حذف ترکیبات رنگی و ناخالصی‌ها از ملاس نهایی چغندر قند با استفاده از کربن فعال پودری جهت تولید قند اینورت مایع

بیوک آقا فرمانی[1] و محسن اسمعیلی[2*]

۱- دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ٩٤/١٢/١٩ تاریخ پذیرش: ٩٥/٠٣/٠٨)

چکیده

هدف این مطالعه کاهش ترکیبات رنگی، کدورت و ناخالصی‌های مانند فنل، آنتوسیانین و پروتئین، همراه با افزایش شفافیت محلول ملاس چغندر قند برای تهیه قند اینورت مایع بود. برای این منظور تاثیر pH در ۳ سطح (۸/۹، ۷ و ٤/٥) و کربن فعال پودری در ٤ سطح (۰/٦۰۹، ۰/۷۸۳، ۱/۱۳۱ و g ۱/۸۲۷) بر ویژگی‌های رنگ، کدورت، شفافیت، فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین محلول ملاس چغندر قند بررسی شد. آزمایشات اولیه نشان داد که ترکیبات رنگی پلی‌مری محلول ملاس از نوع کاراملها و ملانوئیدین‌ها با وزن ملکولی بالای ۲۵۰۰ دالتون هستند. مرحله دوم بررسی‌ها مشخص کرد که کاهش pH محلول ملاس از ۸/۹ به ٤/٥ همراه با کاربرد g ۰/۰۱۱ کربن فعال پودری، باعث کاهش ٤۲/۲٤٪ رنگ، ۲۱/٤۳٪ کدورت و افزایش ۳۳/٥۷٪ شفافیت باعث شد. در مرحله سوم مشخص شد که با افزایش مقدار کربن فعال پودری از ۰/٦۰۹ به g ۱/۸۲۷ در pH ٤/٥، رنگ ۸۸/۳۱٪، کدورت ۱۰۰٪، فنل کل ۷٦/٥۲٪، آنتوسیانین کل ۸٦/۳۹٪ و پروتئین ۹۸/٥۱٪ کاهش و شفافیت ۷٥/۸۳٪ افزایش یافت.

کلید واژگان: محلول ملاس چغندر قند، کربن فعال پودری، ترکیبات رنگی، ناخالصی‌ها

*مسئول مکاتبات: esmaiilim@yahoo.ie

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

۱- مقدمه

قند مایع واژه‌ای است که به قندهای نظیر ساکاروز (شکر)، قند انورت، گلوکز، فروکتوز، شربت گلوکز، پلی اول‌ها و کربوهیدرات‌های مشابه به کار می‌رود. در اقتصاد جهانی امروز که قیمت شکر به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر تولید کنندگان و صادر کنندگان و همچنین میزان تولید داخلی آن می باشد، تولید قندهای مایع به دلایل اقتصادی و تجاری مورد تشخیص و ارزیابی قرار گرفته است. قند مایع در مقایسه با شکر گرانولی مزایای زیادی در صنایع مختلف دارد و عمدتا باعث کاهش هزینه‌های فرآوری شکر در کارخانجات قند می‌شود. در واقع قند مایع به عنوان یک محصول نیمه بازساخته شده عمل می‌کند که در فرآیندهای تهیه مواد غذایی بدون این که نیاز به حل کردن در آب با کیفیت بالا، صاف کردن یا پاستوریزه کردن داشته باشد، برای مصرف مستقیم آماده می‌باشد [۱]. در ایالات متحده، خصوصیات محلول ساکاروز انورت شده متداول، شامل حداقل ۵۰ درصد و حداکثر ۵۵ درصد اینورت، حداکثر ۱۰۰ ppm HMF[1] (تلخ مزه)، حداقل pH ۵ و حداکثر pH ٦ می‌باشد. سایر خصوصیات محصول می‌تواند غلظت مواد جامد، غلظت خاکستر، رنگ و غیره باشد [۲].

ملاس نهایی چغندر قند یا C- ملاس ماده‌ی غلیظ و به رنگ قهوه‌ای تیره، باقی مانده لیکور اصلی[2] است که بعد از بازیافت بلورهای شکر از شربت غلیظ باقی می‌ماند. ملاس شامل مقدار قابل توجه ساکاروز، قند اینورت، عناصر معدنی مانند پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، ... و همچنین شامل مواد آلی و مواد تشکیل شده طی فرآیند در کارخانه می‌باشد [۳]. بنابراین ملاس به عنوان یک منبع غنی از ساکاروز و ارزان قیمت برای تولید قند اینورت می‌باشد [٤].

ترکیبات رنگی ملاس چغندر قند پلی‌مرهای با وزن‌های ملکولی بالا، با ساختار و خصوصیات متفاوت می‌باشد. ترکیبات رنگی ملانین‌ها، ملانوئیدین‌ها، محصولات تخریب قلیایی هگزوزها[3] و کارامل‌ها در طی فرآوری چغندر قند بوجود می‌آیند. ملانین‌ها طی مرحله خالص‌سازی رسوب می‌کنند بنابراین از نظر تکنولوژیکی مشکل‌زا نیستند [۵]. از میان ترکیبات آلی، اسیدهای آمینه همراه با بتایین به دلیل فراوانی و تاثیرات بار بیشترین اثر را دارند [٦]. ترکیبات فنولی، ماکروملکول‌ها، پروتئین‌ها و پکتین‌ها همراه با ساپونین‌ها و مواد رنگی بوده که به دلیل نیروی دافعه الکتریکی در یک حالت پایدار کلوییدی هستند. بهبود کیفیت ملاس با حذف ماکروملکول‌های نامطلوب از طریق تیمار با نمک‌های فلزی (کلرید آلومینیوم یا سولفات آلومینیوم) توسعه یافته است. این نوع نمک‌های فلزی به طور وسیع برای تیمار ملاس بکار می‌رود [۷ و ۸].

