**مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران**
**سال هفتم، شماره ۵، ویژه‌نامه زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۲۶۹-۲۶۱**

# پیش‌بینی نقطه انجماد برای محصولات فراوری شده حاوی غلظت‌های مختلف ساکارز

فرید عمیدی فضلی[۱]، مسعود دزیانی[۲]، رقیه عزتی[۲]، ندا عمیدی فضلی[۳]، محمدرضا کوشکی[۴]، مریم سلیمانی[۵]

۱- نویسنده مسئول: عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان، ایران پست الکترونیکی: amidi_f@yahoo.com
۲- عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان
۳- عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۴- استادیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۵- کمیته تحقیقات دانشجویان، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

## چکیده

**سابقه و هدف:** در طول زمان فرایند انجماد اشکال تازه و پیشرفته‌تری به خود گرفته که متضمن حفظ کیفیت و افزایش پذیرش محصول از سوی مصرف‌کننده است. یکی از روش‌های نوین انجماد استفاده از روش اسمز به عنوان پیش فرایند می‌باشد که با آب‌گیری نسبی قبل از فرایند انجماد صدمات ناشی از آب زیاد و انبساط یخ تا حدودی کاهش می‌یابد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش طالبی تحت فرایند اسمز قرار گرفت و با بررسی خصوصیات آن بعد از فرایند اسمز مدلی برای پیش‌بینی نقطه انجماد آن ارائه شد. طالبی پس از شستشو و پوست‌گیری و برش به‌اندازه‌های معین ۲×۲/۵×۴ سانتی‌متر در سه زمان ۱/۵، ۳ و ۴/۵ ساعت در محلول‌های با غلظت مختلف ساکارز (۴۰، ۵۵ و۷۰ درصد) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و نسبت میوه به محلول برابر ۱ به ۳ غوطه ور شد. ویژگی‌هایی چون میزان رطوبت، مواد جامد محلول، نقطه انجماد، گرمای ویژه محصول و انرژی مورد نیاز برای فرایند انجماداندازه‌گیری و محاسبه شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که رطوبت نمونه‌ها پس از فرایند اسمز تحت تأثیر غلظت محلول اسمز و زمان فرایند کاهش یافته است از طرف دیگر با افزایش غلظت، مواد جامد محلول نمونه‌ها در انتهای فرایند افزایش نشان می‌دهند. با توجه به این تغییرات محاسبات نشان می‌دهد که نقطه انجماد، گرمای ویژه محصول و انرژی مورد نیاز برای فرایند انجماد در نمونه‌های فرایند شده کاهش یافته است.

**نتیجه‌گیری:** با کاهش نقطه انجماد شاید بتوان میوه‌ها را بدون انجماد و در دمایی کمی بالاتر از نقطه انجماد آن‌ها نگهداری نمود تا از معایب فرایند انجماد جلوگیری به عمل آید در صورتی که از نقطه نظر فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمیایی نیز این امر امکان پذیر باشد.

**واژگان کلیدی:** آب‌گیری اسمزی، نقطه انجماد، طالبی

### مقدمه

عملیات خشک کردن اسمزی برای فراوری میوه و سبزی به منظور تولید انواع مختلفی از محصولات از قبیل مواد نیمه فراوری شده و محصولات با رطوبت متوسط به کار می‌رود (۱) یا ممکن است به عنوان پیش فرایندی برای خشک کردن هوایی (۴-۲) یا انجماد (۷-۵) به کار برده شود. در صورتی که از فرایند اسمز قبل از انجماد استفاده شود موجب حفاظت میوه در مقابل صدمات انجمادی به دلیل کاهش میزان آب موجود برای یخ زدن و نفوذ مواد محلول به داخل میوه خواهد شد (۱۰-۸).

یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی انجماد می‌باشد که دمای محصول به زیر نقطه انجماد آن رسانده می‌شود (۱۱) از این‌رو تازگی، رنگ، عطر و طعم و ارزش غذایی محصول حفظ می‌شود. هم‌چنین این روش شیوه مناسبی برای حفظ کیفیت میوه‌ها در نگهداری طولانی مدت آن‌هاست (۱۲). نوع ماده خام، استفاده از پیش فرایند قبل از

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]

انجماد، روش انجماد و فرایندهای بعد از انجماد از قبیل حمل و نقل، توزیع و رفع انجماد از جمله عوامل تأثیر گذار بر کیفیت میوه منجمد شده می‌باشند.

