

## بهبود سازی فرایند سنت تولید نبات

علی غلامحسین پور، محمد جواد وریدی\*، محمد الهی و فخری شهیدی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۱/۱۵)

### چکیده

این پژوهش بر اساس معایب و مشکلات موجود در تولید سنتی نبات و همچنین با توجه به مهم ترین پارامترهای مؤثر در تولید این محصول انجام گرفت. تیمارهای مورد استفاده برای شیر و نبات عبارت از درجه فوق اشباع در چهار سطح ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ و درجه حرارت در سه سطح ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی گراد در سه تکرار آزمایش های فیزیکوشیمیایی شامل تعیین رنگ، pH و درصد قند انورت برای تمام نمونه های سنتی و آزمایشگاهی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که افزایش درجه فوق اشباع و دما بر تمام مشخصه های شیر و نبات اثر معنی دار دارد ( $P < 0/01$ ) به طوری که با افزایش دما و درجه فوق اشباع، رنگ و درصد قند انورت به طور معنی داری افزایش یافته و pH روند رو به کاهشی از خود نشان می دهد. اثر متقابل درجه فوق اشباع و دما نیز بر pH، درصد قند انورت و رنگ شیر و نبات معنی دار می باشد ( $P < 0/01$ ).

واژه های کلیدی: نبات، شیر، کریستالیزاسیون، درجه فوق اشباع، دما

### مقدمه

شکر ماده اولیه بسیاری از فراورده های قنادی است که از شیرابه نیشکر یا چغندر قند پس از طی مراحل استخراج و تصفیه به دست می آید (۳). اولین قومی که موفق به تولید شکر متبلور به صورت جامد و سفید گردید ایرانیان بوده اند (۵). شکر در صنعت غذا کاربرد وسیعی دارد که از جمله می توان به استفاده از آن در صنایع نوشابه و آبمیوه، کمپوت و کنسرو و همچنین تولید مربا، کیک، دسرهای لبنی، انواع شکلات و آبنبات و... اشاره کرد. نبات نیز از جمله محصولات است که ماده اولیه و اصلی در تولید آن شکر می باشد. اساس تولید نبات پدیده کریستالیزاسیون بوده که از بین انواع روش های کریستالیزاسیون،

در تولید این محصول باید از کریستالیزاسیون تحت سرما استفاده کرد تا بدین ترتیب زمینه رشد هسته ها فراهم گردد (۱۰). امروزه نبات به دو روش سنتی و صنعتی تولید می گردد. روش سنتی معمولاً به صورت ساکن بوده، راندمان چندان بالایی نداشته و نبات حاصل از آن عمدتاً به دو رنگ سفید و قهوه ای می باشد در حالی که نبات صنعتی به صورت انبوه و در حالت سکون و یا در حال حرکت به رنگ ها و طعم های مختلف و اشکال گوناگونی هم چون نبات تک کریستال، نبات نی دار و... تولید می گردد (۱، ۳، ۹). اشکالات عمده ای در تولید سنتی وجود دارد که دلیل آن مبتنی بودن این روش بر تجربه و بیگانه ماندن تولید کنندگان با مبانی علمی است، از

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mjvaridi@yahoo.com

تا با هم زدن و ادامه حرارت دهی انحلال کامل شکر در آب انجام پذیرد. پس از کف‌گیری و انحلال کامل شکر و ایجاد یک محلول کاملاً یک‌نواخت، به‌طور مداوم بریکس محلول اندازه‌گیری شد تا در صورت رسیدن به بریکس متناظر با درجه فوق اشباع، حرارت دهی فوراً متوقف گردد. پس از رسیدن به بریکس مورد نظر، شربت به درون سینی پخت ریخته شد و سپس به گرم‌خانه منتقل گردید. آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها عبارت بودند از رنگ، درصد قند انورت و pH که مطابق با روش‌های استاندارد انجام گردید (۲). اطلاعات حاصل از آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی روی شیره و نبات آزمایشگاهی، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ سطح درجه فوق اشباع و ۳ سطح دمایی با استفاده از نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نمودارها توسط نرم افزار EXCEL رسم گردیدند. مقایسه میانگین‌ها نیز به‌وسیله آزمون دانکن در سطح ۵٪ صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

از آنجا که کیفیت شربت اولیه مستقیماً بر کیفیت شیره و نبات تولیدی تأثیر می‌گذارد و خود نیز تحت تأثیر درجه حرارت و زمان پخت می‌باشد، لذا ویژگی‌های مختلف شربت اولیه پس از انحلال کامل در آب در جدول ۱ نشان داده شده است.

