

بهینه سازی محلول اسمزی و بررسی اثرات آبیگری اسمزی بر ویژگیهای بافتی و رنگی میوه «به» فرآیند شده با پوشش های پلی ساکاریدی فعال

مینا اکبریان^۱ - بابک قنبرزاده^{۲*} - جلال دهقان‌نیا^۳ - محمود صوتی خیابانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰

چکیده

در این مطالعه، ابتدا بهینه‌سازی ترکیب محلول اسمزی (حاوی فروکتوز، کلرید کلسیم و اسید سیتریک) در فرآیند آبیگری اسمزی میوه «به» بر اساس حداکثر آبیگری^۵ (WL) و توسط روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی با ۱۸ تیمار و سه تکرار، بررسی شد. نتایج نشان داد که تاثیر فروکتوز و کلرید کلسیم بصورت خطی و درجه دو بر میزان آبیگری معنی دار است ولی تاثیر اسید سیتریک در محدوده غلظت انتخاب شده معنی دار نیست. توسط مدل آماری، محلول اسمزی شامل ۴۷/۶۸٪ فروکتوز، ۳/۹۹٪ کلرید کلسیم و ۳/۴۹٪ (W/V%) اسیدسیتریک به عنوان بهترین محلول اسمزی انتخاب شد. سپس نمونه‌های اسمز شده برای خشک کردن تکمیلی در دستگاه خشک‌کن با هوای داغ قرار گرفتند و تاثیر پیش‌تیمارهای پوشش‌دهی با محلول پکتین-کربوکسی متیل سلولز-اسید اسکوربیک و فرآیند اسمز توسط محلول اسمزی بهینه بر ویژگی‌های کیفی میوه «به» رنگ و بافت مورد بررسی گرفتند. آزمون بافت سنجی فشاری نمونه‌های با پیش‌تیمارهای مختلف (شاهد، پوشش‌دار، بدون پوشش-آبیگری اسمزی شده و پوشش‌دار-آبیگری اسمز شده) نشان داد که تیمار اسمزی و پوشش دهی، سختی بافت را کاهش می‌دهند که به اثرات نرم‌کنندگی مواد با وزن مولکولی پایین موجود در محلول اسمز و بافت میوه نسبت داده شد. پوشش دهی و استفاده از آبیگری اسمزی موجب کاهش تغییر رنگ کلی گردید که به کاهش تماس اکسیژن، ویژگی احیاکنندگی اسیداسکوربیک و ویژگی کمپلکس‌کنندگی و کاهش‌دهندگی pH اسید سیتریک، نسبت داده شد.

واژه‌های کلیدی: میوه «به»، آبیگری اسمزی، پوشش‌های فعال، روش سطح پاسخ، بافت‌سنجی، رنگ‌سنجی

مقدمه

(Noshad, 2011). (۱۹۹۸-۲۰۰۸)، ۵۱۰۰۰۰ تن بوده است (Noshad, 2011). آبیگری از محصولات غذایی، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری آنها است. خشک کردن، ضمن اینکه روی محصول اثر حفاظتی دارد، وزن و حجم آن را نیز به میزان چشمگیری کاهش می‌دهد، در نتیجه از هزینه‌های حمل و نقل و ذخیره سازی می‌کاهد. در ضمن خشک کردن در برخی موارد باعث تولید فرآورده‌هایی می‌شود که مصرف آنها آسان تر است (سراجی، ۱۳۸۹). به خشک شده نیز در تهیه غذاهای مختلف نظیر آبگوشت، تاس کباب، خورشت به، مربا و مارمالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اثرات منفی روش‌های متداول خشک کردن (کاهش کیفیت رنگ و بافت، از دست دادن عطر و طعم، کاهش دانسیته و از دست دادن مواد مغذی) و تقاضای بازار برای سبزی‌ها و میوه‌های فرایند شده‌ای که شبیه نوع تازه آنها بوده و تحت حداقل فراوری قرار گرفته باشند، تلاش‌های گسترده‌ای برای کاهش اثرات منفی خشک کردن در محصول نهایی صورت گرفته که در سال‌های اخیر فرایند آبیگری اسمزی مورد توجه قرار گرفته‌است

میوه «به» (با نام علمی *Cydonia oblonga*) از خانواده سیب می‌باشد که ترکیبات اصلی آن شامل آب (۸۳/۸ درصد) و کربوهیدرات (۱۵/۳ درصد بر پایه مرطوب) است و دیگر اجزای تشکیل دهنده به عبارتند از پروتئین (۰/۴ درصد بر پایه مرطوب) و چربی (۰/۱ درصد بر پایه مرطوب). همچنین آن منبع خوبی از فیبر، پتاسیم و ویتامین C می‌باشد. میوه به ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و حاوی کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم، سدیم، ویتامین A و ویتامین‌های B₁، B₂، B₃ است. تولید جهانی میوه «به» در طی دوره ۱۰ ساله

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیاران و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
* - نویسنده مسئول: (Email: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir)

5- Water loss
6- Response surface methodology

را کاهش می‌دهد که این با کاهش غلظت محلول اسمزی رابطه مستقیم دارد. تصاویر میکروسکوپی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت محلول اسمزی، به دلیل بیشتر شدن میزان آبگیری، چروکیدگی بافت افزایش می‌یابد.

هدف از این پژوهش، رسیدن به فرمولاسیون بهینه محلول اسمزی، برای آبگیری اسمزی میوه "به" پیش تیمار شده با پوشش های فعال بر پایه پکتین-کربوکسی متیل سلولز-اسید اسکوربیک و سپس بررسی اثر پیش فرایند های اسمز و پوشش دهی در ویژگی های بافتی و رنگی محصولات نهایی خشک شده در خشک کن با هوای داغ می باشد.

مواد و روش ها

مواد

در این تحقیق از میوه "به" (رقم شرفخانه با رطوبت بر پایه مرطوب ۸۰-۷۸ درصد)، کربوکسی متیل سلولز (Food chem کشور چین با درجه خلوص ۹۸ و ویسکوزیته ۲۲۸۰)، اسید اسکوربیک (Northeast pharmaceutical کشور چین، نقطه ذوب ۱۹۱ درجه سانتی گراد)، پکتین کم استر (درجه استریفیکاسیون ۳۱/۵ درصد، Degussa, Pullach، کشور آلمان)، گلیسرول (Ableace کشور مالتزی، درجه خلوص ۹۹/۵۴ درصد)، فروکتوز (Krueger کشور آلمان)، کلرید کلسیم (Merck کشور آلمان) و اسید سیتریک (مونو هیدراته $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ Kaselcit کشور چین) 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 اسکوربیک (۰/۵۸ درصد) بود. مواد در نسبت های تعیین شده (در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد) مخلوط گردیدند و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر (وزنی-حجمی) رسانده شدند. در ضمن برای تمام تیمارها بطور ثابت ۰/۲ گرم گلیسرول (به عنوان نرم کننده) و ۰/۷۵ گرم کلرید کلسیم (پکتین کم استر برای تشکیل ژل نیاز به کلرید کلسیم دارد) استفاده شد.