با توجه به مزایای ذکر شده برای فرایند اسمز در سال‌های اخیر توجه بیشتری نسبت به استفاده از این روش به عنوان پیش فرایندی قبل از انجماد معطوف شده است تا با بهره‌گیری از این شیوه صدمات انجمادی به حداقل ممکن کاهش داده شود چرا که با آب‌گیری از محصول قبل از انجماد میزان تشکیل کریستال‌های یخ حین انجماد کمتر می‌شود (۱۳).

چیرالت و همکاران تأثیرات فرایند اسمز بر خواص مکانیکی کیوی و اثر حفاظتی آن در مقابل فرایند انجماد را بررسی کرده‌اند. در این پژوهش کیوی به قطعات با قطر ۴ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر برش خورده و در محلول‌های ساکارز به غلظت ۳۵، ۴۵، ۵۵، ۶۰ و ۶۵ درجه بریکس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای انجام فرایند اسمز غوطه ور شدند تا مواد جامد محلول میوه به ۳۰ درجه بریکس برسد. فرایند اسمز در فشار اتمسفری و تحت خلا (۵۰ میلی بار به مدت ۵ دقیقه در ابتدای فرایند) انجام پذیرفت. پس از آن قطعات کیوی در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۴ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه منجمد و در ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت و ۱ ماه انجام پذیرفت. نتایج حاکی از آن بود که زمان بر خصوصیات مکانیکی نمونه‌ها تأثیر گذار بوده است اما استفاده از خلا تأثیری بر خصوصیات مکانیکی و حفاظتی در مقابل انجماد نداشته است (۱۴).

در پژوهش دیگری تأثیر شرایط انجماد بر کیفیت میوه بامیه مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه میوه در محلول‌های سدیم سولفیت با غلظت ۰/۵، ۱/۵ و ۲ درصد به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و نیز محلول‌های ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه قبل از انجماد غوطه ور شدند. فرایند انجماد با رساندن دمای نمونه‌های تیمار شده از ۱۸ به ۲۵- درجه سانتی‌گراد در مدت ۳ دقیقه با استفاده از نیتروژن مایع انجام گرفت. نتایج نشان داد استفاده از محلول ۲ درصد سدیم سولفیت به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه موجب بهبود خصوصیات ظاهری بامیه پس از خروج از انجماد و افزایش مدت زمان ماندگاری محصول می‌شود. هم‌چنین استفاده از محلول ۲/۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۱۵ دقیقه نیز موجب بهبود رنگ محصول می‌شود (۱۵).

یکی از نکات با اهمیت در فرایند انجماد محصولات غذایی نقطه انجماد آن‌ها می‌باشد. مواد غذایی به دلیل داشتن ترکیبات مختلف از این نظر نیز با یکدیگر متفاوت می‌باشند. دانستن نقطه انجماد سبب می‌شود تا بتوان دمای انجماد را به درستی تنظیم نمود. در غیر این صورت احتمال عدم انجماد کامل محصول وجود دارد. هم‌چنین این مسئله از نقطه نظر انرژی مصرفی نیز حائز اهمیت می‌باشد. از طرف دیگر نقطه انجماد نقش اصلی را در تعیین دمای مناسب نگهداری میوه‌ها ایفا می‌کند. در صورتی که هدف، نگهداری در دمای بالای نقطه انجماد باشد در صورت افت دمای سردخانه به زیر نقطه انجماد موجب یخ زدن و آسیب دیدگی محصول خواهد شد. بنابراین کنترل دمای نگهداری امر ضروری به شمار می‌رود. جی و همکاران به مطالعه در خصوص ارتباط نقطه انجماد میوه با مواد جامد محلول آن پرداخته و در نهایت با بررسی‌های خود مدلی برای تعیین نقطه انجماد میوه‌ها ارائه داده‌اند (۱۶).

