

تأثیر آگیری اسمزی بر ریزساختار، چروکیدگی، جذب مجدد آب، و ویژگی‌های حسی میوه به پیش تیمار شده با پوشش خوراکی فعال

مینا اکبریان^۱، بابک قنبرزاده^{۲*}، محمود صوتی^۳، جلال دهقان نیا^۴

۱. دانش‌آموخته، ۲. دانشیار ۴۳، استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۱۶)

چکیده

در این تحقیق، ابتدا بهینه‌سازی ترکیب محلول اسمزی در فرایند آگیری اسمزی میوه "به" به وسیله روش سطح پاسخ (RSM) و براساس حداکثر ضریب کارایی آگیری اسمزی (WL/SG) بررسی شد. نتایج نشان داد که فروکتوز به صورت خطی و درجه دو بر WL/SG مؤثر است، درحالی‌که کلرید کلسیم و اسیدسیتریک تأثیر معنی‌داری بر میزان WL/SG ندارند. اثر پوشش‌های خوراکی فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز-پکتین-اسیداسکوریک و همچنین اثر آگیری اسمزی بر ریزساختار میکروسکوپی، چروکیدگی، جذب مجدد آب، و ویژگی‌های حسی در ورقه‌های "به" خشک‌شده مطالعه شد. نمونه‌های پوشش‌دار و اسمز شده، دارای کمترین آسیب از نظر فروپاشی سلولی و چروکیدگی، در ریزساختار میکروسکوپی بودند و نمونه‌های اسمز شده میزان چروکیدگی کمتری در مقایسه با شاهد و نمونه پوشش‌دار اسمز نشده داشتند. به‌کاربردن پوشش‌های خوراکی، سبب کاهش جذب مجدد آب به وسیله محصول نهایی، در مقایسه با نمونه بدون پوشش گردید.

کلیدواژگان: آگیری اسمزی، پوشش خوراکی، چروکیدگی، ریزساختار میکروسکوپی، میوه "به".

مقدمه

میوه "به" (با نام علمی سیدونیا اوبلانگا)^۱ از خانواده سیب است که ترکیبات اصلی آن ۸۳/۸ درصد آب و ۱۵/۳ درصد کربوهیدرات (بر پایه مرطوب) است. میوه "به" گوشتی خشک و کرکی با طعمی ترش و تقریباً گس دارد و برای تولید کمپوت، مربا، و مارمالاد به‌کار می‌رود. خشک‌کردن میوه‌ها فرایندی شناخته‌شده برای نگهداری آنهاست و "به" خشک‌شده هم به‌عنوان جزئی از غذاهای سنتی ایرانی مانند آبگوشت، تاس‌کباب، خورش به، مربا، و مارمالاد استفاده می‌شود. پهن‌کردن در برابر نور مستقیم خورشید، روشی سنتی است که برای خشک‌کردن "به" در ایران به‌کار می‌رود. این روش و روش‌های رایج دیگر مانند خشک‌کن‌های بر پایه هوای داغ، ممکن است سبب کاهش شدید ارزش تغذیه‌ای و حسی میوه "به" (مانند افت رنگ، مزه) شوند، به‌همین دلیل، بهبود روش‌های خشک‌کردن "به" ضروری به‌نظر می‌رسد و پیش‌تیمارهای گوناگونی به‌کار برده می‌شود (Noshad, 2011). آگیری اسمزی از این دست پیش‌تیمارهاست که از مزایای آن: دمای کم (در نتیجه حداقل آسیب حرارتی به رنگ و بافت)،

کارایی انرژی زیاد، و کاهش بدرنگی ناشی از قهوه‌ای شدن است، ولی از سوی دیگر، مهم‌ترین عیب فرایند آگیری اسمزی، نفوذ مواد جامد محلول به درون بافت مواد غذایی است. کاربرد پوشش‌های خوراکی قبل از آگیری اسمزی، مناسب‌ترین راه حل برای جلوگیری از تأثیرات نامطلوب این فرایند بر ماده غذایی به‌نظر می‌رسد (Matuska & Harris, 2006). پوشش‌های خوراکی از انواع بیوپلیمرهای پلی‌ساکاریدی و پروتئینی و همچنین، لیپیدها تولید می‌شوند و برای افزایش کارایی پوشش‌ها، می‌توان مواد فعال مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد ضد میکروبی را به آن‌ها اضافه کرد.

برخی محققان نشان داده‌اند که فرایند اسمز علاوه بر انتقال جریان آب و مواد حل‌شده، موجب تغییر در ریزساختار سلولی نیز می‌شود. جریان جرمی در بافت‌های گیاهی، باعث تغییرات ساختاری مانند تغییر شکل و از بین رفتن پیوستگی اجزای اصلی سلولی در طول دوره آگیری می‌شود (Talens & Chiral, 2005). در تحقیقی، تأثیر پیش‌فرایند اسمز (محلولی سه‌گانه متشکل از ساکارز، کلرید سدیم، و آب‌مقطر)، بر ریزساختار گوجه‌فرنگی خشک‌شده با هوا بررسی شد و نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌ها، میزان آگیری و هم‌زمان با آن، میزان جذب مواد جامد نیز افزایش یافت. مقایسه بافت و تصاویر میکروسکوپی نشان داد که نمونه‌های اسمز شده،

*نویسنده مسئول: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir

نسبت آب خارج شده به ماده جامد نفوذ یافته به بافت غذایی تحت اسمز است. با توجه به این که نفوذ ماده جامد به مواد غذایی نامطلوب تلقی می شود افزایش این نسبت یکی از اهداف فرمولاسیون محلول اسمزی است. عوامل گوناگونی مانند نوع و غلظت عوامل اسمزکننده، نسبت محلول به ماده غذایی، خواص فیزیک و شیمیایی ماده غذایی، و دما بر ضریب کارایی مؤثر است.

هدف از انجام آزمایش های بهینه سازی، دستیابی به بهترین تأثیر ترکیبی از فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدسیتریک (متغیرهای مستقل آزمایش در مرحله آنگیری اسمزی) و نیز به دست آوردن مدلی ریاضی برای پیش بینی تأثیر این ترکیبات بر میزان آنگیری (WL) و میزان WL/SG اسمزی (متغیرهای وابسته آزمایش) بود. به طور کلی هدف از این پژوهش، ابتدا بهینه سازی فرمولاسیون مربوط به محلول اسمزی و سپس بررسی اثر پیش فرایندهای اسمز و پوشش دهی بر ریز ساختار میکروسکوپی، چروکیدگی، آنگیری مجدد، و خصوصیات حسی در محصولات نهایی خشک شده در خشک کن با هوای داغ است.

مواد و روش ها

مواد

در این تحقیق از میوه "به" (رقم شرف خانه با رطوبت بر پایه مرطوب ۸۰ درصد - ۷۸ درصد)، کربوکسی متیل سلولز (Food chem.) کشور چین با درجه خلوص ۹۸ و ویسکوزیته (۲۲۸۰)، اسید آسکوربیک (Northest pharmaceutical کشور چین، نقطه ذوب ۱۹۱ درجه سلسیوس)، پکتین کم استر (درجه استریفیکاسیون ۳۱/۵ درصد، Degussa, Pullach کشور آلمان)، گلیسرول (Ableace کشور مالزی، درجه خلوص ۹۹/۵۴ درصد)، فروکتوز (Krueger کشور آلمان)، کلرید کلسیم (Merck کشور آلمان)، اسیدسیتریک (مونو هیدراته $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) (Kaselcit کشور چین) و تولون (ایران) استفاده شد.

