

# بررسی میزان ترکیبات فنلی در انواع شکر حاصل از مراحل مختلف فرایند کریستالیزاسیون طی 2 سال نگهداری

مسعود هنرور<sup>a\*</sup>، فاطمه سید سجادی<sup>b</sup>، احمد کلباسی اشتری<sup>c</sup>، کامبیز لاریجانی<sup>d</sup>، بابک دلخوش<sup>e</sup>، پرنیان متقیان<sup>f</sup>

<sup>a</sup> استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، تهران، ایران

<sup>b</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران

<sup>c</sup> دانشیار دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران

<sup>d</sup> استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه شیمی، تهران، ایران

<sup>e</sup> استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، ایران

<sup>f</sup> کارشناس مهندسی علوم و صنایع غذایی، شرکت پارس مینو، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: 1392/12/12

تاریخ دریافت مقاله: 1392/9/6

## چکیده

**مقدمه:** شکر به عنوان یک ماده غذایی پر مصرف که در تهیه بسیاری از مواد غذایی دیگر کاربرد دارد، طی فرایند طولانی و پر هزینه ای تولید می شود که با حذف مراحل از این فرایند می توان از دور ریز مواد مغذی، با ارزش تغذیه ای بالا جلوگیری کرد. در این مطالعه، ترکیبات فنلی به عنوان یک شاخص ارزشمند و ماده غذایی عملگرا، مد نظر قرار گرفته است.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه اثر فاکتور زمان بر نمونه های شکر از طریق آزمون های تعیین میزان تغییرات ترکیبات فنلی با استفاده از روش Singleton، تغییرات شیمیایی (میزان قند، میزان اینورت، رنگ، میزان خاکستر، pH) و آزمون های میکروبی با استفاده از روش های استاندارد بین المللی ICUMSA اندازه گیری شده است.

**یافته ها:** نتایج آزمون های میکروبی آلودگی باکتریایی مزوفیل را نشان می دهد. نتایج آزمون های شیمیایی نشان می دهد که با گذشت زمان در شکر بدون کلساز، شکر پخت II و شکر پخت III میزان قند، اینورت و رنگ کاهش یافته و در میزان ترکیبات فنلی افزایش قابل توجهی مشاهده می شود. که در این رابطه بین نمونه ها تفاوت آماری معنی دار مشاهده می گردد.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج حاصله، با ایجاد شرایط کنترل شده، می توان شکرهایی را تولید کرد که علاوه بر جلوگیری از پدیده حذف مواد مغذی در زمان تولید منجر به حفظ و بعضاً افزایش ارزش کیفی، در طی نگهداری شود.

**واژه های کلیدی:** شکر، فنل، کریستالیزاسیون، کلساز، مواد غذایی عملگرا

## مقدمه

شکر ماده غذایی است که به عنوان ماده اولیه در تهیه بسیاری از مواد غذایی دیگر کاربرد فراوان دارد. علیرغم تولید شیرین کننده‌های طبیعی و غیر طبیعی دیگر، مصرف شکر همچنان از جایگاه ویژه‌ای در صنایع غذایی برخوردار است (Nayaka et al., 2008).

شکر سفید به عنوان یک شیرین کننده غالب شناخته شده و انواع دیگر شکر، از جمله شکرهای قهوه‌ای، با توجه به فرهنگ مناطق هر یک جایگاه متفاوتی را به خود اختصاص داده‌اند.

شکرها با توجه به منبع و شیوه تولید، دارای مشخصات فیزیکی و شیمیایی متفاوت می‌باشند. انواع شکر می‌تواند شکر قهوه‌ای حاصل از نیشکر باشد که از ترکیب شکر سفید با ملاس استریل بدست می‌آید و یا شکر حاصل از مراحل مختلف فرآیند کریستالیزاسیون چغندر قند باشد.

برای تولید شکر از چغندر قند مراحل زیر باید طی شود:

- 1- شستشوی چغندر 2- آسیاب چغندر 3- دیفوزیون 4- دفکاسیون 5- ساتراسیون 6- فیلتراسیون 7- سولفیتاسیون 8- اوپراسیون 9- کریستالیزاسیون 10- خشک کردن 11- بسته بندی

یکی از مهمترین مراحل در تولید شکر، مرحله کریستالیزاسیون است. کریستالیزاسیون در تکنولوژی قند به معنی انتقال مولکول‌های قند از سیروپ و تبدیل آنها به یک فاز جامد به نام کریستال است. در طی عمل کریستالیزاسیون مواد غیر قندی در سیروپ باقی می‌ماند. کریستالیزاسیون فرایندی است که در طی آن جداسازی و خالص‌سازی قند تا ۹۹٪ افزایش می‌یابد (Asadi, 2007).

پساب نهایی پس از پروسه کریستالیزاسیون ملاس نام دارد که کلیه مواد رنگی، مواد معدنی و به طور کلی مواد غیر قندی در آن جمع می‌شود. ملاس به عنوان یک محصول جانبی به فروش می‌رسد و فرایندهای متفاوتی برای جدا کردن مواد با ارزش موجود در آن انجام می‌گیرد (Asadi, 2007).

در سال 1991 طی پژوهشی میزان رنگدانه‌های موجود در شکر چغندری، توسط روش کروماتوگرافی (Gel Permeation Chromatography) GPC اندازه‌گیری شد و محققین دریافتند که ترکیبات فنلی و رنگی که دارای وزن مولکولی بالا می‌باشند، علاوه بر سطح

## بررسی میزان ترکیبات فنلی در انواع شکر

کریستال در داخل آن نیز وجود دارند. شکر با گذشت زمان تحت شرایط خاص تغییر رنگ می‌دهد که این تغییر باید از نظر فیزیکی و شیمیایی بررسی گردد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که این تغییر رنگ بدلیل وجود ترکیبات باقی مانده بر سطح و داخل کریستال می‌باشد. این ترکیبات شامل: ترکیبات فنلی، ملانوئیدین، ملانین، کارامل و ترکیبات آلکالوئیدی حاصل از تغییرات pH محیط می‌باشد (Godshall et al., 1991).

