلیت حذف بالای رنگ شربت‌ها است (شکل ۶). کاهش رنگ بوسیله بنتونیت از زمان تماس صفر به طرف زمان تماس ۶۰ min سیر صعودی دارد، اما از زمان تماس ۶۰ min به طرف زمان تماس ۱۵۰ min سیر نزولی نشان می‌دهد. این مطلب حاکی از این است که احتمالاً ذرات کلونیدی بنتونیت از زمان تماس صفر تا زمان تماس ۶۰ min شروع به جذب ترکیبات رنگی از طریق جذب سطحی و یا تاثیر متقابل بارها می‌کنند (فرمانی و همکاران ۱۳۸۵). در زمان فرآوری ۶۰ min جذب ترکیبات رنگی به حداکثر مقدار خود رسید و از زمان تماس ۶۰ min به بعد با جدا شدن ترکیبات دوباره افزایش یافت. این امر شاید به دلیل وارد شدن بیش از حد نیروی دینامیکی ناشی از همزن به سیال تحت تیمار زمانی باشد که روی جذب ذرات کلونیدی بنتونیت تاثیر منفی می‌گذارد و باعث می‌شود که ترکیبات جذب شده بوسیله بنتونیت شروع به رها شدن از سطح آن گردند (فرمانی و رضائی ۱۳۸۵). بنابراین زمان تماس ۶۰ min همراه با عمل همزدن به عنوان زمان بهینه انتخاب گردید.

دمای بهینه فرآوری با بنتونیت

بعد از مشخص شدن زمان فرآوری بهینه، لازم بود که دمای مناسب فرآوری با بنتونیت هم مشخص گردد. تاثیر دماهای مختلف روی صفت رنگ مربوط به شربت تصفیه شده با بنتونیت در جدول ۵ نشان داده شده است.

برای تعیین مقدار بهینه ژلاتین، مقایسه میانگین نمونه‌های فرآیند شده در مقادیر مختلف ژلاتین همراه با نمونه شاهد انجام گرفته است. در شکل ۸ مقدار ۸ gr/l صفر ژلاتین مربوط به نمونه شاهد (تصفیه شده فقط با بنتونیت) است.



شکل 8- تغییر رنگ شربت‌ها در مقادیر مختلف ژلاتین.

از نظر کلاس‌بندی در سطح ۵ درصد بین نمونه‌های فرآیند شده در مقادیر مختلف ژلاتین در صفت رنگ در مقایسه با شاهد از نظر تغییرات رنگ تفاوت آماری وجود دارد (شکل ۸). کمترین مقدار رنگ در شربت فرآیند شده با ۰/۰۲ gr/l ژلاتین بود. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ژلاتین اضافی در شربت فرآیند شده می‌تواند به عنوان عامل رنگ‌زا عمل نماید. لذا با توجه به حذف بیشتر ترکیبات رنگی با ۰/۰۲ gr/l ژلاتین، به عنوان مقدار بهینه انتخاب گردید. علاوه موارد فوق، هدف اساسی از تعیین مقدار بهینه ژلاتین مورد استفاده، تسریع در تجمع رسوبات تشکیل شده و ته نشین شدن آنها بود. بطوریکه تجمع و ته نشینی رسوبات را بیشتر از ۶۰ min به کمتر از ۲۰ min کاهش داد (فرمانی و همکاران ۱۳۸۵).

نتیجه‌گیری

تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت-ژلاتین یک روش شیمیایی کارآمد محسوب می‌شود. در این روش تصفیه از بنتونیت و ژلاتین با هم برای خالص‌سازی و تصفیه شربت خام نیشکر استفاده گردیده است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده فرآوری شربت خام نیشکر با

تیمار حرارتی، ترکیبات کلوئیدی منعقد شده باعث جذب ترکیبات واکسی و چربی و غیره (تاثیر گذار در رنگ) موجود در شربت تحت فرآیندی می‌گردند. این کمپلکس تشکیل یافته به خاطر داشتن دانسیته کمتر به سطح شربت فرآیندی می‌آمدند (در حین انجام آزمایشات آنها جمع‌آوری کرده و دور ریخته می‌شد). بنابراین در این مرحله ترکیبات رنگی هم بوسیله بنتونیت و هم با تشکیل کمپلکس سیر نزولی خود را طی می‌کنند. باز هم احتمالاً این سوال پیش آید که افزایش دما به 100°C با توجه به تشکیل اضافی ترکیبات رنگی کار بیهوده‌ای است اما تجربیات آزمایشگاهی نشان داد که بدون رساندن دمای نمونه‌ها به دمای 100°C عمل صاف کردن نمونه‌ها با صافی‌ها تقریباً غیر ممکن می‌گردد (بدلیل انسداد منافذ صافی‌ها با ترکیبات چرب) (فرمانی و رضائی ۱۳۸۵). بنابراین با توجه به حذف بیشتر ترکیبات رنگی و روغنی مانند (که به مطالعات و بررسی‌های بیشتری نیاز می‌باشد) در این دما، دمای 100°C بعنوان دمای بهینه انتخاب گردید.