تهیه محلول های اسمزی: در این تحقیق، توسط روش سطح پاسخ مرکب مرکزی، غلظت های عوامل اسمز (فروکتوز، کلرید کلسیم و اسید سیتریک) تعیین و سپس در نسبت های تعیین شده مخلوط گردیدند و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر (وزنی-حجمی) رسانده شدند. از روش RSM مرکب مرکزی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار برای این منظور استفاده شد.

روش پوشش دهی و آبگیری اسمزی

در ابتدا آماده سازی میوه "به" شامل شستشو، پوست گیری و

(Singh et al., 1999). از مهم ترین معایب فرایند آبگیری اسمزی، نفوذ مواد جامد محلول به درون بافت مواد غذایی است. کاربرد پوشش های خوراکی قبل از آبگیری اسمزی، یک راه حل بالقوه برای جلوگیری از این پدیده است (Harris & Matuska, 2006). پکتین و سلولز از پلی ساکاریدهای ساختاری میوه ها و سبزیها هستند و مشتقات آنها می توانند به عنوان پوشش خوراکی برای میوه ها و سبزیها مورد استفاده واقع شوند. برای افزایش کارایی بهبود دهندگی پوشش های خوراکی، می توان به آنها مواد ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و دیگر مواد فعال را افزود که در این حالت به آنها پوشش های فعال می گویند. اسید اسکوربیک به عنوان یک آنتی اکسیدان، کاهش دهنده pH، جلوگیری کننده از واکنش های قهوه ای شدن و جبران کننده ویتامین C از دست رفته در طی فرایند، می تواند به مواد پوشش دهنده افزوده شود. پژوهش های انجام شده در این زمینه نشان می دهد که استفاده از آبگیری اسمزی با محلول اسمزی بهینه و پوشش دادن در افزایش کیفیت بافتی و رنگی مواد غذایی خشک شده موثر است. Krokida و همکاران (۲۰۰۰)، تأثیر پیش فرایند اسمز بر روی سبب زمینی سرخ شده را بررسی کردند، آنها نشان دادند که تیمار اسمزی اثر قابل توجهی بر میزان روغن داخل شده در بافت و رطوبت از دست داده آن داشته و همچنین ویژگی های بافتی و رنگ سبب زمینی سرخ شده را بهبود داد. Khin و همکاران (۲۰۰۷)، سیبهای خرد شده را با محلول دکسترین ۲۰٪ و مالتودکسترین ۵۰٪ (W/V) پوشش دادند و سپس برای سفت و یکپارچه کردن پوشش به ترتیب ۱۰ تا ۴۰ دقیقه در $70^{\circ}C$ خشک کردند، هر دو نمونه (با پوشش و بدون پوشش) را در دمای $30^{\circ}C$ در محلول اسمزی با غلظت ۶۱/۵ درصد (W/V) ساکارز (نسبت تکه های سیب به محلول اسمزی ۱ به ۲۰) تحت فرایند آبگیری اسمزی قرار دادند. نتایج TPA^۱ نشان داد که به غیر از سیب های پوشش داده شده با محلول مالتودکسترین و خشک شده در آن به مدت ۱۰ دقیقه، ساختار بافتی سایر نمونه ها بعد از آبگیری اسمزی و خشک کردن بطور چشمگیری تغییر کرده بود. Konopacka و همکاران (۲۰۰۹)، تأثیر عوامل مختلف اسمزی بر ویژگی های حسی میوه های خشک شده (آلبالو، کشمش سیاه و سیب) با پیش تیمار اسمزی را مورد بررسی و پژوهش قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که موادی مانند گالاتوسوربیتول و سوربیتول موجب ایجاد سفتی در بافت میوه می شوند و بنابراین به عنوان ماده اسمز کننده توصیه نشدند. امام جمعه و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر پیش فرایند اسمز (یک محلول سه گانه متشکل از ساکارز، کلرید سدیم و آب) بر ویژگی های بافتی و ریز ساختاری گوجه فرنگی خشک شده با هوا را بررسی کردند. بررسی بافت نمونه های اسمزی نشان داد که فرایند اسمز، مقاومت و استحکام بافت

آزمون رنگ سنجی^۱

رنگ‌سنجی نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ سنج بر اساس پارامترهای هانت ساخته شده در گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی دانشگاه تبریز اندازه‌گیری شد. این دستگاه دارای یک محفظه با مقطع دوزنقه‌ای و از جنس MDF بود که توسط دو عدد لامپ D65 روشن می‌شد. در بالاترین قسمت این مقطع، یک دستگاه دوربین آنالوگ (Proline-uk) برای عکس برداری نصب شد. این دوربین با استفاده از یک کارت واسط (Capture Card) به کامپیوتر متصل شده بود. برای افزایش کیفیت عکسهای گرفته شده از نمونه‌های "به" موجود در داخل محفظه مذکور، فرکانس جریان ورودی به لامپها تا حدود ۶۶۰ برابر فرکانس برق شهری افزایش داده شد. در ضمن مقادیر a (پارامتری است که مقدار آن از منفی برای ته رنگ سبز تا مثبت برای ته رنگ سرخ متغیر است)، b (پارامتری است که از مقادیر منفی برای ته رنگ آبی تا مقادیر مثبت برای ته رنگ زرد متغیر است) و L (از رنگ سیاه (صفر) تا سفید (۱۰۰)) می‌باشد، توسط نرم افزار MATLAB R2011a محاسبه شدند. مقادیر اختلاف رنگ کلی (برای برآورد تغییر رنگ) و شاخصهای کروما به ترتیب از روابط ۳ و ۴ محاسبه شدند (Dadali, et al., 2007):

$$\Delta E = ((L_0 - L) + (a_0 - a) + (b_0 - b))^2 \quad (3)$$

$$\text{Chroma} = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (4)$$

زیرنویس در روابط بالا نشان‌دهنده پارامترهای نمونه اولیه و قبل از خشک شدن است. شاخص کروما، اشباع‌شدگی یا به عبارتی شدت رنگ را نشان می‌دهد.