ملانوئیدین از مهمترین رنگدانه‌های مؤثر در تغییر رنگ شکر می‌باشد که در طی فرآیند اوپراسیون و کریستالیزاسیون بدلیل پدیده میلارد ایجاد می‌شود. ملانوئیدین به دو حالت وزن مولکولی بالا و وزن مولکولی پایین دیده می‌شود و دارای خاصیت آنتی اکسیدانی و آنتی‌کارسینوژنی می‌باشد. ملانوئیدین از مهارکننده‌های قدرتمند و شناخته شده در مقابل اکسیژن فعال و دارای ساختار فنلی می‌باشد (Finot et al., 1990).

در بین ترکیبات فوق‌انتهایی که دارای ساختار فنلی می‌باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. پلی‌فنل‌ها به عنوان مواد غذایی عملگرا، جزء اصلی ترکیبات بیواکتیو هستند و جایگاه منحصر به فردی در میان محصولات بیواکتیو طبیعی دارند. پلی‌فنل‌ها به وفور در دنیای گیاهان گلدار، سبزیجات و میوه‌ها دیده می‌شوند. پلی‌فنل‌ها بوسیله خاصیت آنتی اکسیدانی از تخریب سلول‌ها توسط اکسیژن فعال جلوگیری می‌کنند. خاصیت آنتی اکسیدانی، اصلی‌ترین تأثیر درمانی پلی‌فنل‌ها شناخته می‌شود. پلی‌فنل‌ها استرس‌های اکسیداتیو را کاهش می‌دهند که این خاصیت بواسطه توان بازدارندگی آنها در ممانعت از شکل‌گیری محصولات حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها در سیستم‌های بیولوژیک می‌باشد (Akowuah et al., 2009).

شواهد و مطالعات فراوان نشان می‌دهد که پلی‌فنل‌ها علاوه بر جلوگیری از اکسیداسیون LDL، از لخته شدن پلاکت‌ها در عروق و تخریب گلبول‌های قرمز نیز جلوگیری می‌کنند (Gharras, 2009).

هزاران پلی‌فنل گیاهی شناخته شده‌اند که همه آنها دارای حداقل یک حلقه آروماتیک و یک گروه هیدروکسیل یا بیشتر نسبت به دیگر ترکیبات می‌باشند. پلی‌فنل‌ها خواص بیولوژیکی بسیاری دارند که مهمترین آنها خواص آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی و ضد التهابی آنها می‌باشد

(Ferranzano *et al.*, 2011).

حاصل از فرآیند کریستالیزاسیون کارخانجات قند چغندری، در زمان تولید و پس از گذشت زمان نگهداری می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### - روش نمونه برداری

نمونه‌های مورد مصرف در این مطالعه شکر سفید، شکر بدون کلر ساژ، شکر پخت II و شکر پخت III می‌باشند که از مرحله کریستالیزاسیون از کارخانه قند هگمتان تهیه شده‌اند. نمونه شکر بدون کلر ساژ از سانتریفوژ کریستالیزاتور I قبل از آنکه عملیات کلر ساژ صورت بگیرد تهیه شده است. شکر پخت II از خروجی سانتریفوژ کریستالیزاتور II تهیه شده و شکر پخت III از خروجی سانتریفوژ کریستالیزاتور III تهیه شده است. از این نمونه‌ها تحت شرایط استریل در محل نمونه برداری شده و برای آزمایشات میکروبی استفاده شده است. مابقی نمونه‌ها در شرایط کنترل شده با استفاده از حرارت خود نمونه‌ها در آزمایشگاه خشک شده و به دو قسمت تقسیم شده است. قسمت اول برای آزمایشات تعیین میزان ترکیبات فنلی، میزان قند، میزان اینورت، رنگ، میزان خاکستر و pH در سال اول استفاده شده و قسمت دوم برای تکرار آزمایشات در سال دوم در دمای محیط (20-25 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شده است.

شکر بدون کلر ساژ در واقع شکری است که عملیات شستشو در سانتریفوژ پخت I، توسط آب داغ و بخار بر روی آن انجام نگرفته است.

شکر پخت II عبارت است از شکری که از سانتریفوژ پخت II خارج می‌شود و دارای درجه خلوص حدوداً 99/3 درصد می‌باشد و لایه‌ای نازک از ملاس روی کریستال‌های آن را پوشانده است (Asadi, 2007).

شکر پخت III عبارت است از شکری که از آپارات پخت III وارد سانتریفوژ می‌شود و درجه خلوص آن در حدود ۸۸ درصد می‌باشد (Asadi, 2007).

آزمایشات شیمیایی و میکروبی این مطالعه بر اساس کتاب مرجع ICUMS<sup>1</sup> (کمیته بین‌المللی تدوین روش‌های آنالیز انواع شکر) انجام شده است که به شرح زیر می‌باشد:

مکانیسم‌های متفاوتی از عملکرد پلی فنل‌ها در ممانعت از انواع بیماری‌ها شناخته شده است که از آن جمله می‌توان به جلوگیری از عملکرد آنزیم‌های مؤثر در تکثیر باکتریایی، مرگ و میر سلول‌های تومور توسط تغییر در DNA سلول سرطانی و تحریک مونوسیت‌ها یا ماکروفاژها به تولید سیتوکین، اشاره کرد (Ferranzano *et al.*, 2011).

