بررسی اثرات پیش‌تیمار آبگیری اسمزی در فشارکاهش‌یافته ناپیوسته برروی بافت، رنگ و جذب روغن برش‌های کیوی سرخ شده در خلا

فاطمه آقابزرگ افجه [a*]، علیرضا بصیری[b]، عبدالرضا محمدی نافچی[c]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی کشاورزی - علوم و صنایع غذایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
[b] استادیار سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده صنایع شیمیایی، تهران، ایران
[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۹/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۲

چکیده

مقدمه: یکی از روش‌های آماده‌سازی در فرآوری میوه‌ها و سبزی‌ها آبگیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته ناپیوسته می‌باشد که به دلیل استفاده از دماهای پایین امکان تولید فرآورده‌هایی با بافت و رنگ مطلوب را می‌دهد. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرات متغیرهای فرآیند آبگیری اسمزی (فشار محیط، زمان تماس محصول با محلول، غلظت و دمای محلول اسمزی) بر روی شاخص‌های کیفی فرآورده (تغییرات رنگ، بافت، جذب روغن) و دستیابی به شرایط بهینه فرآیند می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از یک سیستم آبگیری اسمزی تحت خلاء استفاده گردید که شامل جار بی‌هوازی، سبد توری، پمپ خلاء، فشارسنج و دماسنج بود. با بررسی پارامترهای کیفی محصول محدوده دمای محلول اسمزی ۳۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌بار، غلظت محلول اسمزی ۳۰ تا ۵۰ درصد و مدت زمان تماس محصول با محلول اسمزی ۶۰ تا ۱۸۰ دقیقه تعیین گردید. با استفاده از مدل آماری رویه پاسخ نقشه آزمایش‌ها شامل ۳۱ آزمون به دست آمد و نمونه‌های فرآوری شده در نهایت در دمای ۱۰۸ درجه سانتی‌گراد، زمان۸ دقیقه و فشار ۳۲۰ میلی بار تحت خلاء سرخ شدند و سپس اثرات این پارامترها بر روی شاخص‌های کیفی نمونه های فرآوری شده در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند.

یافته‌ها: پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، شرایط بهینه شامل دمای محلول اسمزی ۴۸/۷۱درجه سانتی‌گراد، فشار ۵۹۲/۰۷ میلی‌بار، مدت زمان ۶۲/۹۲ دقیقه و غلظت محلول اسمزی ۳۴/۸۷ درصد حاصل شد. با انجام آزمایش بهینه با شرایط ذکر شده میزان تغییرات رنگ ۱۳/۶۳، جذب روغن ۱۴/۸۲g oil/100g dry basis و بافت۲/۷۸ N/m به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که افزایش دمای محلول اسمزی سبب کاهش سختی بافت و افزایش تغییرات رنگ می‌شود. با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان تغییرات رنگ، جذب روغن و سختی بافت کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: *آبگیری اسمزی، بهینه سازی، سرخ کردن تحت خلاء، فشار کاهش یافته، کیوی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: f_afjeh63@yahoo.com

jftn.srbiau.ac.ir

مقدمه

کیوی، میوه‌ای است با ارزش غذایی بالا، که سرشار از ویتامین‌هایی مانند C، A و E و هم‌چنین سطوح بالایی از فیبر، مواد معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها، ترکیبات فنلی و سایر مواد فعال زیستی می‌باشد که در بهبود سلامت دستگاه گوارش و حفاظت از بدن در برابر استرس نقش مهمی را ایفا می‌کند. میوه کیوی به خاطر طبیعت به شدت فاسد شدنی‌اش دارای ماندگاری پایینی است و نه تنها به عنوان میوه‌ی تازه، بلکه به صورت فرآوری شده مانندمربا، آب میوه، میوه‌های کنسرو شده، و محصولات خشک شده و منجمد مصرف می‌شود (Maadyrad *et al*., 2011).

وقتی محصولات تازه مانند میوه‌ها سرخ می‌شوند، یک پیش آماده سازی جهت تولید محصول با کیفیت بهتر، قبل فرآوری آن‌ها به عنوان چیپس مورد نیاز است. سرخ کردن تحت شرایط محیط نمی‌تواند جهت سرخ کردن میوه‌ها استفاده شود، چرا که بافت و رنگ محصولات کاملا دچار تغییرات نامطلوب می‌شود و محصولات ظاهری (تیره تر) که نشانگر سرخ شدن بیش از حد است دارند. فرآیند سرخ کردن تحت فشار کاهش یافته، یک روش موثر برای کاهش میزان روغن در اسنک‌های سرخ شده می باشد. در عملیات سرخ کردن تحت فشار کاهش یافته غذا تحت فشار کمتر از فشار محیط حرارت داده می‌شود که این باعث کاهش نقطه جوش روغن و آب در مواد غذایی می‌شود. در مقایسه با روش‌های دیگر خشک کردن برای میوه‌ها و سبزی‌ها، فرآیند سرخ کردن تحت فشار کاهش یافته، یک روش نوین برای به دست آوردن محصولات خشک شده با کیفیت بالا در زمان فرآوری کوتاه‌تر است (Maadyrad *et al*., 2011).