تحلیل آماری

برای بهبودسازی فرمولاسیون محلول اسمزی در آبیگری اسمزی و خشک کردن میوه "به" از طرح آماری روش سطح پاسخ (RSM) (CC0318) طرح مرکب مرکزی با سه متغیر در پنج سطح (۱/۶۸۲، -۱، ۰، +۱/۶۸۲) شامل درصد فروکتوز (X₁, %w/v) (۱۲/۳۸، ۲۱/۹۲، ۳۵/۹۱، ۴۹/۹۱، ۵۹/۴۴)، درصد کلرید کلسیم (X₂, %w/v) (۰/۹۸، ۱/۸، ۲/۹۹، ۴/۱۹، ۵) درصد اسیدسیتریک (X₃, %w/v) (۱، ۱/۵۱، ۲/۲۵، ۲/۹۹، ۳/۴۹) در مرحله آبیگری اسمزی با سه تکرار استفاده شد. طرح مورد استفاده در این پروژه شامل ۸ نقطه فاکتوریل، ۶ نقطه محوری و ۴ نقطه مرکزی^۲ است. جدول ۱ مشخصات مربوط به نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. نرم افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله چند جمله‌ای

برش آن به شکل استوانه‌هایی با ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر توسط قالب مخصوص صورت گرفت، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند، رطوبت سطحی برشها با کاغذ صافی گرفته و سپس وزن شدند. نمونه‌های آماده شده بعد از توزین توسط روش غوطه وری پوشش‌دهی شدند برای این منظور، نمونه‌ها برای مدت یک دقیقه در یک بشر حاوی محلول پوشش‌ساز (غلظت کربوکسی-متیل سلولز ۱/۴۸، پکتین ۱/۴۸ و اسید آسکوربیک ۰/۵۸ درصد) قرار گرفتند و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Khin et al., 2007)، سپس به مدت ۲۲۵ دقیقه (با پیش‌آزمون، بهینه زمان غوطه وری را تعیین کردیم) و در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد (دمای اتاق، کنترل با ترمومتر)، در محلول اسمزی قرار گرفته (نسبت وزنی محلول اسمزی به نمونه ۱۰ به ۱)، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و با کاغذ صافی رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته و در خشک کن (خشک‌کن سینی‌دار، ساخت کشور انگلیس، شرکت Arm field) با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، 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.

اندازه‌گیری میزان آبیگری و میزان ماده جامد جذب شده

میزان آبیگری و میزان ماده جامد جذب شده در نمونه‌ها براساس توزین آنها در مراحل مختلف، با روابط زیر محاسبه شدند (Pisalkar, et al., 2011).

$$WL = \frac{W_i X_i - W_0 X_0}{W_i} \quad (1)$$

$$SG = \frac{W_0(1 - X_0) - W_i(1 - X_i)}{W_i} \quad (2)$$

شده (%)

W₀: وزن محصول بعد از زمان θ (گرم)، W_i: وزن محصول در زمان اولیه (گرم)، X₀: محتوای آبی (کسر وزنی) محصول در زمان θ، X_i: محتوای آبی (کسر وزنی) محصول در زمان اولیه

آزمون بافت سنجی (فشردگی)

ارزیابی سفتی بافت میوه خشک شده (به شکل مکعبهای ۲/۵۴×۲/۵۴) توسط دستگاه بافت سنج (اینسترون مدل ۱۱۴۰، انگلستان) صورت گرفت. در این آزمون از پروب استوانه‌ای ۳۶ میلی-متری با سرعت حرکت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و مقدار نیرویی که فک بالایی دستگاه به نمونه وارد می‌کند (۵۰- نیوتن)، که نمونه را تا رسیدن به تغییر شکل ۴۰ درصدی فشرده می‌کند، استفاده شد و بیشینه نیروی مورد نیاز (بر حسب نیوتن) برای ایجاد این تغییر شکل برای نمونه‌های مختلف محاسبه شد (قنبرزاده، ۱۳۸۸).

1- Measuring Color

2- Center point

R2011a محاسبه شدند.

نتایج و بحث

بهینه سازی فرمولاسیون محلول اسمزی بر اساس میزان آبگیری

در فرآیند آبگیری اسمزی، از یک محلول با فشار اسمزی بالا استفاده می شود و برای بالا بردن فشار اسمزی از انواع قندها، اسیدهای آلی و نمکها می توان استفاده کرد. در این تحقیق از سه ترکیب قندی (فروکتوز)، اسید آلی (اسید سیتریک) و نمک (کلرید کلسیم) برای تولید محلول های اسمزی استفاده شد. فروکتوز قند طبیعی میوه ها بوده و مونوساکاریدی با شیرینی و قابلیت حل شدن بالا می باشد.

درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل به صورت زیر است:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i < j}}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (5)$$

که در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، β_0 ، β_i ، β_{ii} و β_{ij} به ترتیب ضرایب رگرسیون برای عامل‌های 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 می باشند. برای آزمایشات نهایی محصول خشک شده هم ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی دار ۵٪ به منظور بررسی اختلاف بین تیمارها انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 و رسم نمودارهای رنگ سنجی و بافت سنجی توسط نرم افزار Excel 2007 انجام پذیرفت. در ضمن مقادیر a ، b و L رنگ‌سنجی توسط نرم افزار MATLAB

جدول ۱- متغیرهای طرح آزمایش مرکب مرکزی و سطوح کد بندی شده برای بهینه سازی محلول اسمزی

نوع متغیر	سطوح کدبندی شده متغیر			
	-۱/۶۸۲	-۱	+	+۱/۶۸۲
غلظت فروکتوز (X_1)	(g/milt)۵۹/۴۴	(g/milt)۴۹/۹۱	(g/milt)۳۵/۹۱	(g/milt)۲۱/۹۲
غلظت کلرید کلسیم (X_2)	(g/milt)۵/۰۰	(g/milt)۴/۱۹	(g/milt)۲/۹۹	(g/milt)۰/۹۸
غلظت اسید سیتریک (X_3)	(g/milt)۳/۴۹	(g/milt)۲/۹۹	(g/milt)۲/۲۵	(g/milt)۱/۰۰