تهیه محلول پوشش دهنده

برای پوشش دادن نمونه ها، از فرمولاسیون بهینه تهیه شده در پیش آزمون استفاده شد و ترکیب آن شامل کربوکسی متیل سلولز (۱/۴۹ درصد)، پکتین کم استر (۱/۴۹ درصد)، اسید آسکوربیک (۰/۵۸ درصد) W/V درصد بود. مواد در نسبت های تعیین شده (در دمای ۸۰ درجه سلسیوس) مخلوط شده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر (وزنی-حجمی) رسانده شدند، در ضمن برای تمامی تیمارها به طور ثابت ۰/۲ گرم گلیسرول

بافت نرم تر و چروکیدگی کمتری در مقایسه با نمونه های اسمز نشده داشتند و با افزایش غلظت محلول اسمزی، به دلیل بیشتر شدن میزان آنگیری، چروکیدگی بافت افزایش یافت (Emam Djomeh *et al.*, 2008). در تحقیقی که بر آنگیری اسمزی آناناس با محلول ساکارز (با بریکس ۴۵، ۵۵ و ۶۵، دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس و زمان های ۲۰ تا ۲۴۰ دقیقه در فشار اتمسفری و تحت خلا) به عنوان پیش تیماری برای خشک کردن، انجام گرفت، نتایج حاصل نشان داد که آنگیری اسمزی قبل از خشک کردن نهایی، باعث بهبود حسی، عملکردی، و تغذیه ای می شود و بر ماندگاری محصولات نهایی و پایداری رنگدانه ها نیز می افزاید. در این پژوهش، دمای ۵۰ درجه و بریکس ۵۵ به عنوان بهترین فرمول محلول اسمزی انتخاب شد (Lombard *et al.*, 2008). محققان در بررسی دیگری درباره سبب های خشک شده به روش اسمزی، به این نتیجه رسیدند که محصول نهایی پوشش داده با پکتین ۲ درصد و CMC ۰/۵ درصد و اسمزی شده در محلول ۵۰ درصد ساکارز از نظر عطر و طعم، رنگ، و میزان چروکیدگی (وضعیت ظاهری) در مقایسه با سایر نمونه ها پذیرفته تر است و شرایط بهینه با در نظر گرفتن کلیه شاخص های کیفی و کمی بررسی شده، محلول پوشش دهنده دارای ۰/۵ درصد CMC و محلول اسمزی با غلظت ۵۰ درصد ساکارز است (Tavakolipour *et al.*, 2008). در تحقیقی دیگر اثر پوشش های خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز (CMC) - اسید آسکوربیک در خشک کردن اسمزی کدوی سبز بررسی شد و نتایج نشان داد که پوشش بر پایه CMC باعث کاهش میزان مواد جامد محلول جذب شده، بدون اثر کاهش دهنده بر میزان آنگیری می شود که خود از زمان خشک شدن نهایی با آن می کاهد. هم چنین در این تحقیق، نمونه های پوشش داده شده و آنگیری شده به روش اسمز در مقایسه با نمونه های شاهد (تیمار نشده) از جنبه رنگ و مقبولیت حسی کیفیت بالاتری داشتند (Seraji *et al.*, 2010).

بالا بردن قابلیت اجرایی و بازده سیستم ها بدون افزایش هزینه ها، مقوله ای بسیار مهم است و روش اجرایی که بدین منظور به کار می رود، بهینه سازی نامیده می شود. روش سطح پاسخ مجموعه ای از تکنیک های ریاضی و آماری است که برای شرح و بسط، پیش برد، و بهینه کردن فرایندهایی به کار می رود که در آن ها سطح مورد نظر تحت تأثیر متغیرهای بسیاری قرار دارد و هدف بهینه کردن پاسخ مزبور است. روش سطح پاسخ، کاربرد وسیعی در فرموله کردن محصولات جدید و همچنین ارتقای طراحی محصولات موجود دارد (Bas & Boyac, 2007). یکی از پارامترهایی که در بهینه سازی فرمولاسیون محلول های اسمزی معیار مهمی است، ضریب کارایی آنگیری (WL/SG) است که

اندازه گیری میزان WL/SG

میزان آبیگری، ماده جامد جذب شده و WL/SG در نمونه‌ها براساس توزین آن‌ها در مراحل گوناگون، با روابط ۱ و ۲ و ۳ محاسبه شدند (Pisalkar, 2011).

$$\text{WL} = \frac{W_i X_i - W_\theta X_\theta}{W_i} \quad (\text{رابطه ۱})$$

(رابطه ۲)

$$\text{SG} = \frac{W_\theta(1 - X_\theta) - W_i(1 - X_i)}{W_i} \quad (\text{میزان ماده جامد جذب شده درصد})$$

(رابطه ۳)

$$\frac{\text{WL}}{\text{SG}} = \text{ضریب کارایی آبیگری اسمز}$$

W_θ : وزن محصول بعد از زمان θ (گرم)، W_i : وزن محصول در زمان اولیه (گرم)

X_θ : محتوای آبی (کسر وزنی) محصول در زمان θ ، X_i : محتوای آبی (کسر وزنی) محصول در زمان اولیه

بررسی ریزساختار میکروسکوپی (SEM)

برای بررسی ریزساختار میکروسکوپی میوه "به" خشک شده، بخش کوچکی از نمونه خشک شده (با پیش تیمارهای متفاوت) شکسته شد، از سطح به وجود آمده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (شرکت LEO مدل 1430VP ساخت آلمان-انگلیس) واقع در دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم پایه، مرکز میکروسکوپ الکترونی، با بزرگ‌نمایی‌های متفاوت، تصویربرداری شد.

محاسبه چروکیدگی محصول

درصد چروکیدگی از طریق تغییرات حجم توده‌ای ورقه‌های "به" با استفاده از روش جابه‌جایی مایع محاسبه شد. در این تحقیق، تولوئن به جای آب استفاده شد، چون مایع کمتری جذب میوه می‌شود (Noshad et al., 2011):

(رابطه ۴)

$$SP = \frac{V_0 - V}{V_0}$$

SP: درصد چروکیدگی، V : حجم نهایی نمونه پس از خشک شدن (سانتی‌مترمکعب)، V_0 : حجم ابتدایی نمونه تازه (سانتی‌مترمکعب)

نسبت جذب مجدد آب

نمونه‌های شاهد و تیمار شده توزین شدند و سپس درون آب داغ (۱۰۰ درجه سلسیوس) به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند. بعد از گرفتن رطوبت نمونه‌ها با کاغذ صافی دوباره نمونه‌ها توزین شدند و وزن آن‌ها یادداشت گردید و برای محاسبه میزان جذب مجدد آب از رابطه ۵ استفاده شد (Abbasi, 2011):

(به‌عنوان نرم‌کننده) و ۰/۷۵ گرم کلرید کلسیم (پکتین کم‌استر برای تشکیل ژل نیاز به کلرید کلسیم دارد) استفاده شد.

تهیه محلول‌های اسمزی

در این تحقیق، با روش سطح پاسخ مرکب مرکزی^۱، غلظت‌های عوامل اسمز (فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدسیتریک) تعیین و سپس در نسبت‌های تعیین شده مخلوط گردیدند و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (وزنی-حجمی) رسانده شدند. از روش سطح پاسخ مرکب مرکزی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار برای این منظور استفاده شد.