اثر ضد میکروبی پلی فنل‌ها با خنثی کردن و غیر فعال کردن سموم میکروبی نشان داده می‌شود. پلی فنل‌ها بر پاتوژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک نیز مؤثر می‌باشند. پلی فنل‌ها عملکردهای دفاعی متفاوتی در گیاهان دارند، مانند: مرمت و استقامت بخشی به دیواره سلول گیاهی و فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی در گیاه. پلی فنل‌ها در سطح گیاه و یا سیتوپلاسم سلول‌های اپیدرم ایجاد می‌شوند و این در واقع مکانی است که بتوانند به عنوان بازدارنده پاتوژن‌ها در آن عمل کنند (Ferranzano *et al.*, 2011).

پلی فنل‌ها ترکیبات مهمی در کیفیت میوه‌ها هستند و این به دلیل سهم بسزای آنها در طعم، رنگ و خواص غذایی میوه‌ها می‌باشد. علاوه بر این پلی فنل‌ها به عنوان کی لیت کننده فلزات، آنتی‌موتازن، آنتی‌کارسینوژن و آنتی‌باکتریال شناخته می‌شوند (Gharras, 2009).

انواع پلی فنل شامل فنولیک اسیدها (هیدروکسی بنزوئیک اسیدها و هیدروکسی سینامیک اسیدها)، فلاونوئیدها (فلاونول‌ها، فلاون‌ها، فلاوانون‌ها، فلاوانول‌ها، ایزو فلاون‌ها، پروآنتوسیانین‌ها)، آنتوسیانین‌ها، Stilbens و لیگنان‌ها تقسیم می‌شوند (Manach *et al.*, 2005).

مطالعات انجام شده بر روی انواع شکر نشان می‌دهد که حجم قابل توجهی از مواد رنگی و پیش‌سازهای مواد رنگی، در یک لایه از ملاس که اطراف کریستال شکر را پوشانده است و فیلم نامیده می‌شود، وجود دارد. این فیلم حدود 63 درصد از مواد ذکر شده را در خود جای داده است که نزدیک به نیمی از آن را ترکیبات فنلی تشکیل می‌دهد (Godsall *et al.*, 1991).

هدف از انجام این مطالعه اندازه‌گیری کمی ترکیبات فنلی و سایر ویژگی‌های کیفی، در شکر سفید و شکرهای

<sup>1</sup> International Commission for Uniform Methods of

آزمون تعیین مقدار قند بر طبق روش استاندارد

ICUMSA (2007) GS2/9-6، آزمون تعیین مقدار خاکستر

تعیین مقدار اینورت بر طبق روش استاندارد ICUMSA به شماره (2007) GS2/9-6، آزمون تعیین مقدار خاکستر بر اساس روش استاندارد ICUMSA به شماره (2002) GS2/3-17، آزمون تعیین مقدار pH بر طبق روش استاندارد ICUMSA به شماره (2009) GS1/2/3/4/7/8/9-23، آزمون جستجوی باکتری‌های مزوفیل بر اساس روش استاندارد ICUMSA به شماره (1998) GS2/3-43، آزمون جستجوی کپک و مخمر بر اساس استاندارد ICUMSA به شماره (1998) GS2/3-47 و آزمون تعیین مقدار رنگ بر اساس استاندارد ICUMSA به شماره (2005) GS2/3/9 و (2007) GS2/3/10 انجام شد. تجهیزات مورد استفاده شامل: اسپکتروفوتومتر مدل Cary 100 ساخت شرکت Varian، دستگاه جذب اتمی RAYLEIGH wfx-210، کانداکتومتر، پلاریمتر Schmidt+Haensch و رفراکتومتر بوده است.

تقطیر حل کرد باید آن را به مدت یک ساعت بر روی شیکر قرار داد. سپس درب آن با پارافیلیم بسته و تا زمان آزمایش در دمای یخچال نگهداری می‌شود.

#### - اندازه‌گیری پلی فنل در شکر

ابتدا یک گرم از شکر در 10 میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر حل می‌گردد. سپس 0/1 میلی‌لیتر از محلول شکر با 0/9 میلی‌لیتر از آب دوبار تقطیر داخل یک تیوب آزمایشگاهی ریخته می‌شود. به این محلول 5 میلی‌لیتر از معرف فولین سیوکالتو 0/2 نرمال اضافه می‌گردد. سپس به آن 4 میلی‌لیتر از محلول اشباع کربنات کلسیم اضافه شده و در نهایت تیوب در میکسر قرار می‌گیرد تا تمام مواد به خوبی با هم ترکیب شوند (Singleton et al., 1965, 1999). پس از نیم ساعت در دمای اتاق جذب توسط اسپکتروفوتومتر مدل Cary 100 ساخت شرکت Varian در طول موج 765 نانومتر قرائت می‌شود. نتیجه بر حسب معادل گالیک اسید در هر محصول گزارش می‌گردد.

#### - تجزیه و تحلیل آماری

ارزیابی آماری این مطالعه، ابتدا با آزمایش تجزیه واریانس بوسیله طرح کاملاً تصادفی بین تیمارها در سال اول و همین طرح بین تیمارها در سال دوم انجام شد و تأثیر گذشت زمان یکسال بین تیمارهای سال اول و تیمارهای سال دوم با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. مقایسه داده‌ها با روش مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن انجام شد. نرم افزار آماری مورد استفاده SPSS، ویرایش 21 می‌باشد.

در این مطالعه 6 آزمون به عنوان متغیر پیوسته بر روی 4 تیمار شکر با عنوان شکر سفید، شکر پخت II، شکر پخت III و شکر بدون کلر ساژ به عنوان متغیر مستقل انجام گرفت. هر یک از آزمون‌ها با سه تکرار انجام شده است.

#### یافته‌ها

تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از تست‌های میزان قند (Pol)، خاکستر (Ash)، رنگ (Color)، اینورت (Invert) و pH در سال اول در جدول 1 مشخص گردیده است.