اغلب آبگیری اسمزی (OD)[1] همراه با سرخ کردن در فشار کاهش یافته برای تولید چیپس میوه با کیفیت بالا استفاده می‌شود. آبگیری اسمزی جهت کاهش مقدار رطوبت اولیه، افزایش زمان نگهداری میوه و سبزی‌های فرآوری شده مورد استفاده قرار گرفته است. در فرآیند آبگیری اسمزی، محصولات در محلول‌های غلیظ قندی، نمکی ویا ترکیبی از این دو قرار گرفته و با ایجاد شیب غلظت بین محلول اسمزی و محصول، بخشی از آب محصول خارج می‌گردد. در واقع یک فرآیند انتقال جرم چند مولفه‌ای رخ می‌دهد، به گونه‌ای که همزمان با خروج آب از ماده غذایی، ماده یا عوامل اسمزی به درون بافت (درون سلول‌ها یا فضاهای بین سلولی) نفوذ می‌کنند که مقدار آن در مقایسه با آب خروجی بسیار اندک می‌باشد (Singh *et al*., 2005). به علت مقدار قند بالای محصول پس از آبگیری اسمزی، سرخ کردن در فشار کاهش یافته تکنولوژی بسیار عالی جهت تولید چیپس های میوه سرخ شده به روش غوطه‌وری با کیفیت بالا می‌باشد. به کار گیری آبگیری اسمزی به عنوان پیش تیماربه علت کندی سرعت تبادل جرم و زمان بری آن با محدودیت روبرو می‌باشد. یکی از عواملی که می‌تواند به کاهش این محدودیت کمک نماید انجام فرآیند در شرایط فشار کاهش یافته نا پیوسته می‌باشد. کاهش فشار به دو صورت پیوسته و ناپیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالت نا پیوسته کاهش فشار در ابتدای فرآیند برای مدت کوتاهی اعمال و پس از آن فرآیند در فشار محیط ادامه می یابد (Corzo & Bracho, 2006). اعمال کاهش فشار به صورت نا پیوسته باعث انبساط منافذ محصول، افزایش سطح انتقال جرم و در نتیجه تسریع آبگیری می‌گردد. کاهش فشار باعث افزایش میزان خروج آب از محصول می‌شود، اما بر مقدار جذب ماده جامد تقریبا بی‌تاثیر می‌باشد (Ozdemir *et al*., 2008) . عوامل مختلفی ازجمله نوع و غلظت محلول اسمزی (Sultanolu & Ertekin, 2000) دما و مدت زمان فرآیند (Ertekin, 2000; Sun, 2005) سرعت همزدن محلول اسمزی (Martinez *et al*., 2007) نسبت محصول به محلول اسمزی (Shukla *et al*., 2005) و ویژگی‌های مواد اولیه مورد استفاده (Sun, 2005) بر آبگیری اسمزی میوه‌ها و سبزی‌ها تاثیرگذار هستند. افزایش غلظت محلول اسمزی، انتقال ماده را افزایش می‌دهد. فشار کاهش یافته ناپیوسته منجر به انتقال جرم بیشتر می‌شود (Correa *et al*., 2010).

در این تحقیق به بررسی اثرات عوامل تاثیرگذار بر آبگیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته ناپیوسته (شامل فشار عملیاتی، زمان تماس نمونه با محلول اسمزی، غلظت

[1] Osmotic Dehydration

jfn.srbiau.ac.ir

محلول اسمزی و دمای محلول اسمزی) به عنوان پیش تیمار در فرآیند سرخ کردن در فشار کاهش یافته برش های کیوی بر روی پاسخ های رنگ، بافت، جذب روغن پرداخته شد و داده های حاصل با روش سطح پاسخ، آنالیز و بهینه سازی شدند.

