

تغییرات خصوصیات فیزیکی و کیفی شربت ساکارز انورته شده

محمد الهی^{۱*} - سید محمد علی رضوی^۲ - زهره براتیان قرقی^۳ - پرنیان پزشکی^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۱۶

چکیده

قند انورته، مخلوطی از گلوکز و فروکتوز می باشد و از هیدرولیز اسیدی و یا آنزیمی ساکارز بدست می آید. قند انورته به علت خصوصیات خاص خود نظیر میزان شیرینی، خاصیت رطوبت پذیری، میزان کریستاله پذیری، مزه و طعم ویژه آن در صنایع مختلف غذایی، نوشابه ها و دارو سازی استفاده می گردد. میزان انورسیون ساکارز طی هیدرولیز آن تحت اثر پارامترهای زمان، دما و pH می باشد که مقدار فروکتوز - گلوکز تولید شده و ساکارز باقیمانده، نمایانگر خصوصیات فیزیکی محلول قندی و کیفیت شربت انورته تولید شده می باشد. تحقیق انجام شده با دهدف استفاده از تغییرات خصوصیات فیزیکی محلول صنعتی ساکارز، طی انورتاسیون نظیر پارامترهای فیزیکی فعالیت نوری محلول و ویسکوزیته جهت اندازه گیری سریع میزان درجه انورسیون در حین فرآیند صنعتی و همچنین کنترل کیفی قند انورته تولید شده با توجه به زمان و دمای انورتاسیون جهت تولید این محصول جانبی بصورت صنعتی در ایران صورت گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می کند که با توجه به زمان انورسیون در دمای ثابت، مقدار درجه خلوص ساکارز باقیمانده کاهش پیدا نموده که این پارامتر به کمک روش پلاریمتری برای مشخص نمودن میزان انورسیون قابل اندازه گیری می باشد. در اثر انورسیون، میزان ویسکوزیته محلول نسبت به محلول صنعتی ساکارز پس از یک کاهش شدید اولیه، دارای تغییرات کمتری می باشد. همچنین کیفیت قند مایع و شربت انورته تولید شده از نظر رنگ، میزان قند انورته تشکیل شده، میکروبی و میزان هیدروکسی متیل فورفورال با توجه به زمان (۱، ۲، ۳ ساعت) و دمای انورسیون (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد) انجام گردید که مشخص کننده تولید این محصول در دمای ۶۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد با کیفیت مطلوب می باشد.

واژه های کلیدی: انورسیون ساکارز، قند مایع انورته، شربت انورته، ویسکوزیته شربت انورته

مقدمه^۱

استفاده از قند مایع یا شربت انورته مایع بدلیل متعددی در صنایع غذایی و نوشابه سازی که احتیاج به مواد شیرین کننده طبیعی با کیفیت و استانداردهای بسیار بالا دارند، توسعه پیدا کرده است (Schneider, H. G. 1970).

برای تولید قند مایع از شکر درجه ۱ (رافیناد) با مقدار خاکستر حداکثر ۰/۰۰۲ استفاده می گردد که با توجه به خصوصیات محصول تولید شده، آنرا به صورت های مختلف زیر تفسیم بندی می کنند.

۱، ۲ و ۴ به ترتیب استادیار، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(* نویسنده مسئول: Email: mohammadelahi@hotmail.com)

۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی گرگان

قند مایع: محلول آبی ساکارز می باشد.

قند مایع انورته: محلول آبی قندی می باشد که تا حدی در اثر هیدرولیز انورته شده است. میزان قند انورته در آن غالب نمی باشد.

شربت انورته: محلول آبی یا کریستاله قندی می باشد که قسمتی از ساکارز آن در اثر هیدرولیز به قند انورته تبدیل شده است، که میزان آن غالب می باشد.

شربت انورته کریستاله: در صورتیکه شربت انورته دارای کریستال باشد.

عمل انورسیون محلول آبی ساکارز می تواند به روشهای مختلف زیر انجام گردد:

(Marignetti, N. et al. 1979/80 & Berghofer, E. et al. 1977)

- روش انورتاسیون اسیدی بنام روش اسیدی گرم شناخته می گردد.

- توسط رزینهای کاتیونی

– روش آنزیمی

در ابتدا آنورسیون ساکارز به روش اسیدی گرم انجام می‌شده است. امروزه نیز این روش در کارگاهها و کارخانه‌های تولیدکننده مواد غذایی نظیر مرباجات، کیک و کلوچه و غیره که به عنوان شیرین کننده از پایه شکر کریستاله شده استفاده می‌کنند، انجام می‌گیرد. در تولید شربت انورته با روش اسیدی گرم، دستورالعمل‌های مختلفی ارائه شده است که خلاصه‌ای از آنها توسط (Marignetti, N. et al. 1979/80) بیان شده است. هدف کلیه این روش‌ها درجه آنورسیون بالا در زمان کم و تشکیل حداقل رنگ و مواد جانبی دیگر (هیدروکسی متیل فورفورال) می‌باشد.

