مجله کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۲، صص ۶۰-۵۵

بهینه‌سازی تولید شربت اینورت به روش اسیدی

مینا میری قلعه نویی [*]، محسن برزگر [**] و محمد علی سحری [***]

چکیده

در ایـن تحقیق برای بهینه کردن تولید شربت اینورت از شکر، از سه نوع اسید شامل اسید سیتریک، کلریدریک و تارتاریک (هر یک در دو سطح)، دو سطح زمان (۱ و ۱/۵ ساعت) و دو سطح دما (۷۰ و ۸۰ درجـه سـانتی‌گـراد) اسـتفاده شـد. خصوصیات شربت‌های حاصل از اجرای روشهای مختلف با یکدیگر مقایسـه و یـک روش اسـتاندارد و بهینه برای تولید آن ارایه شد. بهترین نوع شربت اینورت با استفاده از ۰/۰۸ درصد اسید کلریدریک در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان یک ساعت حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اسید کلریدریک، روش اسیدی، شربت اینورت، قند اینورت

* - کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران - ایران

** - استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران - ایران (مسوؤل مکاتبات)

*** - دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران - ایران

مقدمه

ساکارز یک ماده شیرین‌کننده استاندارد است که براساس آن میزان شیرینی ارزیابی می‌شود. ساکارز در شکل بلوری و به‌صورت جامد پایدارترین وضعیت را دارد و به‌همین دلیل در محیط مواد غذایی ممکن است به‌صورت بلور ایجاد مشکل نماید. همچنین گرانروی محلول ساکارز و رطوبت نسبی آن نیز زیاد است (۷).

به‌منظور رفع مشکلات فوق و همچنین بهبود طعم و رنگ محصول نهایی می‌توان از شربت اینورت به‌عنوان جایگزین ساکارز برای شیرین کردن ماده غذایی استفاده نمود. این شربت از هیدرولیز مولکول ساکارز بر اثر حرارت در محیط اسیدی حاصل می‌شود. درنتیجه این واکنش، ساکارز به منوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز تجزیه می‌شود. همچنین ساکارز را می‌توان با استفاده از آنزیم اینورتاز نیز هیدرولیز نمود.

شربت اینورت، با روشهای مختلفی تولید شده است. با هیدرولیز ملاس چغندرقند در مجاورت اسید سولفوریک و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی در یک ستون تبادل کاتیونی می‌توان شربت اینورت را تولید نمود (۱۰). همچنین شربت اینورت با روش اسیدی (اسید تارتاریک، سیتریک، کلریدریک و فسفریک) و روش آنزیمی (آنزیم اینورتاز) نیز تولید شده است (۸).

در یک تحقیق از آنزیم اینورتاز تثبیت شده بر روی غشای کلاژنی برای تولید شربت اینورت استفاده شد. بهترین غلظت آنزیم اینورتاز در غشای کلاژنی، ۲٤۰۰ واحد در هر گرم تعیین شد که میزان فعالیت آنزیم حداکثر بود. عملیات در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و با محلول ۱/۵۲ مول ساکارز به‌عنوان سوبسترا انجام شد (۵).

در یک آزمایش دیگر محققین با استفاده از کربن فعال شربت اینورت را تولید نمودند (۹). در این روش از کربن فعال اصلاح شده به روش شیمیایی استفاده شد و اینورتاسیون ساکارز در حضور یک اسید معدنی قوی و کربن فعال اکسید شده انجام گرفت. همچنین بهینه کردن تولید شربت اینورت با استفاده از رزین تبادل آنیونی نیز انجام شده است (۲). در این روش برای اسیدزدایی شربت اینورت تولیدی به‌جای کربن فعال، از رزین پلی آمین نوع هیدروکسیدی استفاده شد. شربت اینورت تولیدی دارای درصد زیادی خاکستر و همچنین رنگ نسبتاً تیره بود. شربت اینورت توسط بی‌کربنات سدیم خنثی شد و درنتیجه رنگ فرآورده بهبود یافت. سپس شربت حاصل از یک ستون با قدرت تبادل آنیونی ضعیف عبور داده شد که درنتیجه میزان خاکستر آن نیز کاهش یافت.