مواد و روش ها

- نمونه تحت بررسی

این پژوهش بر روی کیوی رقم هایوارد[1] درجه یک انجام شد. پس از خریداری کیوی‌های سالم وتازه (در فصل بهار در شمال کشور کشت داده شده و دراواخر تابستان و اوایل پاییز برداشت می شود)، نمونه‌ها تا شروع آزمایش در داخل یخچال در دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس جهت فرآوری حدود ۳۰ دقیقه قبل از فرآیند از یخچال خارج کرده تا به دمای محیط برسد. بعد از رسیدن به دمای محیط آزمایشگاه نمونه‌ها پوست‌گیری شده، توسط آب شهری شسته و بعد از خشک شدن سطحی به وسیله دستمال جاذب رطوبت به صورت افقی برش‌هایی به ضخامت حدود ۲ mm زده می‌شود.

- پیش آزمایشات

پس از بررسی تحقیقات پیشین، محدوده‌هایی برای تعیین نقشه اصلی آزمایشات تعیین گردید. محدوده متغیرهای تحت بررسی شامل (دمای محلول اسمزی ۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد، غلظت محلول ۳۰-۵۰ درصد وزنی/حجمی، فشار درون محفظه ۵۰۰-۷۰۰ میلی‌بار، و مدت زمان تماس محصول با محلول ۱۸۰-۶۰ دقیقه) در نظر گرفته شد.

- آماده سازی محلول

در این پروژه به منظور تهیه محلول اسمزی از ساکارز خوراکی و آب شرب استفاده گردید. محلول ها با نسبت سی به یک محلول به محصول با غلظت‌های ۵۰-۴۰ درصد حجمی/ وزنی تهیه شده و سپس آن را درون بشری با ظرفیت یک لیتر ریخته و به منظور یکنواخت شدن محلول، بر روی یک هیتر مجهز به هم زن با دمای ملایم قرار گرفت. در ادامه محلول آماده‌سازی شده تا زمان مصرف در یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

- آبگیری اسمزی نمونه‌ها

محلول اسمزی آماده سازی شده به درون جار حاوی مگنت منتقل و سپس بر روی هات پلیت استیرر قرار گرفت تا به دمای مورد نیاز برای آزمایش برسد. نمونه‌های برش داده شده که حدود ۲ میلی‌متر ضخامت داشتند، توزین گردیدند. در ادامه این نمونه‌ها درون سبد توری قرار گرفته و به جار حاوی محلول اسمزی که به دمای مورد نظر رسیده، انتقال یافته و بر روی هیتر قرار گرفتند. هم‌چنین به منظور یکنواختی غلظت محلول در اطراف نمونه‌ها، محلول با یک مگنت به آرامی هم زده شد. در ابتدای هر آزمایش فشار مشخص شده در نقشه آزمایش‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در جار اعمال گردید. بعد از این مدت، فشار کاهش یافته ایجاد شده توسط شیر فشار شکن شکسته شد و فرآیند آبگیری اسمزی در فشار محیط تا زمان موردنظر ادامه یافت. پس از گذشت زمان مورد نیاز برای آزمایش، نمونه‌ها از ظرف خارج، و بعد از آبگیری سطحی آن‌ها توسط دستمال کاغذی، مجددا وزن شدند.

- سرخ کردن تحت فشار کاهش یافته

بعد از آبگیری، نمونه‌ها جهت سرخ کردن آماده شدند. بعد از توزین نمونه‌ها، نمونه‌ها درون توری قرار گرفته و درون سرخ کن حاوی روغن آفتابگردان که به درجه حرارت مورد نظر (۱۰۵ درجه راد) رسیده قرار گرفتند. بعد از ایجاد فشار کاهش یافته مورد نظر (حدود ۳۲۰ میلی بار) سبد حاوی نمونه‌ها توسط میله بالا بر وارد روغن شده، بعد از مدت زمان مشخص (۸ دقیقه) جهت سرخ کردن نمونه‌ها از روغن بیرون آورده شدند، سپس توسط شیر فشارشکن سرخ‌کن، فشار سرخ‌کن به فشار اتمسفر رسید بعد از رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط روغن اضافی توسط دستمال کاغذی گرفته شده و نمونه‌ها توزین شدند. این شرایط سرخ کردن نمونه‌ها، شرایط نسبتا مطلوب جهت سرخ‌کردن کیوی بدون پیش فرایند در پژوهش‌های پیشین می‌باشد (Maadyrad *et al.*, 2011).

[1] Hayward

jfnsri.ac.ir

سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

- سنجش میزان سختی بافت نمونه‌ها

در این پژوهش جهت بررسی سختی نمونه‌های میوه سرخ‌شده کیوی از آزمون خمش سه نقطه‌ای [1] استفاده گردید در این آزمون از دستگاه بافت سنج Testometric مدل M350- 10CT ساخت کشور انگلستان در دانشگاه تهران استفاده شد .در تحقیق حاضر Prob از نوع میله ای با لبه صاف و ضخامت ۲ میلی‌متر و با سرعت ثابت ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه مورد استفاده قرار گرفت و حداکثر دامنه بار ۵۰ نیوتن بود.شایان ذکر است آزمون در سه تکرار انجام پذیرفت.