برای ترسیب شیمیایی ناخالصی‌ها در ملاس چغندر قند روش-های متفاوتی گزارش شده است [۹] که شامل: ۱- کربناسیون: حلالیت گاز CO_2 در محیط قلیایی (تا pH ۸) خوب اما در pH های پایین‌تر از ۸، CO_2 خیلی کم محلول بوده و فقط مقادیر خیلی کمی رسوب تشکیل می‌شود. ۲- سولفیتاسیون: بر اساس آزمایشات، فرآیند SO_2 زنی تقریبا در ترسیب نمک‌های کلسیم و منیزیم در پیش تیمار ملاس عملا نقشی ندارد. ۳- اسیدیفیکاسیون: در این روش، برای تامین یون‌های سولفات جهت ترسیب هر چه بیشتر کلسیم و منیزیم اسید سولفوریک استفاده می‌شود. بنابراین، این روش‌ها کارآیی لازم برای حذف ناخالصی‌های ملاس را ندارند.

جذب سطحی می‌تواند روشی مفید و کم هزینه برای تصفیه و جداسازی ناخالصی‌های ملاس باشد. این روش یک فرایند انتقال جرم ماده از فاز مایع به سطح جامد می‌باشد. سطح مورد استفاده باید متخلخل و دارای سطح ویژهٔ زیادی باشد. کربن فعال به دلیل داشتن سطح تماس زیاد به طور مؤثری می‌تواند انواع ناخالصی-های شیمیایی مانند مواد رنگ‌زا و غیره را از فازهای مایع از طریق جذب سطحی حذف کند. بنابراین به عنوان متداول‌ترین جاذب برای عملیات تصفیه و خالص‌سازی استفاده می‌شود [۱۰]. مهم‌ترین ویژگی کربن فعال ماهیت غیر قطبی بودن[4] سطح آن است. نیروهای سطح[5] جذب قوی‌تری را بین سطح کربن و ملکول‌های رنگی نسبت به ملکول‌های رنگی و لیکور قند به وجود می‌آورند. ملکول‌های رنگی بزرگ در سطح کربن در نقاط متعددی نگه داشته می‌شوند و بنابراین به طور قوی جذب سطح

1. HydroxyMethyleFurfural (HMF)
2. Mother liquor
3. Alkaline degradation products of hexoses
4. Non-polar nature
5. van der Waal's or London forces

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

کربن فعال می‌شوند. ناحیه سطحی وسیع ($m^2\ g^{-1}$ ۲۰۰۰-۵۰۰) قابل استفاده با ساختار متخلخل به این معنی است که مقادیر زیاد ناخالصی ممکن است قبل از این که کربن اشباع شود، جذب شود [۱۱].

در خالص‌سازی ویناس چغندر قند با استفاده از انواع کربن فعال تجاری برای جذب و حذف ترکیبات پلی‌فنلی و رنگ تیره مطالعات خوبی انجام شده است. طی تیمار ویناس چغندر قند با کربن فعال پودری، مرحله ضروری برای استفاده از رزین‌های تبادل یونی برای تکمیل مراحل بعدی خالص‌سازی بیان شده است. همچنین گزارش شده است که دمای محیط (°C ۲۵) و pH پایین (pH ۳) کارآیی خوبی در حذف ترکیبات آلی و پلی-فنلی دارد [۱۲].

هدف از این مطالعه بررسی تاثیر تغییر pH و مقادیر مختلف کربن فعال پودری بر ناخالصی‌های عمده و مهم رنگ، کدورت، شفافیت، فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین محلول ملاس چغندر قند بود.

۲- مواد و روش‌ها

ملاس چغندر قند مورد نیاز از کارخانه قند میاندوآب تهیه شد. آزمایشات لازم در آزمایشگاه کارخانه قند میاندوآب و دانشگاه تبریز انجام گرفت. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده از نوع مرک و با درجه آنالیز آزمایشگاهی بودند. ویژگی‌های کربن فعال پودری مورد استفاده در طی آزمایش‌ها در جدول ۱ آمده است.

Table 1 Powder activated carbon characteristics (Wood Based and Food Grade)

Product Unit Description	Product Range Available
Mesh Size (US Sieve)	Passing 100 Mesh (99%) Passing 200 Mesh (95%) Passing 300 Mesh (90%)
Surface area minimum (m^2/g)	1000
Iodine minimum (mg/g)	1000
Methylene blue minimum (mg/g)	210
Decolorization of caramel (%)	105
Moisture (%)	9.4
Total ash (%)	5.5
Conductivety ash (µS/cm)	0.0016
Cl maximum (%)	0.1
Bulk density (g/mL)	0.365
pH	6.87

۲-۱- روش انجام آزمایشات

۲-۱-۱- تعیین بریکس

بریکس یا مواد جامد محلول در شرایط آزمایشگاهی (°C ۲۰) با استفاده از رفراکتومتر اندازه‌گیری شد [۱۳].

۲-۱-۲- تعیین pH

pH متر با بافرهای ۷ و ٤ کالیبره شده و بعد pH نمونه‌ها اندازه-گیری شد [۱۳].