روش پوشش‌دهی و آبیگری اسمزی

در ابتدا آماده‌سازی میوه "به" شامل شستشو، پوست‌گیری، و برش آن به شکل استوانه‌هایی با ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر با قالب مخصوص صورت گرفت، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند، رطوبت برش‌ها با کاغذ صافی گرفته و سپس وزن شدند. نمونه‌های آماده شده بعد از توزین به روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شدند، یعنی در بشری حاوی محلول پوشش‌ساز (غلظت کربوکسی متیل سلولز ۱/۴۸ درصد، پکتین ۱/۴۸ درصد و اسیدآسکوربیک ۵۸ درصد (W/V%)) قرار گرفتند و بعد از یک دقیقه خارج شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند، سپس به مدت ۲۲۵ دقیقه (با پیش‌آزمون، بهینه زمان غوطه‌وری را تعیین کردیم) و در دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس (دمای اتاق، کنترل با ترمومتر)، در محلول اسمزی قرار گرفتند (نسبت وزنی محلول اسمزی به نمونه ۱۰ به ۱ و هم‌زدن مغناطیسی با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه)، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و با کاغذ صافی رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته شد و در خشک‌کن (خشک‌کن سینی‌دار، ساخت انگلیس، شرکت Armfield) با دمای ۶۰ درجه سلسیوس، با سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه تا رسیدن به رطوبت نهایی (بر پایه مرطوب) ۱۶ تا ۱۸ درصد، برای خشک کردن نهایی قرار گرفتند و سپس آزمایش‌های کمی و کیفی روی نمونه‌ها انجام گرفت. کلیه آزمون‌های زیر برای نمونه‌های شاهد (۱)، پوشش‌دار (۲)، نمونه‌های بدون پوشش آبیگری شده با محلول اسمزی بهینه در مدل‌سازی RSM (۳) و نمونه‌های پوشش‌دار آبیگری شده با محلول اسمزی بهینه در مدل RSM (۴) انجام گرفتند.

جدول ۱. متغیرهای طرح آزمایش مرکب مرکزی و سطوح کدبندی شده در مرحله اسمز

سطوح کدبندی شده متغیر					نماد ریاضی متغیر	واحد	نوع متغیر
-۱/۶۸۲	-۱	۰	+۱	+۱/۶۸۲			
۱۲/۳۸	۲۱/۹۲	۳۵/۹۱	۴۹/۹۱	۵۹/۴۴	X ₁	g/ml	غلظت فروکتوز
۰/۹۸	۱/۸	۲/۹۹	۴/۱۹	۵/۰۰	X ₂	g/ml	غلظت کلرید کلسیم
۱/۰۰	۱/۵۱	۲/۲۵	۲/۹۹	۳/۴۹	X ₃	g/ml	غلظت اسیدسیتریک

جدول (۲) مشخصات نمونه ها را نمایش می دهد. نرم افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) به ترتیب برای طراحی آزمایشات RSM و رسم نمودارهای سطح پاسخ استفاده شدند. معادله چندجمله ای درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل به صورت رابطه ۶ است:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^{k-1} \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (\text{رابطه ۶})$$

در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، β_0 ، β_i ، β_{ii} و β_{ij} به ترتیب ضرایب رگرسیون برای عامل های ضریب ثابت (عرض از مبدأ)، ضریب اثر خطی، ضریب اثر درجه دوم، و ضریب اثر متقابل هستند و X_i و X_j متغیرهای مستقل اند.

برای آزمایش های نهایی محصول خشک شده ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین ها از نوع دانکن در سطح معنی دار ۵ درصد به منظور بررسی اختلاف بین تیمارها انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2007 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

بهینه سازی فرمولاسیون محلول اسمزی

در این تحقیق تأثیر نوع و غلظت عوامل اسمزکننده بررسی می شود. با توجه به نتایج به دست آمده کمترین WL/SG به میزان ۵/۳۹ (در نمونه شماره ۱۰) و بیشترین WL/SG به میزان ۲۵/۰۸ (در نمونه ۹) مشاهده شد (جدول ۲). نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان WL/SG در مرحله بهینه سازی آگیری اسمزی در جدول (۳) نشان داده شده است. مقادیر P معنی دار برای مدل ($P < 0.05$) و غیرمعنی دار برای فقدان برازش (۰/۳۶) تأییدی بر تطابق خوب مدل با داده های آزمایشی است. هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین R² برای میزان WL/SG ۹۲/۲۶ درصد بود.

$$R = \frac{M}{M_0} \quad (\text{رابطه ۵})$$

R: نسبت آگیری مجدد، M: وزن نمونه بعد از قراردادن در آب داغ (گرم)، M₀: وزن نمونه قبل از قراردادن در آب داغ (گرم)

ارزیابی حسی هدونیک

در ارزیابی حسی هدونیک نمونه ها با ۳۰ ارزیاب تصادفی و به روش پنج طبقه ای انجام شد. از ارزیاب ها خواسته شد که به نمونه ها صفت های لذت بخشی (هدونیک) خوشایند براساس شکل ظاهری، رنگ، بافت، طعم، و عطر از بسیار ناخوشایند تا بسیار خوشایند بدهند. سپس این صفت ها به اعداد یک تا ۵ تبدیل شدند (Seraji et al., 2010).

ارزیابی حسی محصول نهایی برای نمونه های شاهد (۱)، پوشش دار (۲)، نمونه های اسمز شده بدون پوشش (۳)، اسمز شده و پوشش دار (۴) و براساس میزان پذیرش رنگ، طعم، بافت (سفتی و تردی)، بو، مزه، و شکل ظاهری صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بهینه سازی فرمولاسیون محلول اسمزی در آگیری اسمزی و خشک کردن میوه "به" از روش سطح پاسخ (RSM CC0318) با طرح مرکب مرکزی متشکل از سه متغیر در پنج سطح (-۱/۶۸۲، -۱، ۰، +۱، +۱/۶۸۲) شامل درصد فروکتوز (X₁، %W/V) (۱۲/۳۸، ۲۱/۹۲، ۳۵/۹۱، ۴۹/۹۱، ۵۹/۴۴)، درصد کلرید کلسیم (%W/V) (X₂، %W/V) (۰/۹۸، ۱/۸، ۲/۹۹، ۴/۱۹، ۵) درصد اسیدسیتریک (%W/V) (X₃، %W/V) (۱، ۱/۵۱، ۲/۲۵، ۲/۹۹، ۳/۴۹) در مرحله آگیری اسمزی با سه تکرار استفاده شد. این طرح شامل ۸ نقطه فاکتوریل، ۶ نقطه محوری و ۴ نقطه مرکزی^۱ است.

1. Center Point

جدول ۲. طرح آزمایش مرکب مرکزی استفاده شده در مرحله آبیگری اسمزی به منظور بررسی تأثیر غلظت های فروکتوز، کلرید، و کلسیم و اسیدسیتریک بر WL/SG، SG و WL (اعداد به صورت میانگین آورده شده اند)