حین فرایند اسمز جریان آب از سمت محصول به محلول و جریان مواد محلول در خلاف جهت جریان آب ایجاد می‌شود که هر دو موجب تغییر در مواد جامد محلول میوه خواهند شد (۱۷). در این پژوهش طالبی با استفاده از غلظت‌های مختلف محلول ساکارز و طی زمان‌های مختلف تحت فرایند اسمز قرار گرفت، پس از پایان فرایند خصوصیات آن‌اندازه‌گیری شد و نقطه انجماد نمونه‌ها محاسبه شد و بر این اساس میزان انرژی مورد نیاز برای انجماد محصول نیز محاسبه شد.

## مواد و روش‌ها

محلول‌های اسمز با استفاده از ساکارز در سه غلظت ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد (وزنی/ وزنی) تهیه شدند، قطعات طالبی که به‌اندازه‌های ۲×۲/۵×۴ از میوه کامل طالبی مگسی نیشابور برش خورده بودند به مدت ۱/۵، ۳ و ۴/۵ ساعت در محلول‌های فوق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه ور شدند نسبت محلول به طالبی نیز ۳ به ۱ بود.

پس از انجام فرایند اسمز رطوبت محصول در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت بر اساس روش AOAC اندازه‌گیری شد (۱۸). مواد جامد محلول نمونه‌ها نیز به روش تعیین شکست نوری با استفاده از رفراکتومتر آبه شرکت کارلزلس کشور آلمان اندازه‌گیری شد. تعیین رطوبت

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]

و مواد جامد محلول برای نمونه تیمار نشده به روش اسمز نیز به همین شکل انجام پذیرفت.

نقطه انجماد نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده اسمزی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۶):

$$Y = 0.146694 - 0.19555X \qquad \text{معادله (۱)}$$

که $Y$ نقطه انجماد بر حسب درجه سانتی‌گراد و $X$ درصد مواد جامد محلول می‌باشند.

گرمای ویژه محصول نیز در بالا و زیر نقطه انجماد برای نمونه‌ها به ترتیب توسط معادلات ۲ و ۳ استخراج شدند (۱):

$$c_1 = 2990 \times x_w + 1200 \qquad \text{معادله (۲)}$$

$$c_2 = 1256 \times x_w + 837 \qquad \text{معادله (۳)}$$

که $c_1$ و $c_2$ به ترتیب گرمای ویژه در بالا و زیر نقطه انجماد بر حسب کیلوژول بر کیلوگرم درجه سانتی‌گراد و $x_w$ جزء وزنی آب در ماده غذایی می‌باشند.

انرژی مورد نیاز برای کاهش دمای محصول و انجماد از روابط زیر به دست آورده شدند (۱۹):

$$Q = mc(t_2 - t_1) \qquad \text{معادله (۴)}$$

$$Q = m\lambda \qquad \text{معادله (۵)}$$

که $Q$ انرژی مورد نیاز بر حسب کیلوژول، $m$ جرم ماده بر حسب کیلوگرم، $c$ گرمای ویژه بر حسب کیلوژول بر کیلوگرم درجه سانتی‌گراد، $t_1$ و $t_2$ به ترتیب دمای اولیه و ثانویه ماده غذایی بر حسب درجه سانتی‌گراد و $\lambda$ گرمای نهان انجماد بر حسب کیلو ژول بر کیلوگرم که مقدار آن برای آب ۳۳۴ است، می‌باشند.

آزمایش در قالب آزمون فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی اجرا شد برای به دست آوردن روابط رگرسیونی ازنسخه دوم نرم‌افزار Sigmastat استفاده شد. کلیه نمودارها نیز در محیط نرم افزار Slide write (نسخه ۲) ترسیم شدند.