امروزه روش صنعتی تولید قند انورته با استفاده از ستونهای کاتیونی می‌باشد که در این حالت بعد از تهیه محلول قندی شکر با آب آشامیدنی با بریکس ۶۰-۵۰ آنرا صاف کرده و از ستونهای کاتیونی و آنیونی به منظور گرفتن سختی آن عبور داده می‌شود و سپس با عبور محلول قندی از ستون کاتیونی (H⁺) آنرا انورته می‌کنند. میزان درجه آنورسیون با توجه به دما و زمان ماند در ستون تعیین می‌گردد.

روش جدید دیگر آنورسیون ساکارز با استفاده از آنزیم انورتاز است. عیب این روش این می‌باشد که باید pH محلول قندی باید کمتر یا مساوی ۴ تنظیم گردد که سرعت هیدرولیز به اندازه کافی زیاد باشد.

در اینجا به بررسی خصوصیات فیزیکی و کیفی قند انورت تولید شده به وسیله روش اسیدی گرم پرداخته می‌گردد.

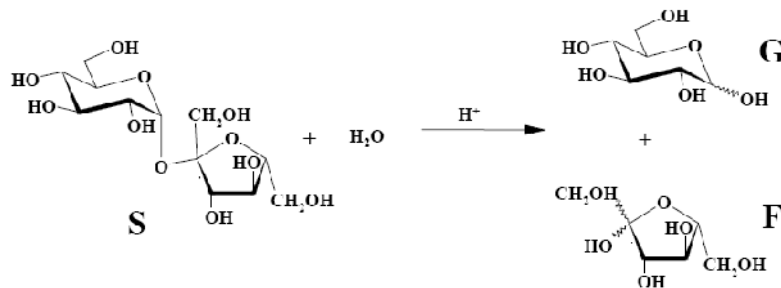
مواد و روش‌ها

ساکارز که از یک مولکول D گلوکز و یک مولکول D فروکتوز به وسیله پیوند + ۴ گلی کوزیدی با از دست دادن یک مولکول آب تشکیل شده است. به علت ناپایدار بودن ساکارز در محیط اسیدی، در صوت اضافه کردن اسید به محیط به اجزاء سازنده آن تبدیل می‌گردد.

ساکارز دارای فعالیت نوری بوده و نور پلاریزه را به سمت راست انحراف می‌دهد. مقدار چرخش ویژه $[\alpha]_D^{20}$ برای ساکارز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و با طول موج ۵۸۹/۴۴ نانومتر زرد سدیم برابر با ۶۶/۵^o می‌باشد. از این خصوصیت در تعیین مقدار ساکارز در صنعت قند استفاده می‌نمایند. در پلاریترهای مخصوص صنعت قند (ساکاریمتر) مقدار عدد نشان داده شده درصد قند می‌باشد. چرخش نوری ویژه برای D – گلوکز و یک مولکول D فروکتوز به ترتیب ۵۲/۵ + و ۹۲/۴ -^o می‌باشد. با توجه به اینکه مقدار چرخش نوری ویژه فروکتوز به سمت چپ بیش از گلوکز به سمت راست می‌باشد، محلول هیدرولیز شده ساکارز نور پلاریزه را به سمت چپ بر خلاف ساکارز منحرف می‌کند. چرخش نوری ویژه برای قند انورت ۴۲/۲ می‌باشد.

سرعت هیدرولیز ساکارز در ارتباط با دما و pH محیط می‌باشد که میزان ساکارز هیدرولیز شده در طی زمان تغییر می‌کند. سرعت یک واکنش شیمیایی متناسب با تغییرات غلظت مواد شرکت کننده در واکنش در واحد زمان می‌باشد (جدول ۱).

هیدرولیز ساکارز به کمک H⁺ کاتالیز می‌گردد. با توجه به اینکه غلظت آب به عنوان حلال و واکنش دهنده در طی واکنش عملاً ثابت باقی می‌ماند، می‌توان تغییرات غلظت ساکارز را بصورت یک واکنش درجه اول کاذب نوشت:



شکل ۱ – هیدرولیز ساکارز

جدول ۱- میزان ثابت واکنش با توجه به دماهای مختلف در pH برابر با ۲ (Mauch, W. 1971)

temp. °C	زمان هیدرولیز ۹۹/۹۹ درصد ساکارز به ساعت	سرعت ثابت واکنش در pH = ۲
۲۰	۳۵۱۱	۰/۰۰۰۰۱۸۹۹
۴۰	۲۰۹	۰/۰۰۰۳۱۸۶
۶۰	۱۷/۵	۰/۰۰۳۸۰۶
۸۰	۲/۰۲	۰/۰۳۳۰۳
۹۰	۰/۷۴	۰/۰۸۹۸۲

واقع شده اند (ICUMSA 2000).