- سنجش تغییرات رنگ

ارزیابی تغییرات رنگ در نمونه‌های فرآوری شده با استفاده از دستگاه هانترلب[2] انجام شد. در این پژوهش جهت بررسی رنگ محصولات از دستگاه هانترلب نوع CHOROMA METER مدل CR-400 موجود در موسسه تحقیقات کشاورزی کرج استفاده گردید. توسط هانترلب ۳ شاخص رنگی نمونه‌ها شامل L^*,a^*,b^* ارزیابی گردید. a^* نشان دهنده رنگ قرمز- سبز، L^* نماینده روشنایی بوده و b^* رنگ زرد-آبی را نشان می‌دهد. تفاوت رنگ بین نمونه‌های فرآوری شده و نمونه اولیه یعنی ΔE توسط رابطه ۱ محاسبه گردید

(رابطه ۱)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

- سنجش محتوی چربی

در این پژوهش جهت اندازه‌گیری میزان چربی موجود در کیوی سرخ شده تحت شرایط بهینه از روش سوکسله و حلال هگزان طبق روش AOCS به شماره ۳-۴۹ BC استفاده شد. به این صورت که ۱ گرم از نمونه توزین گشته و داخل کارتوش قرار داده شد و سپس در قسمت استخراج کننده سوکسله قرار داده شده و به مدت ۸ ساعت روغن نمونه توسط حلال استخراج گردید (AOCS. 1997). درصد روغن نمونه از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$\text{Oil} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \quad \text{(رابطه۲)}$$

W_1: وزن نمونه

W_2: وزن روغن باقیمانده در بالن

- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های بدست آمده از مجموع آزمایشات انجام شده بر مبنای روش آماری سطح پاسخ[3] مورد ارزیابی قرار گرفت. روش سطح پاسخ مجموعه‌ای است از روش‌های آماری و ریاضی که محققان صنایع غذایی امروزه در بخش تحقیق و توسعه از آن برای تولید فرآورده‌های جدید و هم‌چنین بهینه‌سازی فرآیندهای موجود، به طور روز افزون استفاده می‌کنند. بیشترین کاربرد این روش در فرآیندهایی است که در آن چندین متغیر بر روی عملکرد و یا شاخص‌های کیفی فرآورده (پاسخ‌ها) تاثیرگذار می‌باشند. تعیین نقشه آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل آنها و دستیابی به شرایط بهینه توسط نرم افزار JMP ویرایش ۷، ساخت شرکت SAS انجام گرفت.

یافته‌ها

قبل از شروع آزمایشات، ویژگی‌های اولیه آنها شامل

- سختی بافت ۱/۴ N/mm
- رنگ l* 38.54 a* -7.09 b* 15.06
- ۴/۳۶ pH

سنجیده شد.

در این پژوهش در ابتدا با انجام پیش آزمایش‌ها در محدوده متغیرهای تحت بررسی (دمای محلول اسمزی ۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد، فشار درون محفظه ۷۰۰-۵۰۰ میلی‌بار، غلظت محلول اسمزی۵۰-۳۰ درصد وزنی/ حجمی، زمان تماس محصول با محلول اسمزی۱۸۰ -۶۰ دقیقه) در نظر گرفته شد و پس از بررسی شاخص‌های کیفی فرآورده‌های به‌دست آمده، جهت تعیین طرح آزمایش‌ها و بهینه سازی فرآیند از مدل آماری رویه پاسخ‌ها استفاده گردید. شاخص‌های کیفی فرآورده نهایی یا به عبارتی پاسخ‌ها شامل میزان سختی بافت، تغییرات رنگ و جذب روغن بود. در ادامه ۳۱ آزمون در شرایط پیشنهاد شده و در نقشه آزمون‌ها انجام شده و این آزمون‌ها در سه تکرار جهت تعیین شاخص‌های کیفی انجام شده (جدول۱) و در

[1] Three- Point Bending
[2] Hunter Lab
[3] Response Surface Methodology (RSM)

jfn.srbiau.ac.ir

نهایت به صورت عدد میانگین در جدول آورده شده است.