جدول ۲- طرح آزمایش مرکب مرکزی مورد استفاده در مرحله آبگیری اسمزی به منظور بررسی تاثیر غلظت‌های فروکتوز، کلرید کلسیم و اسید سیتریک بر میزان آبگیری (WL)

تیمار	متغیرهای کد دار			متغیرهای بدون کد *		
	X_1	X_2	X_3	فروکتوز	کلرید کلسیم	اسید سیتریک
۱	-۱	-۱	-۱	۲۱/۹۲	۱/۸	۱/۵۱
۲	-۱	-۱	۱	۲۱/۹۲	۱/۸	۲/۹۹
۳	-۱	۱	-۱	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۱/۵۱
۴	-۱	۱	۱	۲۱/۹۲	۴/۱۹	۲/۹۹
۵	۱	-۱	-۱	۴۹/۹۱	۱/۸	۱/۵۱
۶	۱	-۱	۱	۴۹/۹۱	۱/۸	۲/۹۹
۷	۱	۱	-۱	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۱/۵۱
۸	۱	۱	۱	۴۹/۹۱	۴/۱۹	۲/۹۹
۹	-۱/۶۸۲	.	.	۱۲/۳۸	۲/۹۹۵	۲/۲۵
۱۰	۱/۶۸۲	.	.	۵۹/۴۴	۲/۹۹۵	۲/۲۵
۱۱	.	-۱/۶۸۲	.	۳۵/۹۱	۰/۹۸	۲/۲۵
۱۲	.	۱/۶۸۲	.	۳۵/۹۱	۵/۰۰	۲/۲۵
۱۳	.	.	-۱/۶۸۲	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۱/۰۰
۱۴	.	.	۱/۶۸۲	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۳/۴۹
۱۵	.	.	.	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵
۱۶	.	.	.	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵
۱۷	.	.	.	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵
۱۸	.	.	.	۳۵/۹۱	۲/۹۹۵	۲/۲۵

و اسیدسیتریک) و متغیر وابسته (میزان آبیگری اسمزی) را نشان داده و پیش بینی کند. مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان فروکتوز، کلرید کلسیم و اسیدسیتریک بر میزان آبیگری اسمزی بعد از حذف عوامل غیر معنی دار به صورت زیر می باشد:

$$Y = -34/71 + 1/41X_1 + 16/92X_2 + 11/4049X_3 - 0/01X_1^2 + 0/05X_1X_2 - 2/08X_2^2 \quad (6)$$

همچنان که در جدول ۴ مشهود است، اثر خطی و درجه دو X_1 ، X_2 ، X_1^2 ، X_2^2 ($P < 0/05$) معنی دار می باشند. به عبارت دیگر فروکتوز و کلرید کلسیم به صورت خطی و درجه دو روی میزان آبیگری موثر هستند. اگرچه نتایج جدول حاکی از غیر معنی دار بودن اثر اسیدسیتریک روی میزان آبیگری اسمزی است ولی به علت اینکه مقادیر p ضریب رگرسیون خطی نزدیک به $0/05$ است ($p = 0/07$) می تواند تأثیر نسبتاً قابل ملاحظه ای روی مقادیر ضریب تعیین تنظیم شده R^2_{adj} داشته باشد. برای نمایش تغییرات آبیگری اسمزی با تغییرات متغیرهای مستقل، سه منحنی سطح پاسخ سه بعدی که در آن متغیر وابسته (میزان آبیگری اسمزی) در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر مرکزی متغیر سوم، ترسیم شدند. شکل ۱ تأثیر سطوح مختلف غلظت فروکتوز و کلرید کلسیم را در نقطه مرکزی از غلظت اسیدسیتریک، بر میزان آبیگری اسمزی را نشان می دهد.

کلرید کلسیم اگرچه به عنوان عامل اصلی اسمزی کننده در این پژوهش محسوب نمی شود، اما در سطح ۱-۵ درصد برای افزایش اتصالات عرضی و سفت شدن بافت میوه، مفید تلقی می شود و در ضمن چون می تواند فشار اسمزی را زیاد کند، عاملی برای تشدید فرایند اسمز می باشد (Lenart, 1996). اسیدسیتریک نیز اسید طبیعی موجود در بسیاری از میوه ها است و بصورت بالقوه علاوه بر تشدید فرایند اسمز موجب ایجاد طعم ملس مطلوب و کاهش فرایند اکسیداسیون از طریق مکانیسم کمپلکس کنندگی فلزات می شود. بر اساس میزان آبیگری اسمزی (WL)، بهینه سازی فرمولاسیون محلولهای اسمزی انجام گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۳)، کمترین میزان آبیگری به میزان ۲۲/۶۶ درصد (در نمونه شماره ۹) و بیشترین میزان میانگین آبیگری به میزان ۵۰/۶۳ درصد (در نمونه ۱۰) مشاهده شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان آبیگری اسمزی در جدول ۴ ارائه شده است.

مقادیر P معنی دار برای مدل ($P < 0/01$) و غیر معنی دار برای فقدان برازش ($0/53$)، تأییدی بر مناسب بودن مدل برای پیش بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (میزان آبیگری) است. هم چنین مقدار عددی ضریب تعیین R^2 برای میزان آبیگری طی مرحله آبیگری اسمزی $0/04$ بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل (فروکتوز، کلرید کلسیم

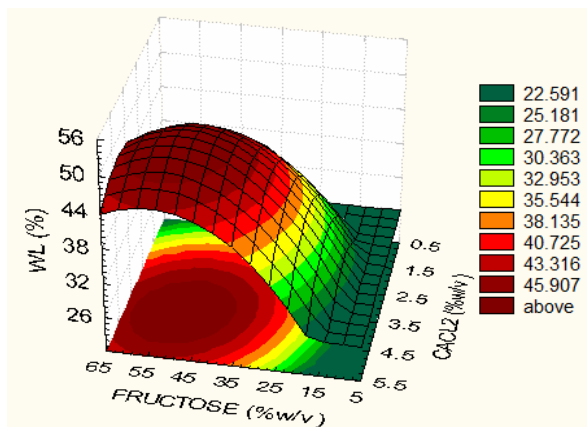
جدول ۳ - نمایش تأثیر ترکیبهای مختلف متغیرهای مستقل بر میزان آبیگری (WL) و میزان جذب مواد جامد محلول (SG) در مرحله بهینه سازی اسمز (اعداد بصورت میانگین آورده شده اند)