متغیرهای بدون کد* (مستقل)		متغیرهای بدون کد (مستقل)						متغیرهای وابسته		متغیرهای وابسته (مستقل)										
تیمار	فروکتوز	کلرید کلسیم	اسید سیتریک	WL (%W/W)	SG (W/W)/(	WL/SG	تیمار	فروکتوز	کلرید کلسیم	اسید سیتریک	WL (%W/W)	SG (W/W)/(	WL/SG	تیمار	فروکتوز	کلرید کلسیم	اسید سیتریک	WL (%W/W)	SG (W/W)/(	WL/SG
۱	۲۱/۹۲	۱/۸	۱/۵۱	۲۶/۰۶±۷/۸۹	۱/۰۶±۰/۲۲	۲۴/۵۵±۳/۲۱	۱۰	۵۹/۴۴	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۵۰/۶۳±۲/۳۶	۹/۳±۰/۳۵	۵/۳۹±۰/۳۵	۱	۲۱/۹۲	۱/۸	۱/۵۱	۲۶/۰۶±۷/۸۹	۱/۰۶±۰/۲۲	۲۴/۵۵±۳/۲۱
۲	۲۱/۹۲	۱/۸	۲/۹۹	۲۹/۷۵±۴/۳۲	۲/۰۹±۱/۰۸	۱۴/۲۳±۱/۵۷	۱۱	۳۵/۹۱	-/۹۸	۲/۲۵	۳۳/۳۶±۴/۶۰	۲/۹۵±۱/۰۶	۸/۴۳±۰/۸۰	۲	۲۱/۹۲	۱/۸	۲/۹۹	۲۹/۷۵±۴/۳۲	۲/۰۹±۱/۰۸	۱۴/۲۳±۱/۵۷
۳	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۱/۵۱	۳۲/۸۸±۵/۶۶	۲/۱۱±۰/۲۵	۱۵/۵۲±۰/۹۶	۱۲	۳۵/۹۱	۵/۰۰	۲/۲۵	۴۳/۴۲±۰/۳۳	۵/۱۷±۲/۲۲	۸/۳۹±۲/۲۸	۳	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۱/۵۱	۳۲/۸۸±۵/۶۶	۲/۱۱±۰/۲۵	۱۵/۵۲±۰/۹۶
۴	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۲/۹۹	۳۱/۸۷±۲/۳۴	۲/۶۷±۱/۱۴	۱۱/۹۳±۱/۰۶	۱۳	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۱/۰۰	۳۹/۶۷±۲/۶۷	۶/۵۴±۰/۰۴	۶/۰۶±۰/۳۶	۴	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۲/۹۹	۳۱/۸۷±۲/۳۴	۲/۶۷±۱/۱۴	۱۱/۹۳±۱/۰۶
۵	۴۹/۹۱	۱/۸	۱/۵۱	۳۲/۷۸±۲/۲۶	۴/۹۸±۰/۱۹	۶/۵۸±۰/۷۴	۱۴	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۳/۴۹	۴۹/۲۱±۲/۲۴	۷/۱۳±۲/۲۵	۶/۳۶±۲/۶۶	۵	۴۹/۹۱	۱/۸	۱/۵۱	۳۲/۷۸±۲/۲۶	۴/۹۸±۰/۱۹	۶/۵۸±۰/۷۴
۶	۴۹/۹۱	۱/۸	۲/۹۹	۴۱/۸۴±۱/۶۳	۵/۴۳±۰/۷۲	۷/۷۰±۰/۶۰	۱۵	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۴۹/۱۰±۸/۰۳	۵/۰±۰/۱۱	۹/۸۱±۱/۴۲	۶	۴۹/۹۱	۱/۸	۲/۹۹	۴۱/۸۴±۱/۶۳	۵/۴۳±۰/۷۲	۷/۷۰±۰/۶۰
۷	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۱/۵۱	۴۴/۶۱±۱/۰۳	۵/۵۲±۰/۳۵	۸/۰۷±۰/۳۶	۱۶	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۴۴/۴۳±۰/۱۹	۵/۳±۰/۳۸	۸/۳۷±۰/۶۲	۷	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۱/۵۱	۴۴/۶۱±۱/۰۳	۵/۵۲±۰/۳۵	۸/۰۷±۰/۳۶
۸	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۲/۹۹	۴۶/۳۵±۱/۴۶	۵/۵۶±۰/۴۹	۸/۳۳±۰/۸۹	۱۷	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۳۹/۶۷±۰/۹۰	۵/۶۳±۰/۹۸	۷/۰۴±۰/۸۵	۸	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۲/۹۹	۴۶/۳۵±۱/۴۶	۵/۵۶±۰/۴۹	۸/۳۳±۰/۸۹
۹	۱۲/۳۸	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۲۲/۶۶±۲/۱۶	۰/۹۰±۰/۱۶	۲۵/۰۸±۱/۷۸	۱۸	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۴۴/۸۴±۲/۵۴	۵/۲۴±۰/۱۷	۸/۵۴±۰/۷۳	۹	۱۲/۳۸	۲/۹۹۵	۲/۲۵	۲۲/۶۶±۲/۱۶	۰/۹۰±۰/۱۶	۲۵/۰۸±۱/۷۸

درصد (W/V)، کلرید کلسیم) درصد (W/V) و اسیدسیتریک) درصد (W/V) * متغیرهای بدون کد: فروکتوز

جدول ۳. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مرحله آبیگری اسمزی برای WL/SG

p	F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	ضرایب رگرسیون	منبع تغییرات
۰/۰۰۰۱**	۶۱/۸۱	۳۴۵/۳۰	۳۴۵/۳۰	۱	-۲/۱۱	X ₁
۰/۳۱	۱/۱۲	۶/۲۹	۶/۲۹	۱	-۷/۸۶	X ₂
۰/۲۰	۱/۸۹	۵۷/۱۰	۱۰/۵۷	۱	-۷/۴۶	X ₃
۰/۰۰۲۶۵۵**	۱۸/۳۹	۱۰۲/۷۵	۱۰۲/۷۵	۱	۰/۰۱۴	X ₁ ²
۰/۰۷۹	۴/۰۴	۲۲/۶۱	۲۲/۶۱	۱	۰/۱۰	X ₁ X ₂
۰/۰۵	۵/۲۳	۲۹/۲۳	۲۹/۲۳	۱	۰/۱۸	X ₁ X ₃
۰/۵۲	۰/۴۳	۲/۴۱	۲/۴۱	۱	۰/۳۰	X ₂ ²
۰/۴۰	۰/۷۷	۴/۳۲	۴/۳۲	۱	۰/۸۲	X ₂ X ₃
۰/۶۲	۰/۲۶	۱/۴۷	۱/۴۷	۱	-۰/۶۱	X ₃ ²
۰/۰۰۱۴۴۳**	۱۰/۵۹	۵۹/۱۹	۵۳۲/۷۶	۹	-	مدل
۰/۰۰۰۳۴۲**	۲۱/۶۱	۱۲۰/۷۲	۳۶۲/۱۷	۳	-	اثر خطی
۰/۰۱۳۴۸*	۶/۸۲	۳۸/۱۳	۱۱۴/۴۱	۳	-	اثر درجه دوم
۰/۰۷	۳/۳۵	۱۸/۷۲	۵۶/۱۷	۳	-	اثر متقابل
-	-	۵/۵۸	۴۴/۶۸	۸	-	باقی مانده
۰/۳۶	۶/۳۱	۸/۱۶	۴۰/۸۱	۵	-	فقدان برازش
-	-	۱/۲۹	۳/۸۷	۳	-	خطای خالص
-	-	-	۵۷۷/۴۵	۱۷	-	کل

$$CV=۲۲/۲۳ \text{ و } R^2_{pre}=۷۸/۷۶, R^2_{adj}=۸۳/۵۵, R^2=۹۲/۲۶$$

X₁: غلظت فروکتوز، X₂: غلظت کلرید کلسیم، و X₃: غلظت اسیدسیتریک (g/ml)

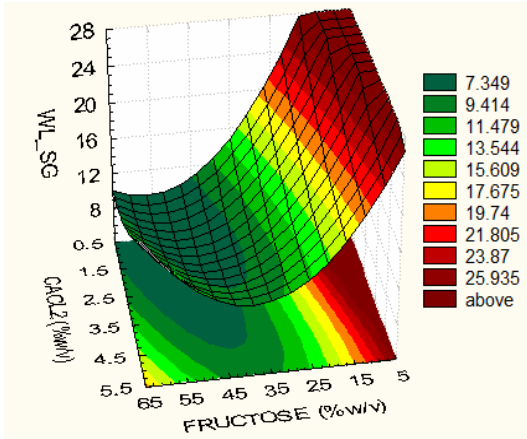
* نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی قادر به نشان دادن رابطه بین متغیرهای مستقل (فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدآسکوربیک) و متغیر وابسته (WL/SG) و پیش بینی کردن آن هاست. مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدآسکوربیک روی میزان WL/SG بعد از حذف عوامل غیرمعنی دار به صورت رابطه ۷ است:

$$WL/SG = ۷۵/۱ - ۲/۱۱X_1 + ۰/۰۱۴X_1^2 + ۰/۱X_1X_2 + ۰/۱۸X_1X_3$$

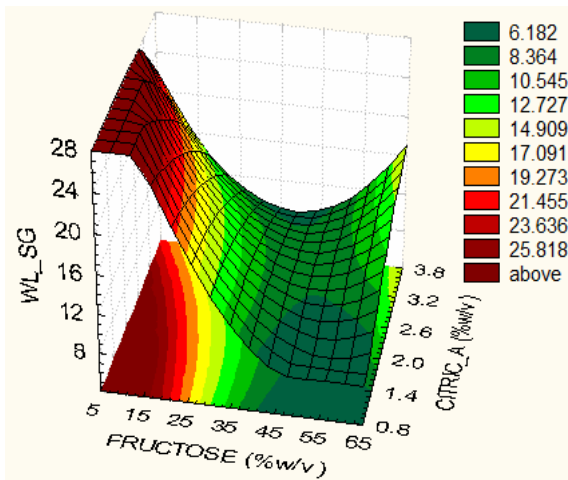
بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی قادر به نشان دادن رابطه بین متغیرهای مستقل (فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدآسکوربیک) و متغیر وابسته (WL/SG) و پیش بینی کردن آن هاست. مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان فروکتوز، کلرید کلسیم، و اسیدآسکوربیک روی میزان