در تولید شربت اولیه با افزایش بریکس از ۸۰/۸۵ تا ۸۷/۲۵ زمان نیز به‌طور صعودی افزایش یافت که دلیل آن افت ظرفیت هدایت حرارتی آب به‌دلیل اضافه شدن شکر می‌باشد (۱۰). بنابراین در محلول‌های با بریکس بالا برای آن‌که انحلال کامل صورت پذیرد باید دما افزایش یابد و از آنجا که غلظت محلول به اندازه‌ای است که انتقال حرارت در آن به سهولت انجام نمی‌شود لذا زمان لازم جهت انحلال نیز افزایش پیدا می‌کند (شکل ۱). طولانی شدن زمان انحلال و مجاورت در دمای بالا منجر به تغییراتی در شربت خواهد شد که روی ویژگی‌های شیره و نبات حاصل از آن نیز تأثیرگذار خواهد بود. برای

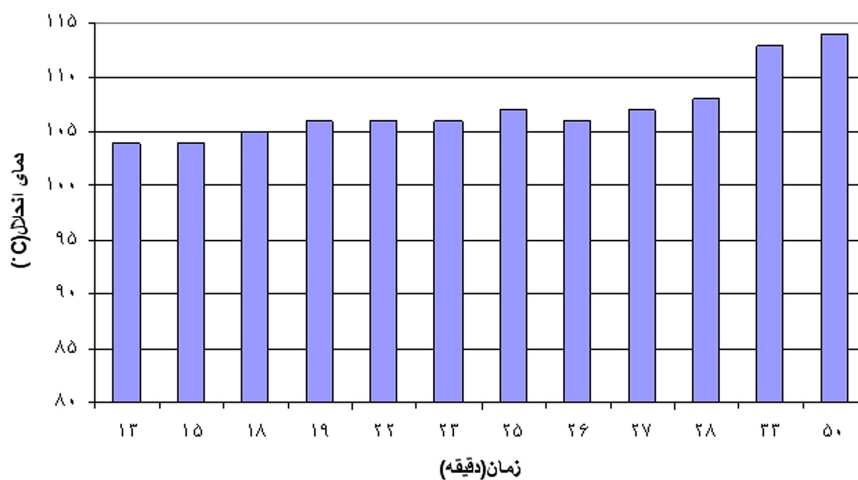
این رو پارامترهای مؤثر بر کیفیت و کمیت محصولات تولیدی به‌شدت تحت تأثیر این نقایص قرار می‌گیرد. بدین جهت اعمال تغییرات و اصلاحات لازم در فرایند تولید و پارامترهای مؤثر بر آن کاملاً ضروری است، تا بتوان با چنین رویکردی تولید این محصول را به سمت صنعتی شدن پیش برد.

### مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد آزمایش عبارت از مواد اولیه (نبات تخت و شکر)، نمونه حدواسط (شربت انتهایی پخت) و محصولات نهایی (شیره و نبات) بودند. پارامترهایی مانند pH، مقدار قند انورت، رنگ و مقدار ساکارز در شربت اولیه اهمیت زیادی دارند، چرا که کیفیت محصول نهایی مستقیماً به این پارامترها برمی‌گردد، خصوصاً در مورد شیره که باید مجدداً در تولید مورد استفاده قرار گیرد. در روش سنتی ایراد عمده‌ای که بر پارامترهای مذکور شدیداً اثر منفی دارد، عدم تناسب نسبت اختلاط آب با شکر و نبات تخت می‌باشد. افزودن بیش از حد آب و تبخیر مقدار اضافه آن در ادامه فرایند باعث طولانی شدن زمان فرایند و حرارت‌دهی بیش از حد می‌شود که منجر به کاهش مقدار ساکارز، افت pH، بالا رفتن مقدار رنگ، افزایش قند انورت و در نهایت کاهش راندمان کریستالیزاسیون خواهد گردید، لذا در این پژوهش نسبت اختلاط مواد اولیه و دما مبنای کار قرار گرفت. نسبت اختلاط بین شکر و آب براساس درجه فوق اشباع تعیین گردید. برای سطح‌بندی درجه فوق اشباع و دما و بررسی اثر هر دو تیمار بر ویژگی‌های مختلف شیره و نبات، بریکس شربت به‌گونه‌ای محاسبه شد تا پس از انحلال کامل شکر در آب و رساندن دمای آن به دماهای تعریف شده ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، فوق اشباع‌های ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵ و ۱/۶ برای شربت ورودی به گرم‌خانه به‌دست آید. برای گرم‌خانه‌گذاری و تشکیل کریستال نیز یک بازه زمانی ۲۴ ساعته تعریف شد. با توجه به درجه فوق اشباع مورد نظر، مقدار آب و شکر لازم دقیقاً وزن گردید، آنگاه آب را در ظرف پخت ریخته و پس از گرم شدن نسبی، شکر به‌تدریج به آن اضافه شد