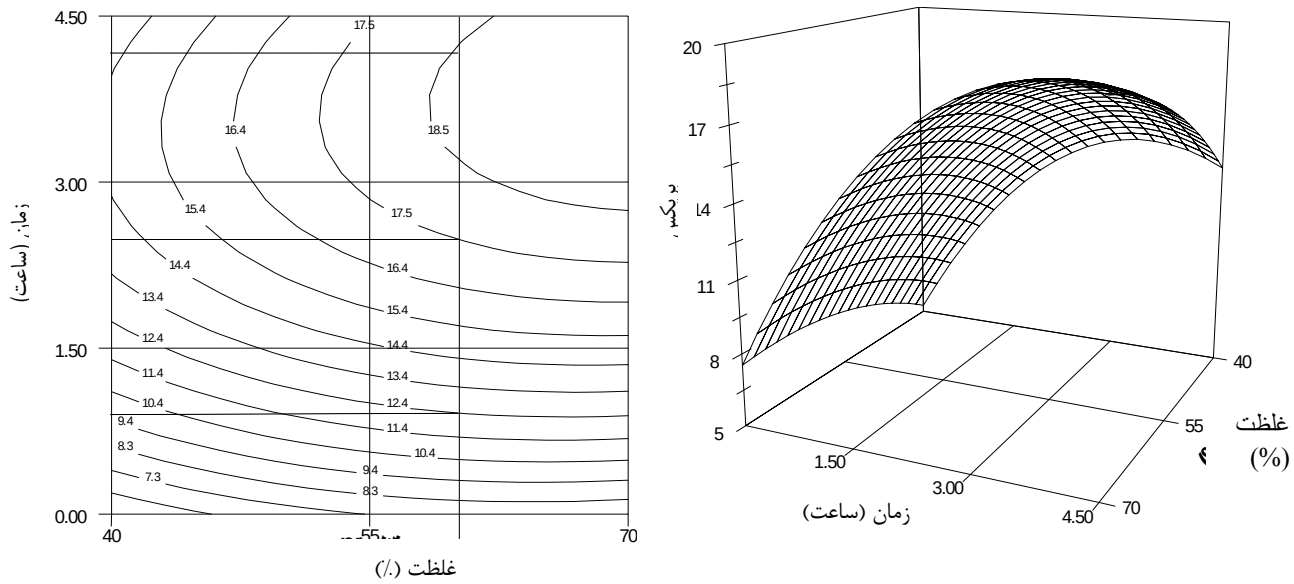
## یافته‌ها

مواد جامد محلول نمونه شاهد و نمونه‌های اسمز شده در ارتباط با غلظت محلول‌های اسمز و زمان فرایند با استفاده از رابطه رگرسیونی زیر به شکل نمودار صفحه‌ای و کنتور در شکل‌های ۱ الف و ب نشان داده شده است.

در این شکل $Bx$ نشان‌گر مواد جامد محلول، $c$ غلظت محلول ساکارز و $t$ زمان فرایند اسمز هستند.

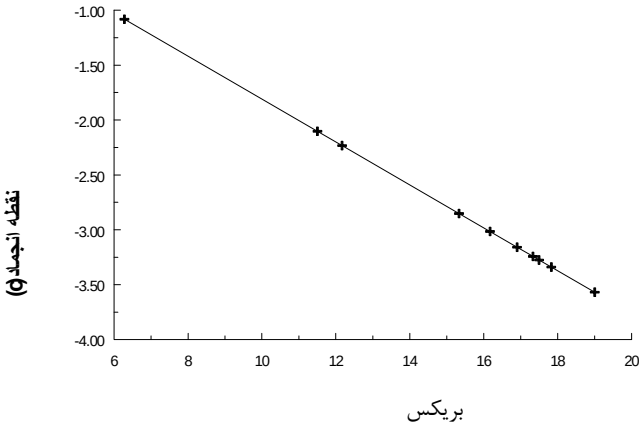
معادله (۶)

$$Bx = -9.285 + 0.531c + 4.52t + 0.0237ct - 0.00415c^2 - 0.799t^2 \qquad R^2 = 0.91$$




**شکل ۱.** منحنی صفحه‌ای (الف) و کنتور (ب) تغییرات بریکس طالبی

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]




**شکل ۲.** تغییرات نقطه انجماد نمونه‌های طالبی با افزایش بریکس

نقطه انجماد محصول برای نمونه‌های مختلف که دارای مواد جامد محلول متفاوتی می‌باشند ( شکل ۲). به دلیل حضور مواد جامد محلول نقطه انجماد طالبی مانند بقیه میوه‌ها از آب متفاوت بوده و برابر با ۱/۰۸- درجه سانتی‌گراد است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش بریکس نقطه انجماد محصول کاهش می‌یابد. تفاوت بین نمونه‌ها لزوم کنترل دقیق دما در طول فرایند انجماد را نمایان‌گر می‌سازد.

