بررسی تأثیر افزودن گلیسرول و شربت گلوکز بر تبلور قندها در انجیرخشک

سارا انصاری، عسگر فرحناکی* و مهسا مجذوبی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۹/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۹)

چکیده

تبلور فرایند بسیار مهمی در ارتباط با کیفیت محصولات غذایی است که کنترل آن نقش بسیار قابل توجهی در ظاهر، بافت و پایداری بسیاری از محصولات طی نگه‌داری آنها دارد. رطوبت پایین و مقدار قند بالای میوه‌های خشک نظیر انجیر موجب گردیده که تبلور یک ضعف عمده برای این میوه‌ها محسوب شود. در این تحقیق با استفاده از تفرق اشعه ایکس میزان تبلور قندها در انجیر در رطوبت نسبی‌های مختلف بررسی شد و تأثیر دو پلاستیسایزر گلیسرول و شربت گلوکز (دکستروز معادل ۳۸) در سطح ۴۰٪ بر این پدیده مطالعه گردید. نتایج نشان داد که گلیسرول و شربت گلوکز هر دو محتوای رطوبت تعادلی انجیر را به صورت معنی‌داری افزایش داده و از تبلور قندها در انجیر جلوگیری می‌کنند. گلیسرول در مقایسه با شربت گلوکز در این زمینه نقش مؤثرتری داشت به طوری که میزان تبلور قندها در حضور آن به حدود $\frac{1}{3}$ نمونه کنترل کاهش یافت. این پدیده مربوط به خاصیت هیگروسکوپی بیشتر گلیسرول و در نتیجه محتوای رطوبتی بیشتر انجیر تیمار یافته با آن در مقایسه با شربت گلوکز است.

واژه‌های کلیدی: تبلور، گلیسرول، شربت گلوکز، انجیر

مقدمه

تبلور فرایند مهمی در ارتباط با کیفیت محصولات غذایی است که کنترل آن نقش قابل توجهی در شکل و وضعیت ظاهری، بافت و پایداری محصول طی نگه‌داری دارد. بروز پدیده تبلور در یک محصول، هم‌چنین اندازه و شکل کریستال‌ها بسته به نوع آن ممکن است مطلوب (مانند تافی) یا نامطلوب (مانند مربا، کارامل و ژل) باشد(۲). تبلور کنترل شده کره کاکائو در شکلات‌سازی منجر به توسعه فرم‌هایی از کریستال‌های چربی می‌شود که تأثیر مطلوبی بر مشتری پسندی آنها دارد. تبلور نامطلوب در این محصولات نیز می‌تواند باعث ایجاد ظاهر نامناسب و احساس دهانی نامطلوب گردد، اگرچه باید در نظر داشت که مکانیسم تبلور در چربی‌ها و قندها متفاوت است (۱۳).

میوه‌های خشک به طور تقریبی حاوی ۲۳-۱۳٪ رطوبت و ۶۰٪ قند می‌باشند. با توجه به مقدار بالای قند در این محصولات، تبلور یک ضعف عمده برای میوه‌های خشک نظیر انجیر محسوب می‌شود. چرا که در رطوبت نسبی حدود ۶۰٪ و بالاتر از آن رسوب سفید رنگی(Whitish precipitate) روی

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

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: farahnak@shirazu.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

سطح انجیر تشکیل می‌شود که منجر به افت کیفیت آن می‌گردد. مطالعات زیادی در زمینه جلوگیری از تبلور در محصولات خشک از طریق افزایش دمای انتقال حالت شیشه‌ای (Glass transition temperature (T_g)) (با افزودن ترکیبات با وزن مولکولی بالا) صورت گرفته است. مخلوط کردن قندهای بی‌شکل با این مواد به طور مؤثری سرعت تبلور را کاهش می‌دهد، گرچه ممکن است تغییر چندانی در دمای انتقال حالت شیشه‌ای ایجاد نکند(۸). مازوبر و همکاران در سال ۲۰۰۱، گزارش کردند که در مخلوط لاکتوز- تری هالوز تبلور لاکتوز به تأخیر می‌افتد بدون این که افزایشی در دمای انتقال حالت شیشه‌ای مخلوط صورت گرفته باشد. به طور کلی این ترکیبات بر تبلور تأثیرگذار می‌باشند که این امر با کاهش تحرک مولکولی (مرتبط با افزایش در دمای انتقال حالت شیشه‌ای) و هم‌چنین با جلوگیری از به هم پیوستن واحدهای در حال رشد در شبکه بلوری صورت می‌گیرد که این اثرات به ساختار مولکولی ترکیبات اضافه شده بستگی دارد (۱۲).