WL/SG	SG	WL	آزمایش
۲۴/۵۵±۳/۲۱	۱/۰۶±۰/۲۲	۲۶/۰۶±۷/۸۹	۱
۱۴/۲۳±۱/۵۷	۲/۰۹±۱/۰۸	۲۹/۷۵±۴/۳۲	۲
۱۵/۵۲±۰/۹۶	۲/۱۱±۰/۲۵	۳۲/۸۸±۵/۶۶	۳
۱۱/۹۳±۱/۰۶	۲/۶۷±۱/۱۴	۳۱/۸۷±۲/۳۴	۴
۶/۵۸±۰/۷۴	۴/۹۸±۰/۱۹	۳۲/۷۸±۲/۲۶	۵
۷/۷۰±۰/۶۰	۵/۴۳±۰/۷۲	۴۱/۸۴±۱/۶۳	۶
۸/۰۷±۰/۳۶	۵/۵۲±۰/۳۵	۴۴/۶۱±۱/۰۳	۷
۸/۳۳±۰/۸۹	۵/۵۶±۰/۴۹	۴۶/۳۵±۱/۴۶	۸
۲۵/۰۸±۱/۷۸	۰/۹۰±۰/۱۶	۲۲/۶۶±۲/۱۶	۹
۵/۳۹±۰/۳۵	۹/۳±۰/۹۶	۵۰/۶۳±۲/۳۶	۱۰
۸/۴۳±۰/۸۰	۳/۹۵±۱/۰۶	۳۳/۳۶±۴/۶۰	۱۱
۸/۳۹±۲/۲۸	۵/۱۷±۲/۲۲	۴۳/۴۲±۰/۳۳	۱۲
۶/۰۶±۰/۳۶	۶/۵۴±۰/۰۴	۳۹/۶۷±۲/۶۷	۱۳
۶/۳۶±۲/۶۶	۷/۷۳±۲/۳۵	۴۹/۲۱±۲/۳۴	۱۴
۹/۸۱±۱/۴۲	۵/۰۰±۰/۱۱	۴۹/۱۰±۸/۰۳	۱۵
۸/۳۷±۰/۶۲	۵/۳۰±۰/۳۸	۴۴/۴۳±۰/۱۹	۱۶
۷/۰۴±۰/۸۵	۵/۶۳±۰/۹۸	۳۹/۶۷±۰/۹۰	۱۷
۸/۵۴±۰/۷۳	۵/۲۴±۰/۱۷	۴۴/۸۴±۲/۵۴	۱۸

جدول ۴- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مرحله آبگیری اسمزی برای میزان آبگیری WL

p	F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	ضرایب رگرسیون	منبع تغییرات
**/.۰۰۰۱	۴۱/۶۲	۶۲۰/۶۶	۶۲۰/۶۶	۱	۱/۴۱	X ₁
*./۰۱۸	۸/۷۴۴	۱۳۰/۴۵	۱۳۰/۴۵	۱	+۱۶/۹۲	X ₂
-./۰۷	۴/۲۷۱	۶۳/۸۱	۶۳/۸۱	۱	۱۱/۴۰	X ₃
*./۰۱	۱۰/۷۹۵	۱۶۳/۶۱	۶۱/۱۶۳	۱	-./۰۱	X ₁ ²
-/۰۵۱	-/۴۵۷	۶/۸۱	۶/۸۱	۱	۰/۰۵	X ₁ X ₂
-/۴۷	-/۵۵۵	۸/۲۳	۸/۲۳	۱	۰/۰۹	X ₁ X ₃
*./۰۲	۷/۵۳	۱۱۲/۳۶	۱۱۲/۳۶	۱	-۲/۰۸	X ₂ ²
-/۳۰	۱/۲۰۶	۱۸/۰۲	۱۸/۰۲	۱	-۱/۶۹	X ₂ X ₃
-/۴۶	-/۶۰۹	۸/۹۶	۸/۹۶	۱	-۱/۵۳	X ₃ ²
**./۰۰۳	۸/۰۳۹	۱۱۹/۸۲	۱۰۷۸/۴۴	۹	-	مدل
**./۰۰۰۶۲	۱۸/۲۲۱	۲۷۱/۶۴	۸۱۴/۹۳	۳	-	اثر خطی
*./۰۲۸	۵/۱۵۸	۷۶/۸۱	۲۳۰/۴۳	۳	-	اثر درجه دوم
-/۵۵	-/۷۳۶	۱۱/۰۲	۳۳/۰۷	۳	-	اثر متقابل
-	-	۱۴/۹۱	۱۱۹/۲۸	۸	-	باقی مانده
-/۵۳	۱/۰۰	۱۴/۹۴	۷۴/۷۲	۵	-	فقدان برازش
-	-	۱۴/۸۵	۴۴/۵۶	۳	-	خطای خالص
-	-	-	۱۱۹۷/۷۳	۱۷	-	کل
-	-	-	-	-	۹۰/۰۴	R ²
-	-	-	-	-	۷۸/۸۴	R ² _{adj}
-	-	-	-	-	۹/۸۸	CV

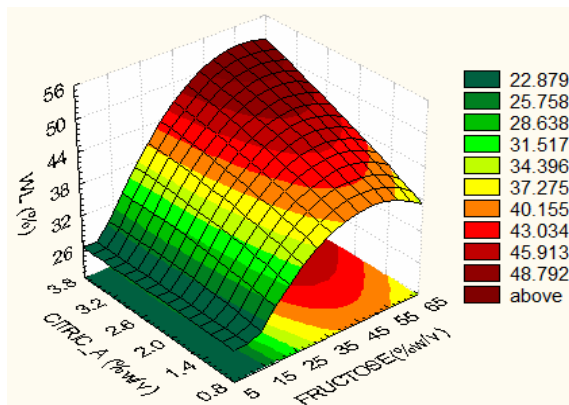
*- معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و **- معنی دار در سطح احتمال ۱٪.