در این تحقیق برای تولید قند انورته مایع به وسیله روش اسیدی گرم، ۱۰۰ گرم شکر رافینا (Pol= 99.9, ash = 0.002 %, Color= 15 IU₄₂₀) را در ۶۰ میلی لیتر آب حل کرده و تا ۱۰۳ درجه سانتیگراد حرارت داده می شود. بعد از کاهش دما به ۷۰ درجه سانتیگراد، ۱/۵ گرم اسید ستیریک اضافه کرده و طی مدت زمان ۱۰ دقیقه (زمان انورسیون) بخوبی هم زده و بعد از این زمان به نمونه ۱/۵ گرم بیکربنات سدیم اضافه شده و نیم ساعت دیگر هم می زند و سپس با ملایمت سرد می کنند. در انتها باید بریکس شربت ۶۲-۶۵ و pH آن ۵/۵ باشد. این عمل برای زمانهای انورسیون ۱۰ الی ۱۲۰ دقیقه تکرار می گردد. در هنگام حرارت و هم زدن نمونه از تبخیر آب جلوگیری گردیده است.

بر روی هر نمونه برداشت شده بعد از یکنواخت کردن مقدار ماده خشک نمونه به میزان ۶۲ درصد آزمایش های زیر انجام گرفته شده است. (Reinefeld, E. et al. 1978 & ICUMAS 2000)

- ۱ تعیین درصد قند نمونه (پلاریزاسیون)
 - ۲ تعیین گلوکز و فروکتوز بر اساس روش UV بوده
 - ۳ رنگ در محلول نمونه
 - ۴ خاکستر نمونه
 - ۵ ویسکوزیته نمونه با استفاده از ویسکوزیته لوله موئین مدل Cannon-Fenske
 - ۶ اندازه گیری دانسیته نمونه در دمای ۳۰ الی ۷۰ درجه سانتیگراد به کمک پیکنومتر (میانگین سه بار اندازه گیری)
 - ۷ آزمایشات میکروبی بر اساس استاندارد شماره ۳۵۴۴
- برای آزمایش تاثیر دما و زمان بر روی مقدار هیدروکسی متیل فورفورال تشکیل شده، آزمایشی مطابق روش فوق انجام گرفت، با این تفاوت که دما در سه متغیر ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد و زمان واکنش ۱، ۲ و ۳ ساعت در نظر گرفته گردید. بر روی نمونه های تولید شده به جزء آزمایش های ۱ الی ۴، آزمایش هیدروکسی متیل فورفورال به روش اسپکتروفتومتری انجام گردید (AOAC 1884-1984).

بحث و نتیجه گیری

شیمی انورسیون

با توجه به قانون بیوت مشخص می باشد (فرمول ۸) و ساختار دستگاه پلاریمتر استفاده شده در صنعت قند

$$C = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^T \cdot \rho} \cdot \frac{10000}{L} \quad (8)$$

$$\frac{d[S]}{dt} = -k \cdot [S] \cdot [H^+] \quad (1)$$

با توجه به اینکه H^+ در طی واکنش تغییر نمی کند، می توان معادله (۱) را بدین صورت نوشت:

$$k' = k \cdot [H^+] \quad (2)$$

$$\frac{d[S]}{dt} = -k' \cdot [S] \quad (3)$$

در صورتیکه این واکنش بصورت یک واکنش درجه اول فرض گردد، معادله فوق ساده شده و در صورت انتگرال گیری از آن خواهیم داشت:

$$\ln \frac{[S]}{[S]_0} = -k' \cdot t \quad (4)$$

در حالیکه:

$$[S] = \text{غلظت ساکارز در زمان } t$$

$$[S]_0 = \text{غلظت ساکارز در زمان } t = 0$$

با توجه به اینکه ساکارز، گلوکز و فروکتوز حاصل از انورسیون آن دارای فعالیت نوری بوده، درجه چرخش نوری محلول، پارامتری برای تغییر غلظت ساکارز طی واکنش نسبت به زمان t می باشد. در نتیجه خواهیم داشت:

$$[S] = \text{عدد ثابت} \times (\alpha - \beta_0) \quad (5)$$

$$[S]_0 = \text{عدد ثابت} \times (\alpha_0 - \beta_0) \quad (6)$$

در حالیکه:

$$[S] = \text{غلظت ساکارز در زمان } t$$

$$[S]_0 = \text{غلظت ساکارز در زمان } t = 0$$

$$\alpha_0 = \text{درجه چرخش ساکارز خالص}$$

$$\beta_0 = \text{درجه چرخش محلول انورته}$$

$$\alpha = \text{درجه چرخش در زمان } t$$

در صورت قرار دادن معادله های (۵) و (۶) در معادله (۴) خواهیم داشت:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha - \beta_0} \quad (7)$$

با توجه به معادله (۷) می توان ثابت واکنش k را نسبت به زمان t محاسبه نمود (Biet, T. 2007/8).