آب، پلی‌ال‌ها (نظیر گلیسرول و سوربیتول) و ترکیبات قندی از معمول‌ترین پلاستیسایزرهای استفاده شده در محصولات غذایی هستند که با کاهش دمای انتقال حالت شیشه‌ای تغییرات قابل ملاحظه‌ای را درخواص فیزیکوشیمیایی و تبلور در طی نگه‌داری محصول ایجاد می کنند. از کاربردهای متنوع این ترکیبات افزودن گلیسرول به انواع کشمش جهت بهبود بافت آنها در رطوبت نسبی‌های پایین هنگام اختلاط با غلات است. اثر پلاستیسایزری این ترکیبات مبتنی بر تضعیف باندهای هیدروژنی و برهمکنش‌های درون و بین مولکولی توسط مولکول‌های پلاستیسایزر است. پلی‌ال‌های نظیر گلیسرول هم‌چنین باعث افزایش میزان آب تعادلی مواد غذایی در یک فعالیت آبی مشخص می‌شوند (۱۳).

سرعت تبلور قندها در یک ماده غذایی تا حد زیادی به ترکیبات آن بستگی دارد. به عنوان مثال غلظت بالای نمک موجب تعویق تشکیل کریستال‌های لاکتوز می‌شود(۷). ایگلسیاس و چریف در سال ۱۹۷۸ تأخیر در تبلور ساکارز را در حضور ترکیبات پلیمری نظیر کربوکسی متیل سلولز و آلجینات سدیم گزارش کردند(۶). شبملین و همکاران در سال ۱۹۹۶ نشان دادند که افزودنی‌های پلیمری(پلی وینیل پیرولیدین) با وجود تأثیر بسیار کم بر دمای انتقال شیشه‌ای سیستم‌های ترکیبی، اثر بازدارنده ای بر تبلور ساکارز دارند (۱۵). اثر بازدارندگی قابل ملاحظه پلولان از تبلور لاکتوز نیز توسط بیلیادریس و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش شده است(۳). ژوپیلا و روس در سال ۱۹۹۴ و کمرول هاک و روس نیز در سال ۲۰۰۴ در همین رابطه دریافتند که حضور پروتئین‌های شیر و دیگر ترکیبات موجود در ماده جامد شیر در تبلور لاکتوز در شیر خشک تداخل ایجاد کرده و موجب کاهش سرعت تبلور می‌شوند (۸ و ۹).

با توجه به نتایج حاصل شده در مورد پتانسیل استفاده از گلیسرول و شربت گلوکز در بهبود بافت انجیر خشک همراه با پایین نگه داشتن فعالیت آبی و به تبع آن کنترل رشد میکروبی و تأثیرات قابل توجه افزودن این دو ماده بر منحنی‌های ایزوترم جذبی انجیر، در تحقیق حاضر تأثیر گلیسرول و شربت گلوکز بر تبلور قندها با استفاده از دستگاه X-ray diffractometer ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

الف) آماده‌سازی نمونه

انجیر خشک رقم سبز از مرکز تحقیقات انجیر استهبان (استان فارس) تهیه گردید که برای یکنواخت کردن آن جهت مطالعه تأثیر پلاستیسایزرها با استفاده از دستگاه آسیاب (مدل Mammonlex، ساخت تایوان) به پودر تبدیل شد. رطوبت اولیه انجیر خشک ۱۱٪ و میزان قند آن ۶۹/۱٪ بود. پودر انجیر در آون تحت خلا در دمای ۶۰-۷۰°C خشک و سپس مقدار مورد نظر(۴۰٪ وزنی) از گلیسرول یا شربت گلوکز (با دکستروز معادل ۳۸) به آن اضافه و به طور کامل مخلوط گردید. یک نمونه هم به عنوان کنترل (بدون گلیسرول یا شربت گلوکز)، در هر دو تیمار در نظر گرفته شد. سپس هر کدام از نمونه‌ها با سه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

تکرار در ظروف سربسته حاوی محلول های نمکی فوق اشباع (LiCl، CH_3COOK، NaI، $NaNO_2$، $NaNO_3$، KCl) جهت تامین رطوبت نسبی ۰/۸۴-۰/۱۱ در دمای ۲۵°C قرار گرفت (جدول ۱). به منظور کنترل دما ظروف سربسته در داخل اینکوباتور مجهز به سیستم کنترل دما قرار داده شدند. محتوای رطوبتی نمونه‌ها به روش وزن سنجی استاتیک مطابق با دستورالعمل COST90 (5) تعیین گردید. این روش به دلیل سادگی، عدم نیاز به تجهیزات پیچیده و دقت بالا کاربرد بسیار گسترده ای دارد. برای این منظور توزین نمونه‌ها هر دو روز یکبار توسط ترازوی الکترونیکی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. حالت تعادلی هنگامی در نظر گرفته شد که میان سه مرتبه توزین پیاپی اختلاف وزن کمتر از ۱٪ باشد. نمونه‌های حاصل پس از رسیدن به تعادل تا زمان انجام آزمایش‌های X-ray در فریزر ۱۸°C- نگه‌داری شدند.