۲-۱-۳- اندازه‌گیری رنگ محلول

محلول‌های ملاس از میان غشاء با اندازه منافذ µm ۰/٤٥ برای حذف کدورت صاف شدند. pH نمونه‌های صاف شده با کمک pH متر روی عدد 7 ± 0.1 تنظیم شدند. از اسید هیدروکلریک N ۰/۱ برای کاهش مقادیر بالاتر pH و از هیدروکسید سدیم N ۰/۱ برای افزایش مقادیر پایین‌تر pH استفاده شد. مقدار جذب نمونه‌های صاف و خنثی شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج nm ٤٢٠ اندازه‌گیری شدند. در نهایت مقدار رنگ بر حسب ایکومزا از معادله ۱ محاسبه شد (ICUMSA Method: Method GS-1-7 1994).

$$\text{Color (ICU)} = \frac{A \times 100000}{b \times C} \qquad (۱)$$

که، A: مقدار جذب محلول در طول موج nm ٤٢٠، b: طول مسیر عبور نور از میان سل برابر cm ۱ و C: غلظت ساکاروز در محلول (g /۱۰۰ mL)، C با اندازه‌گیری بریکس محلول با رفراکتومتر و مشخص کردن دانسیته از جدول بریکس، محاسبه می‌شود.

۲-۱-٤- محاسبه عدد شاخص رنگ (IV[1])

محلول‌های ملاس از میان غشاء با اندازه منافذ µm ۰/٤٥ صاف - شدند. pH نمونه‌های صاف شده با کمک pH متر و با استفاده از اسید هیدروکلریک N ۰/۱ و هیدروکسید سدیم N ۰/۱ روی اعداد ۹ و ٤ تنظیم شدند. بریکس نمونه‌های صاف شده با رفراکتومتر تعیین شد. مقدار جذب نمونه‌های صاف نیز با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج nm ٤٢٠ اندازه‌گیری شد. در نهایت IV از طریق معادله ۲ محاسبه شد [۱۱].

1. Indicator values

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

$$IV = \frac{\text{رنگ در pH 9}}{\text{رنگ در pH 4}}$$

برای تفسیر IV از جدول خصوصیات ترکیبات رنگی استفاده شد [۱۱].

۲-۱-۵- مقدار کدورت

کدورت نمونه‌ها با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۹۰۰ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر و بر حسب واحد NTU از معادله ۳ محاسبه شد [۱٤].

$$\text{Turbidity (NTU)} = \frac{A \times 1000}{Brix}$$

که، A: مقدار جذب محلول در طول موج ۹۰۰ nm و Brix: کل مواد جامد محلول می‌باشد.

۲-۱-٦- اندازه‌گیری شفافیت

شفافیت نمونه‌ها با اندازه‌گیری درصد میزان نور عبوری (T%[1]) از نمونه‌ها در طول موج ٦٦۰ nm در دمای اتاق با دستگاه اسپکتروفتومتر مشخص شد [۱۵].

۲-۱-۷- مقدار پروتئین

آزمون برادفورد روش سریع و حساس برای تعیین مقادیر میکروگرم پروتئین با استفاده از اصل باند پروتئین-رنگ است. برای اندازه‌گیری پروتئین، روشی سریع بوده که کاتیون‌های مانند سدیم، پتاسیم و کربوهیدرات‌های مثل ساکاروز در واکنش باندی بین پروتئین و رنگ مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند. در این روش مقدار جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج nm ۵۹۵ اندازه‌گیری –شد [۱٦]. منحنی استاندارد با استفاده از پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA)[2] رسم شد.

۲-۱-۸- تعیین فنل کل

فنل کل نمونه‌ها با روش فولین – سیوکالتو [۱۷] با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷٦۵ nm اندازه گیری شد. بعد از مشخص شدن مقدار جذب، با استفاده از منحنی استاندارد رسم شده با اسید گالیک مقدار فنل کل بر حسب mg GAE در هر ۱۰۰ mL نمونه محاسبه شد [۱۸].

۲-۱-۹- تعیین آنتوسیانین کل

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌کل نمونه‌ها از روش اختلاف pH (معادله ٤) استفاده شد [۱۸].

$$A = (A_{\lambda 510} - A_{\lambda 700})_{pH\,1/0} - (A_{\lambda 510} - A_{\lambda 700})_{pH\,4/5}$$

غلظت آنتوسیانین کل (TA) برابر است با (معادله ۵):

(۵)

$$TA\left(\frac{mg}{kg}\right) = \frac{A \times Mw \times DF \times 1000}{\varepsilon \times L}$$

که، MW= ٤٤۹/۲ g/mol: وزن مولکولی آنتوسیانین شاخص (سیانیدین ۳-گلیکوزید)، ε=۲٦۹۰۰: ضریب مولی آنتوسیانین شاخص (سیانیدین ۳-گلیکوزید)، DF: فاکتور رقیق‌سازی و L: طول سل اسپکتروفتومتر (Cm) است.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌های محلول ملاس چغندر قند

مطابق طرح آزمایشات، در مرحله اول تاثیر تغییر pH در ۳ سطح (۸/۹، ۷ و ٤/۵) روی ترکیبات رنگی، کدورت و شفافیت با g ۰/۰۱۱ کربن فعال پودری، تحت شرایط دما °C ۷۰، زمان همزدن min ۱۵ و سرعت همزدن rpm ۸۰ با محلول ملاس ٤/۷ درصدی (g ٤/۷ ملاس نهایی با g ۹۵/۳ آب مقطر) مورد ارزیابی قرار گرفت. محلول غلیظ اسید سیتریک (۱۰۰ g/mL) رای تغییر pH استفاده می‌شد. آزمایشات دوم، محلول ملاس ۳۵٪ (g ۳۵ ملاس نهایی با g ٦۵ آب مقطر) مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله تاثیر مقادیر مختلف کربن فعال پودری در ٤ سطح (۰/٦۰۹، ۰/۷۸۳، ۱/۱۳۱ و g ۱/۸۲۷) در pH ٤/۵ بر ترکیبات رنگی، کدورت، شفافیت، فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین در ۳ مرحله تصفیه به صورت سری تحت مطالعه قرار گرفت. شرایط هر مرحله شامل: دما °C ۷۵، زمان همزدن min ۱۵ و سرعت همزدن rpm ۸۰ بود. در هر مرحله برای جداسازی کربن فعال پودری و سایر ناخالصی از محلول ملاس از کاغذ صافی(۲ لایه آلمانی کاهی، پورزدار و نقوش‌دار برجسته، بدون خاکستر با مارک MN و تیپ ٦۲۰) استفاده شد.