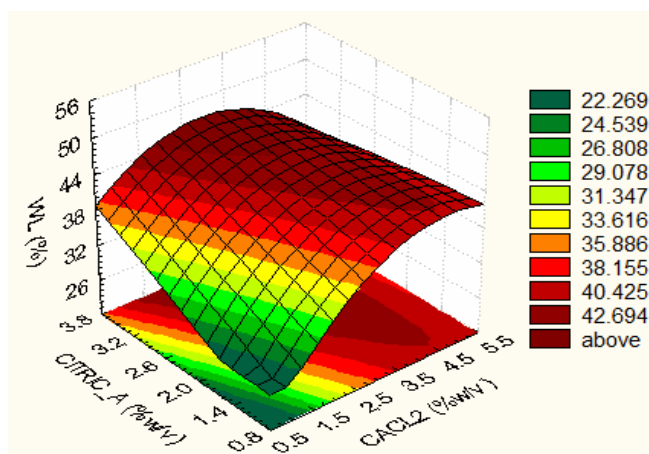
شکل ۱ - نمودار سطح پاسخ و کنتور تأثیر سطوح مختلف غلظت فروکتوز و کلرید کلسیم روی میزان آبگیری

فروکتوز و اسیدسیتریک، بر روی میزان آبگیری، در نقطه مرکزی از غلظت کلرید کلسیم را نشان می‌دهد. نمودار بصورت لبه بالا رونده است و سطح محدب ایجاد شده تأثیر درجه دو فروکتوز بر میزان آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد در حالی که غلظت اسیدسیتریک به صورت خطی تأثیرگذار است.

همچنان که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت فروکتوز، در هر غلظتی از کلرید کلسیم، میزان آبگیری اسمزی بصورت درجه دو افزایش می‌یابد و حداکثر میزان آبگیری در حداکثر غلظت فروکتوز مشاهده می‌شود. افزایش غلظت کلرید کلسیم تأثیر چندانی، به ویژه در غلظت‌های پایین فروکتوز، ندارد. شکل ۲ تأثیر سطوح مختلف



شکل ۲- نمودار سطح پاسخ و کنتور تأثیر سطوح مختلف غلظت فروکتوز و اسیدسیتریک روی میزان آبیگری



شکل ۳- نمودار سطح پاسخ و کنتور تأثیر سطوح مختلف غلظت کلرید کلسیم و اسیدسیتریک روی میزان آبیگری

حصول حداکثر آبیگری اسمزی (WL)، بودند.

بافت سنجی

نمونه‌های شاهد (۱)، پوششدار (۲)، اسمز شده با فرمول بهینه RSM (۳) و با فرمول بهینه جدول (۴)، پوششدار و اسمز شده با فرمول بهینه RSM (۵) و با فرمول بهینه جدول (۶) برای بررسی سفتی بافت در دستگاه بافت سنج اینسترون قرار گرفتند. میزان نیروی لازم برای تغییر شکل ۴۰ درصدی اندازه گیری شد و در شکل ۴ نشان داده شده است. برای بررسی اختلاف بین تیمارها، از آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی داری ۵٪ استفاده گردید. همانطور که در شکل دیده می‌شود، در نمونه شاهد بیشترین نیرو برای فشردن بکار برده شده است و اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ با سایر نمونه‌ها دارد و تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند. نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققین که روی محصولات دیگر مانند سیب زمینی، هلو، توت‌فرنگی و کیوی مطالعه کرده‌اند مطابقت دارد (امام جمعه و همکاران ۱۳۸۷). آنها نشان دادند که فرایند اسمزی (محلول سه گانه متشکل از ساکارز، کلریدسدیم و

همچنان که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت فروکتوز، در هر غلظتی از اسید سیتریک، میزان آبیگری اسمزی بصورت درجه دو افزایش می‌یابد و حداکثر میزان آبیگری در حداکثر غلظت فروکتوز و اسید سیتریک مشاهده می‌شود. افزایش غلظت اسید سیتریک در غلظت‌های پایین فروکتوز، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر WL ندارد ولی در غلظت‌های بالای فروکتوز بصورت خطی موثر است. شکل ۳ تأثیر سطوح مختلف غلظت کلرید کلسیم و اسیدسیتریک را در نقطه مرکزی از غلظت فروکتوز روی میزان آبیگری را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، با افزایش کلرید کلسیم در تمامی غلظت‌های اسید سیتریک، مقادیر WL بصورت درجه ۲ (هذلولی) افزایش می‌یابد و در مقادیر پایین اسید سیتریک این اثر بیشتر مشهود است. در مقادیر ۳/۵ تا ۴/۵ گرم بر میلی لیتر کلرید کلسیم، میزان WL در حداکثر میزان خود است. با افزایش اسیدسیتریک نیز در تمامی غلظت کلرید کلسیم، WL بصورت خطی افزایش می‌یابد و این اثر در غلظت پایین کلرید کلسیم بیشتر مشهود است.

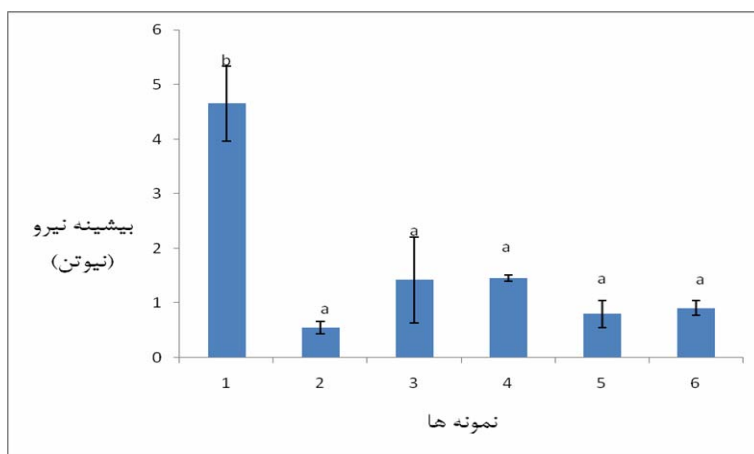
مقادیر بهینه حاصل از RSM در مرحله آبیگری اسمزی برای فروکتوز، نمک و اسیدسیتریک به ترتیب ۴۷/۶۸، ۳/۹۹ و ۳/۴۹ برای

رنگ سنجی

پارامترهای رنگ سنجی مربوط به نمونه های با پیش تیمارهای مختلف در جدول ۵ آمده اند و شکل های ۵ و ۶ میزان تغییر رنگ و شاخص کروما نمونه های شاهد و پیش تیمار شده و خشک شده را نشان می دهند. با توجه به نتایج جدول، نمونه های پوشش دار و اسمز شده دارای بیشترین پارامتر L یعنی شفافیت رنگ هستند. همچنین فرایند اسمز و پوشش دهی موجب کاهش رنگ سبز (a) و افزایش رنگ زرد (b) در نمونه ها شد.