ب) بررسی میزان تبلور قندها(Sugar crystallinity)

میزان تبلور قند نمونه‌های انجیر (کنترل، انجیر با ۴۰٪ گلیسرول و انجیر با ۴۰٪ شربت گلوکز) با استفاده از دستگاه X-ray diffractometer (مدل Brucker D8 Advance ، ساخت آلمان) تحت شرایط زیر انجام گردید:

اشعه آلفا از منبع CuK با طول موج 0.1546 nm step time, ۶ ثانیه، 40kV, 40mA با step scan ۰/۰۵ درجه در ناحیه $2\theta = 4 - 38^{o}$.

درصد میزان قند کریستال شده با استفاده از نرم‌افزار Eva طراحی شرکت سازنده دستگاه محاسبه گردید. بدین منظور طیف هر یک از نمونه‌ها ابتدا نرمال (Normalize)، سپس با روش Fourier transform ، smooth گردید و آنگاه نسبت سطح نواحی کریستالی به کل طبق فرمول زیر به دست آمد.

$$X_c = \frac{A_c}{A_c + A_a}$$

A_c و A_a به ترتیب سطوح مناطق کریستالی و غیر کریستالی هستند (۱۰).

ج) آنالیز آماری

اندازه‌گیری محتوای رطوبتی نمونه‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام پذیرفت. پس از آنالیز واریانس و تعیین معنی‌دار بودن اختلاف‌ها، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و عملیات تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار CO-STAT اجرا گردید.

نتایج و بحث

بررسی منحنی‌های ایزوترم جذبی

محتوای رطوبت تعادلی انجیر کنترل و انجیر تیماریافته با ۴۰٪ گلیسرول یا شربت گلوکز، در دامنه فعالیت آبی ۰/۱۱ تا ۰/۸۴ و دمای ۲۵°C در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد در یک دمای ثابت، مقدار رطوبت تعادلی هر سه نمونه (کنترل ،۴۰٪ گلیسرول و ۴۰٪ شربت گلوکز) با افزایش رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر نمونه‌های تیمار یافته با گلیسرول و شربت گلوکز محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با نمونه‌های کنترل دارا می‌باشند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز حاکی از معنی‌دار بودن تأثیر گلیسرول و شربت گلوکز بر محتوای رطوبت تعادلی نمونه‌ها در سطح ۹۵٪ است. این مسأله تأییدی بر ماهیت هیگروسکوپی گلیسرول و شربت گلوکز، و نیز نقش آنها به عنوان پلاستیسایزر است. کوپلند و همکاران در سال ۲۰۰۰ در بررسی تأثیر گلیسرول بر رفتار جذبی رطوبت، در فیلم‌های ایزوله پروتئین آب پنیر به نتایج مشابهی دست یافتند(۴).

با رسم مقادیر رطوبت تعادلی به دست آمده در مقابل فعالیت آبی در یک دمای ثابت، منحنی‌های همدما یا ایزوترم جذبی به دست می‌آیند(۱). نمودار ۱ بیانگر تأثیر گلیسرول و شربت گلوکز بر ایزوترم‌های جذبی انجیر در دماهای ۲۵°C است. این نمودار نیز نتایج قبلی را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که این ترکیبات (گلیسرول و شربت گلوکز) به عنوان پلاستیسایزر موجب نگه‌داری رطوبت بیشتر در محصول می‌شوند. به علاوه همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نمونه‌های تیمار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

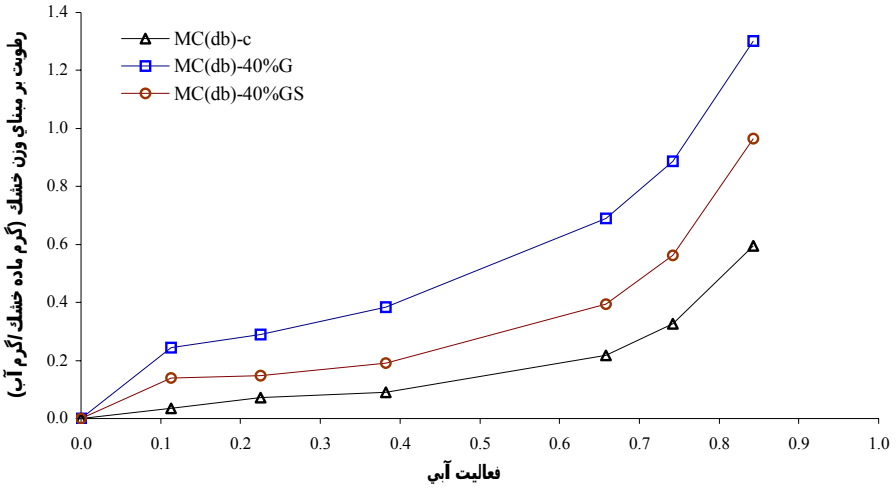
[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