برای اندازه گیری ویسکوزیته محلول خالص ساکارز و محلول صنعتی ساکارز، کارهای زیادی صورت گرفته است و جداول و فرمولهای ریاضی متعددی پیشنهاد گردیده است (Breitung, H. 1956, Bubnik, Z., et al. 1995) Schneider, F. 1963,

اعداد اندازه گیری شده برای غلظت صفر الی ۸۰ درصد در محدوده دمایی صفر الی ۸۰ درجه سانتیگراد توسط ایکومزا مورد قبول

لذا بصورت شکل ۲، مقدار درجه خلوص ساکارز باقیمانده و مقدار قند انورت تشکیل شده در محلول را با توجه به زمان واکنش مشخص نمود.

لذا براحتی می توان با توجه به زمان هیدرولیز و اندازه گیری پلاریمتری تولید قند مایع انورته (مقدار قند انورت در آن بیش از ۳ g/100g DS و حداکثر ۵۰ g/100g DS) و یا شربت انورته (قند انورت در آن بیش از ۵۰ g/100g DS) کنترل نمود.

سرعت واکنش

در ارتباط با آزمایش انجام شده با توجه به تغییر درجه چرخش ساکارز نتایج زیر حاصل شده است (جدول ۲).
در نتیجه با توجه به تغییرات درجه چرخش مقدار ثابت واکنش در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد برابر با 0.218 min^{-1} می گردد.
در اینجا باید این نکته ذکر گردد که اسید های متفاوت دارا میزان فعالیت مختلف در هیدرولیز ساکارز می باشند (Mauch, W. 1971).

خصوصیات رئولوژی

محلول ساکارز با غلظت بالا (بیش از ۶۰ درصد) درصد و دما های کمتر از ۸۰ درجه سانتیگراد به عنوان محلولی دارای خصوصیات نیوتنی شناخته می شود و در دماهای بالاتر از آن خصوصیات غیر نیوتنی نشان می دهد (Schmidt, T. 2000).

C = غلظت ماده بر حسب گرم به سانتیمتر مکعب

L = طول لوله بر حسب میلیمتر

$[\alpha]$ = چرخش ویژه با توجه به دما و طول موج استفاده شده

α = مقدار چرخش اندازه گیری شده

= دانسیته برحسب گرم بر سانتیمتر مکعب (در اینجا با ماده خشک ۶۲ درصد)

می توان با توجه به عدد خوانده شده به وسیله پلاریمتر مقدار ساکارز باقیمانده در محلول را با توجه به فرمول ۹ محاسبه نمود.

$$C_{S,2} = [(0.3463 \cdot \alpha) - 7E - 15] \cdot \frac{50}{66.5885 \cdot \rho} \quad (9)$$

با توجه به اینکه در اینجا

α = عدد خوانده شده به وسیله پلاریمتر می باشد و

L = ۲۰۰ میلیمتر است.

در صورتیکه مقدار ساکارز در محلول اولیه قبل از هیدرولیز بصورت زیر محاسبه گردد:

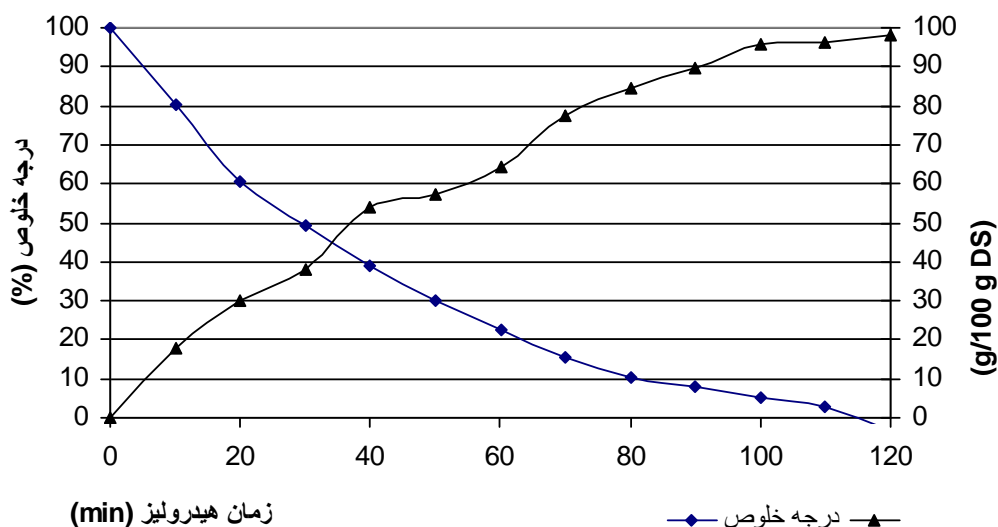
$$C_{S,1} = \frac{m}{V \cdot \rho} \cdot 100 = \frac{m}{100 \cdot \rho} \cdot 100 = \frac{m}{\rho} \quad (10)$$

m = مقدار نمونه وزن شده (در اینجا ۲۶ گرم)

V = حجم بالون استفاده شده (در اینجا ۱۰۰ سانتیمتر مکعب)

می توان درجه خلوص ساکارز باقیمانده در محلول را از رابطه ۱۱ بدست آورد.