۲-۳- روش تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی اثر فاکتورهای pH و مقدار کربن فعال پودری روی صفات مورد بررسی، از روش طرح کاملا تصادفی استفاده شد.

1. Transmittance%
2. Bovine Serum Albomine (BSA)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل میانگین مربعات در سطح احتمال $P \leq$ ۰/۰۵ و آزمایشات در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و رسم منحنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تعیین نوع ترکیبات رنگی محلول ملاس چغندر قند با استفاده از عدد شاخص رنگ

ترکیبات رنگی در طی فرآیند شربت خام چغندر قند در مراحل مختلف فرآیند تصفیه تولید می‌شوند. در فرآیند دیفوزیون ترکیبات رنگی ملانین‌ها (واکنش آنزیمی) و ترکیبات رنگی آهن-دار بوجود می‌آیند. در طی خالص‌سازی شربت خام ترکیبات رنگی ملانوئیدین‌ها، کارامل‌ها و ترکیبات رنگی آهن‌دار تولید می‌شوند. در مراحل اواپوراسیون و کریستالیزاسیون ترکیبات رنگی ملانوئیدین‌ها و کارمل‌ها به صورت غیر آنزیمی بوجود می‌آیند [۱۹].

برای تفسیر IV از روی جدول خصوصیات ترکیبات رنگی بیان شده توسط دیویس [۱۱] می‌توان گفت که، عدد ۱/۰۰۳ به دست آمده در محدوده ۲-۱ مربوط به ترکیبات رنگی پلی‌مری تولید شده است. این نوع ترکیبات رنگی در طی فرآیند از نوع کارامل‌ها و ملانوئیدین‌ها با وزن ملکولی بالای ۲۵۰۰ (M_W > ۲۵۰۰) هستند که در pH پایین ۵ رفتار کاتیونی و در pH بالای ٦ رفتار آنیونی داشته و از نوع ترکیبات رنگی قطبی می‌باشند.

۳-۲- تاثیر pH بر کارآیی کربن فعال پودری در کاهش ترکیبات رنگی، کدورت و افزایش شفافیت

قند مایع در تولید گروه‌های مهم مواد غذایی از قبیل آب‌میوه‌های طبیعی، بستنی‌ها، فرآورده‌های لبنی، فرآورده‌های نانوائی، انواع نوشیدنی‌ها، مارمالاد، مربا، آب نبات‌سازی و غیره کاربرد دارد. قند مایع بر اساس سفارش مشتری و صنعتی که در آن به کار برده می‌شود، شامل انواع مختلف بی رنگ، دارای رنگ، مقداری یا کاملا انورت شده با مقدار کم یا بالای خاکستر، یا مخلوطی از قندهای مایع شامل شربت گلوکز، الکلی‌های قندی، گلوکز و فروکتوز می‌باشد [۱].

کدورت ناشی از ترکیبات حل نشده و سوسپانس شده در شربت چغندرقند است. ترکیبات رنگی عمده در فن‌آوری چغندر قند شامل ملانوئیدین‌ها و کارامل‌ها هستند [۲۰]. در شکل ۱ مربوط به رسم توام تغییرات رنگ و کدورت، مشاهده شد که با تغییر pH از ۸/۹ به ٤/٥ همراه با g ۰/۰۱۱ کربن فعال پودری، مقدار رنگ از ٤٤٤٤٣/٦٢ (نمونه شاهد) به ICU ٢٥٦٦٩/٤ (نمونه ۳)، ٤٢/٢٤٪ و مقدار کدورت از ۲۱/٤۳ (نمونه شاهد) به NTU ۳ (نمونه ۳)، ۸٦٪ کاهش یافته بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش pH، مقدار رنگ و کدورت به طور معنی‌دار کاهش یافته بود ($P \leq$ ۰/۰۵). به طوری که همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری با همدیگر داشتند. کربن فعال پودری از طریق حذف فیزیکی، جذب شیمیایی و ماهیت الکتریکی قابلیت حذف ناخالصی‌ها را دارد [۲۳]. با کاهش pH ظرفیت کربن فعال پودری برای جذب شیمیایی ترکیبات رنگی و کدورت‌زا افزایش یافته بود.

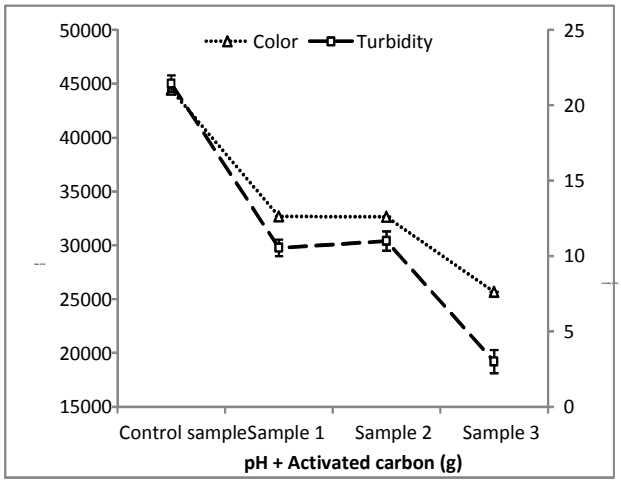

Fig 1 Effect of pH with 0.011 g powder activated carbon (AC) on color and turbidity of sugar beet molasses solution
(a: Control sample (pH 8.9 and 0 g AC), b: Sample 1 (pH 8.9 and 0.011 g AC), C: Sample 2 (pH 7 and 0.011 g AC) and d: Sample 3 (pH 4.5 and 0.011 g AC))