رابطه رگرسیونی بین نقطه انجماد و غلظت محلول اسمز و زمان فرایند نیز با توجه به داده‌های به دست آمده برای نقطه انجماد طبق معادله ۷ استخراج شد.

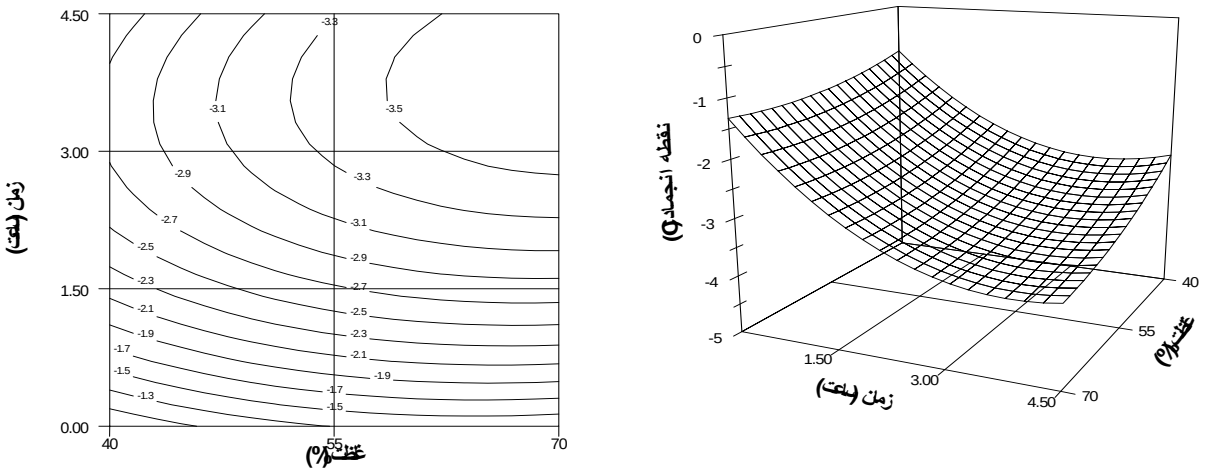
که $F_p$ نقطه انجماد، $c$ غلظت محلول ساکارز و $t$ زمان فرایند اسمز می‌باشند.

با توجه به رابطه فوق ارتباط نقطه انجماد با پارامترهای فرایند نیز به شکل منحنی‌های صفحه‌ای (شکل ۳ الف) و کنتور (شکل ۳ ب) نشان داده شده است.

با استفاده از معادله ۷ و شکل‌های ۳ الف و ب امکان پیش‌بینی نقطه انجماد محصول بر اساس خصوصیات فرایند (غلظت و زمان) همانند آن‌چه که در مورد بریکس گفته شد میسر می‌شود. در حالت کلی می‌توان با توجه به غلظت و زمان فرایند اسمز بریکس و نقطه انجماد محصول نهایی را مشخص نمود و یا حتی با در نظر گرفتن میزان مطلوب برای یکی از موارد شامل غلظت محلول ساکارز، زمان فرایند، مواد جامد محلول یا نقطه انجماد محصول سایر شرایط مجهول فرایند و نتایج حاصل از آن شرایط را به دست آورد.