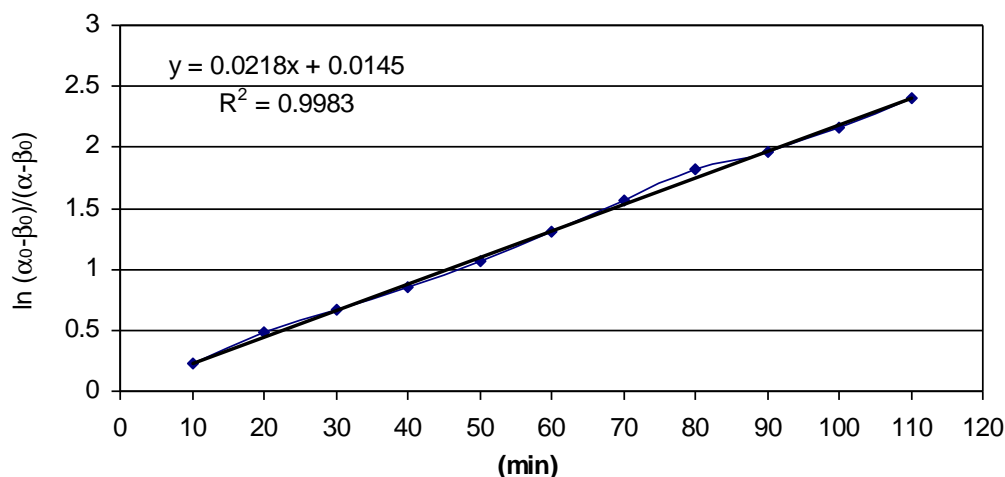
$$R = \frac{C_{S,2}}{C_{S,1}} \cdot 100 \quad (11)$$



شکل ۴ تغییرات درجه خلوص ساکارز باقیمانده در محلول و مقدار قند انورت تشکیل شده نسبت به زمان هیدرولیز

جدول ۲ - درجه چرخش حاصل از عمل انورسیون

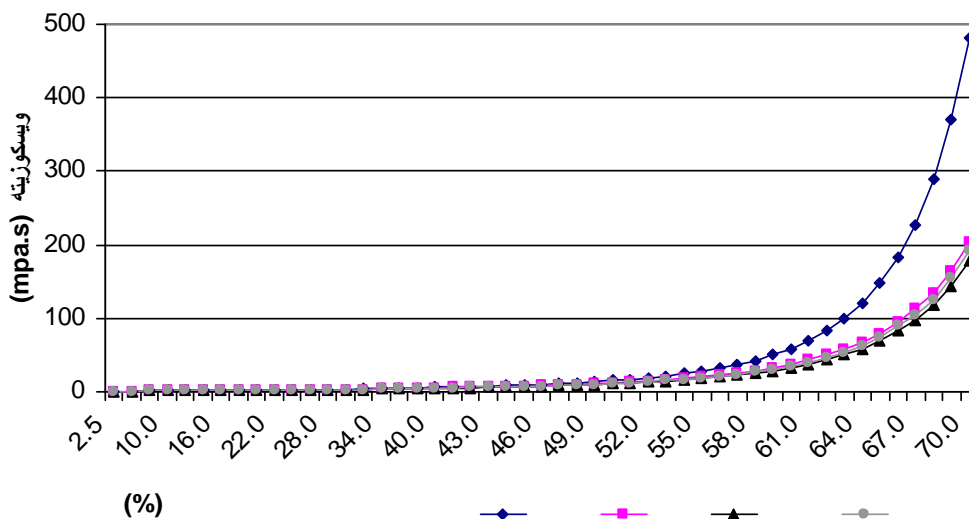
time (min)	$\ln(\alpha_0 - \beta_0) / (\alpha - \beta_0)$	$(\alpha - \beta_0)$
۱۰	۰/۲۲۴۱۲	۵۰/۹۵
۲۰	۰/۴۷۹۹۴	۳۹/۴۵
۳۰	۰/۶۶۴۵۴	۳۲/۸۰
۴۰	۰/۸۵۹۱۳	۲۷/۰۰
۵۰	۱/۰۷۳۰۶	۲۱/۸۰
۶۰	۱/۳۰۴۲۶	۱۷/۳۰
۷۰	۱/۵۶۷۲۱	۱۳/۳۰
۸۰	۱/۸۲۲۸۳	۱۰/۳۰
۹۰	۱/۹۶۸۹۲	۸/۹۰
۱۰۰	۲/۱۶۷۰۹	۷/۳۰
۱۱۰	۲/۳۹۷۱۱	۵/۸۰