همانطور که در شکل ۵ ملاحظه می گردد، میان نمونه های دارای پوشش و آبیگری اسمزی شده با سایر نمونه ها، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ وجود دارد و این نمونه ها تغییر رنگ کمتری نسبت به سایر نمونه ها دارند، این کاهش در میزان تغییر رنگ در نمونه های پوشش داری که آبیگری اسمزی نشده اند هم دیده می شود، بطور کلی می توان گفت نمونه های پوشش دار اختلاف رنگ کمتری نسبت به نمونه های بدون پوشش داشتند. قهوه ای شدن آنزیمی یکی از عوامل موثر در تغییر رنگ در میوه ها و سبزیها طی نگهداری و خشک کردن می باشد و از طرفی پوشش های خوراکی می توانند با کاهش تماس اکسیژن با بافت میوه ها پیشرفت این واکنش را به تاخیر اندازند. همچنین استفاده از مواد احیا کننده مانند اسید اسکوربیک می تواند در جلوگیری از تشکیل اورتوکینون ها در این واکنش موثر باشند و در نتیجه بازدارندگی را تشدید نمایند. ارزیابی رنگ توسط محققان دیگر نیز صورت گرفته است و در بیشتر تحقیقات، تغییرات کلی رنگ برای نمونه های اسمز شده نسبت به نمونه های اسمز نشده در حین فرایند خشک کردن با هوای گرم، کمتر بوده است.

آب مقطر)، مقاومت و استحکام بافت را کاهش می دهد، که این موضوع، با کاهش غلظت محلول اسمزی رابطه مستقیم دارد. Krokida و همکاران (۲۰۰۰) نیز، در بررسی تأثیر پیش فرآیند اسمز روی سیب زمینی سرخ شده نشان دادند که فرآیند اسمز، بافت محصول را نرمتر کرده و رنگ سیب زمینی سرخ شده را بهبود داد. علت نرم شدن بافت نمونه های اسمز شده را می توان به اثر پلاستی ساینری (نرم کنندگی) مواد قندی و اسیدی جذب شده از محلول اسمزی به بافت میوه، نسبت داد و بنابراین، با افزایش غلظت مواد محلول، انتظار بر این است که جذب مواد جامد (SG) افزایش یافته و اثر نرم شدگی بافت، تشدید یابد. نرم کننده ها، مواد ریز مولکولی هستند که موجب افزایش تحرک زنجیرهای بیوپلیمری موجود در ساختار مواد غذایی شده و موجب کاهش سفتی مکانیکی و دمای انتقال شیشه ای می گردند. در مقایسه نمونه های پوشش دار بدون اسمز و نمونه شاهد، ملاحظه می گردد که پوشش ایجاد شده، سفتی بافت را کاهش می دهد و همچنین در نمونه هایی که تحت آبیگری اسمزی قرار گرفتند تأثیر پوشش مشاهده می گردد. در نمونه های پوشش داری که تحت آبیگری اسمزی قرار گرفتند، بیشینه نیروی لازم برای نفوذ پروب، کمتر از نمونه های بدون پوششی هستند که آبیگری اسمزی شده اند که احتمالاً مربوط به جلوگیری پوشش از خروج ترکیبات با وزن مولکولی پایین از ساختار میوه و در نهایت اثر نرم کنندگی آنها می باشد. Khin و همکاران (۲۰۰۷) از روی نتایج TPA نشان دادند که سیب های پوشش داده شده با محلول مالتودکسترین و خشک شده در آون به مدت ۱۰ دقیقه می توانند ساختار سلولی محکم خود را طی آبیگری اسمزی حفظ کنند، اما تردی و شکنندگی و قابلیت ارتجاع نمونه ها بطور چشمگیری تغییر کرد.

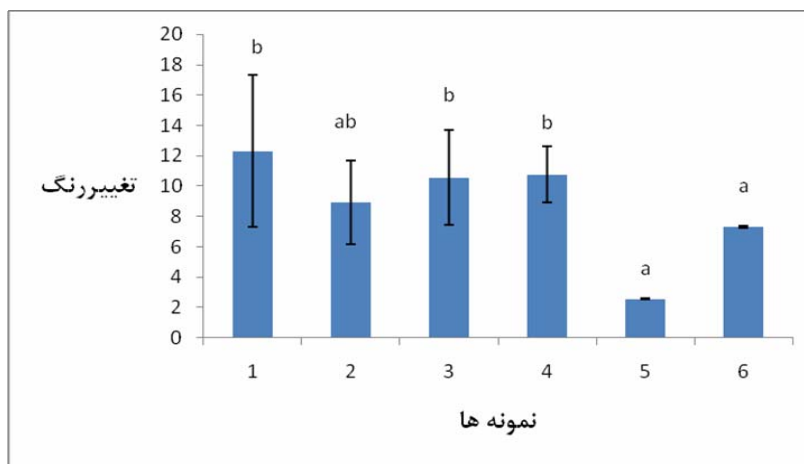


شکل ۴- میانگین بیشینه نیرو "به" خشک شده

(۱) شاهد، (۲) پوششدار، (۳) اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه توسط RSM اما بدون پوشش)، (۴) اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه جدول) اما بدون پوشش، (۵) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه توسط RSM)، (۶) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه جدول) حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می باشند.

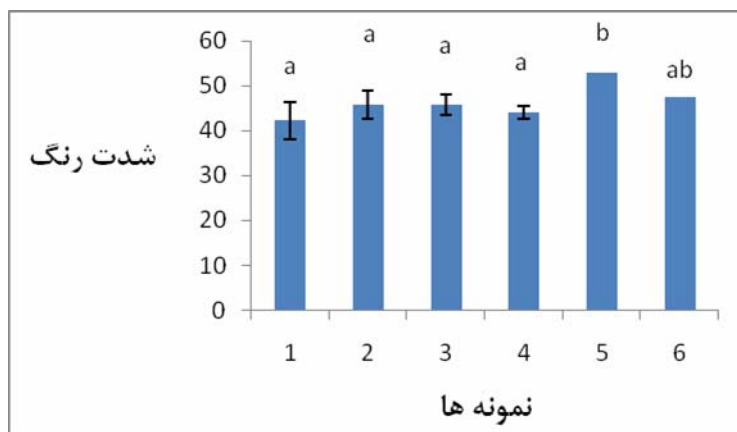
جدول ۵ - پارامترهای رنگی اندازه گیری شده