معادله (۷)

$$F_p = 1.962 - 0.104c - 0.883t - 0.00464ct + 0.000812c^2 + 0.156t^2 \qquad R^2 = 0.91$$




**شکل ۳.** منحنی صفحه‌ای (الف) و کنتور (ب) نقطه انجماد در نمونه‌های طالبی

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]

**جدول ۱.** رطوبت، گرمای ویژه و انرژی مورد نیاز برای فرایند نمونه‌های طالبی پس از اتمام زمان اسمز در غلظت‌های آزمایش

| غلظت محلول اسمز (درصد) | زمان (ساعت) | جزء وزنی آب | $c_1$ (kj/kg°c) | $c_2$ (kj/kg°c) | $Q_1$ (kj/kg) | $Q_2$ (kj/kg) | $Q_T$ (kj/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱/۵ | ۰/۸۵۴ | ۳/۷۵۳ | ۱/۹۱۰ | ۱۰۱/۷۱۳ | ۳۴/۱۸۱ | ۴۶۹/۸۹۴ |
| ۴۰ | ۳ | ۰/۸۴۲ | ۳/۷۱۷ | ۱/۸۹۵ | ۱۰۱/۲۲۴ | ۳۳/۶۶۲ | ۴۶۸/۸۸۷ |
| | ۴/۵ | ۰/۸۲۲ | ۳/۶۵۷ | ۱/۸۶۹ | ۱۰۱/۸۵۱ | ۳۲/۰۵۹ | ۴۶۷/۹۱۰ |
| | ۱/۵ | ۰/۸۱۴ | ۳/۶۳۵ | ۱/۸۶۰ | ۱۰۱/۸۲۹ | ۳۱/۵۹۴ | ۴۶۷/۴۲۳ |
| ۵۵ | ۳ | ۰/۷۸ | ۳/۵۳۴ | ۱/۸۱۸ | ۹۹/۵۰۱ | ۳۰/۶۱۳ | ۴۶۴/۱۱۴ |
| | ۴/۵ | ۰/۷۶۷ | ۳/۴۹۳ | ۱/۸۰۱ | ۹۸/۶۶۱ | ۳۰/۱۷۶ | ۴۶۲/۸۳۷ |
| | ۱/۵ | ۰/۷۹۶ | ۳/۵۸۰ | ۱/۸۳۷ | ۱۰۱/۲۲۲ | ۳۰/۷۲۴ | ۴۶۵/۹۴۶ |
| ۷۰ | ۳ | ۰/۷۷۸ | ۳/۵۲۶ | ۱/۸۱۴ | ۹۹/۹۲۴ | ۳۰/۲۲۸ | ۴۶۴/۱۵۳ |
| | ۴/۵ | ۰/۷۴۵ | ۳/۴۲۸ | ۱/۷۷۳ | ۹۷/۹۴۶ | ۲۹/۱۴۰ | ۴۶۱/۰۸۷ |
| شاهد | | ۰/۹۳۵ | ۳/۹۹۵ | ۲/۰۱۱ | ۱۰۴/۱۹۶ | ۳۸/۰۵۴ | ۴۷۶/۲۵۰ |

## بحث

همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت محلول ساکارز و سپری شدن زمان بریکس نمونه‌ها افزایش نشان می‌دهد و بیشترین مقدار آن در غلظت ۷۰ درصد و پس از گذشت ۴/۵ ساعت به دست می‌آید. ولی باید افزود که زمان تأثیر معنی‌داری در افزایش بریکس نمونه‌ها ندارد. با استفاده از این نمودارها می‌توان مقدار بریکس را در هر ترکیب غلظت و زمانی به دست آورد. این امر به راحتی با استفاده از نمودار کنتور امکان‌پذیر است. برای مثال چنان‌چه از محلول با غلظت ۶۰ درصد ساکارز (غلظتی که در آزمایش استفاده نشده است) برای فراوری استفاده شود. با رسم خطی از نقطه ۶۰ و موازی با محور زمان (خط ممتد در شکل ۱ ب) می‌توان با توجه به زمان بریکس محصول را در انتهای فرایند پیش‌بینی نمود. همان‌طور که در شکل ۱ ب توسط خطوط نقطه چین نشان داده شده است، چنان‌چه زمان فرایند برای مثال ۱، ۲/۵ و ۴ ساعت باشد مواد جامد محلول نمونه‌ها با توجه به نقطه تقاطع خطوط نقطه چین و خط ممتد با خطوط کنتور منحنی به ترتیب ۱۲/۴، ۱۷/۶ و ۱۸/۶ به دست خواهند آمد. همین‌طور با در نظر داشتن بریکس خاصی می‌توان غلظت و زمان مطلوب فرایند را نیز به دست آورد.