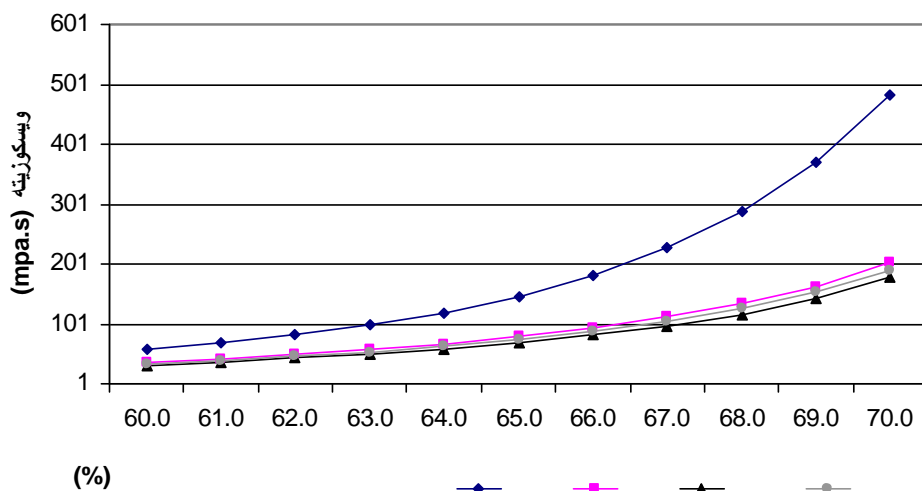
شکل ۳ - تغییرات انورسیون ساکارز در مقابل زمان

روند حرکتی در آنالیز نمونه های قند مایع تهیه شده با افزایش مقدار قند انورت نمونه مشاهده نیز می گردد. همانگونه که مشخص می باشد تفاوت ویسکوزیته شربت انورته تولید شده نسبت به ساکارز (باماده خشک برابر) با توجه به دما بسیار محسوس می باشد. هر چند باید اذعان داشت که تغییرات ویسکوزیته با افزایش میزان قندانورت به بیش از ۵۰ گرم به صد گرم ماده خشک بسیار اندک می باشد.

اما با توجه به اینکه تهیه قند انورته مایع در دمای کمتر از ۸۰ درجه سانتیگراد صورت می گیرد، در این آزمایش ها محلول ساکارز خالص با خصوصیات کاملاً نیوتنی در نظر گرفته شده است. تغییرات ویسکوزیته ساکارز، گلوکز، فروکتوز و قند انورت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد با توجه به افزایش مقدار ماده خشک بصورت شکل ۴ می باشد (Emmerich, A. et al. 1958/ 1986). مشخص می باشد که تفاوت ویسکوزیته قند انورت با ساکارز در مقادیر بالای ماده خشک شربت محسوس تر می باشد (شکل ۵). با توجه به کاهش ویسکوزیته در اثر افزایش مقدار انورت، این



شکل ۴- تغییرات ویسکوزیته ساکارز، گلوکز، فروکتوز و قند انورت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد با توجه به افزایش مقدار ماده خشک



شکل ۵- قسمتی از شکل ۴

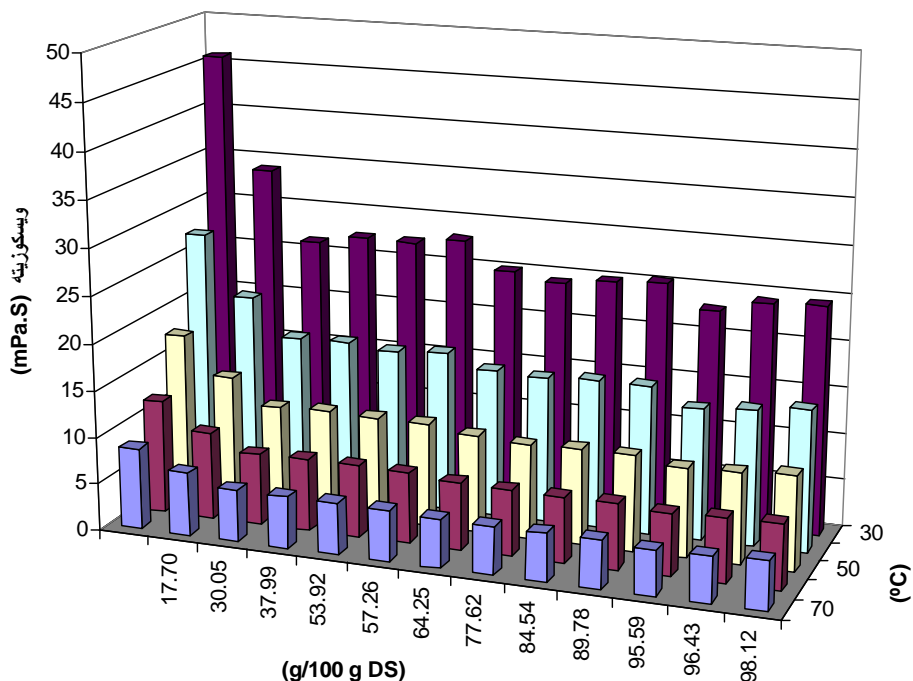
تشکیل شده دو پارامتر مهم در کیفیت شربت انورته تولید شده می‌باشند.