در سال‌های اخیر از مخمر نانوایی به‌صورت اختصاصی برای تولید شربت اینورت استفاده شده است (٤). در این روش سلول‌های مخمر نانوایی تجاری با استفاده از پلی اتیلن آمین بر روی الیاف گونی تثبیت شدند. بر اثر این تثبیت مقدار pH و دمای بهینه آنزیم اینورتاز موجود در سلول تغییر نکرد و مقاومت آنزیم نیز شدید شد. برای اجرای عملیات یک رآکتور حلقوی جهت اینورتاسیون ساکارز طراحی و الیاف گونی روی سطح داخلی آن به یک صافی استیل متصل شد و پس از

چسبانیدن سلول‌های مخمر بر روی آن، درون یک سیلندر به‌صورت لوله فرم داده شد. دمای مورد نظر برای انجام عملیات، ٤٥ درجه سانتی‌گراد و غلظت ساکارز ٦٠ - ٧٠ درصد بود.

در تحقیق حاضر هدف بهینه کردن تولید شربت اینورت و ارایه یک روش استاندارد برای تولید آن می‌باشد.

مواد و روشها

تهیه شربت اینورت با استفاده از روش معمول

ابتدا شربت‌های اینورت با استفاده از سه اسید (کلریدریک، سیتریک و تارتاریک) و با روش ارایه شده در منابع تولید شد (٨). ولی چون نمونه‌های تولید شده، مشخصات لازم از نظر بریکس و درصد قند احیا را نداشتند لذا روش تولید باتوجه به عوامل مهم این شربت (یعنی میزان بریکس و قند احیا) اصلاح شد. نمونه‌های ازمایشی به روش اصلاح شده و با استفاده از اسید سیتریک، تارتاریک و کلریدریک تولید شدند.

روش اصلاح شده

مقدار ٢٠٠ گرم شکر در یک بشر ٥٠٠ میلی‌لیتری ریخته و ٧٨ گرم آب به آن افزوده شد. مخلوط مذکور بر روی بن ماری درحال جوش تا ٧٠ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا بلور شکر کاملاً حل شود. سپس اسید (کلریدریک ٢٥ درصد، سیتریک و یا تارتاریک) به محلول اضافه و دما و زمان مناسب اینورتاسیون تأمین شد. پس از سپری شدن زمان اینورتاسیون، شربت حاصل توسط بی‌کربنات سدیم خنثی شد (pH = 6-7).

میزان بریکس شربت‌های اینورت تولید شده توسط دستگاه رفراکتومتر اندازه‌گیری و در جدول‌های مربوط ثبت شد. درصد قند احیا با روش ارایه شده در منابع اندازه‌گیری شد (١).

$$\text{درصد قنداحیا} = (F\times100\times100\times100)/(V\times25\times25\times1000)$$

در این فرمول، F فاکتور فهلینگ است که معمولاً ٥٠ درنظر گرفته می‌شود. همچنین V حجم شربت مصرفی (برحسب میلی‌لیتر) می‌باشد.

برای تجزیه و تحلیل آماری میزان بریکس و قند احیا شربت‌های اینورت تولید شده در شرایط مختلف از آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. عوامل مورد بررسی شامل: نوع اسید در شش سطح (اسید کلریدریک (٥ ٠/٠ و ٠/٨٠ درصد)، اسید سیتریک (٠/١ و ٠/١٥ درصد) و اسید تارتاریک (٠/١٥ و ٠/٢ درصد)، دما (٧٠ و ٨٠ درجه سانتی‌گراد) و زمان (١ و ١/٥ ساعت)) بود. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C استفاده شد (١١).

نتایج و بحث

میانگین مقادیر بریکس و قند احیا شربت‌های اینورت تولید شده نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف هر یک از اسیدهای مورد آزمایش بر میزان بریکس معنی‌دار بود ($P<0/01$). تأثیر اسید کلریدریک بر میزان بریکس شربت

اینورت تولید شده نسبت به دو اسید دیگر (سیتریک و تارتاریک) بیشتر بود ($P<0/01$) و میانگین بریکس شربت حاصل از اسید سیتریک بیشتر از اسید تارتاریک بود ($P<0/05$). بنابراین برای داشتن بیشترین بریکس در شربت اینورت تولید شده بهتر است از اسید کلریدریک استفاده شود.

اثر دما بر تغییرات بریکس شربت اینورت معنی‌دار بود ($P<0/05$). با افزایش دما میزان بریکس شربت اینورت افزایش یافت ولی اثر زمان بر بریکس شربت اینورت معنی‌دار نبود ($P<0/05$). درضمن تفاوت اثر متقابل عوامل مختلف معنی‌دار نبود.