همان‌طور که انتظار می‌رود با توجه به حذف آب از محصول و جذب مواد محلول توسط ماده غذایی میزان آب یا به عبارت دیگر رطوبت محصول نهایی کاهش می‌یابد. این ویژگی در مورد طالبی تحت تأثیر غلظت محلول و زمان فرایند اسمز می‌باشد که مقدار آن از ۹۳/۵ درصد نهایتاً به ۷۴/۵ درصد پس از ۴/۵ ساعت فرایند در محلول ۷۰ درصد ساکارز کاهش می‌یابد (جدول ۱). با توجه به این تغییرات گرمای ویژه محصول که جزو خصوصیات با اهمیت مواد غذایی در فرایندهایی که با انتقال حرارت همراه هستند محسوب می‌شود نیز تغییر پیدا خواهد کرد. مقدار این ویژگی در بالا و زیر نقطه انجماد برای مواد غذایی متفاوت خواهد بود. مقادیر گرمای ویژه برای نمونه‌های تحت آزمایش با استفاده از معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه و در جدول ۱ گزارش شده است، از این خصوصیت برای محاسبه انرژی موردنیاز برای فرایند انجماد استفاده می‌شود. با توجه به دمای آزمایش (۲۵ درجه سانتی‌گراد) میزان انرژی لازم برای کاهش دمای محصول از این دما تا نقطه انجماد ($Q_1$) و از نقطه انجماد تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد ($Q_2$) یعنی دمای نگهداری محصولات منجمد (۲۰) محاسبه شد (جدول ۱). با توجه به انرژی لازم برای خنک کردن محصول، گرمای نهان انجماد و انرژی لازم برای کاهش دمای محصول تا دمای نگهدای انرژی کل مورد نیاز برای فرایند انجماد ($Q_T$) به ازا واحد وزن محصول محاسبه شد (جدول ۱).

با توجه به داده‌ها و اطلاعات فوق امکان محاسبات مهندسی فرایند انجماد محصول حتی قبل از انجام فرایند اسمز میسر می‌شود. این امر موجب تسهیل در طراحی فرایند شده و یا این که می‌توان با توجه به مسائل اقتصادی فرایند اسمز را به نحوی طرح ریزی نمود که منطبق بر امکانات موجود باشد. هم‌چنین با کاهش نقطه انجماد شاید بتوان میوه‌ها را بدون انجماد و در دمایی کمی بالاتر از نقطه

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]

انجماد آن‌ها نگهداری نمود تا از معایب فرایند انجماد جلوگیری به عمل آید. در صورتی که از نقطه نظر فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمیایی نیز این امر امکان‌پذیر باشد که بررسی این موضوع نیازمند پژوهش‌های آتی است.

هم‌چنین در سردخانه‌های بالای صفر با تنظیم دقیق دما می‌توان از افت دما به زیر نقطه انجماد و آسیب‌های وارده به محصول در حال نگهداری جلوگیری به عمل آورد.