همانطور که از جدول ۳ مشخص می‌باشد، با توجه به حداکثر استاندارد رنگ مورد قبول برای قند مایع (45 IU₄₂₀) تنها رنگ نمونه‌های تولید شده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و ۷۰ درجه سانتیگراد با زمان انورسیون ۱ ساعت مورد قبول می‌باشند. اما با توجه به جدول ۴ برای افزایش میزان قند انورته به بیش از ۵۰ درصد در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد، حداقل نیاز به ۲ ساعت زمان می‌باشد. همچنین با افزایش زمان حرارت دادن محلول قندی میزان هیدروکسی متیل فورفورال (جدول ۵) افزایش می‌یابد.

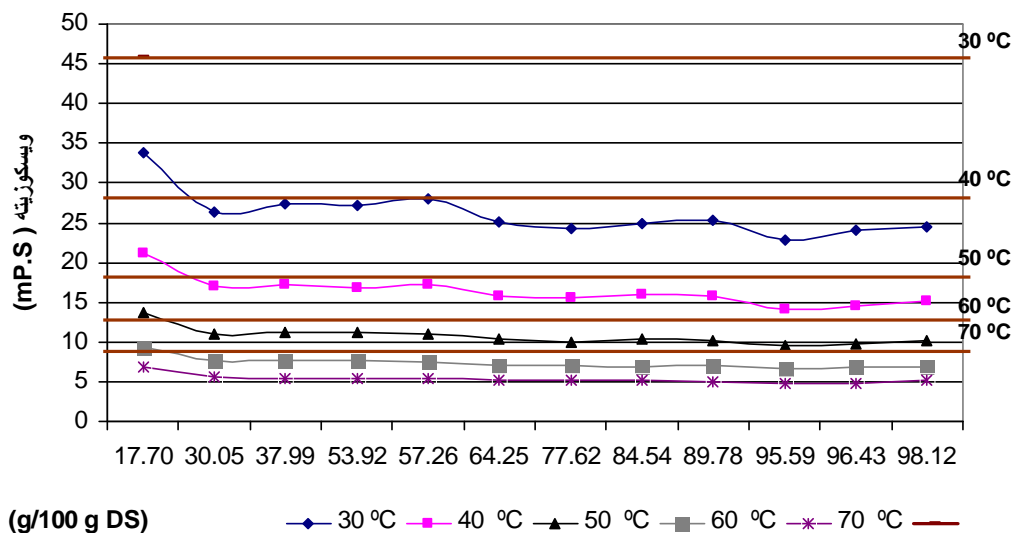
خصوصیات کیفی

مقدار رنگ در محلول و خاکستر شربت انورته تولید شده، جزء شاخص‌های کیفی نمونه بوده و تحت تاثیر نمونه شکر استفاده شده و پارمترهای فرایند تولید (دمای، زمان، میزان اسید اضافه شده و ...) می‌باشند.

هر چند در فرآیند صنعتی بعد از هیدرولیز ساکارز عمل رنگبری و خاکسترگیری به کمک ستونهای رزینی انجام گرفته و سپس تا مقدار ماده خشک مورد نظر شربت انورته تغلیظ می‌گردد، اما مقدار رنگ تشکیل شده و بخصوص مقدار هیدروکسی متیل فورفورال



شکل ۶- تغییرات ویسکوزیته محلول صنعتی ساکارز طی انورسیون با توجه به میزان تغییرات قند انورت و دما



شکل ۷- مقایسه تغییرات ویسکوزیته محلول صنعتی ساکارز طی انورسیون با ساکارز

حداکثر ۲۰ عدد به ازاء ۱۰ گرم نمونه شناسایی شدند. همچنین نمونه‌های تولید شده در دمای A درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری گردید و هیچگونه کریستالی با چشم غیر

ضمناً آزمایش‌های میکروبی شامل کپک - مخمر و باکتری های مزوفیل بر روی کلیه نمونه‌ها تولید شده انجام گرفت که کلیه نمونه‌ها از نظر کپک و مخمر منفی و تعداد باکتری های مزوفیل