همچنان که در جدول (۳) مشهود است، تأثیرات خطی و درجه دو اجزای X1 و X12 (P < ۰/۰۱) معنی دار هستند. به عبارت دیگر فروکتوز به صورت خطی و درجه دو بر میزان WL/SG مؤثر است، در حالی که کلرید کلسیم و اسیدآسکوربیک تأثیر معنی داری بر میزان WL/SG ندارند و تأثیر متقابل آن‌ها با فروکتوز هم معنی دار نیست. در شکل (۱) تغییرات میزان WL/SG در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر مرکزی متغیر سوم، نشان داده شده است. شکل (۱-الف) تأثیر سطوح گوناگون فروکتوز و کلرید کلسیم را در نقطه مرکزی از غلظت اسیدسیتریک بر میزان WL/SG بعد از مرحله آبگیری اسمزی نشان می‌دهد.



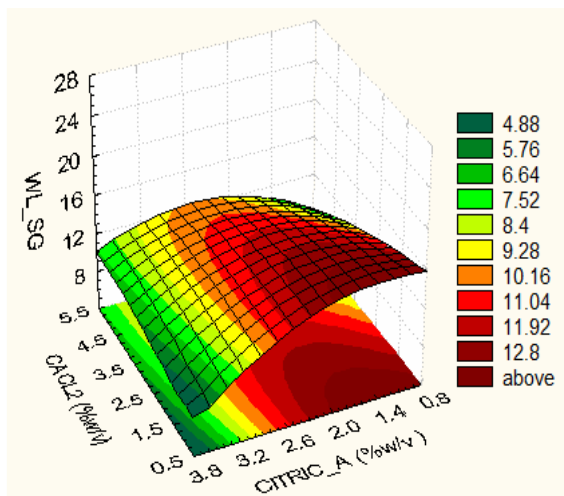
(الف)

همچنان که در شکل (۱-الف) مشاهده می‌شود، شکل نمودار به صورت لبه بالا رونده است که نشان‌دهنده تأثیر درجه دوم غلظت فروکتوز است و با افزایش غلظت فروکتوز در هر غلظتی از کلرید کلسیم مقادیر WL/SG کاهش می‌یابد، اما غلظت کلرید کلسیم تأثیر زیادی بر WL/SG ندارد. *Jokic et al.*, (2007) هم که بر آبگیری اسمزی چغندر قند در محلول‌های آب‌قند و کلرید سدیم مطالعه کرده بودند به این نتیجه رسیدند که غلظت قند بر آبگیری در مقایسه با غلظت کلرید سدیم تأثیر بیشتری دارد، درحالی‌که غلظت کلرید سدیم بر جذب مواد جامد مؤثرتر است. شکل (۱-ب) تأثیر سطوح گوناگون فروکتوز و اسیدسیتریک را در نقطه مرکزی غلظت کلرید کلسیم بر میزان WL/SG بعد از آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش غلظت فروکتوز در هر غلظتی از اسیدسیتریک، مقادیر WL/SG کاهش می‌یابد.



(ب)

احتمالاً در غلظت‌های بالا، فروکتوز، ورود بیشتری به بافت میوه "به" دارد و میزان SG افزایش می‌یابد و از طرف دیگر، به دلیل تشکیل لایه‌های قندی در سطح نمونه‌ها، WL هم با شیب کمتری افزایش می‌یابد، همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، افزایش غلظت اسیدسیتریک تأثیر زیادی بر WL/SG ندارد. شکل (۱-ج) تأثیر سطوح گوناگون غلظت کلرید کلسیم و اسیدسیتریک را در نقطه مرکزی از غلظت فروکتوز بر میزان WL/SG بعد از مرحله آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت اسیدسیتریک در هر غلظتی از کلرید کلسیم، WL/SG به صورت درجه دو و ملایم کاهش می‌یابد، اما تأثیر کلرید کلسیم بر WL/SG شایان توجه نیست.



(ج)

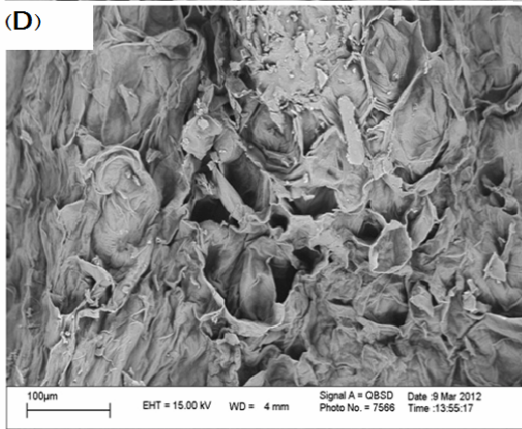
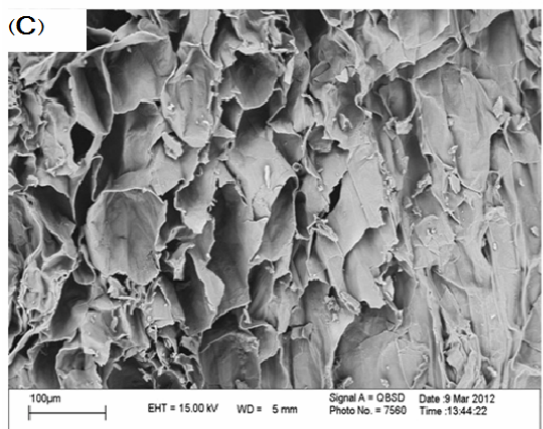
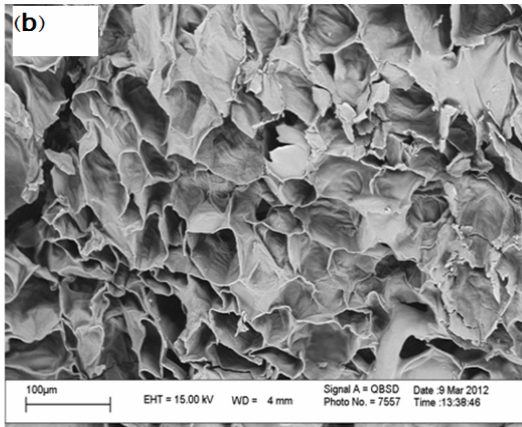
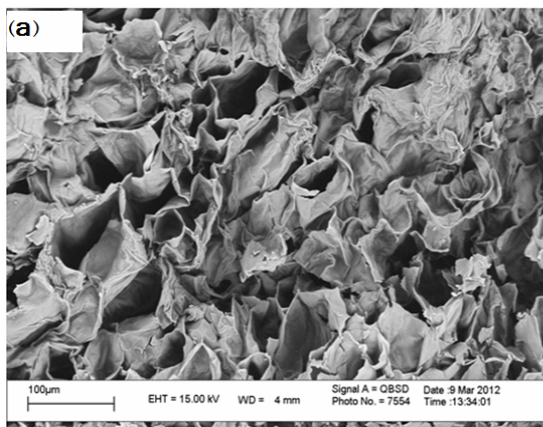
شکل ۱. نمودار سطح پاسخ تأثیر سطوح گوناگون غلظت فروکتوز و کلرید کلسیم (الف)، غلظت فروکتوز و اسیدسیتریک (ب)، و غلظت کلرید کلسیم و اسیدسیتریک (ج) بر میزان WL/SG

مقادیر بهینه حاصل از RSM در مرحله اسمز برای فروکتوز، نمک کلرید کلسیم، و اسیدسیتریک به ترتیب ۱۲/۳۹ درصد، ۵/۰ درصد و ۳/۴۹ درصد (W/V درصد) برای حصول حداکثر WL/SG، بودند.