جدول ۱. ویژگی‌های مختلف شربت اولیه پس از انحلال کامل شکر در آب

رنگ	درصد قند انورت	pH	پلازیماسیون	دمای انحلال (°C)	زمان (دقیقه)	بریکس
۲۷/۳	۰/۰۱۸	۷/۹	۸۰/۶۹	۱۰۴	۱۳	۸۰/۸۵
۳۰/۹۶	۰/۰۱۹	۷/۸۸	۸۱/۸۱	۱۰۴	۱۵	۸۱/۹۷
۳۴/۶۹	۰/۰۲۰	۷/۸۸	۸۲/۶۳	۱۰۵	۲۰	۸۲/۸۰
۳۶/۶۳	۰/۰۲۱	۷/۸۷	۸۲/۸۰	۱۰۶	۲۳	۸۲/۹۷
۳۸/۲۳	۰/۰۲۳	۷/۸۵	۸۳/۶۶	۱۰۶	۲۳	۸۳/۸۳
۳۸/۱۱	۰/۰۲۳	۷/۸۴	۸۳/۷۳	۱۰۶	۲۵	۸۳/۹۰
۴۳/۶۴	۰/۰۲۳	۷/۸۶	۸۴/۵۵	۱۰۷	۲۵	۸۴/۷۲
۳۹/۶۷	۰/۰۲۳	۷/۸۵	۸۴/۵۸	۱۰۶	۲۵	۸۴/۷۵
۴۵/۱۲	۰/۰۲۵	۷/۸۸	۸۵/۴۳	۱۰۷	۲۷	۸۵/۶۰
۴۹/۰۴	۰/۰۲۶	۷/۸۶	۸۵/۴۸	۱۰۸	۲۹	۸۵/۶۵
۵۶/۱۱	۰/۰۲۸	۷/۸۸	۸۶/۳۱	۱۱۳	۳۳	۸۶/۴۸
۶۹/۰۹	۰/۰۵۸	۷/۲۵	۸۷/۰۷	۱۱۴	۵۰	۸۷/۲۵



شکل ۱. تغییرات دمای انحلال در مقابل زمان در شربت‌های مختلف با بریکس‌های متفاوت

کردن آب در روش سنتی است.

در یک محلول قندی با افزایش بریکس، دما و زمان بیشتری مورد نیاز است تا انحلال کامل صورت گیرد، هر چه این زمان و دما بالاتر باشد به دلیل تجزیه ساکارز و بروز انورسیون افت pH نیز بیشتر خواهد بود. در تولید آزمایشگاهی همان‌طور که

رسیدن به بریکس ۸۵/۱۷ در روش سنتی حدود ۱۱۵ دقیقه زمان و ۱۱۲ درجه سانتی‌گراد دما لازم است. در حالی که رسیدن به همین بریکس در تولید آزمایشگاهی به حدود ۲۵ دقیقه زمان و ۱۰۶ درجه سانتی‌گراد نیاز داشت. عامل اصلی این اختلاف با توجه به یکسان بودن بریکس، بیش از حد اضافه

روش مذکور به ترتیب عبارت از ۷۰ و ۴۲ واحد آیکومزا است.

## اثر درجه فوق اشباع و دما بر پارامترهای مختلف شیر و

### نبات

#### pH

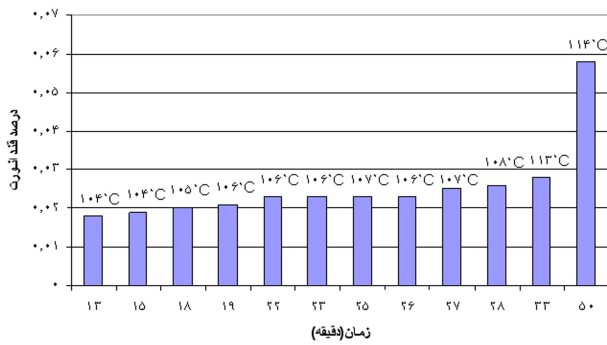
اگر کیفیت شربت اولیه خصوصاً از لحاظ درصد قند انورت (که متأثر از درجه فوق اشباع شربت می‌باشد) مناسب باشد، کیفیت شیر تنها تحت تأثیر دما در طی زمان نگهداری آن قرار می‌گیرد. یکی از محصولات ناشی از تجزیه ساکارز اسید لاکتیک است که باعث افت pH در شربت و شیر حاصل از آن خواهد شد که مقدار آن علاوه بر قند انورت اولیه به دمای نگهداری نیز بستگی دارد. همان‌گونه که در شکل ۴، مشاهده می‌شود دمای ۷۰°C در هیچ یک از درجه‌های فوق اشباع و دمای ۸۰°C در فوق اشباع‌های پایین (۱/۳ و ۱/۴) چندان pH شیر را تحت تأثیر قرار نداده‌اند و این درحالیست که در دمای ۹۰°C به دلیل بالا بودن دما و زمان نگهداری و افزایش هیدرولیز ساکارز خصوصاً در فوق اشباع ۱/۶ کاهش قابل ملاحظه‌ای در pH رخ خواهد داد.