#### - مواد

مواد شیمیایی مورد مصرف در این مطالعه شامل اسید گالیک، معرف فولین سیو کالتو، کربنات سدیم، محلول رزانیلین، محلول فرم آلدئید، اسید هیدروکلریدریک، محیط کشت نوترینت آگار، محیط کشت پلیت کانت آگار، محیط کشت عصاره مخمر، گلوکز، کلرامفنیکل آگار یا محیط ورت آگار که همه آنها از کمپانی Merck تهیه شدند.

#### - تهیه استاندارد گالیک اسید

0/5 گرم از گالیک اسید استاندارد در 10 میلی‌لیتر اتانول حل می‌شود. سپس با آب دوبار تقطیر به حجم 100 میلی‌لیتر رسانده می‌شود. این رقت در اصل 5 گرم در لیتر است. سپس از این محلول رقت‌های 50 - 100 - 250 و 500 میلی‌گرم در لیتر تهیه می‌گردد.

#### - روش تهیه محلول اشباع کربنات سدیم

100 گرم کربنات سدیم در 1000 میلی‌لیتر آب حل می‌شود. برای آن که بتوان کربنات سدیم را در آب دوبار

وجود دارد. اما بین شکرهای پخت II و III و شکر بدون کلساژ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

آنالیز آماری نتایج آزمون pH نشان می‌دهد که هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد.

آنالیز آماری نتایج آزمون‌های میکروبیولوژی در سال اول (جدول 2)، نشان می‌دهد که در شکرهای پخت II، پخت III و نمونه شکر بدون کلساژ آلودگی باکتری‌های مزوفیل مشاهده شده است و هیچ تفاوت آماری معنی‌داری بین این سه تیمار وجود ندارد. شکر سفید فاقد آلودگی باکتری مزوفیل بوده و آلودگی کپک و مخمر در هیچ یک از نمونه‌ها دیده نشده است.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از تست‌های میزان قند (Pol)، خاکستر (Ash)، رنگ (Color)، اینورت (Invert) و pH در سال دوم در جدول 3 مشخص گردیده است.

آنالیز آماری نتایج آزمون قند (Pol)، خاکستر (Ash)، رنگ (Color)، اینورت (Invert) نشان می‌دهد که بین کلیه تیمارها در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت آماری معنی‌دار دیده می‌شود.

آنالیز آماری تست اندازه‌گیری pH نشان می‌دهد که بین شکر سفید و شکرهای پخت II و III تفاوت آماری معنی‌داری در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) دیده می‌شود. بین شکر بدون کلساژ با شکر سفید و شکر پخت II نیز در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت آماری معنی‌دار دیده می‌شود ولی بین شکر بدون کلساژ و شکر پخت III تفاوت آماری معنی‌دار وجود ندارد.

آنالیز آماری نتایج میزان قند، نشان می‌دهد که شکرهای پخت II و III در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌داری با شکرهای پخت I یا سفید و شکر سفید بدون کلساژ دارند. همچنین بین نمونه‌های پخت II و پخت III نیز تفاوت معنی‌داری در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) وجود دارد.

آنالیز آماری نتایج میزان خاکستر نشان می‌دهد که بین شکر سفید با شکرهای پخت II و III و شکر بدون کلساژ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بین شکرهای پخت II و پخت III در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بین شکر پخت II و شکر بدون کلساژ تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. همچنین بین شکر پخت III و شکر بدون کلساژ نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

آنالیز آماری نتایج آزمون رنگ نشان می‌دهد که شکر سفید با شکر پخت II و شکر پخت III و شکر بدون کلساژ در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار دارد. بین شکر پخت III با شکرهای پخت II و شکر بدون کلساژ نیز در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود. بین شکر پخت II و شکر بدون کلساژ تفاوت معنی‌دار مشاهده نمی‌شود.

آنالیز آماری نتایج میزان اینورت نشان می‌دهد که در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌داری بین شکر سفید با شکرهای پخت II و III و شکر بدون کلساژ

جدول 1- نتایج آزمایشات شیمیایی نمونه‌های شکر در سال اول

نمونه / صفت	pH	Color (IU)	Invert (%)	Ash (%)	Pol (z°)
شکر سفید	7/267±0/25 <sup>a</sup>	50/66±4/6 <sup>a</sup>	0/011±0/001 <sup>a</sup>	0/013±0/004 <sup>a</sup>	99/86 ± 0/028 <sup>a</sup>
شکر سفید بدون کلساژ	7/53±0/28 <sup>a</sup>	1778/33±301/66 <sup>b</sup>	0/230±0/07 <sup>b</sup>	1/19±0/33 <sup>b</sup>	99/46±0/57 <sup>a</sup>
شکر پخت II	7/56±0/49 <sup>a</sup>	1817±158/48 <sup>b</sup>	0/203±0/015 <sup>b</sup>	1/003±0/05 <sup>b</sup>	96/93±0/85 <sup>b</sup>
شکر پخت III	7/56±0/32 <sup>a</sup>	3533±395/78 <sup>c</sup>	0/260±0/028 <sup>b</sup>	1/38±0/04 <sup>c</sup>	95/50±0/55 <sup>c</sup>

میانگین ± انحراف معیار، n=3، IU=ICUMSA Unit، Z<sup>0</sup>=درجه ساکاروز.

جدول 2- نتایج آزمون میکروبی در سال اول

نمونه/صفت	و جوفیل های باکتری (CFU)
شکر سفید	0
شکر سفید بدون کلساژ	950±50 <sup>a</sup>

## بررسی میزان ترکیبات فنلی در انواع شکر

950±50 <sup>a</sup>	شکر پخت II
950±50 <sup>a</sup>	شکر پخت III

CFU=Colony Forming Unit n=3، میانگین ± انحراف معیار

آنالیز آماری نتایج حاصل از بررسی آزمون اندازه‌گیری خاکستر (Ash)، رنگ (Color) و اینورت (Invert) نشان می‌دهد که بین نمونه‌ها در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار وجود دارد و اثر گذر زمان بر نمونه‌ها در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار می‌باشد.