نتایج آنالیز ریزساختار میکروسکوپی

۲- الف) کمتر است و منافذ دچار تغییر شکل و چروکیدگی کمتری در مقایسه با نمونه شاهد گشته‌اند. دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که پوشش به‌عنوان مانعی در برابر آسیب دمایی عمل می‌کند و گرما را ملایم‌تر و با شدت کمتری به درون بافت داخلی انتقال می‌دهد.

شکل (۲) ریزساختار بافت "به" خشک‌شده، با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، میزان فروپاشی سلولی در نمونه اسمز نشده پوشش‌دار (شکل ۲-ب) در مقایسه با نمونه شاهد (شکل



شکل ۲. تصویر نمونه "به" شاهد (الف)، پوشش‌دار (ب)، اسمز شده (ج)، پوشش‌دار و اسمز شده (د)، و خشک‌شده (بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر)

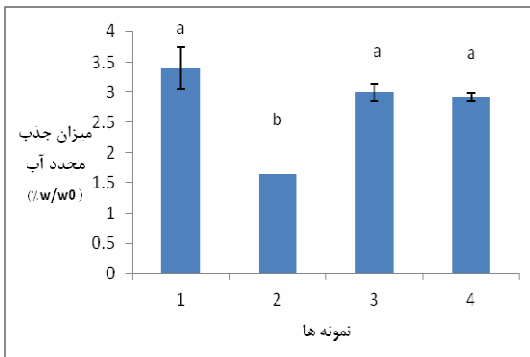
این مشاهدات با نتایج *Khin et al.* (2007)، مطابقت دارد، آن‌ها تأثیر پوشش (پوشش‌های پکتین با متوکسیل کم و سدیم آلژینات) و آبیگری اسمزی (ساکارز و دکستروز ۶۵ درصد) را به‌عنوان پیش‌تیمار برای خشک‌کردن سبب بررسی کردند. نتایج بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ساختار سلولی سیب‌های پوشش‌داده‌شده بهتر از نمونه‌های بدون پوشش بود و هنگامی که از آبیگری اسمزی با محلول ساکارز در 55°C استفاده شد، ساختار سلولی مناسبی مشاهده گردید، ولی سیب‌هایی که با محلول دکستروز آبیگری اسمزی شدند، ساختارشان دچار فروپاشی شده بود. همچنین *Askari et al.* (2005)، بهبود ساختار میکروسکوپی برش‌های سیب خشک‌شده در نتیجه استفاده از پیش‌تیمار پوشش‌های خوراکی پکتین و نشاسته و خشک‌شده با انرژی مایکروویو راه اعلام داشتند.

در شکل‌های ۲-ج و ۲-د مشخص است که، محصولی که تحت فرایند اسمز قرار گرفته است، منافذ کمتری در مقایسه با نمونه‌های اسمز نشده (شکل‌های ۲-الف و ۲-ب) دارد که احتمالاً به‌علت محلول شدن پکتین موجود در دیواره سلول‌ها، در محلول اسمزی واپاشی رخ داده است. در مقایسه نمونه‌های اسمز شده و بدون پوشش (شکل ۲-ج)، با نمونه‌های اسمز شده و پوشش‌دار (شکل ۲-د)، مشاهده می‌شود که فروپاشی سلولی و چروکیدگی در نمونه‌های بدون پوشش بیشتر است و به این نتیجه می‌رسیم که مقدار ورود مواد محلول اسمزی در نمونه‌های بدون پوشش بیشتر است و در نتیجه به دلیل ورود محلول اسمزی و مواد جامد بیشتر، فروپاشی سلولی بیشتر دیده می‌شود. در واقع، پوشش مسئول تفاوت در مقدار ورود محلول اسمزی به نمونه‌هاست، که با نتایج *WL/SG* تطابق خوبی دارد.

روش اسمزی (دو سطح غلظت محلول اسمزی ساکارز) را مطالعه کردند و گزارش دادند که فرایند آبدیاری اسمزی از میزان چروکیدگی محصول نهایی در مقایسه با نمونه‌هایی که به‌طور مستقیم در معرض هوای گرم خشک شده بودند، می‌کاهد و کمترین میزان چروکیدگی مربوط به نمونه‌های پوشش‌داده شده با پکتین ۱ درصد و ۰/۵ درصد CMC بود.

نسبت جذب مجدد آب

نتایج به‌دست آمده از جذب مجدد آب نمونه‌ها نشان دادند که بیشترین میزان جذب مجدد آب، مربوط به نمونه‌های شاهد (یعنی نمونه ۱) بود، که تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد با نمونه‌های پوشش‌دار (نمونه ۲) داشتند، اما با نمونه‌های اسمز شده (۳ و ۴) تفاوت معنی‌داری نداشتند. نمونه‌های پوشش‌دار (نمونه ۲)، کمترین جذب مجدد آب را داشتند و نمونه‌های اسمز شده (پوشش‌دار و بدون پوشش) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن نداشتند.



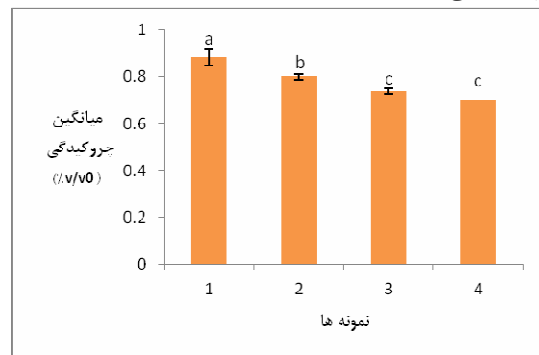
شکل ۴. میانگین میزان جذب مجدد آب "به" خشک‌شده شاهد (۲) پوشش‌دار، (۳) اسمز شده، (۴) پوشش‌دار و اسمز شده حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) هستند.

به‌کاربردن پوشش‌های خوراکی سبب کاهش قابلیت جذب مجدد آب محصول نهایی در مقایسه با نمونه بدون پوشش گردید، همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد، نمونه پوشش‌دار، کمترین میزان جذب مجدد آب را دارد، دلیل آن مربوط به نوع پوشش موجود بر سطح نمونه است، از آنجا که نوع محلول‌های پوششی استفاده‌شده (کربوکسی متیل سلولز و پکتین)، در آب تولید ژل می‌کنند، مانعی در برابر جذب آب در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد می‌کنند، نتایج این بررسی با نتایج Tavakolipoor *et al.*, (2008) مطابقت دارد، این محققان نشان دادند که به‌کاربردن پوشش‌های خوراکی سبب کاهش قابلیت جذب مجدد آب محصول نهایی (سیب خشک‌شده رقم زرد لبنانی) در مقایسه با نمونه بدون پوشش (پکتین و کربوکسی متیل سلولز) می‌گردد، اما آن‌ها اعلام داشتند که اگر به‌جای پکتین که به‌صورت لایه‌ای

درضمن Askari & Emam Djomeh (2006)، در تحقیقی دیگر اثر خشک‌کردن انجمادی با پیش‌فرایندهای اسمز (محلول ۶۰w/v درصد شربت ذرت) و آنزیم‌بری حرارتی (با آب داغ ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ دقیقه) بر ریزساختار سیب را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات ساختمان سلولی محصول در طول دوره خشک‌شدن، بسیار اندک بود.