با توجه به شاخص‌های کیفی مطلوب برای چیپس کیوی (تغییرات رنگ پایین‌تر و سختی بافت بیشترو هم‌چنین جذب روغن کمتر) و با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های فوق توسط روابط آماری و رویه پاسخ‌ها، مناسب‌ترین شرایط بهینه فرآوری به شرح زیر تعیین گردید:

دمای محلول اسمزی: ۴۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد

غلظت محلول اسمزی: ۳۴/۸۷ درصد وزنی/ وزنی

زمان تماس محصول با محلول اسمزی۶۲/۹۲ دقیقه

نتایج حاصل از آزمایش بهینه و نتایج به دست آمده توسط روش سطح پاسخ با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۱- نتایج حاصل از انجام آزمون‌ها

Oil Absorbtion (g oil/g dry basis)	Texture (N/m^2)	ΔE	Temperature (C°)	Pressure (mbar)	Time (min)	Consentration (% w/w)	Test
	1.400						Raw Kivi
41.34	2.245	13.58					Fryed Kivi
22.56	3.604	13.03	30	500	60	50	1
12.84	3.202	12.62	40	500	120	40	2
10.27	2.316	12.24	40	600	120	40	3
23.22	5.752	10.11	50	700	180	50	4
11.48	2.073	11.13	40	600	120	30	5
19.24	5.864	13.86	50	700	180	30	6
10.41	2.492	12.42	40	600	120	40	7
25.20	2.704	11.04	30	700	180	50	8
10.05	2.231	12.72	40	600	120	40	9
9.36	2.900	13.01	40	600	60	40	10
10.22	2.456	12.24	40	600	120	40	11
12.67	2.256	12.17	30	700	180	30	12
14.82	3.125	9.89	40	600	120	50	13
23.61	6.714	5.98	50	500	180	50	14
15.33	3.863	12.30	50	500	180	30	15
10.11	2.309	12.21	40	600	120	40	16
22.45	5.876	11.86	50	500	60	30	17
23.05	5.910	13.07	50	700	60	30	18
20.93	3.226	13.11	30	700	60	50	19
21.88	2.819	10.43	30	500	180	50	20
19.22	2.905	11.81	30	500	60	30	21
10.10	2.506	12.66	40	600	120	40	22
20.75	6.131	12.97	50	700	60	50	23
8.25	2.015	12.29	40	600	180	40	24
10.98	2.611	12.37	40	600	120	40	25
22.13	8.180	11.01	50	500	60	50	26
20.59	2.518	10.82	30	700	60	30	27
12.88	4.411	12.83	50	600	120	40	28
13.10	3.090	12.87	40	700	120	40	29
7.75	2.243	13.92	30	500	180	30	30
10.35	2.557	12.35	40	600	120	40	31

jfn.srbiau.ac.ir

جدول ۲- مقایسه نتایج حاصل از آزمون بهینه انجام شده و نتایج آماری

نتایج	تغییرات رنگ	سختی بافت (N/m^2)	جذب روغن (g oil/g dry basis)
نتایج روش سطح پاسخ	۱۲/۲۸	۲/۸۵	۱۴/۹۰
نتایج آزمایش	۱۳/۶۳	۲/۷۸	۱۴/۸۲

هرچند نتایج به دست آمده از انجام آزمایش بهینه، با نتایج آماری یکسان نیستند، اما در مقایسه با آزمون‌های انجام شده قبلی، پاسخ‌های بهتری را در بر داشته‌اند. در نتیجه شرایط مشخص شده به عنوان شرایط بهینه، شرایط مطلوبی هستند و مدل انتخابی دقت بالایی در تعیین شرایط بهینه داشته است.