جدول ۱. فعالیت آبی محلول‌های فوق اشباع نمک‌های مورد استفاده در دمای ۲۵°C

نمک	فعالیت آبی
LiCl	۰/۱۱۲
CH3COOK	۰/۲۲۷
NaI	۰/۳۸۲
$NaNO_2$	۰/۶۴۳
$NaNO_3$	۰/۷۴۳
KCl	۰/۸۴۳

جدول ۲. مقادیر رطوبت تعادلی به دست آمده برای انجیر کنترل، انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ گلیسرول و شربت گلوکز در رطوبت نسبی‌های مختلف طی دمای ۲۵°C

فعالیت آبی(a_w)	۰/۱۱۲	۰/۲۲۷	۰/۳۸۲	۰/۶۴۳	۰/۷۴۳	۰/۸۴۳
رطوبت تعادلی بر پایه خشک (گرم ماده خشک/گرم آب):						
انجیر (کنترل)	۰/۰۳۴^{c}	۰/۰۷۲^{c}	۰/۰۹۰^{c}	۰/۲۱۸^{c}	۰/۳۲۷^{c}	۰/۵۹۵^{c}
انجیر +۴۰٪ گلیسرول	۰/۲۴۵^{a}	۰/۲۹۰^{a}	۰/۳۸۴^{a}	۰/۶۹۰^{a}	۰/۸۸۷^{a}	۱/۳۰۱^{a}
انجیر +۴۰٪ شربت گلوکز	۰/۱۴۱^{b}	۰/۱۴۷^{b}	۰/۱۹۱^{b}	۰/۳۹۴^{b}	۰/۵۶۲^{b}	۰/۹۶۶^{b}



نمودار ۱. تأثیر گلیسرول و شربت گلوکز بر ایزوترم جذبی انجیر در دمای ۲۵°C (c : انجیر کنترل، 40%G: انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ گلیسرول، 40%GS: انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ شربت گلوکز).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

یافته با گلیسرول محتوای رطوبت تعادلی بالاتری را در مقایسه با شربت گلوکز دارا هستند. از آنجا که گلیسرول در مقایسه با شربت گلوکز ماده هیگروسکوپ تری بوده و توانایی جذب رطوبت آن بالاتر است، این مسأله قابل توجیه است.

شکل منحنی ایزوترم جذبی برای نمونه‌های کنترل، نوع ۱ (Type 1) است که فرم معمول در محصولات با محتوی قند بالا می‌باشد. قسمت ابتدایی منحنی (a_w<۰/۶۵) با شیب کم بوده و نشان‌دهنده شرایط جاذب الرطوبتی کم است، در حالی که قسمت انتهای منحنی (a_w>۰/۶۵) با شیب بالا بوده و نشان‌دهنده شرایط جاذب الرطوبتی بالاست (۱ و ۱۴). این در حالی است که با افزودن گلیسرول یا شربت گلوکز شکل منحنی‌های ایزوترمی تغییر کرده و به سمت مدل‌های معمول سیگموئیدی که در مورد اغلب مواد غذایی گزارش شده است می‌رود.

بررسی میزان تبلور قندها

نمونه‌های انجیر کنترل (بدون گلیسرول یا شربت گلوکز)، انجیر با ۴۰٪ گلیسرول و یا با ۴۰٪ شربت گلوکز پس از به تعادل رسیدن در فعالیت آبی (رطوبت نسبی) های مختلف تا قبل از آزمایش X-ray در فریزر $18^{\circ}C$- نگه‌داری شدند. علت استفاده از فریزر نگه‌داری نمونه‌ها در حالت انتقال شیشه‌ای(Glassy state) و به حداقل رساندن تحرک مولکولی(Molecular mobility) و به تبع آن توقف تبلور و یا عمل عکس آن بود.