در مورد نبات نیز باید گفت که از آنجا که نبات شکر خالص است لذا pH آن باید مشابه pH شکر باشد، اما این گفته زمانی درست است که شربت اولیه در دمای پایین و در مدت زمان کوتاهی تهیه شود و درجه حرارت نگهداری آن در گرم‌خانه نیز بالا نباشد. اما در فوق اشباع‌های بالا به‌خاطر آن‌که انحلال کامل شکر در آب نیاز به دمای زیاد و زمان طولانی دارد لذا ساکارز به سرعت هیدرولیز می‌شود و این هیدرولیز به معنای افت pH و بالا رفتن سطح قند انورت در شربت می‌باشد. چنین شربتی زمانی که در دمای بالا برای کریستال‌دهی نگهداری شود با سرعت بالاتری به تجزیه ساکارز ادامه می‌دهد، لذا pH مرتباً در حال کاهش خواهد بود. از اینرو شیر نهایی انورت بالا و pH پایینی خواهد داشت. حال با توجه به این‌که نبات درون شیر در تماس مستقیم با آن قرار دارد و ویسکوزیته شیر نیز به دلیل بالا بودن قند انورت بالاست لذا همواره مقداری از

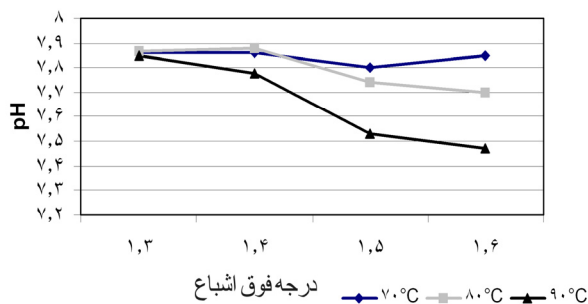
در شکل ۲، نیز مشخص است تفاوت معنی‌داری بین pH شربت‌ها تا بریکس ۸۶ وجود ندارد اما با بالا رفتن بیشتر بریکس به دلیل استفاده از دمای بالاتر در مدت زمان طولانی تر جهت انحلال، pH افت مشهودتری خواهد داشت. در تولید سنتی افت pH به مراتب بیشتر از نمونه‌های آزمایشگاهی است که دلیل آن مصرف نبات‌های ضایعاتی و شیر و هم‌چنین استفاده از دماهای بالا و مدت زمان طولانی جهت تبخیر آب اضافه موجود در شربت می‌باشد. پخت در دیگ‌های مسی افت بیشتر pH را به دنبال خواهد داشت (۸). pH شربت در حالت سنتی حتی از pH معادل با بالاترین درجه بریکس در شرایط آزمایشگاهی نیز پایین‌تر است.

افزایش بریکس، افزایش زمان و درجه حرارت را در پی خواهد داشت و لذا ساکارز مدت زمان طولانی‌تری در معرض دمای بالا قرار خواهد گرفت و این یعنی تجزیه بیشتر ساکارز و افزایش درصد قند انورت (شکل ۳). در روش سنتی به دلیل طولانی‌تر بودن زمان، بالاتر بودن دما و هم‌چنین استفاده از نبات‌های ضایعاتی و شیر، سرعت هیدرولیز ساکارز بیشتر بوده لذا میزان قند انورت نیز بیشتر خواهد بود به طوری که مقدار آن به بیش از ۱۰ برابر نیز خواهد رسید.

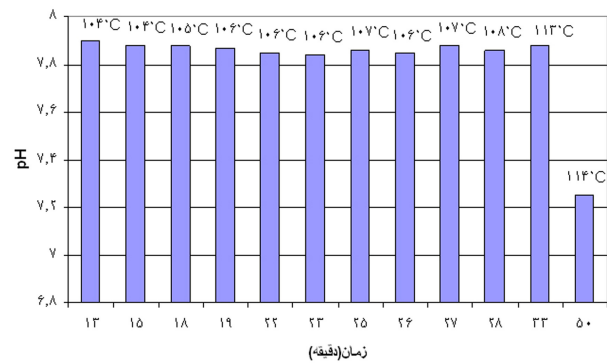
تجزیه ساکارز همراه با تولید رنگ می‌باشد و هر عاملی که میزان و سرعت تجزیه را افزایش دهد منجر به افزایش رنگ خواهد شد. زمان و دما دو عامل اصلی در بالا بردن میزان رنگ هستند، برای مثال مقدار افزایش رنگ شربت رقیق در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به ازای هر ساعت توقف ۴۰ واحد آیکومزا (اندازه‌گیری با طول موج ۵۶۰ نانومتر) می‌باشد (۶). در دماهای بالا که عوامل مؤثر بر تشکیل رنگ شامل دما، مقدار قند انورت، مقدار ماده خشک شربت، pH و مقدار اسیدهای آمینه می‌باشند، این افزایش رنگ بیشتر است (۷). آهنگ حرکتی تغییرات رنگ و درصد قند انورت یکسان می‌باشد. مقدار رنگ در تولید آزمایشگاهی در بحرانی‌ترین حالت (بریکس ۸۷/۲۵) از مقدار رنگ شربت تولید شده بروش سنتی هم کمتر است. این مقادیر برای دو