بحث

همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود افزایش دمای محلول اسمزی باعث افزایش تغییرات رنگ محصول نسبت به نمونه شاهد می‌گردد. فشار تاثیر چندانی بر روند افزایش و کاهش تغییرات رنگ ندارد. نتایج حاصل از آزمون رنگ سنجی با هانترلب، به صورت ΔE که بیانگر تفاوت در میزان رنگ محصول فرآوری شده با ماده اولیه قبل از فرآوری می‌باشد، آورده شده است. بدین معنی که افزایش مقادیر فاکتور ΔE نشان دهنده کاهش کیفیت رنگ می‌باشد و در حقیقت افزایش تفاوت رنگ محصول با ماده اولیه را نشان می‌دهد. تغییرات رنگ نهایی فرآورده (ΔE) به طور معنی‌داری تحت تاثیر دمای محلول اسمزی در فرآیند قرار گرفته است. در حالی که فشار تاثیر چندانی را بر جای نمی‌گذارد. با توجه به نمودار ۱ در می‌یابیم که با افزایش دمای محلول تفاوت رنگ محصول با فرآورده اولیه افزایش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش دما مواد قندی کاراملیزه شده و رنگ قهوه‌ای پدید می‌آید. هم‌چنین با افزایش دما شرایط لازم برای واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (میلارد) محیا می‌شود. در این واکنش، عامل آلدئیدی قندها و عامل آمینی پروتئین‌ها با یکدیگر واکنش داده و باعث ایجاد رنگیزه‌های قهوه‌ای می‌شوند. هم‌چنین دلیل دیگر این امر این است که با افزایش دمای محلول، دیواره سلولی نازک شده و سبب وارد شدن مواد به درون فضای سلولی و هم جوار شدن آنزیم‌های موثر در فرآیند قهوه‌ای شدن و سوبسترا می‌شود. نتیجه به دست آمده با یافته‌های کورکیدا و همکاران (۲۰۰۰)، امام جمعه و علاء الدینی (۱۳۸۴) و مارتینز و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود افزایش غلظت محلول اسمزی باعث کاهش تغییرات رنگ محصول نسبت به نمونه شاهد می‌گردد. زمان تاثیر چندانی بر روند تغییرات رنگ ندارد. با توجه به نمودار با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان تغییرات رنگ کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که افزایش غلظت محلول اسمزی شدت فرآیند آبگیری را افزایش داده و فرصت کافی برای فعال شدن عوامل موثر در تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن را محدود می‌نماید و همانطور که می‌دانیم حضور قندها به صورت نسبی موجب غیرفعال شدن و توقف فعالیت‌های آنزیمی که مسئول قهوه‌ای شدن آنزیمی هستند، می‌شود. نتایج به دست آمده با یافته‌های حاصل از پژوهش جلایی در سال ۱۳۸۶ مطابقت دارد. از این رو به نظر می‌رسد که روش آبگیری اسمزی به مقدار بسیار زیادی از تغییر رنگ در حین فرآیند جلوگیری می‌کند. در نتیجه محصول به دست آمده دارای رنگی ممتاز نسبت به محصولات سایر روش‌های فرآوری (خشک کردن، سرخ کردن) است.

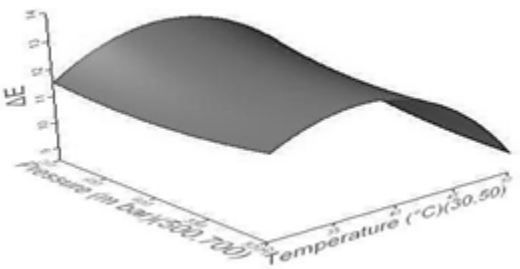
همانگونه که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان سختی بافت کاهش می‌یابد و بافت نرم‌تر و لاستیکی تر شده و نیروی بیشتری لازم است. فشار تاثیر معنی‌داری بر روی بافت ندارد. جهت تعیین میزان سختی بافت فرآورده در این پژوهش از مینیمم نیروی لازم جهت نفوذ در برش‌های کیوی سرخ شده استفاده گردید. بدین صورت که نیروی کمتر بیانگر نرمی کمتر فرآورده و ترد بودن می‌باشد. همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت محلول اسمزی بافت نرم‌ترو لاستیکی حاصل خواهد شد. دلیل این امر آن است که افزایش غلظت محلول اسمزی سبب بالا رفتن میزان جذب مولکول‌های ساکارز به درون بافت و افزیش سرعت انتقال جرم می‌شود و در پی آن موادی مانند یون‌های کلسیم از نمونه به محلول تراوش می‌کند. بنابر این غلظت کمتر یون‌های کلسیم درون بافت نمونه سبب افزایش مقاومت بافت در مقابل نیروهای برشی می‌گردد و در نتیجه بافتی نرم و لاستیکی در محصول ایجاد می‌گردد. نتایج

jfnsri.ac.ir

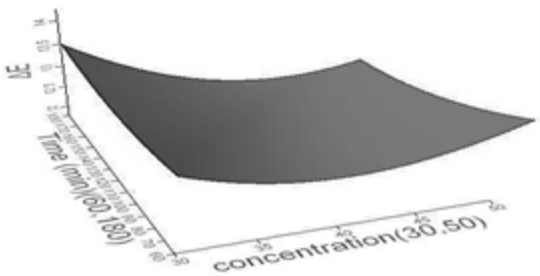
حاصل از این پژوهش با یافته‌های کلباسی و فاطمیان (۲۰۰۰) مطابقت دارد.