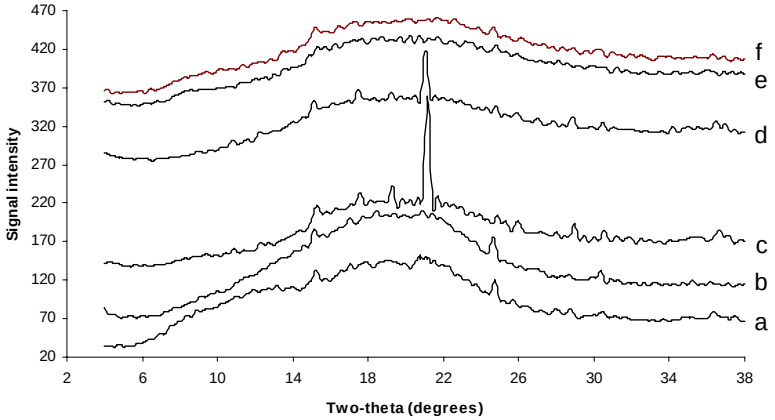
دیفرکتوگرام‌های حاصل از آزمایش‌های X-ray روی نمونه‌ها در نمودارهای ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. در این دیفرکتوگرام‌ها وجود پیک‌های تیز نشان‌دهنده حالت کریستاله قندهای موجود در انجیر است. به طور کلی مواد بی شکل دیفرکتوگرام‌های پهن و کشیده بدون پیک دارند، حال آن‌که در مورد مواد کریستالی پیک‌های تیز(Sharp peaks) دیده می‌شود که بدان علت است که انعکاس X-ray برخورد کرده به سطح نمونه با ساختار کریستالی و مولکولی منظم، در زوایای خاصی متمرکز شده و موجب پیدایش این نوع پیک‌ها می‌گردد. عدم تمرکز اشعه X-ray منعکس شده از سطح مواد بی‌شکل، نیز با عدم وجود پیک‌های تیز منطبق است. قابل ذکر است که محل و زاویه ظاهر شدن پیک‌های کریستالی مشاهده شده برای نمونه‌های انجیر با پیک‌های استاندارد فروکتوز کریستالی که در نمودار ۵ نشان داده شده تطبیق دارد.

پس از تجزیه و تحلیل دیفرکتوگرام نمودارهای ۲، ۳ و ۴، میزان نسبی کریستاله بودن قند در نمونه‌های انجیر کنترل، انجیر با ۴۰٪ گلیسرول و انجیر با ۴۰٪ شربت گلوکز به دست آمد که نتایج آن در جدول ۳ مقایسه شده است. در مورد انجیر کنترل مشاهده می‌شود که حداکثر درصد کریستاله بودن (۱۵/۱۴ درصد) در فعالیت آبی ۰/۳۸۲ اتفاق افتاد و در فعالیت آبی‌های بالاتر و پایین‌تر از ۰/۳۸۲ میزان کریستاله بودن قندهای موجود در انجیر کاهش یافت. به طور کلی قندهای موجود در انجیر کنترل در رطوبت نسبی‌های پایین حالت بی شکل داشته، با افزایش رطوبت نسبی محیط و در نتیجه افزایش محتوای رطوبتی نمونه به سمت سیستم‌های کریستالی تغییر فاز می‌دهند. این مسأله موجب می‌شود در الگوی دیفراکسیون X-ray نمونه‌ها در ناحیه 2θ =۲۱، پیک های مرتبط به شکل کریستالی مشاهده شود. نتایج مشابهی نیز توسط یو و همکاران در سال ۲۰۰۸ گزارش شد که مطالعاتی را در زمینه رفتار جذبی رطوبت ساکارز بی شکل انجام دادند. میزان تبلور ساکارز با افزایش رطوبت نسبی محیط افزایش یافت. این مسأله بدان دلیل می‌باشد که با افزایش رطوبت نسبی، آب بیشتری جهت تسهیل تحرک(Mobility) ساکارز و در نتیجه تسریع فرآیند تبلور در سیستم موجود می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش محتوای رطوبتی در نمونه، دمای انتقال شیشه‌ای کاهش و در نتیجه تحرک ساکارز افزایش می‌یابد(۱۱و۱۷). البته قابل ذکر است که در فعالیت آبی‌های بالا (۰/۶۴۳<)، محتوای رطوبتی نمونه‌های انجیر آنقدر افزایش یافت که بلورهای تشکیل شده حل و یا ذوب می‌شدند.

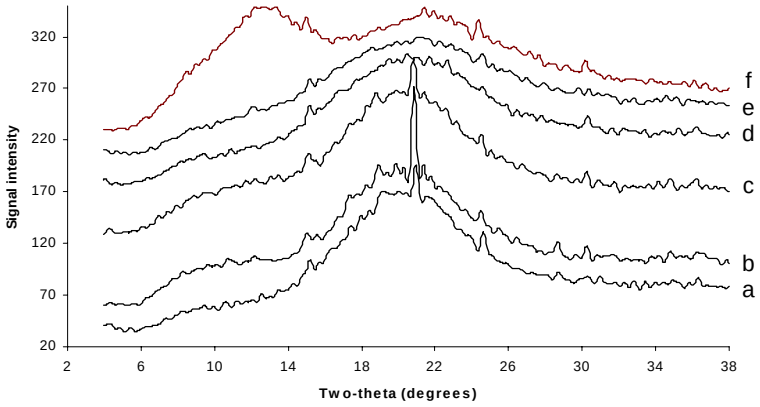
وجود ترکیبات مختلف یا دیگر قندها در محصولات غذایی به طور قابل ملاحظه‌ای بر تبلور ساکارز اثر می‌گذارد. این اثرات مرتبط با کاهش حلالیت ساکارز، کاهش سرعت رشد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