مسلح مشاهده نگردید.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق در آزمایشگاه مشخص نمود که با توجه به روش های جدید تولید قند مایع و شربت انورته، امکان تولید ساده این مواد به روش قدیمی با کیفیت مناسب با استفاده از تجهیزات کمی در کارخانه های قند وجود دارد. در صورت کنترل صحیح فرایند می توان قند مایع و شربت انورته با درجه انورسیون متفاوت و کیفیت مناسب تولید نمود، بگونه ای که:

- میزان هیدروکسی متیل فورفورال تشکیل شده کمتر از حد مجاز آن باشد.
- با توجه به اینکه میزان رنگ قند مایع و شربت انورته پارامتری است که معمولاً با توجه به درخواست مشتری تعیین می گردد، رنگ ایجاد شده لزوماً نباید حذف گردد.
- ویسکوزیته قند مایع و شربت انورته کمتر از ویسکوزیته محلول ساکارز با مقدار ماده خشک برابر می باشد.
- محصول تولید شده دارای شرایط بهداشتی مطلوبی می باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از خانم مهندس پودینه، کارشناس واحد تحقیق و توسعه کارخانه قند شیرین خراسان در همکاری با اجرای این طرح سپاسگزاری می شود.

جدول ۳ - مقدار افزایش رنگ شربت انورته تولید شده به IU₄₂₀

دما (°C)	۶۰	۷۰	۸۰
زمان (h)			
۱	۶	۳۹	۹۰
۲	۱۶	۵۹	۹۸
۳	۱۷	۹۲	۱۰۷

جدول ۴ - مجموع فروکتوز و گلوکز تشکیل شده (g/100 g)

دما (°C)	۶۰	۷۰	۸۰
زمان (h)			
۱	۳۶/۱۶	۶۳/۲۴	۹۴/۶۷
۲	۵۱/۶۶	۸۰/۴۳	۹۵/۰۲
۳	۶۴/۹۴	۹۳/۰۷	۹۶/۴۵

جدول ۵ - مقدار هیدروکسی متیل فورفورال تشکیل شده (میلی گرم

به گرم نمونه)			
دما (°C)	۶۰	۷۰	۸۰
زمان (h)			
۱	۰/۰۷۴۹	۳/۱۴۳۷	۱۶/۶۱۷۰
۲	۱/۹۴۶۱	۷/۱۸۵۶	۳۴/۵۸۱۰
۳	۲/۴۷۰۰	۱۰/۹۲۸۰	۴۲/۵۹۰۰

منابع

- 1- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 31.153, 593
- 2- Berghofer, E.; Klaushofer, H.; Wieninger L. 1977. Sucrose inversion with cation exchangers. Zucker 30, Nr.4/5, 187 – 195
- 3- Biet, T. (2007/8): Polarimetrische Bestimmung der Reaktionskinetik der Hydrolyse von Saccharose. Praktikum der Biophysikalischen Chemie im Institut für Chemie der Universität zu Lübeck.
- 4- Breitung, H. 1956. Über die Viskosität technischer Zuckerlösungen. Z. Zuckerind. 6, Nr. 4, P. 185 P. 254
- 5- Bubnik, Z.; Kadlec, P.; Urban, D.; Bruhns, M. 1995. Sugar Technologists Manual. 8th edition. Verlag Dr. Albert Bartens, 167
- 6- Emmerich, A.; Emmerich, L. 1986. Die Dichte wäßriger Lösungenvon Glucose, Fructose und Invertzucker sowie ihre Messung. Zuckerindustrie 111 P. 441 – 447
- 7- ICUMAS .2000. Methods Book, International commission for uniform methods of sugar analysis, ICUMAS publications, Operations Service, Science. c/o British Sugar plc
- 8- Marignetti, N.; Mantovani, G. 1979/80. Liquid sugar. Sugar technology Reviews, 7, 3 -47
- 9- Mauch, W. 1971. The chemical properties of sucrose. Sugar technology. Rev., 1, 239 – 290
- 10- Reinefeld, E. Schneider, F. 1978. Analytische Betriebskontrolle Zuckerindustrie. Teil A und B. Verlag Dr. Bartens – Berlin. ISBN: 3 870400196
- 11- Schmidt, T. 2000: Viskositäts- und Oberflächenspannungsverhalten von reinen und technischen Saccharoselösungen. Diss, Tu- Berlin
- 12- Schneider, F., Schliephake, D., Klimmek, A. 1963. Über die Viskosität von reinen Saccharoselösungen. Zucker 16, 465 – 473
- 13- Schneider, H. G. 1970. Investigation on the production of high quality invert syrup and liquid sugar at the Euskriehen factory of Pfeifer & Langen. Paper presented to the 20th Technical Conference, British Sugar Corporation Ltd.