همانگونه که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود با افزایش دمای محلول اسمزی میزان سختی بافت کاهش می‌یابد و بافت نرم‌تر شده و نیروی بیشتری لازم است. زمان تاثیر چندانی بر روی بافت ندارد. در نمودار ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش دمای محلول اسمزی بافت نرم‌تر و لاستیکی‌تری حاصل خواهد شد. با افزایش دمای محلول، بافت نمونه‌ها نرم‌تر می‌شود، چرا که دماهای بالا سبب شکستن و تجزیه برخی ترکیبات موثر در استحکام بافت می‌گردد. علاوه براین به نظر می‌رسد که افزایش دمای محلول منجر به افزایش نفوذ مواد جامد محلول اسمزی به درون بافت محصول گردیده و برسختی بافت نمونه‌های خشک شده اثر معکوس می‌گذارد. نتایج حاصله با نتایج بیسوال و بزرگمهر (۱۹۹۲) و کلباسی و فاطمیان (۱۳۸۰) مطابقت دارد.

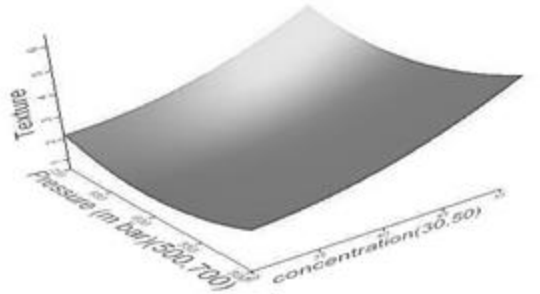
با مطالعه نمودار ۵ در می‌یابیم که با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان جذب روغن کاهش می‌یابد. فشار تاثیر چندانی بر میزان جذب روغن ندارد. آبگیری اسمزی مقدار روغن کل در چیپس‌های میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، هم‌چنین سیستم روغن زدایی قسمتی (تقریبا ۴۵٪) از روغن سطحی را حذف می‌کند و بنابراین مقدار روغن نهایی در چیپس های میوه را کاهش می‌دهد. در طول فرآیند آبگیری اسمزی، جذب قند اتفاق می‌افتد که این امر موجب کاهش جذب روغن در نمونه می‌شود. این پدیده ناشی از افزایش از دست دادن آب (یا افزایش در مقدار جامد) در طول فرآیند آبگیری اسمزی می باشد. نمودار ۵ نشان می دهد که مقدار روغن به طور قابل توجهی وقتی که غلظت محلول افزایش یافت، کاهش می‌یابد (Nunes *et al.*, 2009).



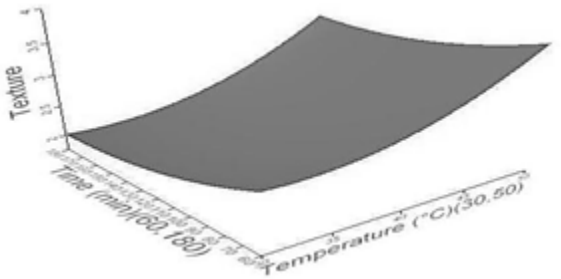
نمودار ۱-منحنی سه بعدی رویه پاسخ تاثیر دمای محلول و فشار بر تغییرات رنگ



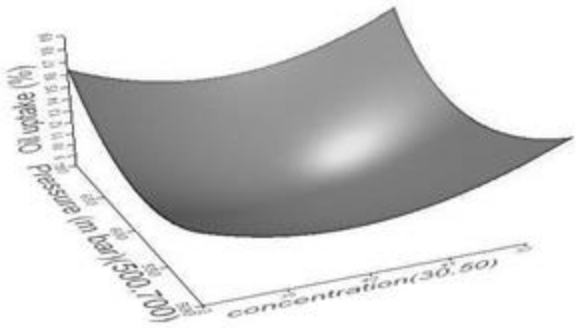
نمودار ۲-منحنی سه بعدی رویه پاسخ تاثیر غلظت محلول و زمان بر تغییرات رنگ



نمودار ۳-منحنی سه بعدی رویه پاسخ تاثیر غلظت محلول اسمزی و فشار بر سختی بافت



نمودار ۴- منحنی سه بعدی رویه پاسخ تاثیر دمای محلول اسمزی و زمان بر سختی بافت



نمودار ۵- منحنی سه بعدی رویه پاسخ تاثیر غلظت محلول اسمزی و فشار بر میزان جذب روغن

نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهمترین اهداف در صنعت غذا و مهندسی صنایع غذایی به کارگیری تجهیزات و فناوری‌های نوین جهت تولید محصولاتی جدید از طریق روش‌های