میزان چروکیدگی

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، نمونه شاهد (۱) بیشترین میزان چروکیدگی را دارد و پوشش‌دهی باعث کاهش معنی‌داری در چروکیدگی محصول نهایی شده است (نمونه ۲). نمونه‌های اسمز شده و پوشش‌دار (نمونه ۴) نیز اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نشان می‌دهند و کمترین چروکیدگی را دارند، اما با نمونه‌های اسمز شده بدون پوشش (نمونه ۳) تفاوت معنی‌داری ندارند. با توجه به نتایج، هم فرایند پوشش‌دهی و هم فرایند اسمز تأثیر مثبتی بر کاهش چروکیدگی میوه "به" خشک‌شده داشتند.



شکل ۳. میانگین میزان چروکیدگی "به" خشک‌شده شاهد (۲) پوشش‌دار، (۳) اسمز شده، (۴) پوشش‌دار و اسمز شده حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) هستند.

Lewicki *et al.* (2002)، تأثیر پیش‌تیمار اسمزی بر خشک‌کردن همرفتی گوجه‌فرنگی، که قبل از خشک‌شدن تحت فرایند مقدماتی با کلرید کلسیم و آبدیاری اسمزی قرار گرفته بودند، را بررسی کردند، نتایج نشان دادند که تیمار مقدماتی سبب از دست دادن آب به وسیله همرفت و اسمز می‌شود و زمان خشک‌کردن نهایی را کاهش می‌دهد و مانع چروکیدگی نمونه‌ها می‌شود. Tavakolipoor *et al.* (2008) اثر پوشش‌های خوراکی (پکتین، کربوکسی متیل سلولز، نشاسته ذرت) بر خواص کیفی و فیزیکی و شیمیایی و حسی (شامل سختی بافت (SS)، میزان چروکیدگی بافت، جذب مجدد آب، و نسبت میزان آبدیاری به جذب مواد جامد محلول) سیب‌های خشک‌شده به

کردیم، دارد. علت آن را به وجود پوشش می‌توان نسبت داد، که احتمالاً به دلیل حل شدن جزئی پوشش در محلول اسمزی و در نتیجه کم کردن اثر پوشش در کاهش میزان جذب مجدد آب است.

ارزیابی حسی هدونیک

میزان پذیرش شکل ظاهری: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ظاهر نهایی محصول فراوری شده تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، نمونه ۴ (پوشش‌دار و اسمز شده)، بیشترین امتیاز را (۳/۶) کسب کرد که البته از جنبه آماری تفاوت معنی‌داری با نمونه ۲ (پوشش‌دار) نداشت و نمونه شاهد از نظر شکل ظاهری کمترین امتیاز را یافت. دلیل این امر را می‌توان چنین برشمرد که استفاده از فرایند اسمز و پوشش‌دهی به دلیل کاهش زمان خشک کردن ثانویه و حرارت ملایم‌تر، سبب حفظ بهتر شکل ظاهری (چروکیدگی کمتر)، می‌شود.

پیوسته روی سطح را می‌پوشاند از نشاسته به عنوان پوشش استفاده کنیم، چون نشاسته به صورت سوسپانسیون معلق در آب است و بیشتر در منافذ و حفره‌های روی سطح جایگزین می‌شود، جذب مجدد آب بیشتر خواهد بود. محققان دیگر نیز نشان دادند که فرایند آبیگری اسمزی تأثیر منفی بر آبیگری مجدد دارد، دلیل آن اشباع شدن سریع لایه زیرین سطح بافت ماده غذایی با ماده قندی، محلول شدن پکتین و در نتیجه از بین رفتن منافذ و در نهایت آبیگری کمتر لایه قندی در مقایسه با بافت طبیعی ماده غذایی است (Lazarides & Mavroudis, 1999). در این تحقیق هم اسمز، میزان جذب مجدد آب را کاهش داده است، اما در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد. در نمونه ۴ (کاربرد اسمز و پوشش همزمان) به علت استفاده از پوشش، نفوذ قند و نمک به بافت محصول کمتر شده است و در نتیجه لایه زیرین سطح بافت ماده غذایی با ماده قندی اشباع نمی‌شود و جذب آب در حد نمونه شاهد باقی خواهد ماند، در ضمن میزان جذب مجدد آب در نمونه ۴ (کاربرد اسمز و پوشش همزمان) کاهش جزئی در مقایسه با وقتی که فقط از پوشش استفاده

جدول ۴. نتایج آنالیز ارزیاب حسی

نمونه‌ها	شکل ظاهری	رنگ	بافت	طعم	عطر
(۱) شاهد	۲/۴۷۵±۰/۷۴b	۲/۱۲±۰/۵b	۲/۲±۰/۳۲b	۱/۶۵±۰/۵۶c	۲/۲۲±۰/۸۲c
(۲) پوشش‌دار	۳/۳۷±۰/۵۷a	۳/۵۲±۰/۸a	۲/۹۵±۰/۸۳a	۳/۶۵±۰/۸۸b	۳/۱±۰/۶۹b
(۳) اسمز شده	۳/۱۷±۰/۶۳a	۳/۷±۰/۵۵a	۳/۱۵±۰/۴۸a	۳/۷۷±۰/۲۱ab	۳/۶۲±۰/۴۴ab
(۴) پوشش‌دار و اسمز شده	۳/۶±۰/۵a	۳/۴۷±۰/۵a	۳/۰۲±۱/۰۴a	۴/۲۷±۱/۰۲a	۴/۱۵±۰/۵۱a

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن (۵ درصد) $P <$ هستند

باشند. مطابق جدول (۴) بیشترین امتیاز ارزیاب‌ها به نمونه ۳ (اسمز شده) داده شده بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه ۴ (پوشش‌دار و اسمز شده) و نمونه ۲ (پوشش‌دار) نداشت، این در حالی است که نمونه شاهد کمترین امتیاز را داشت.

پذیرش بافت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بافت نهایی محصول فراوری شده تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بین نمونه شاهد با بقیه نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد، به عبارتی به کارگیری پوشش و آبیگری اسمزی، سبب نرم‌تر شدن بافت محصول خشک شده گردید که ارزیاب‌ها پسندیدند. کمترین امتیاز را نمونه شاهد به دست آورد و میان سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

پذیرش طعم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طعم نهایی محصول فراوری شده تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، نمونه شاهد،

پذیرش رنگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رنگ نهایی محصول فراوری شده تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. علت آن احتمالاً کاهش واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی به علت استفاده از پوشش‌های خوراکی است که می‌توانند با کاهش تماس اکسیژن با بافت میوه‌ها، پیشرفت این واکنش را به تأخیر اندازند. همچنین استفاده از مواد احیاکننده مانند اسیداسکوربیک در جلوگیری از تشکیل اورتوکینون‌ها در این واکنش مؤثراند و بازدارندگی را تشدید می‌نمایند، در ضمن نمونه‌های پیش‌تیمار شده رنگ بیشتری پسندتری در مقایسه با شاهد دارند. علت آن از یک طرف، به دلیل قرار گرفتن نمونه‌ها در زیر محلول اسمزی و به دور از اکسیژن است و از طرفی دیگر، وجود مواد شلاته‌کننده مانند اسیدسیتریک که با بلوکه کردن یون مس و کاهش pH محلول، موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های فنولاز می‌گردد و سبب می‌شوند که آن‌ها رنگ بیشتری پسندتری داشته

داد که به کارگیری پیش‌فرایند اسمزی می‌تواند خصوصیات ظاهری و حسی محصول را بهبود بخشد.