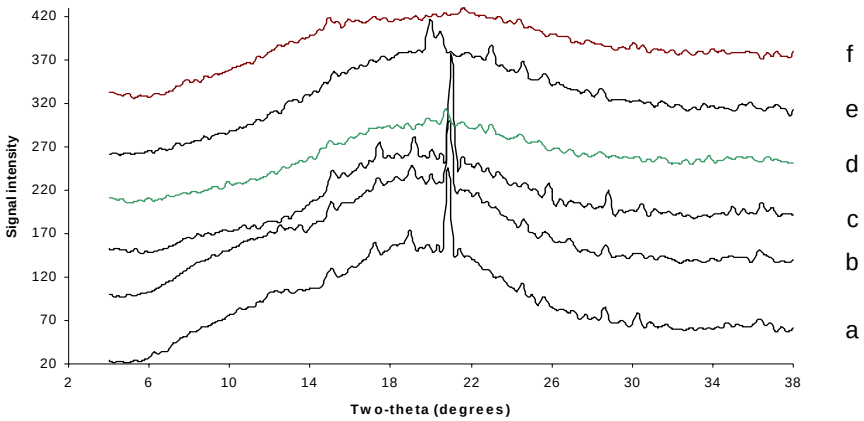
[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]



نمودار ۲. الگوی دیفرکسیون X-ray نمونه‌های انجیر کنترل به تعادل رسیده در فعالیت آبی‌های مختلف
(a:۰/۱۱۲ ، b:۰/۲۲۷ ، c: ۰/۳۸۲، d: ۰/۶۴۳ ، e:۰/۷۴۳ ، f :۰/۸۴۳) در دمای ۲۵ °C



نمودار ۳. الگوی دیفرکسیون X-ray نمونه‌های انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ گلیسرول به تعادل رسیده در فعالیت آبی‌های مختلف
(a:۰/۱۱۲ ، b:۰/۲۲۷ ، c: ۰/۳۸۲، d: ۰/۶۴۳ ، e:۰/۷۴۳ ، f :۰/۸۴۳) در دمای ۲۵ °C



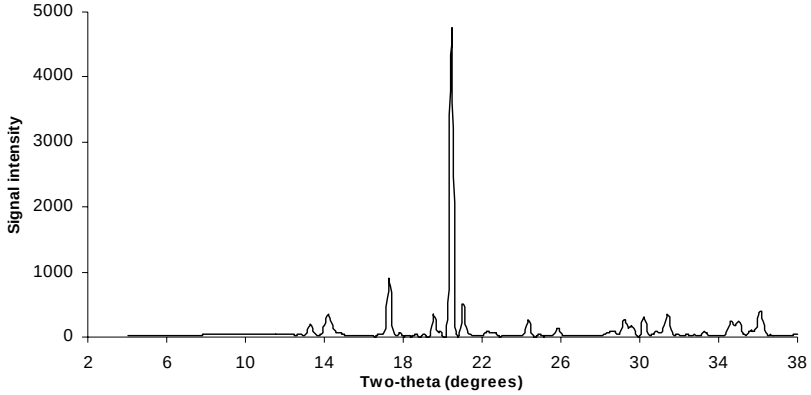
نمودار ۴. الگوی دیفرکسیون X-ray نمونه‌های انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ گلوکزسیراپ به تعادل رسیده در
فعالیت آبی‌های (a:۰/۱۱۲ ، b:۰/۲۲۷ ، c: ۰/۳۸۲، d: ۰/۶۴۳ ، e:۰/۷۴۳ ، f :۰/۸۴۳) در دمای ۲۵ °C

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

جدول ۳. درجه کریستالیزاسیون نمونه‌های انجیر تیمار یافته با گلیسرول یا شربت گلوکز در مقایسه با نمونه کنترل در فعالیت آبی‌های مختلف در دمای $25^{\circ}C$

فعالیت آبی(a_w)	درجه تبلور (٪)		
	انجیر کنترل	انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ شربت گلوکز	انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ گلیسرول
۰/۱۱۲	۱/۱۸±۰/۱۸	۳/۶۹±۰/۵۵	۲/۸۸±۰/۴۳
۰/۲۲۷	۲/۷۳±۰/۴۱	۵/۲۵±۰/۷۹	۵/۸۸±۰/۸۸
۰/۳۸۲	۱۵/۱۴±۲/۲۷	۱۱/۲۶±۱/۶۹	۵/۶۷±۰/۸۵
۰/۶۴۳	۱۳/۳۲±۲/۰۰	۹/۲۶±۱/۳۹	۱/۰۹±۰/۱۶
۰/۷۴۳	۹/۱۴±۱/۳۷	۳/۲۲±۰/۴۸	۲/۰۵±۰/۳۱
۰/۸۴۳	۲/۰۹±۰/۳۱	۱/۹۴±۰/۲۹	۱/۷۳±۰/۲۶