در شکل ۲ مربوط به تغییرات شفافیت، مشاهده شد که با تغییر pH از ۸/۹ به ٤/٥ همراه با مقدار ثابت کربن فعال پودری، مقدار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

شفافیت از ۵٦/۸ (نمونه شاهد) به T% ۸۵/۵ (نمونه ۳)، ۳۳/۵۷٪ افزایش یافته بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش pH، مقدار شفافیت به طور معنی‌دار افزایش یافته بود ($P \leq$۰/۰۵). به طوری که همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری با همدیگر داشتند. کربن فعال پودری از طریق حذف فیزیکی، جذب شیمیایی و ماهیت الکتریکی قابلیت حذف ناخالصی‌های رنگ‌زا و کدورت‌زا را دارد [۲۳]. با کاهش pH ظرفیت کربن فعال پودری برای جذب شیمیایی ترکیبات کدورت‌زا افزایش می‌یافت که در نتیجه باعث افزایش شفافیت نمونه‌ها شده بود.

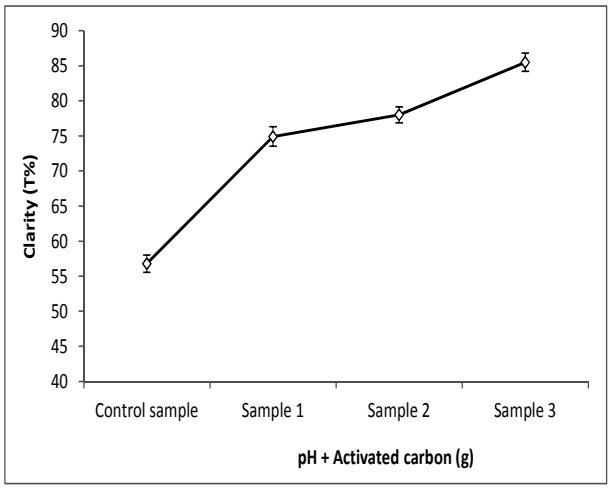

Fig 2 Effect of pH with 0.011 g powder activated carbon (AC) on clarity of sugar beet molasses solution
(a: Control sample (pH 8.9 and 0 g AC), b: Sample 1 (pH 8.9 and 0.011 g AC), C: Sample 2 (pH 7 and 0.011 g AC) and d: Sample 3 (pH 4.5 and 0.011 g AC))

در تولید قند اینورت مایع با روش اسیدی گرم، دستورالعمل‌های مختلفی ارائه شده است. هدف کلیه این روش‌ها درجه انورسیون بالا در زمان کم و تشکیل حداقل رنگ و مواد جانبی مثل هیدروکسی متیل فورفورال می‌باشد [۲۱].

با بررسی اشکال ۱ و ۲ مشاهده شد که کاهش قابل توجهی در ترکیبات رنگی و کدورت و همچنین افزایش قابل ملاحظه‌ای در شفافیت محلول ملاس دیده شد. بنابراین، pH ٤/٥ همراه با ۰/۰۱۱ g کربن فعال پودری برای مراحل بعدی کار پژوهشی انتخاب شد. یعنی در ادامه کار pH محلول ملاس روی ٤/٥ با محلول اسید سیتریک غلیظ تنظیم شد و مقادیر مختلف کربن فعال پودری روی محلول ملاس چغندر قند بررسی شد. شرایط فرآیند در هر کدام از pH ها با مقدار ثابت کربن فعال پودری به صورت سری ۳ مرحله‌ای تحت شرایط دما $^{\circ}$C ۷۰، زمان همزدن min ۱۵ و سرعت همزدن با rpm ۸۰ (برای هر مرحله) روی محلول ملاس ٤/٧ درصدی بررسی شد.

۳-۳- تاثیر مقادیر مختلف کربن فعال پودری بر کاهش ترکیبات رنگی، کدورت و افزایش شفافیت در pH ٤/٥

مقدار ترکیباتی که می‌تواند از محلول قندی توسط کربن فعال حذف شود بستگی به فاکتورهای مانند زمان تماس، مقدار کربن فعال مصرفی، دما، غلظت یا ویسکوزیته محلول قندی و ویژگی-های طبیعی خود کربن فعال دارد [۲۲]. حذف ترکیبات رنگی از ملاس چغندر قند به کمک کربن فعال پودری، باید به ماهیت هیدروفوبیک و غیر قطبی کربن فعال توجه داشت. در واقع، کربن فعال مورد استفاده برای رنگ‌بری باید دارای pH طبیعی (خنثی) و هدایت الکتریکی پایینی داشته باشد [۲۳].