آنالیز نتایج حاصل از تست pH نشان می‌دهد که با توجه به گذر زمان بین نمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در سطح 95 درصد ( $p < 0.05$ ) مشاهده می‌شود و اثر زمان بر روی نمونه‌ها معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج آنالیز آماری تست اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی نشان می‌دهد که بین نمونه‌ها پس از گذشت یکسال در میزان ترکیبات فنلی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) دیده می‌شود و اثر زمان بر روی این تغییرات در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار می‌باشد.

آنالیز آماری نتایج آزمون پلی فنل در سال اول نشان می‌دهد که بین همه تیمارها در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود. نتایج این آزمون در سال دوم نشان می‌دهد که بین شکر سفید، شکر پخت II و شکر پخت III تفاوت آماری معنی‌داری در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) دیده می‌شود. بین شکر بدون کلساژ با شکر پخت III و شکر سفید نیز تفاوت آماری معنی‌دار در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) دیده می‌شود ولی بین شکر پخت II و شکر بدون کلساژ تفاوت آماری معنی‌دار وجود ندارد (جدول 4).

آنالیز آماری نتایج حاصل از تست میزان قند (Pol) نشان می‌دهد که بین نمونه‌ها با توجه به گذر زمان در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود و اثر زمان بر روی نمونه‌ها در سطح 95 درصد ( $p < 0.05$ ) معنی‌دار می‌باشد (جدول 5).

جدول 3- نتایج آزمایشات شیمیایی نمونه‌های شکر در سال دوم

نمونه/صفت	pH	Invert (%)	Color (IU)	Ash (%)	Pol (z°)
شکر سفید	7 <sup>a</sup>	0/012±0/001 <sup>a</sup>	57/51±0/22 <sup>a</sup>	0/035±0/0005 <sup>a</sup>	99/78±0/02 <sup>a</sup>
شکر سفید بدون کلساژ	7/56±0/05 <sup>b</sup>	0/008±0/002 <sup>b</sup>	1120±20 <sup>b</sup>	0/81±0/016 <sup>b</sup>	97/46±0/11 <sup>b</sup>
شکر پخت II	7/43±0/05 <sup>c</sup>	0/035±0/001 <sup>c</sup>	1348/33±2/88 <sup>c</sup>	1/05±0/006 <sup>c</sup>	96/83±0/02 <sup>c</sup>
شکر پخت III	7/50±0/2 <sup>b</sup>	0/08±0/003 <sup>d</sup>	2356±15/27 <sup>d</sup>	1/35±0/05 <sup>d</sup>	95/46±0/25 <sup>d</sup>

میانگین ± انحراف معیار، n=3، IU=ICUMSA Unit، Z°=درجه ساکاروز.

جدول 4- نتایج میزان ترکیبات فنلی در سال اول و دوم

نمونه/صفت	Total Phenol(mg/100gr)	
	سال اول	سال دوم
شکر سفید	1/43±0/07 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
شکر سفید بدون کلساژ	4/009±0/03 <sup>b</sup>	34/44±2/93 <sup>b</sup>
شکر پخت II	3/83±0/11 <sup>c</sup>	29/25±1/70 <sup>b</sup>
شکر پخت III	6/73±0/05 <sup>d</sup>	57/77±7/28 <sup>c</sup>

میانگین ± انحراف معیار، n=3.

جدول 5- نتایج آزمایشات شیمیایی و تغییرات میزان ترکیبات فنلی با در نظر گرفتن اثر فاکتور زمان

نمونه/صفت	Total Phenol (mg/100gr)	pH	Invert (%)	Color (IU)	Ash (%)	Pol (z°)
شکر سفید	0/71±0/7 <sup>a</sup>	7/13±0/21 <sup>a</sup>	0/011±0/0009 <sup>a</sup>	54/09±4/75 <sup>a</sup>	0/024±0/01 <sup>a</sup>	99/82±0/05 <sup>a</sup>
شکر سفید بدون کلساژ	19/22±16/77 <sup>b</sup>	7/55±0/18 <sup>b</sup>	1/11±0/12 <sup>b</sup>	1449/16±408/14 <sup>b</sup>	1/0005±0/29 <sup>b</sup>	98/46±1/15 <sup>b</sup>

96/83±0/54 <sup>c</sup>	1/029±0/04 <sup>c</sup>	1582/60±275/50 <sup>c</sup>	0/11±0/09 <sup>c</sup>	7/50±0/32 <sup>c</sup>	16/54±13/96 <sup>c</sup>	شکر پخت II
95/48±0/38 <sup>d</sup>	1/36±0/04 <sup>d</sup>	2944/83±691/28 <sup>d</sup>	0/17±0/1 <sup>d</sup>	7/53±0/23 <sup>d</sup>	32/25±28/33 <sup>d</sup>	شکر پخت III

میانگین ± انحراف معیار، n=3، IU=ICUMSA Unit، Z<sup>0</sup>=درجه ساکاروز.

## بحث

بررسی نتایج آزمون قند و اینورت در سال اول نشان می‌دهد که زمان مورد نیاز در هر کریستالیزاتور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در پخت I کریستالیزاسیون و تولید شکر سفید حدود 2 ساعت زمان نیاز دارد. این زمان برای پخت II 4-8 ساعت و برای پخت III به 6-12 ساعت افزایش می‌یابد. هر چه به پخت III نزدیک می‌شویم میزان ناخالصی کل بیشتر می‌شود زیرا در هر مرحله قسمتی از ساکاروز کسر می‌گردد. به دلیل افزایش زمان و حرارت موجود، قسمتی از ساکاروز نیز تبدیل به اینورت می‌شود که قسمت اعظم اینورت حاصله در ملاس جمع می‌گردد. در نهایت میزان قند موجود در پخت III کمتر از پخت II، و میزان قند پخت II کمتر از شکر سفید و شکر بدون کلساژ می‌باشد و در هر نمونه‌ای که لایه فیلم مانند ملاس وجود دارد، اینورت قابل ملاحظه‌ای نیز دیده می‌شود (Asadi, 2007).