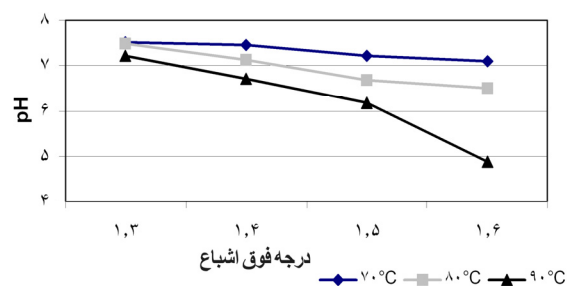
شکل ۳. تغییرات درصد قند انورت در مقابل زمان در شربت‌های مختلف با بریکس‌های متفاوت



شکل ۵. تغییرات pH نبات در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف



شکل ۴. تغییرات pH در مقابل زمان در شربت‌های مختلف با بریکس‌های متفاوت.

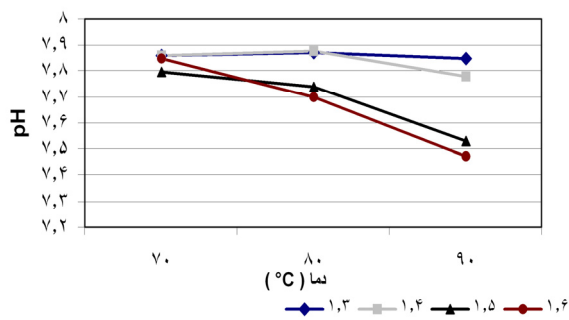


شکل ۴. تغییرات pH شیر در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف

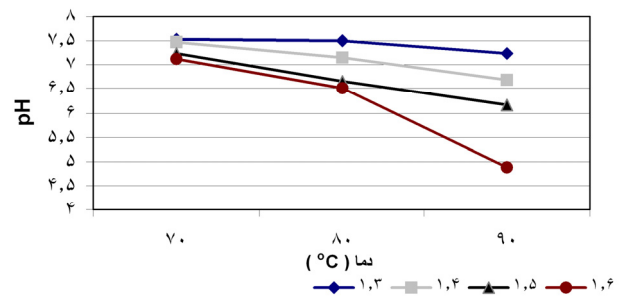
نبات و شیر می‌گردد.

در مورد اثر درجه فوق اشباع نیز همان‌گونه که قبلاً اشاره شد در مقادیر بالای درجه فوق اشباع انتقال حرارت به سهولت انجام نمی‌شود، لذا به حرارت اولیه بالاتری جهت انحلال شکر نیاز است و این خود زمینه انورسیون بیشتر را فراهم می‌کند، لذا شربت اولیه مقادیر بالاتر انورت و اسیدهای حاصل را در بر خواهد داشت و چون وجود قند انورت در محیط پتانسیل هیدرولیز بیشتر ساکارز را تقویت می‌کند، لذا شیر حاصل از چنین شربتی به مراتب pH پایین‌تری دارد (فوق اشباع ۱/۶ و دمای ۹۰°C) که در شکل ۶، نشان داده شده است. در تولید سنتی pH شیر نهایی ۵/۲۱ و در شیر تولید شده در آزمایشگاه در بریکس مشابه این مقدار ۶/۶۷ می‌باشد. در مورد نبات نیز در شرایط مساوی از لحاظ بریکس شربت اولیه، pH نبات سنتی و آزمایشگاهی به ترتیب ۷/۵۶ و ۷/۷۴ می‌باشد.

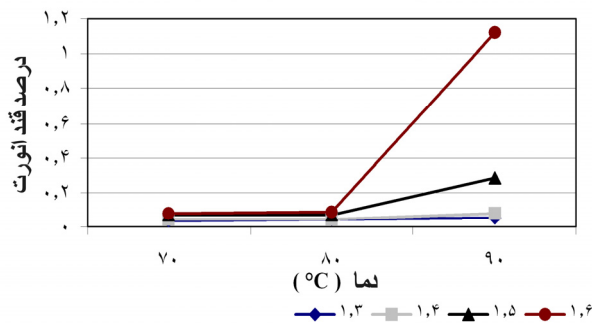
شیره همراه نبات خواهد بود که باعث پایین نشان دادن pH آن می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۵ نیز مشخص است در دماها و فوق اشباع‌های پایین (دمای ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و فوق اشباع‌های ۱/۳ و ۱/۴) نبات بنا به دلایل مذکور در حد pH شکر باقی می‌ماند، اما در دماها و فوق اشباع‌های بالا همان‌گونه که عنوان شد شاهد افت pH نبات خواهیم بود. نباتی که به روش سنتی تولید می‌شود pH پایین‌تری نسبت به نبات‌های تولیدی در آزمایشگاه دارد چرا که در تولید نبات سنتی استفاده از شیر و نبات‌های ضایعاتی درکنار بالا بودن دما و زمان pH شربت اولیه را کاهش می‌دهد و این شربت در طی ماندگاری در گرم‌خانه دچار افت بیشتری در pH می‌شود و در نهایت نبات حاصل به دلیل تماس مستقیم با شیر دارای pH پایین‌تری خواهد بود. نتایج حاصل نشان داد که افزایش درجه فوق اشباع و دما منجر به کاهش معنی‌دار pH