نوین می‌باشد. هدف اصلی از به کارگیری روش‌های نوین اصلاح کیفیت و ایمنی مواد غذایی به طور هم‌زمان می‌باشد. علاوه بر این، روش‌های مذکور سبب صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش مشکلات زیست محیطی نیز می‌شود. یکی از این روش‌های نوین جهت فرآوری مواد غذایی سرخ کردن تحت فشار کاهش یافته مواد غذایی با پیش تیمار آبگیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته ناپیوسته می‌باشد. فرآیند آبگیری اسمزی و به دنبال آن سرخ کردن، یکی از روش‌های فرآوری است که علی رغم ویژگی‌های منحصر به فرد آن نظیر کاهش صدمات حرارتی بر روی رنگ و آروما در سرخ کردن در مقایسه با سرخ کردن غوطه‌وری تاکنون توجه چندانی به آن نشده است. به کارگیری این فناوری، علاوه بر افزایش ماندگاری محصول و عدم نیاز به شرایط نگهداری در دماهای پایین سبب ایجاد سهولت در مصرف نیز می‌گردد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که افزایش دمای محلول اسمزی سبب کاهش سختی بافت، افزایش تغییرات رنگ می‌شود که دلیل عمده این تغییرات را آسیب دیواره سلولی و تغییرات فیزیکوشیمیایی ایجاد شده در اثر افزایش دما در بافت محصول می‌توان دانست. با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان تغییرات رنگ، جذب روغن، سختی بافت کاهش می‌یابد. هم‌چنین شرایط بهینه برای آبگیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته ناپیوسته برش‌های کیوی دمای محلول اسمزی ۴۸/۷۱ درجه سانتی‌گراد، غلظت محلول اسمزی ۳۴/۸۷ درصدوزنی/حجمی، ۶۲/۹۲ دقیقه مدت زمان تماس محصول با محلول اسمزی، فشار ۵۹۲/۰۷ میلی‌بار می‌باشد. با توجه به کارایی فرآیند آبگیری اسمزی در افزایش کیفیت نهایی محصولات سرخ شده و امکان کاهش افزودنی‌هایی مانند ترکیبات گوگردی و هم‌چنین با عنایت به صرفه جویی قابل توجهی که در مصرف انرژی در صورت استفاده از فرآیند آبگیری اسمزی در مقایسه با سایر روش‌های متداول ایجاد می‌شود، تداوم تحقیقات و بررسی‌های لازم به منظور شناسایی هرچه بیشتر فرآیند آبگیری اسمزی و کاربردهای آن در صنایع خشکبار توصیه می‌شود.

منابع

امام جمعه، ز. و علاالدینی، ب. (۱۳۸۴). بهبود شاخص‌های کیفی کیوی خشک شده و فرمولاسیون آن با استفاده از پیش فرآیند اسمزی.۳۶ (۶)، ۱۴۲۱-۱۴۲۷.

کلباسی، ا. و فاطمیان، ح. (۱۳۸۰). تاثیر ویژگی های فرآیند اسمزی بر خصوصیات کیفی برگه های سیب زرد لبنانی مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۴)، ۳۱-۲۴.

AOCS. (1997). Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 5th ed. The American Oil Chemists' Society Champaign, IIlinois.

Biswal, R. N. & Bozorgmehr, K. (1992). Mass transfer in mixed solute osmotic dehydration of apple ring..Transactions of the ASAE, 35,257-262.

Corzo, O. & Bracho, N. (2006). Predicting the moisture and salt contents of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration, Journal of Food Engineering, 80 (3), 781-790.

Ertekin, F. K. & Sultanolu, M. (2000). Modeling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. Journal of Food Engineering. 46 (4), 243-250.

Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B . & Marinos-Kouris, D. (2000). Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. Drying Technology, 18, 937-950.

Maadyrad, A., Ghiassi Tarzi, B., Bassiri, A. & Bamenimoghadam, M. (2011). Process Optimization in Vacuum Frying of Kiwi Slices Using Response Surface Methodology Journal of Food Biosciences and Technology, 1, 33-40.

Martinez-Valencia, B., AbuArchila, M., Cabrera, A. & Lagunes, A. (2011). Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon (Cucumis melo L.) var. cantaloupe. African journal of agricultural research, 6 (15), 3588-3596.

Ochoa-Martinez, C. I., Ramaswamy, H. S. & Ayala-Aponte, A. A. (2007). ANNBased Models for Moisture Diffusivity Coefficient and Moisture Loss at Equilibrium in Osmotic Dehydration Process, Drying Technology, 25 (5), 775-783.

Ozdemir, M., Ozen, B. F., Dock, L. L. & Floros, J. D. (2008). Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology, Food Science and Technology, xx, 1-7.

Singh, B., Kumar, A. & Gupta, A. K. (2005). Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes, Journal of Food Engineering, 79 (2), 471-480.

ifstrjournal.iau.ir

jftn.srbiau.ac.ir

jftn.srbiau.ac.ir