نتیجه‌گیری کلی

فرمولاسیون محلول اسمزی بهینه حاصل از مدل درجه دو سطح پاسخ برای WL/SG میوه "به"، به‌این صورت به‌دست آمد: فروکتوز ۱۲/۳۹ درصد، کلرید کلسیم ۵/۰ درصد و اسیدسیتریک ۳/۴۹ درصد (W/V درصد). در تصاویر میکروسکوپی به‌این نتیجه رسیدیم که، محصولی که تحت فرایند اسمز قرار گرفته است، دارای خلل‌و‌فرج کمتری در مقایسه با نمونه‌های اسمز نشده بود، اما در نمونه‌های اسمز شده اندازه منافذ بزرگ‌تر بود، به‌علاوه، نمونه‌های پوشش‌دار ریزساختار بهتری در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش داشتند. بیشترین چروکیدگی مربوط به نمونه شاهد (بدون تیمار) بود، در حالی که نمونه دارای پوشش و محلول اسمزی بهینه کمترین چروکیدگی را داشتند. به‌کاربردن پوشش‌های خوراکی سبب کاهش قابلیت جذب مجدد آب محصول نهایی در مقایسه با نمونه بدون پوشش می‌شود. به‌عبارتی، بیشترین جذب مجدد آب مربوط به شاهد (بدون تیمار) بود. به‌علاوه، نمونه‌های "به" پوشش‌داده‌شده‌ای که تحت فرایند اسمز قرار گرفته بودند، از نظر خصوصیات ارگانولپتیکی با ارزیابی هدونیک (ظاهر، بافت، عطر، طعم، و رنگ) مورد قبول گروه ارزیاب‌ها بودند.

کمترین امتیاز و نمونه ۴ (پوشش‌دار و اسمز شده) بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند. دلیل پذیرش بیشتر نمونه‌های پیش‌تیمار شده از نظر طعم را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که انجام فرایند اسمز در محیط دور از اکسیژن و گرمای کمتر در خشک‌کردن نهایی، باعث نگهداری بیشتر مواد مؤثر در عطر و طعم محصول می‌شود و قابلیت پذیرش آن‌ها از جنبه طعم را بالا می‌برد. درضمن، پوشش‌های خوراکی هم بدون اثر منفی بر خروج آب، از ورود مواد جامد محلول از طریق اسمز هم جلوگیری می‌کنند و این‌گونه، اثر مثبتی بر حفظ طعم طبیعی میوه دارند و از شیرین یا ترش شدن آن به‌دلیل قرارگیری در محلول اسمزی، تا حد زیادی جلوگیری می‌کنند.

پذیرش طعم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طعم نهایی محصول فراوری شده تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، بیشترین امتیاز ارزیاب‌ها به طعم "به" خشک‌شده، به نمونه ۴ (پوشش‌دار و اسمز شده) است و کمترین امتیاز به نمونه شاهد است که نشان‌دهنده اثر مثبت اسمز و پوشش بر حفظ طعم است.

نتایج این تحقیق با نتایج Alaedin *et al.* (2005)، که بهبود شاخص‌های کیفی (دو واریته هایوارد و آبوت) خشک‌شده با استفاده از پیش‌فرایند اسمز (متشکل از ساکارز و بافر خوراکی (سیرات سدیم)) را بررسی کردند، تطابق دارد، نتایج آن‌ها نشان

REFERENCES

- Abbasi, S., Mousavi, S.M., Mohebbi, M. (2011). Investigation of Changes in Physical Properties and Microstructure and Mathematical Modeling of Shrinkage of Onion during Hot Air Drying, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7, 92-98.
- Alaadini, B. & Emam djomeh, Z. (2005). Improving of quality properties of dried kiwi and its formulation with osmotic treatment, *Journal of Iranian Agriculture Science*, 36, 1421- 1427. (In Farsi)
- Askari, Gh., Emam Djomeh, Z. & Ebrahimzadeh mousavi, SM. (2005). Microscopic changes, textural properties and rehydration ratio of dried apple slices with different methods, *Journal of Iranian Agricultural Science*, 4, 1001- 1010. (In Farsi)
- Askari, Gh. & Emam jomeh, Z. (2006). Effect of freeze drying with osmotic and blanching pretreatments on apple microstructure, *Journal of Iranian Agricultural Science*, 4, 603- 607. (In Farsi)
- Bas, D & Boyac, I. (2007). Modeling and optimization comparison of estimation capabilities of response surface methodology with artificial neural networks in a iochemical reaction, *Journal of Food Engineering*, 78, 846-854.
- Emam jomeh, Z., Tahmasebi, M., Pirozifard, KH. & Askari, GH. (2008). Pretreatment of osmose on tissue properties and microstructural air dried tomato, *Iranian Journal of Engineering Biosystem*, 1, 133- 139. (In Farsi)
- Hadad Khodaparast, M., Jalaei, F.F. & Forghani, M. (2008). Using of pectin, carboxy methyl cellulose and starch in osmotic dehydration process of apple and determination of some effective agents. *Eighteenth National Congress of Food Science and Technology*. 1-7. (In Farsi)
- Jokic A, Gyura J & Zavarago Z. (2007). Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride, *Journal of Food Engineering*, 78, 47-51.
- Khin, M. M., Zhou, W. and Conrad, O. (2007). Impact of process conditions and coating on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 79, 817- 827.
- Lazarides, H.N., Mavroudis, N.F. (1999). Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free medium, *Journal of Food Engineering*, 30, 61-74.
- Lee, K.T., Farid, M. & Nguang, S.K. (2006). The mathematical modelling of the rehydration

- characteristics of fruits, *Journal of Food Engineering*, 72, 16-25.
- Lewicki, P. P. & Pomaranska, W. (2002). Effect of pretreatment on convective drying of tomatoes, *Journal of Food Engineering*, 54, 141-146.
- Lombard, G. E., Oliveira, J. C., Fito, P. and Andres, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pretreatment for further drying. *Journal of Food Engineering*, 85, 222-284.
- Matuska, M., Andrzej, L. and Harris, N. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic medium. *Journal of Food Engineering*, 30, 61-74.
- Mortazavi, S. A., Seif kordi, A., Mohammadi, A. & Nouri, L. (2007). *Principle of Food Engineering, University of Mashhad press.* (In Farsi)
- Noshad, M., Mohebbi, M., (2011). Multi-Objective Optimization of Osmotic-Ultrasonic Pretreatments and Hot-Air Drying of Quince Using Response Surface Methodology, *Food Bioprocess Technology*, In press.
- Pisalkar, P. S., Jain, N. K. & Jain, S. K. (2011). Osmo-air drying of aloe vera gel cubes, *Journal of Food Science Technol*, 48, 183-189.
- Shamaei, S. & Emam djomeh, z. (2010) Effect of pretreatment and Different methods of drying on the drying process, texture, colour, amount and rate of rehydration water on mashroom slices, *Journal of Food Science and Technology Research of Iran*, 3, 193-200. (In Farsi)
- Singh, S., Shivhare, U. S., Ahmed, J. and Raghavan, G. S. V. (1999). Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Research International*, 32, 509-514.
- Seraji, A., Ghanbarzadeh, B., Sowti, M. & Eshaghi, M. (2010). Effect of carboxymethyl cellulose - ascorbic acid based edible coating in osmotic dehydration cucurbit, *Iranian Food Science and Technology Research*. In press paper. (In Farsi).
- Soleimani, J., Ghasemzadeh, H. & Emam djomeh, Z. (2008). Pretreatment of dried carrot with hot air by osmotic dehydration, *Journal of Research & Development*, 78, 101-109. (In Farsi)
- Sowti Khiabani, M., Sahari, M. & Emam djomeh, Z. (2003). Optimization of peach slices production by osmose, *Journal of Iranian Agricultural Sciences*, 34, 283- 291. (In Farsi)
- Tavakolipour, H., Jalae, F., Fatemian, H. & Farh Abadi, A. (2008). Studing of edible coating effect on quality properties & physicochemical of dried apple by osmose, *Eighteenth Congress of National Food Science and Technology*, 1-7. (In Farsi)
- Zomorodi, SH., Mohammadi mazraee, H. & Khosro shahi, A. (2009). Effect of different methods of preparation and sun drying on tomato slices quality, *Journal of Food Science and Technology*, 6(1), 97- 105. (In Farsi)