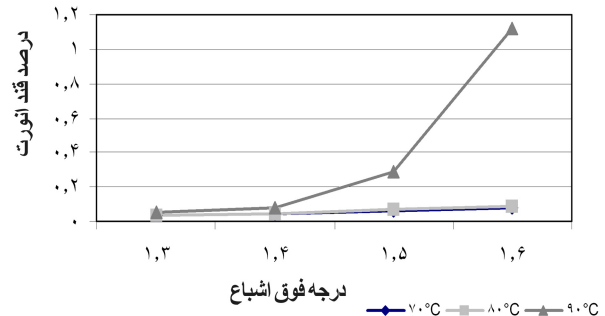
شکل ۷. تغییرات pH نبات در مقابل دما در فوق اشباع‌های مختلف



شکل ۶. تغییرات pH شیر در مقابل دما در فوق اشباع‌های مختلف



شکل ۹. تغییرات درصد قند انورت شیر در مقابل دما در فوق



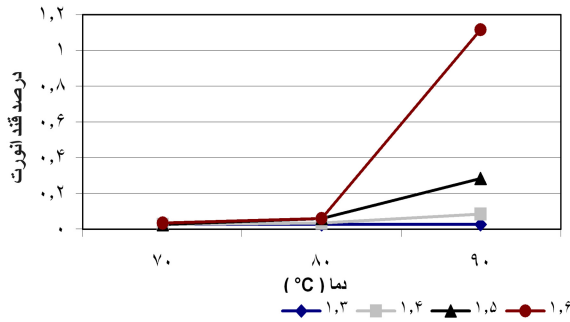
شکل ۸. تغییرات درصد قند انورت شیر در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف

یعنی در حدود ۸ برابر که دلایل آن پیش از این ذکر گردید. انورت موجود در نبات عمدتاً به دلیل نفوذ شیر در آن می‌باشد. شرایط آماده سازی شربت مستقیماً خصوصیات نبات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از اینرو هیدرولیز بیشتر ساکارز درصد قند انورت شیر و متعاقب آن نبات را افزایش خواهد داد. در فوق اشباع بالا (۱/۶) به دلیل بالابودن انورت، ویسکوزیته شیر به حدی افزایش می‌یابد که جدا کردن نبات از آن به راحتی انجام نمی‌شود و شیر بدرون نبات نفوذ کرده و درصد قند انورت آن بالا می‌رود. درصد قند انورت نبات‌های تولیدی در دماها و فوق اشباع‌های پایین به خاطر تجزیه کم ساکارز ناچیز می‌باشد و با افزایش این دو پارامتر مقدار آن نیز افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). در نبات‌های تولید شده بروش سنتی نیز به دلیل بالا بودن دما و زمان و استفاده از نبات‌های ضایعاتی درصد قند انورت بالاتر از نبات‌های آزمایشگاهی است. این مقادیر در بریکس اولیه یکسان برای شربت در روش سنتی و

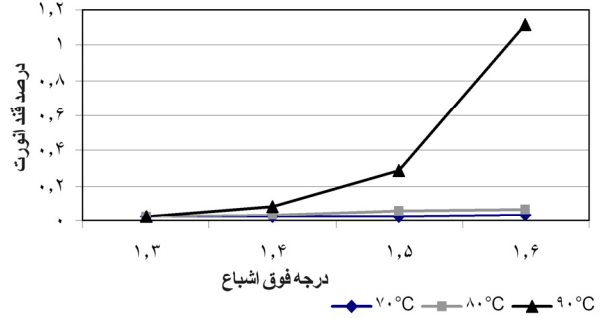
هم‌چنین اثر دما بر pH نبات برای تمام سطوح دمایی معنی‌دار است (شکل ۷).