نمونه ها	L	a	b	L ₀	a ₀	b ₀
میوه "به" تازه	-	-	-	۴۸/۶۰۶۳	-۷/۵۸۲۴	۵۳/۱۹۰۹
(۱) شاهد	۴۷/۵۹۸ab	-۹/۳۰۰c	۴۱/۱۲۴b	-	-	-
(۲) پوششدار	۴۷/۱۵۳ab	-۷/۴۶۵ac	۴۵/۰۴۵b	-	-	-
(۳) اسمز شده (RSM)	۴۳/۸۹۸b	-۲/۳۱۵a	۴۵/۷۱۳b	-	-	-
(۴) اسمز شده (جدول)	۴۴/۴۷۴b	-۷/۹۶۵ac	۴۳/۳۰۱b	-	-	-
(۵) پوشش دار و اسمز شده (RSM)	۴۹/۳۰۴a	-۵/۵۳۹ac	۵۲/۶۲۶a	-	-	-
(۶) پوشش دار و اسمز شده (جدول)	۴۸/۸۴۵a	-۵/۳۹۸c	۴۶/۲۹۳ab	-	-	-



شکل ۵- میانگین میزان تغییر رنگ "به" خشک شده

(۱) شاهد، (۲) پوششدار، (۳) اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه توسط RSM اما بدون پوشش (۴)، اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه جدول) اما بدون پوشش، (۵) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه توسط RSM)، (۶) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه جدول). حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می باشند.



شکل ۶- میانگین شدت رنگ "به" خشک شده

(۱) شاهد، (۲) پوششدار، (۳) اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه توسط RSM اما بدون پوشش (۴)، اسمز شده (توسط محلول اسمزی بهینه جدول) اما بدون پوشش، (۵) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه توسط RSM)، (۶) پوشش دار و اسمز شده (حاصل از محلول اسمز بهینه جدول). حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در آزمون دانکن ($P < 0.05$) می باشند.

دهنده مانند اسید سیتریک می توانند با بلوکه کردن یون مس و کاهش pH محلول موجب کاهش فعالیت آنزیم های فنولاز گردند و

دلیل این امر را می توان به غوطه وری نمونه ها در محلول های اسمزی و عدم تماس با اکسیژن نسبت داد. همچنین مواد کمپلکس

نتیجه گیری

توسط مدل آماری RSM، مدل رگرسیونی، برای بهینه سازی ترکیب محلول اسمزی، به دست آمد. در این مدل، اثرات خطی و درجه دو فروکتوز و کلرید کلسیم و اثر خطی اسید سیتریک وارد شد. اثرات پیش تیمارهای آبیگری اسمز و پوشش های خوراکی فعال بر پایه پکتین-کربوکسی متیل سلولز-اسید اسکوربیک بر بافت و رنگ نمونه های خشک شده در خشک کن با هوای داغ، مورد بررسی قرار گرفت که حاکی از اثر نرم کنندگی این پیش تیمارها بر بافت و اثر بازدارندگی آنها در جلوگیری از تغییر رنگ بود که به جلوگیری از تماس اکسیژن با بافت و اثر بازدارندگی اسید اسکوربیک و اسید سیتریک از قهوه ای شدن آنزیمی، نسبت داده شد.

همچنین با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان قهوه‌ای شدن محصول نهایی کاهش می یابد (حدادخداپرست ۱۳۸۷، صوتی ۱۳۸۲). در نتیجه استفاده از فرآیند اسمز به دلیل حفظ رنگ نمونه‌ها، نیاز به استفاده از ترکیبات گوگردی برای جلوگیری از تغییر رنگ نمی باشد (Krokida, 2000).

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، شدت رنگ برای نمونه های پوششدار و آبیگری اسمز شده در بیشترین مقدار است و در آزمون دانکن، با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ دارد. در ضمن شدت رنگ، برای نمونه شاهد، در کمترین مقدار بوده و اختلاف معنی‌داری با بقیه نمونه‌ها (به غیر از نمونه های پوششدار و اسمزی شده) ندارد.

منابع

- امام جمعه، ز.، طهماسبی، م.، پیروزی فرد، خ. و عسگری، غ.، ۱۳۸۷، بررسی تاثیرپیش فرایند اسمزی بر ویژگی‌های بافتی و ریزساختاری گوجه-فرنگی خشک شده با هوا، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۱، ۱۳۹-۱۳۳.
- حداد خداپرست، م.، جلالی، ف. ف. و فرقانی، م.، ۱۳۸۷، بررسی امکان استفاده از پکتین، کربوکسین سلولز و نشاسته در فرایند خشک کردن اسمزی سیب و تعیین برخی از عوامل مؤثر، مجموعه مقالات هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۷-۱.
- سراجی، ا.، قنبرزاده، ب.، صوتی، م. و اسحاقی، م.، ۱۳۸۹، اثر پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز - اسید اسکوربیک درخشک کردن اسمزی کدو سبز، پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران مقاله پذیرفته شده، صوتی خیابانی، م. سحری، م. و امام جمعه، ز.، ۱۳۸۲، بهینه‌سازی فرایند تولید برگه هلو با استفاده از اسمز، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴، ۲۹۱-۲۸۳.
- قنبرزاده، ب.، ۱۳۸۸. بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر و خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- Dadali, G., and Demirhan, E., 2007, Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25, 1713-1723.
- Jayaraman, K. S., Dasgupta, D. K., and Babu Rao, N., 1990, Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated Cauliflower. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 47-60.
- Khin, M. M., Zhou, W. O., and Perera, C., 2006, A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77, 84-95.
- Khin, M. M., Zhou, W., and Yeo, Sh. Y., 2007, Mass transfer in the osmotic Dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*, 81, 514-522.
- Konopacka, D., Jersonkowska, K., Klewicki, R., and Bonazz, C., 2009, The effect of different osmotic agents on the sensory perception of osmo-treated dried fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80-84.
- Krokida, M. K., Kiranoudis, C. T., Maroulis, Z. B., and Marinos-kouris, D., 2000, Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying Technology*, 18, 1238-1250.
- Lenart, A., 1996, Osmo convective drying of fruits and vegetables technology and application. *Drying Technology*, 14, 391-413.
- 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.
- Noshad, M., and Mohebbi, M., 2011, Multi-Objective Optimization of Osmotic-Ultrasonic Pretreatments and Hot-Air Drying of Quince Using Response Surface Methodology. *Food Bioprocess Technology*, 1-13.
- Pisalkar, P. S., Jain, N. K., and Jain, S. K., 2011, Osmo-air drying of aloe vera gel cubes. *Journal of Food Science Technology*, 48, 183-189.
- 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.