نتایج جدول یک نشان می‌دهد که اسید کلریدریک و اسید سیتریک به‌ترتیب بیشترین میزان قند احیا را در شربت اینورت ایجاد کردند. دلیل این امر تفاوت قدرت هیدرولیز (اینورتاسیون) اسیدها است. تحقیقات نشان می‌دهد که اسید کلریدریک دارای بیشترین قدرت اینورتاسیون می‌باشد. لذا ارزش آن درمقایسه با سایر اسیدها برابر با ۱۰۰ بوده و سایر اسیدها نسبت به آن ارزیابی می‌شوند (۳).

با افزایش دما از ۷۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد میزان قند احیا افزایش یافت که به‌دلیل تأثیر دما بر افزایش پیشرفت واکنش اینورتاسیون (Inversion) و هیدرولیز ساکارز می‌باشد (٦).

اثر متقابل دِما و نوع اسید بر میزان قند احیا شربت اینورت معنی‌دار بود ($P<0/01$). اسید کلریدریک (۰/۰۸ درصد) در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان قند احیا را تولید می‌کند و پس از آن به‌ترتیب اسیدهای سیتریک و تارتاریک قرار دارند.

نتایج نشان داد که تأثیر اسید کلریدریک برای تولید شربت اینورت بیشتر بود و دو اسید سیتریک و تارتاریک برای این منظور مناسب نیستند. لذا باتوجه به اثر دما بر مقدار بریکس و قند احیا شربت اینورت، دمای $80^{\circ}C$ به‌عنوان دمای بهینه انتخاب شد. از طرفی تفاوت در زمان یک و ۱/۵ ساعت بر میانگین نتایج حاصل از اسید کلریدریک معنی‌دار نبود. لذا برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، زمان و سایر موارد اقتصادی، زمان یک ساعت برای تولید شربت کافی می‌باشد. البته از نظر درصد اسید مصرفی اختلاف معنی‌داری بین میانگین بریکس و قند احیا شربت‌های تولید شده با دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۸ از اسید کلریدریک مشاهده نمی‌شود (جدول ۱) و می‌توان از ۰/۰۵ درصد اسید کلریدریک استفاده کرد. لیکن، باید توجه داشت که بیشترین مقدار قند احیا با ۰/۰۸ درصد اسید کلریدریک حاصل شد. درضمن تجربیات عملی ما در زمینه استفاده از شربت اینورت برای تولید فرآورده‌های قنادی (مثل کیک، کلوچه و غیره) نشان می‌دهد که بهترین کیفیت محصول با استفاده از ۰/۰۸ درصد اسید کلریدریک در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت حاصل می‌شود. درحال حاضر از این روش ساده، ارزان و مقرون به‌صرفه در کارخانه نان قدس رضوی استفاده می‌شود.

قدردانی و تشکر

از آقای حمید دهقانی برای راهنمایی در تجزیه آماری این پژوهش تشکر می‌شود.

جدول ۱ - میانگین (± خطای مُعیار) برای مقادیر بریکس و قند احیا شربت‌های اینورت تولیدی *