مقدار بهینه ژلاتین

بعد از مشخص شدن زمان و دمای فرآوری بهینه شربت خام نیشکر با بنتونیت، لازم بود که مقدار مناسب ژلاتین هم جهت بهبود کارایی تصفیه بنتونیتی مشخص گردد. برای این منظور تاثیر مقادیر مختلف ژلاتین روی صفت رنگ در شربت نیشکر فرآیند شده با بنتونیت مورد بررسی قرار گرفت که تجزیه واریانس مربوطه در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول 6- تجزیه واریانس تاثیر مقادیر مختلف ژلاتین روی صفت رنگ در شربت خام نیشکر تصفیه شده با بنتونیت-ژلاتین.

میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	رنگ (IU)
بین تیمارها	4	595536/90**
خطا	10	1676/80
ضریب تغییرات (%)	-	0/52

** : معنی‌دار در سطح احتمال 1%

قدردانی

از معاونت محترم راه اندازی و بهره‌برداری صنعتی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی جناب آقای مهندس رضایی عراقی و همچون تمامی اعضاء و پرسنل محترم کشت و صنعت واحد امیر کبیر و دعبل خزاعی که در طی آزمایشات ما را یاری فرموده‌اند، تشکر می‌نماییم.

۱/۵gr/l بنتونیت در شرایط pH= ۴/۵، ۱۰۰°C، ۶۰ min و با بهره‌گیری از ژلاتین در سطح ۰/۰۲gr/l به عنوان شرایط بهینه انتخاب گردیدند. این روش به ویژه جهت کاهش ترکیبات رنگی و افزایش سرعت تجمع و سرعت ته نشینی آنها بسیار کارآمد عمل نمود. با ادامه دادن کارهای تحقیقاتی می‌توان برای تولید قند مایع طبیعی شفاف و یا عسل نیشکر که می‌تواند مصارف مختلف در صنایع غذایی و غیره داشته باشد، اقدام نمود.

منابع مورد استفاده

پیروزی‌فرد، م، ۱۳۷۸. شفاف‌سازی آبمیوه (ترجمه). چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه: ۷۴ تا ۸۱.

فرمانی ب، حدادخداپرست مح، حصاری ج و رضایی ع، ۱۳۸۴. تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت ۱- تعیین مقدار بهینه بنتونیت و pH. مجله پژوهشی‌های علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۲، شماره ۴: ۱ تا ۹.

فرمانی ب، حدادخداپرست مح، حصاری ج و رضایی ع، ۱۳۸۵. تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت ۲- تعیین مقدار بهینه ژلاتین، زمان و دمای فرآوری با بنتونیت. مجله پژوهشی‌های علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۲، شماره ۱: ۶۳ تا ۷۵.

فرمانی ب و رضایی ع، ۱۳۸۵. تصفیه شربت خام نیشکر با بنتونیت ۳- تاثیر روی ترکیبات رنگی و کدورت. صفحه- های ۲۲۹ تا ۲۴۴. دومین همایش فن‌آوران نیشکر ایران، ۲۶-۲۷ دی ماه، کشت و صنعت امام، اهواز.

فرمانی ب و رضایی ع، ۱۳۸۶. انواع و منشأ ترکیبات رنگی در صنعت قندسازی نیشکر. بیست و نهمین دوره سمینارهای سالانه کارخانه‌های قند و شکر ایران، ۳-۱ خرداد، مشهد.

Anonymous, 1994. ICUMSA, Methods Book, International Commission For Uniform Methods Of Sugar Analysis, Colney, Norwich, England, pp:85-112.

Anonymous, 2004. The clay bentonite: A fascinating natural substance and its application in beverage treatment. France, ErbslÖh, pp:1-9.

Lal Mathur RB, 1990. Handbook Of cane sugar technology. Oxford & Ibh Publishing Co. India. pp:11.

Armas DR, Martines M, Vicente C and Legaz ME, 1999. Free and conjugated polyamines and phenols in raw and alkaline-clarified sugarcane juice. J Agric Food Chem 47: 3086-3092.

Eggleston G, Monge A and Pepperman A, 2002. Preheating and incubation of cane juice prior to liming: a comprison of intermediate and cold lime clarification. J Agric Food Chem 50: 484-490.

Godshall MA, Vercellotti JR and Triche R, 2002. Effect of macromolecules on sugar processing: Comparison of cane and beet macromolecules. Avh Association-9th Symposium-Reims, March, France:23-29.

Main GL and Morris JR, 1991. Color of Riesling and Vidal wines as Affected by Bentonite, Cufex^o and Sulfur Dioxide Juice Treatments. American Society of Enology and Viticulture, 42: 354-357.

Mersad A, Lewandowski R, Heyd B and Decloux M, 2003. Colorants in the sugar industry. Int. Sugar Jnl. 105: 269-281.

Zoecklein B, 1988. Bentonite fining of juice and wine. Enologist Department of Horticulture Virginia Polytechnic Institute & State University, pp:28-41.