#### درصد قند انورت

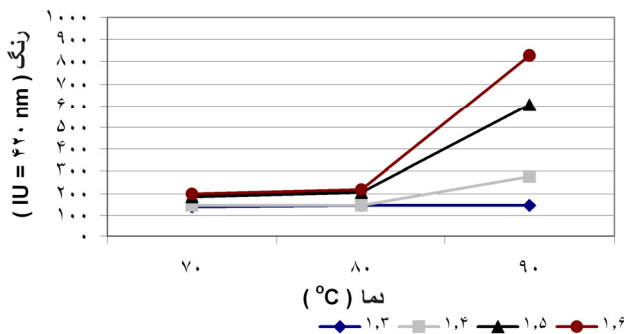
همان‌طور که اشاره شد با افزایش دما و درجه فوق اشباع، درصد قند انورت نیز به دلیل تجزیه ساکارز افزایش می‌یابد. در دما و فوق اشباع‌های بالا (فوق اشباع‌های ۱/۵ و ۱/۶ و دمای ۹۰) شدت هیدرولیز ساکارز بیشتر بوده لذا میزان قند انورت به مراتب بالاتر خواهد بود، ضمن آن‌که طولانی شدن زمان پخت شربت اولیه نیز نقش به‌سزایی در افزایش میزان قند انورت در شیر حاصل از آن دارد. در شکل‌های ۸ و ۹، اثر درجه فوق اشباع و دما بر درصد قند انورت شیر نشان داده شده است. در مقایسه با شرایط سنتی در شرایط مساوی مقدار قند انورت ۵۹۱/۰ گرم به ۱۰۰ گرم ماده خشک در شرایط سنتی و در تولید آزمایشگاهی ۷۲۰/۰ گرم به ۱۰۰ گرم ماده خشک است،



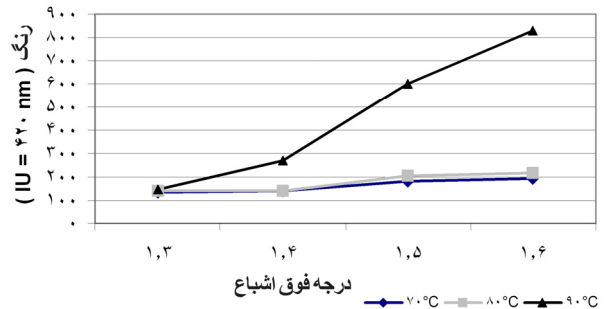
شکل ۱۱. تغییرات درصد قند انورت نبات در مقابل دما در فوق اشباع‌های مختلف



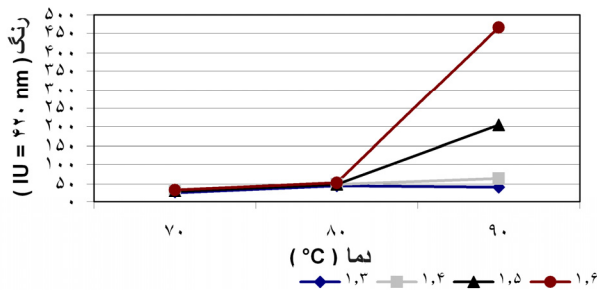
شکل ۱۰. تغییرات درصد قند انورت نبات در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف



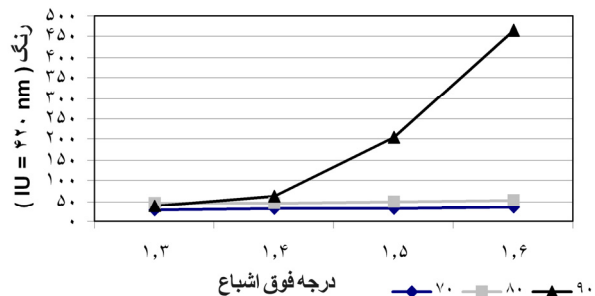
شکل ۱۳. تغییرات رنگ شیر در مقابل دما در فوق اشباع‌های مختلف



شکل ۱۲. تغییرات رنگ شیر در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف



شکل ۱۵. تغییرات رنگ نبات در مقابل دما در فوق اشباع‌های مختلف



شکل ۱۴. تغییرات رنگ نبات در مقابل درجه فوق اشباع در دماهای مختلف

انورسیون آن افزایش یافته و به دنبال آن رنگ تیره‌تری خواهد داشت. شکل‌های ۱۲ و ۱۳، تأثیر درجه فوق اشباع و دما را بر میزان افزایش رنگ شیر نشان می‌دهند. همان‌طور که مشخص است ماندگاری شیر در دمای 90°C از لحاظ رنگ اختلاف فاحشی با دماهای دیگر به‌ویژه در فوق اشباع‌های بالا دارد. شربت اولیه آن نیز بیشترین مقدار رنگ و بیشترین مقدار قند

آزمایشگاهی به ترتیب برابر با ۵۵۱/۰ و ۵۵۵/۰ است.

## رنگ

اصولاً تجزیه ساکارز با تولید رنگ همراه است، هرچه دما و زمان عمل بالاتر باشد شدت آن نیز بیشتر خواهد بود. شیر نیز به دلیل آن‌که مدت طولانی در دمای بالا باقی می‌ماند لذا