عوامل مورد بررسی			متغیر وابسته			
اسید (درصد)	دما (°C)	زمان (ساعت)	بریکس		قند احیا	
			میانگین	رتبه اصلی	میانگین	رتبه اصلی
کلریدریک (۰/۰۵)	۷۰	۱/۰	۷۶/۰±۰/۵	ABCD	۶۳/٤±٦/۱	C
کلریدریک (۰/۰۵)	۷۰	۱/۵	۷٦/۰±۰/۵	ABCD	٦۷/۵±۱/٦	BC
کلریدریک (۰/۰۵)	۸۰	۱/۰	۷۷/۰±۰/۵	AB	۷۲/۵±۱/۲	AB
کلریدریک (۰/۰۵)	۸۰	۱/۵	۷۷/۰±۰/۵	AB	۷۵/۳±۰/۸	A
کلریدریک (۰/۰۸)	۷۰	۱/۰	۷٦/۰±۰/۵	ABCD	۷۱/۳±۲/۳	AB
کلریدریک (۰/۰۸)	۷۰	۱/۵	۷٦/۰±۰/۵	ABCD	۷۱/۸±۱/۳	AB
کلریدریک (۰/۰۸)	۸۰	۱/۰	۷٦/۵±۰/۰	ABC	۷٤/٦±۱/۲	A
کلریدریک (۰/۰۸)	۸۰	۱/۵	۷۷/۵±۰/۵	A	۷۲/٦±۲/۱	AB
سیتریک (۰/۱۰)	۷۰	۱/۰	۷۵/۰±۱/۲	BCDE	۸/۹±۱/٤	GHI
سیتریک (۰/۱۰)	۷۰	۱/۵	۷٤/۸±۱/۰	CDE	۱۹/۳±۵/۲	F
سیتریک (۰/۱۰)	۸۰	۱/۰	۷٤/٦±۰/۳	CDE	۱۸/۳±۳/۹	F
سیتریک (۰/۱۰)	۸۰	۱/۵	۷۵/۳±۰/٦	BCDE	۲۷/۱±۱/٦	E
سیتریک (۰/۱۵)	۷۰	۱/۰	۷۵/۰±۰/۰	BCDE	۱۳/۱±۱/۰	FGH
سیتریک (۰/۱۵)	۷۰	۱/۵	۷٤/۵±۰/۵	CDEF	۱۵/۳±۲/٦	FG
سیتریک (۰/۱۵)	۸۰	۱/۰	۷٤/۳±۰/٤	DEF	۲۹/۸±۱/٤	E
سیتریک (۰/۱۵)	۸۰	۱/۵	۷۵/۸±۰/۸	ABCD	۳۷/۰±۳/۵	D
تارتاریک (۰/۱۵)	۷۰	۱/۰	۷۲/۵±۱/۳	F	۰/۹±۰/۵	J
تارتاریک (۰/۱۵)	۷۰	۱/۵	۷۳/۰±۰/۸	EF	۱/۵±۰/۱	J
تارتاریک (۰/۱۵)	۸۰	۱/۰	۷۵/۲±۰/۲	BCDE	۳/۲±۰/۵	IJ
تارتاریک (۰/۱۵)	۸۰	۱/۵	۷٤/٦±۱/۲	CDE	۵/۹±۱/۳	IJ
تارتاریک (۰/۲۰)	۷۰	۱/۰	۷۲/۵±۱/۳	F	۱/۹±۰/۵	J
تارتاریک (۰/۲۰)	۷۰	۱/۵	۷٤/۵±۰/۵	CDEF	۱/۵±۰/۷	J
تارتاریک (۰/۲۰)	۸۰	۱/۰	۷۵/۳±۱/۱	BCDE	۳/۷±۰/۳	IJ
تارتاریک (۰/۲۰)	۸۰	۱/۵	۷٦/۰±۰/۵	ABCD	٦/۷±۱/٦	HIJ

* - تفاوت میانگین‌های با حروف غیرمشابه در دو ستون بریکس و قند احیا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است.

منابع مورد استفاده

۱ – مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ویژگی‌ها و روشهای آزمون نوشابه‌های غیرالکلی گازدار. چاپ چهارم. استاندارد ملی ایران. شماره ۱۲۵۰.

2 . Bhatt S and Shukla RP (1996) Production of invert syrup using anion – exchange resin. Taiwan-Sugar. 42: 15-18.

3 . Billaux MS, Flourie B and Messing B (1991) Sugar alcohols. Handbook of Sugars. 5th Ed.. Glasgow, B.U.K. University Press., Great Britain. pp 83-97.

4 . D'souza SF and Melo JS (2001) Immobilization of bakers yeast on jute fabric through adhesion using polyethylenamine, Application in an annular column reactor for the inversion of sucrose. Process Biochem. 36: 677-681.

5 . Goldstein H, Barry PW, Rizzuto AB, Venkatasubramanian K and Vieth WR (1977) Continuous enzymic production of invert sugar. J. Fermen. Technol. 55: 516-524.

6 . ICUMSA (1994) Methods Book, International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Norwich, British University Press., Great Britain, pp 3-9.

7 . Mageean MP and Kristott JU (1991) Physical properties of sugars and their solutions. J. Sugar Technol. 12: 99-115.

8 . Pancoast and Harry M (1973) Handbook of Sugars. 1th Ed. New York, The Avi Publishing Company, U.S.A. pp 50-66.

9 . Pavlenko NS, Krichevskaya GV and Brenman SA (1989) Study of invert sugar syrup using activated carbon. Pishchevaya-I- Pererabaty Vayushchaya-Promyshlennost. 4: 28-32.

10 . Verfahren EB (1970) Process for producing pure invert sugar solutions from molasses. J. Food Technol. 39: 15-35.

11 . http://www.rdg.ac.uk/ssc/publications/guides/mom.pdf