## References


1. Alzamora SM, Gerschenson LN, Vidales S, Nieto A. Structural changes in the minimal processing of fruits: some effects of blanching and sugar impregnation. New York: Chapman & Hall 2000. p. 117-40.
2. Alvarez CA, Augerre R, Vidales S, Alzamora M, Gereschenson LN. Air dehydration of strawberries: effects of blanching and osmotic parameters on the kinetics of moisture transport. J Food Eng 1995; 25: 167-78.
3. Nieto A, Salvatori D, Castro MA, Alzamora SM. Air drying behavior of apples as affected by blanching and glucose impregnation. J Food Eng 1998; 36: 63-79.
4. Nieto A, Castro MA, Salvatori D, Alzamora SM. Structural effects of vacuum solute infusion in mango and apple tissues. Drying 1998; 98: 2134-41.
5. Forni E, Torreggiani D, crivelli G, Mastrelli A, Bertolo G, Santelli F. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwifruit. Acta horticulturae 1987; 282: 425-33.
6. Giangiacomo R, Toreggiani D, Erba ML, Messina G. Use of osmodehydrofrozen fruit cubes in yogurt. Ital J Food Sci 1994; 6: 345-50.
7. Pinnavaia G, Dalla Rosa NI, lerici CR. Dehydro-freezing of fruits using direct osmosis as concentration process. Acta aliment polonic 1988; 14: 51-7.
8. Bolin HR, Huxsoll CC. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. J Food Sci 1993; 58: 357-60.
9. Crowe JH, Clegg JS, Crowe LM. anhydrobiosis the water replacement hypothesis. 1998; London: Blackie academic & professional 1998. p. 350-5.
10. Torreggiani, D. Technological aspects of osmotic dehydration in foods. Lancaster: Technomic publishing 1995. p. 240-60.
11. Zhang, M. Quick frozen food. 1998; Beijing: Chinese light industry press 1998. p. 220-35.
12. Ancos BD, Gonzalez EM, Cano MP. Ellagic acid, vitamin c, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. J Agr Food Chem 2000; 48: 4565-70.
13. Robbers M, Singh RP, Cunha LM. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. J Food Sci 1997; 62: 1039-47.
14. Chiralt A, Martinez-navarrete N, Martenez- monzo J, Talenz P, Moraga G. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. J Food Eng 2001; 49: 129-35.
15. Zhang M, Duan ZH, Zhang JF, Peng J. Effects of freezing conditions on quality of areca fruits. J Food Eng 2004; 61: 393-97.
16. Jie W, Lite L, Yang D. The correlation between freezing point and soluble solids of fruits. J Food Eng 2003; 60: 481-4.
17. Talens P, Escrich I, Martinez-Navarrete N, Chiralt A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. Food Res Int 2003; 36: 635-42.
18. AOAC. Official Methods of Analysis. (13th ed. N22018). Washington D.C: Assocation of Analytical Chemists 1980. p. 534-6.
19. Seid Razavi K. Principels of food engineering. Tabriz: Amidi publication 1997. p. 60-75.
20. Archer DL. Freezing: an underutilized food safety technology? Int J Food Microbiol 2004; 90: 127-38.


[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]

# Freezing point prediction of processed production with different sucrose content

*Amidi Fazli F[*1], Dezyani M [2] ,Ezzati R[2], Amidi Fazli N[3], Kooshki MR[4], Soleimani M[5]*

1. **Corresponding author: Academic member, Dept. of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Soofian Branch. E-mail: amidi_f@yahoo.com*
2. *Academic member, Dept. of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Soofian Branch.*
3. *Member of Young Research Club of Islamic Azad University, Tabriz Branch*
4. *Assistant Prof., Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences, Food Science and Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*
5. *Students' Research Committee, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran ,Iran.*

## Abstract

**Background and Objective:** During years freezing progressed and new methods investigated which insure high quality and increase acceptability of products. Osmosis treatment before freezing is a novel method which by lowering water content before freezing can limit damages caused by ice expansion during ice formation.

**Materials and Methods:** The current study was carried out to determine osmotically dehydrated cantaloupe characteristic and introduce a model to predict its freezing point. Samples were washed, peeled and cut into cubes of 4×2.5×2 Cm. The cubes were submerged in sucrose syrup (40, 55 and 70%) for the periods of (1.5, 3 and 4.5 h.) at room temperature (25 ˚C). The fruit to syrup ratio was 1:3 in all treatments. Moisture content, total soluble solids, freezing point, specific heat of product and required energy for freezing process were measured and calculated.

**Results:** Results indicated that water content decreased with time and increased syrup concentration on the other hand brix increased due to syrup concentration. Freezing point, specific heat and required energy for freezing process decreased according to above changes.

**Conclusion:** Perhaps by reducing the freezing point of fruits, they can be kept without freezing at temperatures slightly above the freezing point. This prevents disadvantage of the freezing process. If it is possible through microbial and biochemical point of view.

**Keywords:** Osmotic dehydration, Freezing point, Cantaloupe

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10 ]