در شکل ۳ مربوط به رسم توام تغییرات رنگ و کدورت، مشاهده شد که با تغییر مقدار کربن فعال پودری از ۰/٦۰۹ به g ۱/۸۲۷ در pH ٤/٥، مقدار ترکیبات رنگی از ٥٦٢٥٥/٢٧ به ICU ٦٥٧٣/٤٧، ۸۸/۳۱٪ و مقدار کدورت از ٤٥/٨٥ به NTU ۰، ۱۰۰٪ کاهش یافته بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کربن فعال پودری، مقدار رنگ و کدورت به طور معنی‌دار کاهش یافته بود ($P \leq$۰/۰۵). به طوری که همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری با همدیگر داشتند. با فزایش مقدار کربن فعال پودری قابلیت حذف فیزیکی و جذب شیمیایی ترکیبات رنگی و کدورت‌زا افزایش یافته بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

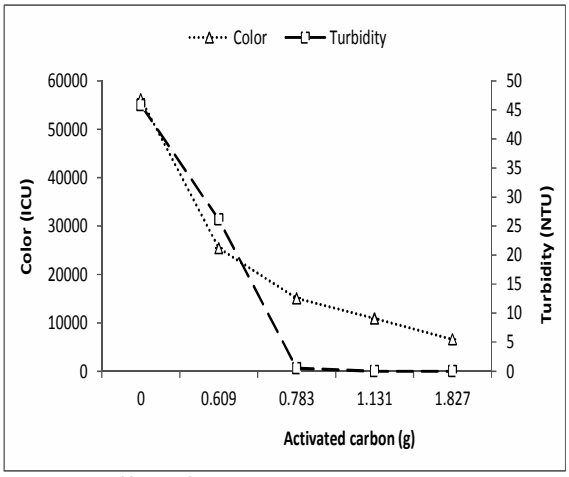

Fig 3 Effect of powder activated carbon (0.609, 0.783, 1.131 and 1.827 g) at pH 4.5 on color and turbidity of sugar beet molasses solution

در شکل ٤ مربوط به تغییرات شفافیت، مشاهده شد که با تغییر مقدار کربن فعال پودری از ٠/٦٠٩ به ١/٨٢٧ g در pH ٤/٥، مقدار شفافیت از ٢٤ به T% ٩٩/٣، ٧٥/٨٣ ٪ افزایش یافت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کربن فعال پودری، شفافیت به طور معنی‌دار افزایش یافته بود ($P \leq$ ٠/٠٥). به طوری که همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری با همدیگر داشتند. با فزایش مقدار کربن فعال پودری قابلیت حذف فیزیکی و جذب شیمیایی ترکیبات کدورت‌زا افزایش می‌یافت که در نتیجه باعث افزایش شفافیت نمونه‌ها شده بود.

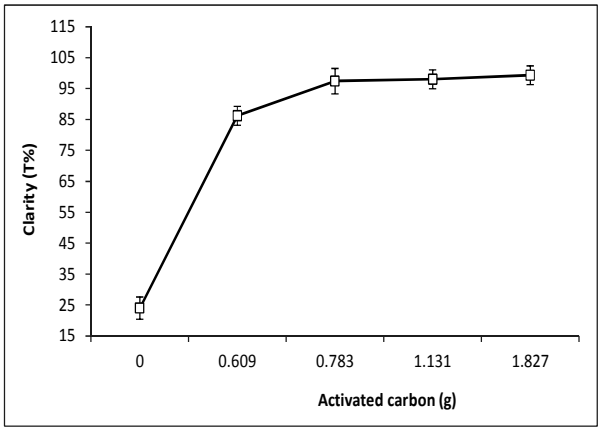

Fig 4 Effect of powder activated carbon (0.609, 0.783, 1.131 and 1.827 g) at pH 4.5 on clarity of sugar beet molasses solution

با توجه به اشکال ٣ و ٤ مربوط به کاهش قابل توجه ترکیبات رنگی و کدورت و افزایش قابل ملاحظه‌ای شفافیت، ١/٨٢٧ g کربن فعال پودری در pH ٤/٥ مناسب‌ترین مقدار بود. شرایط فرآیند در هر کدام از مقادیر کربن فعال پودری در pH ٤/٥ به صورت سری ٣ مرحله‌ای تحت شرایط دما $^{\circ}$C ٧٥، زمان همزدن min ١٥ و سرعت همزدن با rpm ٨٠ (برای هر مرحله) روی محلول ملاس ٣٥٪ بررسی شده بود.

با توجه به بررسی حذف رنگ از محلول قندی با مقادیر متفاوت کربن فعال توسط ناچات و همکاران [٢٤] مشاهده شد که بیشترین کارآیی رنگ‌بری کربن فعال پودری با مقادیر متفاوت کربن فعال در زمان تماس min ١٥-١٠ اولیه بوده و بعد از آن با صرف زمان بیشتر رنگ‌بری از محلول قندی صورت نگرفت.

٣-٤- تاثیر مقادیر مختلف کربن فعال پودری بر ناخالصی‌های محلول ملاس در pH ٤/٥

جذب فیزیکی باعث حذف اکثر ترکیبات رنگی و ناخالصی‌ها از لیکور شکر می‌شود. با این حال، کربن فعال هنوز شامل برخی از گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار[1] می‌باشد که باعث جذب شیمیایی بعضی از ملکول‌های قطبی می‌شود [١١]. همچنین کربن فعال ظرفیت بالایی برای جذب ترکیبات آلی دارد و در نتیجه به طور وسیعی در صنعت برای کاهش ترکیبات پلی فنل استفاده می‌شود [٢٥]. قبل از این که ناخالصی‌ها بتوانند توسط کربن فعال جذب شوند باید از طریق انتشار به داخل منافذ کربن فعال رسیده و خود را در موقعیت مناسب قرار دهند. ملکول‌های پلی‌مری خیلی بزرگ امکان انتشار به داخل کربن فعال را نداشته و محدود به جذب شدن در سطح می‌باشند، در حالی که ترکیبات کوچک‌تر بیشتر به داخل کربن فعال رسیده و بیشتر مکان‌های قابل استفاده و مناسب را به دست می‌آورند. بنابراین، توزیع اندازه منافذ در کربن فعال، به طور اساسی در تعیین مقادیر نسبی و نرخ حذف انواع متفاوت ناخالصی‌ها مهم است [٢٦].