نمودار ۵. الگوی دیفرکسیون X-ray فروکتوز در دمای $25^{\circ}C$

کریستال‌ها و تغییر در ساختار و شکل آنها می‌باشد(۱۶). همان‌طور که در نمودار ۴ و جدول ۳ مشاهده می‌شود الگوی روند تغییرات میزان کریستاله بودن قندها در فعالیت آبی‌های مختلف در مورد انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ شربت گلوکز نیز مشابه نمونه کنترل می‌باشد. حال آن‌که حداکثر میزان قند کریستاله در انجیر تیمار یافته با ۴۰٪ شربت گلوکز کمتر از حداکثر آن در نمونه کنترل است. به طور کلی در رطوبت نسبی‌های ۰/۳۸۲ و بیشتر درصد قند کریستاله کمتر از نمونه‌های کنترل نگه‌داری شده در فعالیت آبی مشابه بود. این پدیده مربوط به خاصیت هیگروسکوپی شربت گلوکز به عنوان یک پلاستیسایزر و در نتیجه جذب و نگه‌داری رطوبت بیشتر در محصول است. محتوای رطوبتی بیشتر انجیر تیمار یافته با شربت گلوکز موجب انحلال کریستال‌های تشکیل شده در رطوبت‌های نسبی بالاتر از ۰/۳۸۲ و سوق یافتن آنها به سمت سیستم‌های انعطاف‌پذیر(Rubbery) می‌شود، این در حالی است که در رطوبت‌های نسبی پایین (کمتر از ۰/۲۲۷) که انجیر کنترل حالت شیشه‌ای داشته است با افزودن شربت گلوکز محتوای رطوبتی آن افزایش یافته و منحنی‌های X-ray آن به سمت منحنی‌های X-ray نمونه‌های کنترل در فعالیت آبی‌های بالاتر پیش می‌رود. تژوردی و همکاران در سال ۱۹۹۵ در بررسی تأثیر شربت گلوکز بر تبلور ساکارز بدین نتیجه دست یافتند که افزودن شربت گلوکز با درجات مختلف پلیمریزاسیون موجب

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

کاهش تبلور ساکارز به مقادیر مختلف می‌گردد. شربت گلوکزهای با درجه پلیمریزاسیون(Degree of polymerization) بالا اثر بازدارندگی کمتری بر تبلور ساکارز داشتند. این محققین مکانیزم‌های معمول در جلوگیری از رشد کریستال‌ها توسط شربت گلوکز را به افزایش ویسکوزیته (که موجب جلوگیری از انتشار مولکول‌های ساکارز به سطح کریستال و در نتیجه کاهش رشد آن می‌شود)، هم‌چنین جذب سطحی مولکول‌های شربت گلوکز به سطح کریستال‌ها و در نتیجه جلوگیری از الحاق ساکارز به شبکه کریستالی نسبت دادند(۱۶).

مقایسه نتایج حاصل شده در مورد نمونه‌های حاوی ۴۰٪ گلیسرول (جدول ۳) نشان داد که میزان قند کریستاله در حضور گلیسرول بسیار کمتر از نمونه کنترل و نمونه همراه با شربت گلوکز بوده است. به طوری که حداکثر این مقدار در فعالیت آبی ۰/۲۲۷ و به میزان ۵/۸۸٪ دیده شد. هم‌چنین در حضور گلیسرول، حداکثر قند کریستاله در فعالیت آبی ۰/۳۸۲ و ۰/۲۲۷ بود، حال آن‌که در نمونه‌های کنترل و یا نمونه‌های با ۴۰٪ شربت گلوکز حداکثر تبلوردر فعالیت آبی‌های ۰/۳۸۲ و ۰/۶۴۲ مشاهده شد.