خاکستر در واقع تشکیل شده است از مواد معدنی که در بین آنها سدیم و پتاسیم بیشترین مقدار را تشکیل می‌دهند. این مواد تمام مراحل فرایند را طی کرده و در نهایت در پساب نهایی کارخانه یعنی ملاس جمع می‌شوند (Asadi, 2007).

وقتی پخت I داخل سانتریفوژ تخلیه می‌شود لایه ملاسی که روی کریستال شکر سفید را پوشانده است بوسیله آب کندانس شسته می‌شود و به این ترتیب ناخالصی‌های معدنی از کریستال شکر جدا می‌گردد (Rein, 2007).

در رابطه با شکر بدون کلساژ عمل شستشو با آب کندانس انجام نمی‌گیرد و به این ترتیب ناخالصی‌های معدنی همراه کریستال باقی می‌ماند. در رابطه با شکر پخت II وقتی پخت داخل رفریژرانت تخلیه می‌شود برای جلوگیری از افزایش ویسکوزیته، آب کندانس اضافه می‌شود و بعد سانتریفوژ می‌گردد. علیرغم اینکه لایه‌ای از ملاس بر روی کریستال باقی می‌ماند ولی قسمت بیشتر ناخالصی به پخت III منتقل می‌گردد. در رفریژرانت پخت III نیز آب کندانس اضافه می‌گردد و سپس سانتریفوژ می‌شود.

قسمتی از ناخالصی همراه لایه ملاس بر روی کریستال باقی مانده و مابقی وارد ملاس می‌شود. با توجه به دلایل ذکر شده در شکر سفید کمترین خاکستر و در تیمارهای شکر پخت II، شکر پخت III و شکر بدون کلساژ بیشترین خاکستر را مشاهده می‌کنیم (Asadi, 2007). عامل عمده ایجاد رنگ در تولید شکر از چغندر قند حرارت می‌باشد، که در این رابطه مواد رنگی به دو دسته تقسیم می‌شوند. در ابتدا مواد رنگی هستند که در حرارت پائین و در اثر اکسیداسیون ایجاد می‌شوند، مانند اکسیداسیون تیروزین که منجر به تولید ملانین می‌شود. این رنگ دانه در مرحله خالص سازی حذف می‌شود (Asadi, 2007).

در حرارت بالا مواد رنگی در اثر پدیده میلارد ایجاد می‌شوند که در آن اسیدهای آمینه با قندهای احیا کننده واکنش داده و ماده رنگی ملانوتیدین را تولید می‌کنند. این رنگدانه نیز در مرحله خالص سازی حذف می‌شود ولی در مراحل بعدی مانند اوپراسیون و کریستالیزاسیون بدلیل وجود حرارت، مجدد تولید می‌شود. عملیات کلساژ با هدف کاهش رنگ انجام می‌شود بنابراین در شکر سفید یا تیمار I کاهش رنگ را مشاهده می‌کنیم. در پخت II و پخت III بدلیل افزایش زمان حرارت دهی، افزایش رنگ را مشاهده می‌کنیم. در شکر بدون کلساژ نیز عدم انجام عملیات کلساژ که هدف آن کاهش رنگ است، باعث افزایش رنگ می‌شود (Asadi, 2007).

در رابطه با آزمون pH بررسی نتایج آزمون pH نشان می‌دهد که بین تیمارها تفاوت معنی دار وجود ندارد زیرا فرآورده‌های شکر باید pH در حدود خنثی داشته باشند در غیر اینصورت pH اسیدی منجر به شکل‌گیری اینورت می‌شود و pH بازی بالا منجر به واکنش میلارد می‌شود که هیچ کدام از این موارد در تولید شکر مناسب نمی‌باشد (Rein, 2007).

در رابطه با آلودگی باکتری‌های مزوفیل چون استانداردی در این زمینه وجود ندارد، نمی‌توان آن را مقایسه کرد. با توجه به نتایج آزمون میکروبی به نظر می‌رسد که یک فرایند حرارتی، بهداشتی مناسب برای از

## بررسی میزان ترکیبات فنلی در انواع شکر

می‌گیرد (Bradzynski *et al.*, 2011; Godshall *et al.*, 1991).

بر اساس مطالعات انجام شده، باکتری‌های مزوفیل (گونه‌هایی از باسیلوس) قدرت رنگبری از نمونه های حاوی ملانوییدین را دارند (Naïke *et al.*, 2010). این کاهش رنگ که بدلیل تغییر در ساختار ملانوییدین می‌باشد که تحت شرایط خاص صورت می‌گیرد. عوامل مؤثر بر این فرایند، pH، حرارت، میزان، نوع قند یا منبع کربن، زمان و میزان ملانوییدین موجود در نمونه می‌باشد. عوامل بازدارنده مانند ترکیبات نیتروژنه زیاد علاوه بر خود ملانوییدین می‌تواند باعث کاهش فرایند رنگبری شود (Chandra *et al.*, 2007; Ojijo *et al.*, 2010; Santal *et al.*, 2007; Naik, 2007).

مطالعات نشان می‌دهند که برای رنگبری ملانوییدین باید شرایط ایتیمال وجود داشته باشد تا بیشترین میزان رنگبری مشاهده گردد. این شرایط شامل: pH خنثی در حدود 7/2-7/5 و حرارت محیط در حدود 20-37 درجه که مناسب ترین حرارت با توجه به نوع میکرواورگانسیم، 25-30 درجه می‌باشد. نوع منبع کربنی موجود از اهمیت برخوردار می‌باشد که گلوکز، فروکتوز و ساکاروز بیشترین تأثیر را دارا می‌باشند. افزایش زمان می‌تواند تخریب ساختار ملانوییدین و کاهش رنگ را افزایش دهد (Ojijo *et al.*, 2010; Chandra *et al.*, 2007; Naik, 2007; Chavan *et al.*, 2006).