در شکل ٥ رسم شده مربوط به تغییرات توام فنل کل و آنتوسیانین کل، مشاهده شد که با تغییر مقدار کربن فعال پودری

1. Oxygenated functional groups

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

از ۰/۶۰۹ به g ۱/۸۲۷ در pH ۴/۵، مقدار فنل کل از ۸۳/۹ به mg GAE/100 mL ۱۹/۷، ۷۶/۵۲ ٪ و مقدار آنتوسیانین کل از ۱/۴۷ به mg /kg ۰/۲، ۸۶/۳۹٪ کاهش یافته بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کربن فعال پودری، فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین به طور معنی‌دار کاهش یافته بود ($P \leq ۰/۰۵$). به طوری که همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری با همدیگر داشتند. با فزایش مقدار کربن فعال پودری قابلیت حذف فیزیکی و جذب شیمیایی فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین افزایش می‌یافت.

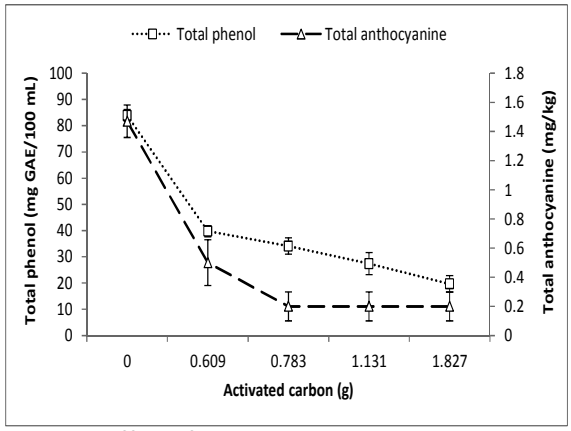

Fig 5 Effect of powder activated carbon (0.609, 0.783, 1.131 and 1.827 g) at pH 4.5 on total phenol and anthocyanine of sugar beet molasses solution

در شکل ۷ مربوط به تغییرات پروتئین، مشاهده می‌شود که با تغییر مقدار کربن فعال پودری از ۰/۶۰۹ به g ۱/۸۲۷ در pH ۴/۵، مقدار پروتئین از ۲۱۱ به mg BSA/100 mL ۳/۱۵، ۹۸/۵۱٪ کاهش یافت.

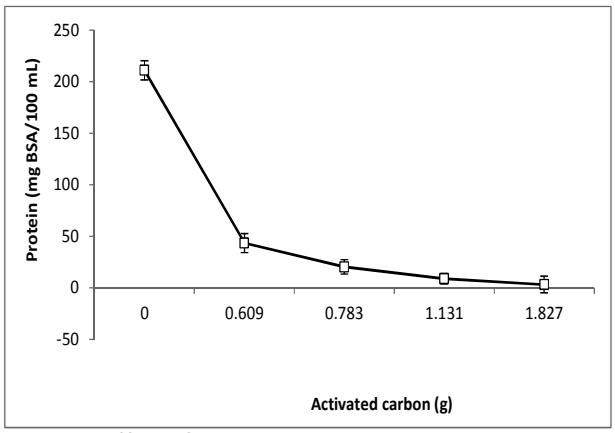

Fig 7 Effect of powder activated carbon (0.609, 0.783, 1.131 and 1.827 g)

at pH 4.5 on protein of sugar beet molasses solution

با توجه به اشکال ۶ و ۷ مربوط به کاهش قابل توجه فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین، g ۱/۸۲۷ کربن فعال پودری در pH ۴/۵ مناسب‌ترین مقدار برای حذف ناخالصی‌های عمده از محلول ملاس بود. شرایط فرآیند در هر کدام از مقادیر کربن فعال پودری در pH ۴/۵ به صورت سری ۳ مرحله‌ای تحت شرایط دما $^{\circ}C$ ۷۵، زمان همزدن min ۱۵ و سرعت همزدن با rpm ۸۰ (برای هر مرحله) روی محلول ملاس ۳۵٪ بود.

۴- نتیجه‌گیری

تفسیر نسبت IV مشخص کرد که ترکیبات رنگی محلول ملاس نهایی چغندر قند از نوع کاراملها و ملانوئیدین‌ها با وزن ملکولی بالای ۲۵۰۰ دالتون بودند. نتایج مرحله اول آزمایشات نشان داد که pH ۴/۵ همراه با g ۰/۰۱۱ کربن فعال پودری باعث کاهش قابل توجه ترکیبات رنگی و کدورت و افزایش قابل ملاحظه در شفافیت محلول ملاس شد. همچنین نتایج مرحله دوم نشان داد که g ۱/۸۲۷ کربن فعال پودری در pH ۴/۵ ترکیبات رنگی، کدورت، فنل کل، آنتوسیانین کل و پروتئین را به طور معنی‌دار کاهش و شفافیت را در حد قابل ملاحظه‌ای افزایش داده بود.

۵- منابع

[1] Behzad, K. and Soleimani, A. 2008. The advantages and consumption of liquid sugar production. Thirtieth Congress sugar factories of Iran, the center of sugar beet research Khorasan, Mashhad.

[2] Jansen, R. 2013. Sucrose inversion pross (Patent No. US8, 404,109 B2). United States Patent.

[3] Soffantini, V.A, Jennings, R.P., and Wilkes, R. 1971. Seasonal variations in molasses. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association: 99-106.

[4] AAFCO: Association of American Feed Control Officials. 1982. Official publication, AAFCO. C.R. Spooner, Department of Agriculture. Atlanta, GA.

[5] Coca, M., Garcıa, M.T., Gonzalez, G., Pena, M. and Garcıa, J.A. 2004. Study of coloured

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

components formed in sugar beet processing. Food Chemistry, 86: 421–43.