شکل‌های ۱۴ و ۱۵، مشخص است نشان داد که با افزایش درجه فوق اشباع و دما تمام میانگین‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل همان‌گونه که مشخص است فوق اشباع‌های ۱/۳ تا ۱/۶ در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  اثر نامطلوبی بر pH، درصد قند انورت و رنگ دارند. بنابراین استفاده از دمای  $90^{\circ}\text{C}$  در هیچکدام از درجه‌های فوق اشباع مناسب نمی‌باشد. ضمن آن‌که در فوق اشباع ۱/۶ شیر تولیدی کاملاً ویسکوز و عسل مانند است. با توجه به آن‌که درصد قند انورت و رنگ اهمیت بالایی دارند و در فوق اشباع‌های ۱/۵ و ۱/۶ در دو دمای  $70^{\circ}\text{C}$  و  $80^{\circ}\text{C}$  رنگ همواره بالاتر از فوق اشباع‌های ۱/۳ و ۱/۴ می‌باشد، با توجه به اثرات سوء شیر و نبات‌های ضایعاتی حاصل بر مشخصات تولیدات بعدی لذا بهتر است تولید را بر روی فوق اشباع‌های ۱/۳ و ۱/۴ در دماهای  $70^{\circ}\text{C}$  و  $80^{\circ}\text{C}$  متمرکز کرد. در این بین با توجه به این‌که تفاوت فاحشی بین مقادیر مربوط به pH، درصد قند انورت و رنگ در فوق اشباع‌ها و دماهای مذکور وجود ندارد و با لحاظ کردن اهمیت درجه فوق اشباع به عنوان یک نیروی انتقالی، هم‌چنین قابلیت تولید نبات کاملاً سفید بدون استفاده از بلانکیت با وزن مطابق عرف بازار، جهت تولید نبات درجه فوق اشباع ۱/۴ و دمای  $80^{\circ}\text{C}$  توصیه می‌شود.

انورت را دارا بوده، بدیهی است در چنین شرایطی شیر حاصل از چنین شربتی رنگ بسیار بالایی داشته باشد. البته این مقدار رنگ در مقایسه با رنگ شیر حاصل از تولید سنتی که بریکس پایین‌تری هم دارد کمتر است. در روش سنتی شیر به‌دست آمده از شربتی با بریکس ۸۵/۱۷ معادل ۱۲۰۰ واحد آیکومز (در طول موج  $420$  نانومتر) است در حالی‌که در تولید آزمایشگاهی مقدار رنگ در چنین حالتی ۲۰۳ واحد آیکومز می‌باشد که دلیل آن کیفیت پایین شربت اولیه و بالا بودن دما، زمان و درصد قند انورت اولیه است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش درجه فوق اشباع و دما افزایش اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها را به‌دنبال خواهد داشت.

چون در دماها و فوق اشباع‌های بالاتر و زمان‌های طولانی‌تر تجزیه ساکارز نیز بیشتر است، لذا در این شرایط نبات دارای رنگ بیشتری خواهد بود. در دماها و فوق اشباع‌های پایین بخاطر هیدرولیز ناچیز ساکارز قند انورت چندان بالا نبوده لذا رنگ نبات‌های تولیدی نزدیک به رنگ شکر می‌باشد. نبات‌های تولید شده در چنین شرایطی کاملاً سفید بوده بدون آن‌که نیازی به افزودن بلانکیت به شربت اولیه باشد. رنگ نبات‌های سنتی نیز بنا به دلایل مذکور (بالا بودن دما و زمان و استفاده از نبات‌های ضایعاتی) بالاتر از رنگ نبات‌های تولید شده در آزمایشگاه می‌باشد. در بریکس مساوی شربت اولیه رنگ نبات سنتی و آزمایشگاهی به‌ترتیب برابرند با ۲۵۳/۱۸ و ۴۸/۳۵ واحد آیکومز. بررسی نتایج حاصل همان‌گونه که در

### منابع مورد استفاده

۱. شیبانی، ح. ۱۳۷۳. تکنولوژی قند. جلد دوم، نشر شرکت قند بیستون.
۲. شیخ الاسلامی، ر. ۱۳۷۶. روش‌های آزمایشگاهی و کاربرد آنها در کنترل فرایند صنایع غذایی (قند). نشر مرسا، تهران.
۳. مقصودی، ش. ۱۳۸۱. تکنولوژی آبنبات و شکلات سازی. چاپ اول، نشر علوم کشاورزی، تهران.
۴. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۶. استاندارد شماره ۷۳۹، نبات و روش‌های آزمون آن. چاپ دوم، تهران.
5. Brennan, J. G. and J. R. Butters. 1990. Food Engineering Operations. Elsevier Pub. Co., USA.
6. Dobryzki, J. and L. Ryngajllo. 1991. Adsorbentien als inhibitoren beim farbanstieg von säften. Zuckerindustrie 116(2): 164.
7. Hage, A.G. and W.Mauch. 1994. Kinetics of Color Development in Sucrose Solution at High Temperatures. Zuckerindustrie 119(5): 420.

8. Honig, P. 1953. Principles of Sugar Technology. Elsevier Pub. Co.
9. Jakson, E. B. 1999. Sugar Confectionary Manufacture. Blackie Acad. & Prof. Pub. 91-96 .
10. Van der Poel, P. W. and H. Schiweck. 1998. Sugar Technology Beet and Cane Sugar Manufacture. Verlay Albert Bartens Pub.