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که از بین رفتن رنگ ملانوییدین بدلیل تغییر در ساختار ملانوییدین و شکسته شدن باندهای C=C و C=N می‌باشد و این تغییر و شکسته شدن ساختار منجر به تولید ترکیبات اولیه که مونومرها و یا دیمرها پایه می‌باشند می‌گردد. همچنین نتایج این تحقیقات ادعان دارد که در طی این تخریب ساختاری ترکیبات حاوی گروه هیدروکسیل بالاخص پیش سازهای ملانوییدین که همان ترکیبات فنلی هستند بوجود می‌آیند و آزمایشات اسپکتروفوتومتری انجام شده بر روی نمونه‌ها پس از رنگبری، این فرضیه را تأیید می‌کند (moriera *et al.*, 2012; Naïke *et al.*, 2010).

بین بردن این معضل در رابطه با شکرهای بدون کلر ساژ و پخت II و پخت III ضروری است.

بررسی نتایج آزمون تعیین مقدار پلی‌فنل در سال اول در شکرها نشان می‌دهد که بین تیمارهای شکر تفاوت معنی‌دار وجود دارد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که حجم قابل توجهی از مواد رنگی و پیش‌سازهای مواد رنگی، در یک لایه از ملاس که اطراف کریستال شکر را پوشانده است و فیلم نامیده می‌شود، وجود دارد این لایه حاوی ترکیبات فنلی است که تحقیقات Godshall و همکاران این فرض را تأیید می‌کند.

از مجموع این دلایل متوجه می‌شویم که باید شکر پخت III بیشترین میزان مواد فنلی و شکر سفید کمترین میزان را داشته باشد. دلایل ذکر شده نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند.

نتایج آزمایشات در سال دوم با در نظر گرفتن فاکتور زمان، نشان می‌دهد که علیرغم حفظ روند موجود در سال اول میزان ترکیبات فنلی و رنگ دستخوش تغییرات قابل توجهی شده است. میزان رنگ در نمونه‌های شکر بدون کلر ساژ، شکر پخت II و شکر پخت III کاهش یافته است و میزان ترکیبات فنلی چند برابر سال اول افزایش یافته که بدلیل تجزیه و تغییر در ساختار ملانوییدین می‌باشد. در نمونه شکر سفید میزان ترکیبات فنلی به صفر رسیده است و میزان رنگ افزایش یافته است.

pH در سال اول در محدوده خنثی بوده و در سال دوم نیز این روند تقریباً مشاهده می‌شود با این تفاوت که در نمونه شکر سفید میزان pH کاهش یافته و با نمونه‌های دیگر در سطح 99 درصد ( $p < 0.01$ ) تفاوت معنی‌دار دارد و در نمونه شکر بدون کلر ساژ افزایش دیده می‌شود ولی تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شکر پخت II و شکر پخت III دیده نمی‌شود. آلودگی باکتری‌های مزوفیل در سه نمونه شکر بدون کلر ساژ، شکر پخت II و شکر پخت III در سال اول مشاهده گردیده است.

رنگ موجود در نمونه‌های شکر همانطور که اشاره شد به دلیل وجود ملانوییدین می‌باشد که محصول نهایی فرایند میلارد است. ملانوییدین وزن مولکولی بالا داشته و پیش‌ساز آن ترکیبات فنلی است که این ترکیبات در حین شکل‌گیری ملانوییدین کندانس شده و در ساختار آن قرار



نامطلوب، از جنبه‌های تغذیه‌ای، این امر صورت می‌گیرد، که صرف وقت و هزینه نیز مزید بر آن می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که با استفاده از شکر پخت II و شکر پخت III و شکر سفید بدون کلر ساژ می‌توان از پدیده حذف مواد مغذی جلوگیری کرده و محصولی تولید نمود که مواد غذایی و دارویی مفید موجود در ماده اولیه، در آن حفظ شده باشد. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آینده نوع ترکیبات فنلی به تفصیل تعیین گردد.

در این تحقیق با توجه به آنکه محصولات شکر تولیدی در فرآیند کریستالیزاسیون در حال حاضر محصولات تمام شده‌ای نمی‌باشند، لذا ضروری است جهت فرآیند تکمیلی تحت شرایط کنترل شده، از جمله تعیین نوع میکروارگانیسم‌های موجود و تبدیل به محصول تمام شده و نهایی، برخی عملیات اصلاحی از جمله بهداشتی نمودن و خشک نمودن بر روی آن بررسی و آزمایش شود تا بتوان به محصولی با ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی مناسب دست یافت.

### منابع

Akokuah, G. A., Mariam, A. & Chin, J. H. (2009). The effect of extraction temperature on total phenols and antioxidant activity of *Gynura procumbens* leaf, *Pharmacognosy Magazine*, Vol 17, pages 81-85.

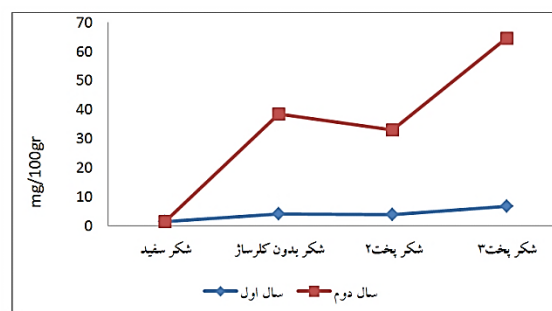
Asadi, M. (2007). *Beet-Sugar Handbook*, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc, Publication.

Bradzyński, K. & Mioto, D. (2011). Honey Melanoidins: Analysis of the Compositions of the High Molecular Weight Melanoidins Exhibiting Radical-Scavenging Activity, *Journal of Food Chemistry*.