در فعالیت آبی ۰/۳۸۲ میزان قندهای کریستاله در نمونه کنترل، نمونه تیمار یافته با گلیسرول و نمونه حاوی شربت گلوکز به ترتیب ۱۵/۱۴، ۵/۶۷ و ۱۱/۲۶ درصد بود. دلیل کاهش کمتر کریستالیزاسیون قندها در انجیر تیمار یافته با شربت گلوکز در مقایسه با انجیر تیمار یافته با گلیسرول این است که در این رطوبت نسبی محتوای رطوبتی انجیر تیمار یافته با شربت گلوکز، آن قدر افزایش نیافته که موجب انحلال کریستال‌ها و در نتیجه جلوگیری از تبلور شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از شربت گلوکز و گلیسرول در انجیر و یا محصولات حاوی مقدار قابل توجهی از این میوه می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر ایزوترم‌های جذبی آن و میزان تبلورقندهای انجیر داشته باشد. گلیسرول و شربت گلوکز هر دو باعث حرکت منحنی‌های جذبی به سمت بالاتر (افزایش میزان آب تعادلی در فعالیت آبی مشخص) شدند که افزایش گلیسرول در این زمینه تأثیر بیشتری را نشان داد. به علاوه دو ترکیب فوق هر دو موجب کاهش و به عبارت دیگر کنترل میزان تبلورقند موجود در انجیر شدند، حال آن که تأثیر گلیسرول بسیار بیشتر از شربت گلوکز بود. به طور کلی می توان گفت میزان تبلورقندها در حضور گلیسرول به حدود یک سوم نمونه کنترل کاهش یافت. یافته‌های حاصل از این تحقیق می‌تواند کاربرد مناسبی در پیش‌بینی نتایج حاصل از اضافه کردن شربت گلوکز و گلیسرول به انجیر، به ویژه در جهت بهبود بافت آن داشته باشد. اگر چه در این تحقیق تأثیر گلیسرول و شربت گلوکز بر خواص حسی انجیر ارزیابی نگردید ولی این موضوع می بایست مورد توجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Ayranci, E., G. Ayranci and Z. Dogantan. 1990. Moisture Sorption Isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C and 36°C. J. Food Sci. 55: 1591-1593.
2. Ben-Yoseph, E. and R.W. Hartel. 2006. Computer simulation of sugar crystallization in confectionery products. Innov. Food Sci. and Emerg. Technol. 7: 225–232.
3. Biliaderis, C.G., A. Lazaridou, A. Mavropoulos and N. Barbayiannis. 2002. Water plasticizing effects on crystallization behavior of lactose in a co-lyophilized amorphous polysaccharide matrix and its relevance to the glass transition. Intl. J. Food Protec. 5: 463-482.
4. Coupland, J. N., N. B. Shaw, F. J. Monahan, E. D. O'Riordan and M. O'Sullivan. 2000. Modeling the effect of glycerol on the Moisture Sorption behavior of whey protein edible films. J. Food Eng. 43: 25-30.
5. Farahnaky, A., S. Ansari and M. Majzoobi. 2009. Effect of glycerol on the moisture sorption isotherms of figs. J. Food Eng. 93:468-473.
6. Iglesias, H.A. and J. Chirife. 1978. Delayed crystallization of amorphous sucrose in humidified freeze dried model

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]

systems. J. Food Technol. 13: 137-144.
7. Jelen, P. and S.T. Coulter. 1973. Effects of certain salts and other whey substances on the growth of lactose crystals. J. Food Sci. 38: 1186-1189.
8. Jouppila, K. and Y.H. Roos. 1994. Glass transition and crystallization in milk powders. J. Dairy Sci. 77: 2907-2915.
9. Kamrul Haque, M.D. and Y.H. Roos. 2004. Water plasticization and crystallization of lactose in spray-dried lactose/protein mixtures. J. Food Sci. 69: FEP23-FEP29.
10. Kingcam, R., S. Devahastin and N. Chiewchan. 2008. Effect of starch retrogradation on texture of potato chips produced by low-pressure superheated steam drying. J. Food Eng. 89: 72-79.
11. Mathlouthi, M. and J. Genotelle. 1998. Role of water in sucrose crystallization. Carbohydrate Polymers 37: 335–342.
12. Mazzobre, M. F., G. Soto, J. M. Aguilera and M. P. Buera. 2001. Crystallization kinetics of lactose in systems co-lyofilized with trehalose. Analysis by differential scanning calorimetry. Food Res. Intl. 34: 903–911.
13. Meste, M.L., D. Champion, G. Roudaut, G. Blond and D. Simatos. 2002. Glass Transition and Food Technology: a critical appraisal. J. Food Sci. 67: 2444-2456.
14. Pixton, S.W. and S. Warburton. 1976. The relationship between moisture content and equilibrium relative humidity of dried figs. J. Stored Prod. Res. 12: 87-92.
15. Shabmlin, S.L., E.Y. Huang and G. Zografi. 1996. The effects of co-lyophilized polymeric additives on the glass transition temperature and crystallization of amorphous sucrose. J. Thermal Anal. 47: 1567-1579.
16. Tjuradi, P. and R.W. Hartel. 1995. Corn syrup oligosaccharide effects on sucrose crystallization. J. Food Sci. 60: 1353-1356.
17. Yu, X., S.M. Kappes, L.A. Bello-Perez and S.J. Schmidt. 2008. Investigating the Moisture Sorption Behavior of Amorphous Sucrose Using a Dynamic Humidity Generating Instrument. J. Food Sci. 73: E25-E35.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.48.16.6]