[6] Goodban, A.E., Benjamin, S.J. and Owens, H.S. 1953. Amino acids Content of Sugar Beet Processing Juices. J. of Agricultural and Food Chemistry, 1 (3): 261-264.

[7] Levic, L., Gyura, J., Djuric, M. and Kuljanin, T. 2005. Optimization of pH value and aluminium sulphate quantity in the chemical treatment of molasses. Eur. Food Research Technology, 220: 70–73.

[8] Valli, V., Gómez-Caravaca, A.M., Di Nunzio, M., Danesi, F., Caboni, M.F. and Bordoni, A. 2012. Sugar Cane and Sugar Beet Molasses, Antioxidant-rich Alternatives to Refined Sugar. J. Agricultural Food Chemistry, 60: 12508−12515.

[9] Davis, S.B., Peacock, S.D. and Walford, S.N. 1997. Ion exclusion chromatography: molasses pretreatment and high test molasses production. Proc. African Sugar Technology Ass., 71: 146-152.

[10] Laksameethanasan, P., Somla, N., Janprem, S. and Phochuen, N. 2012. Clarification of sugarcane juice for syrup production. Procedia Engineering, 32: 141 – 147.

[11] Davis, S.B. 2001. The chemistry of colour removal: A processing perspective. Proc. African Sugar Technology Ass., 75: 328-336.

[12] Caqueret, V., Bostyn, S., Cagnon, B. and Fauduet, H. 2008. Purification of sugar beet vinasse-Adsorption of polyphenolic and dark colored compounds on different commercial activated carbons. J. Bioresource Technology, 99: 5814-5821.

[13] Behzad, K., Bagherzadeh, M.B. and Elahi, M. 2013. The manual of laboratory quality control at sugar factories. Mashhaad Ferdosi University press.

[14] Donovan, M. and E. Lee. 1995. Filterability of raw sugars laboratory tests versus refinery performance. INI Sugar JNL., 97(1155E): 104-110.

[15] Bodbodak, S., Kashaninejad, M., Hesari, J. and Razavi, S.M.A. 2009. Effect of different classical clarification methods on physico-chemical and rheological properties of pomegranate juice. EJFPP., Vol. 1 (2): 1-16.

[16] Bradford, M.M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

[17] Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol, 299: 152-178.

[18] Chen, m., Zhao, Y. and Yu, S. 2015. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. J. Food Chemistry, 172: 543-550.

[19] Madsen, R.F., Kotfod-Nielsen, W., Winstrom-Olsen, B. and Nielsen, T.E. 1978. Formation of Color Compounds in Production of Sugar from Sugar Beet. Sugar Technology Rev., 6(1): 49-115.

[20] Erdogan, B., Demirci, S. and Akay, Y. 1996. Treatment of sugar beet juice with bentonite, sepiolite, diatomite and quartamin to remove color and turbidity. Applied Clay Science, 11: 55-67.

[21] Marignetti, N. and Mantovani, G. 1979/80. Liquid sugar. Sugar technology Rev., 7: 3-47.

[22] Qureshi, K., Bhatti, I., Kazi, R. and Ansari, A. 2008. Physical and Chemical Analysis of Activated Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse and Use for Sugar Decolorisation. International J. of Chemical and Biomolecular Engineering, 1(3):145-149.

[23] Mudoga, H.L., Yucel, H. and Kincal, N.S. 2008. Decolorization of sugar syrups using commercial and sugar beet pulp based activated carbons. Bioresource Technology, 99: 3528–3533.

[24] Nachat, N., Obarameekul, P. and Worathanakul, P. 2014. Activated Carbon from Bagasse for Syrup Decolorization as an Alternative for Waste Management and the Assessment of Carbon Footprint. Environment and Natural Resources J., 12 (2): 66-73.

[25] Caqueret, V., Bostyn, S., Cagnon, B. and Fauduet, H. 2012. Removal of dark coloured and polyphenolic compounds of sugar beet vinasse by adsorption onto activated carbons: application to a crosscurrent adsorption process. The CANADIAN Joirnal of chemical engineering, 90: 403-411.

[26] De ridder, D.J. 2012. Adsorption of organic micropollutants onto activated carbon and zeolites. by Water Management Academic Press. Doctoral thesis: pp 23.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Removal of colorants and impurities from sugar beet final molasses using powdered activated carbon for liquid invert sugar production

Farmani, B. [1], Esmaiili, M. [2*]

1- PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
[*]Corresponding author: E-mail: Tel. 04432754632 and Fax 04432753172
(Received: 2016/03/09 Accepted: 2016/05/28)

The aim of the research was to decrease of colorants, turbidity and impurities such as phenol, anthocyanin and protein along with increasing clarity of sugar beet final molasses for preparation liquid invert sugar. For this purpose, effect of pH at 3 levels (8.9, 7 and 4.5) and activated carbon at 4 levels (0.609, 0.783, 1.131 and 1.827 g), on characteristics of color, turbidity, clarity, total phenol, total anthocyanin and protein of sugar beet molasses solution were investigated. The first experiments showed that polymeric colorants of molasses solution are from types of caramels and melanoidins with high molecular weight of 2500 Dal. In the second stage of studies determined that decreasing molasses solution pH from 8.9 to 4.5 along with 0.011 g activated carbon, color 42.24%, turbidity 21.43% decrease and clarity 33.57% had increased. In the third stage, determined that with increasing activated carbon amount from 0.609 g to 1.827 g at pH 4.5, color 88.31%, turbidity 100%, total phenol 76.52%, total anthocyanin 86.39% and protein 98.51% decrease and clarity 75.83% had increased.

Keyword: Sugar beet molasses, Powder activated carbon, Colorants, Impurities

[*] Corresponding Author E-Mail Address: esmaiilim@yahoo.ie

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]