Chandra, R., Naresh, B. R. & Vibhuti, R. (2007). Melanoidins as Major Colourant in Sugar Cane Molasses Based Distillery Effluent and its Degradation, *Journal of Bioresource Technology*, pages: 4648-4660.

Chavan, M. N., Kulkarni, M. N., Zope, V. P. & Mahulikar, P. P. (2006). Microbial Degradation of Melanoidins in Distillery Spent Wash by an Indigenous Isolate, *Indian Journal of Biotechnology*, vol: 5, pages: 416-424.

Finot, P. A., Aeschbacher, H. U., Hurrell, R. F. & Liardon, R. (1990). The Maillard Reaction in Food Processing, *Human Nutrition and Physiology*, pages 361-366.



نمودار 1- تغییرات میزان ترکیبات فنلی در طی نگهداری

از مجموعه نتایج حاصل از این مطالعه و تحقیقات به عمل آمده پیشین به نظر می‌رسد که حضور باکتری‌های مزوفیل در نمونه‌های شکر بدون کلر ساژ، شکر پخت II و شکر پخت III، علیرغم افزایش با گذر زمان منجر به تغییرات مطلوبی در زمینه تجزیه و تغییر در ساختار ملانوئیدین و آزادسازی ترکیبات فنلی از ساختار ملانوئیدین شده است. لذا به نظر می‌رسد اندازه‌گیری کمی و کیفی فعالیت باکتری‌های مزوفیل با هدف مطلوب کاهش رنگ بواسطه تغییر در ساختار ملانوئیدینو افزایش میزان ترکیبات فنلی از اصلی‌ترین دستاوردهای اولیه این تحقیق بوده که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مد نظر قرار گیرد.

از مجموعه نتایج حاصل از این مطالعه و تحقیقات به عمل آمده پیشین به نظر می‌رسد که حضور باکتری‌های مزوفیل در نمونه‌های شکر بدون کلر ساژ، شکر پخت II و شکر پخت III، علیرغم افزایش با گذر زمان منجر به تغییرات مطلوبی در زمینه تجزیه و تغییر در ساختار ملانوئیدین و آزادسازی ترکیبات فنلی از ساختار ملانوئیدین شده است. لذا به نظر می‌رسد اندازه‌گیری کمی و کیفی فعالیت باکتری‌های مزوفیل با هدف مطلوب کاهش رنگ بواسطه تغییر در ساختار ملانوئیدینو افزایش میزان ترکیبات فنلی از اصلی‌ترین دستاوردهای اولیه این تحقیق بوده که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مد نظر قرار گیرد.

### نتیجه‌گیری

در حال حاضر تنها محصول قابل عرضه جهت مصرف در صنایع مختلف غذایی شکر سفید می‌باشد، که با اعمال عملیات مختلف نسبت به سفید کردن آن اقدام می‌شود و از نظر فرهنگی، مصرف کنندگان این امر را نشانه کیفیت مطلوب می‌دانند. حال آنکه بعضاً با استفاده از روش‌های

International of Food Science and Technology, pages 2512-2518.

Godshal, M. A., Clarke, M. A. & Doodley, C. D. (1991). Progress In Beet Sugar Colorant Research, Sugar Processing Research Institute, New Orleans.

ICUMSA Methods Book and ICUMSA Ssupplements, 2009, Bartens Publishing.

Manach, C., Gary, W., Christine, M., Scalbert, A. & Remesy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in Humans, American Journal of Clinical Nutrition, pages 230-242.

Moreira, A., Nunes, F., Domingues, M., Rosario, L. & Coimbra Manuel, A. (2012). Coffee Melanoidins: Structures, Mechanisms of Formation and Potential Health Impacts, Royal Society of Chemistry Journal, DOI:10-1039/c2fo30048f.

Naik Nagaraj, M. (2007). Decolourization of Biomethanated Spent Wash by Native Microorganisms, Doctor and Philosophy Thesis, University of Agricultural Sciences, AHARWAD, India.

Naik, N., Jagadeesh, K. S. & Noolvi, M. N. (2010). Enhanced Degradation of Melanoidin and Caramel in Bioethanated Distillery Spent Wash by Microorganisms Isolated from Mangroves, Iranica Journal of Energy and Environment, 1(4):347-351, ISSN 2079-2115.

Nayaka, N. A., Harish, V., Sathisha, U. V., Chandrashekar, K. B. & Dharmesh Shylaja, M. (2008). Cytoprotective and antioxidant activity studies of jiggery sugar, Department Of

Frranzzano, G., Amato, I., Ingenito, A., Armando, Z., Gabriele, P. & Antonio, P. (2011). Plant PolypHones and Their Anti-Cariogenic Properties, Journal of Molecules, pages 1486-1507.

Gharras, H. (2009). Polyphenols: Food sources, properties, and applications, Biochemistry and Nutrition, Central Food Technological Research Institute, India.

Ojjo, V. O., Onyango, M. S., Ochieng, A. & Otieno, F. A. O. (2010). Decolourization of Melanoidin Containing Waste Water Using South African Coal Fly Ash, International Journal of Civiland Environmental Engineering 2:1.

Rani Santal, A. & Pal Singh, N. (2013). Biodegradation of Hazardous and Special Products, chapter 5: Biodegradation of Melanoidin from Distillery Effluent, Role of Microbes and their Potential Enzymes, pages71-104.

Rein, P. (2007). Cane Sugar Engineering, Barthens Publishing.

Singleton, V. L. & Orthoferd, R. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, Methods in Enzymology, pages 152-177.

Singleton, V. L. & Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total phenol with Phosphomolibidic-Phosphotungstic Acid Reagent, American Journal of Enology and Viticulture, pages 144-158.



[jstnar.srbiau.ac.ir](http://jstnar.srbiau.ac.ir)