

تاثیر پوشش‌دهی با کاراگینان و کربوکسی‌متیل سلولز در فرایند اسمز بر زمان خشک‌شدن و میزان بازجذب آب در سیب زرد لبنانی

سیده الهام ساداتی گل‌افشانی^۱، سید مهدی جعفری^{۲*}، مهدی کاشانی‌نژاد^۳ و شهرام بیرقی طوسی^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ دانشیار دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳ استاد دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴ استادیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاددانشگاهی مشهد

*مسئول مکاتبه: Email: smjafari@gau.ac.ir

چکیده

استفاده از پیش تیمار پوشش‌دهی قبل از فرایند اسمز می‌تواند با کاهش جذب مواد جامد، عملکرد فرایند را بهبود بخشد. در این مطالعه تاثیر پیش تیمار پوشش‌دهی - اسمز بر سرعت خشک شدن و ظرفیت بازجذب آب، سیب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، قطعات مکعبی سیب با ابعاد ۱ سانتی‌متر ابتدا با کربوکسی‌متیل سلولز و کاراگینان پوشش داده شده و سپس، به مدت ۱۵۰ دقیقه درون محلول‌های ساکارز قرار گرفتند. در ادامه، در آون 70°C تا رسیدن به رطوبت ۲۰٪ خشک شدند. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص کارایی فرایند در نمونه یک لایه پوشش داده شده با کاراگینان ۱٪ و اسمز شده در ساکارز ۶۰٪ و نمونه یک و دو لایه پوشش داده شده با کربوکسی‌متیل سلولز ۰/۵٪ و اسمز شده در ساکارز ۴۵٪ به دست آمد. بررسی‌ها در طی خشک‌کردن تکمیلی نشان داد که وجود پوشش در طی فرایند خشک‌کردن تکمیلی، یک مانع قوی را در برابر خروج آب ایجاد کرده و سرعت خشک‌شدن را کاهش می‌دهد. با توجه به هدف این طرح، نتایج نشان داد که استفاده از فرایند پوشش‌دهی تنها در مرحله اسمز، کارآمد بوده و در خشک‌کردن تکمیلی، کارایی خاصی ندارد.

واژگان کلیدی: پوشش‌دهی، خشک کردن تکمیلی، سیب زرد لبنانی، ظرفیت بازجذب آب، فرایند اسمز

مقدمه

جایی که برای حذف آب از مواد غذایی به‌ویژه آن‌هایی که دارای ترکیبات قندی هستند (نظیر میوه‌ها)، زمان طولانی و دمای نسبتاً بالا مورد نیاز است و همین امر موجب بروز برخی تغییرات نامطلوب در محصولات از جمله تغییر رنگ، طعم، عطر، کاهش مواد مغذی، افزایش

خشک‌کردن مواد غذایی و مشخصاً میوه‌ها و سبزی‌ها، از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی جهت افزایش عمر ماندگاری معمول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می‌باشد. از آن

جرم ایجاد کرده و سرعت آبیگری را از این طریق نیز کم می‌کند (لازارس و همکاران ۲۰۰۷). همچنین این امر بر روی خصوصیات تغذیه‌ای نمونه تأثیر منفی می‌گذارد. مطالعات مختلف نشان داده است که استفاده از فرایند پوشش‌دهی قبل از انجام فرایند اسمز، می‌تواند عملکرد این فرایند را بهبود بخشد. در این رابطه از محلول‌های آبی نشاسته سیب‌زمینی، پکتین، سدیم آلژینات، کیتوزان، اتیل سلولوز، کربوکسی‌متیل سلولوز و مالتودکسترین به عنوان مواد پوشش‌دهنده استفاده شده است (خین و همکاران ۲۰۰۷، دهقان‌نیا و همکاران ۲۰۰۶، ماتوسکا و همکاران ۲۰۰۶). کربوکسی‌متیل سلولوز از مشتقات سلولوز است و از ویژگی‌های آن می‌توان به امولسیون‌کنندگی، غلظت‌دهندگی، نگهدارنده و تثبیت‌کننده، جذب کننده آب، عامل حفظ شکل و ظاهر اشاره کرد. کاراگینان نیز صمغی است که از جلبک دریایی قرمز استخراج می‌شود.

دهقان‌نیا و همکاران (۲۰۰۶) از کربوکسی‌متیل سلولوز به عنوان پوشش در طی آبیگری اسمزی حلقه‌های سیب استفاده کردند و تأثیر آن را بر میزان جذب نمک مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، پوشش در ۴ غلظت (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۳٪) و محیط اسمزی شربت گلوکز و نمک استفاده شد. افزایش غلظت کربوکسی‌متیل سلولوز از ۰/۵ به ۳٪ موجب افزایش از دست دادن آب و کاهش جذب مواد جامد و در نتیجه افزایش کارایی فرایند شد و میزان جذب نمک در نمونه‌های پوشش داده شده بیشتر از نمونه‌های کنترل بود و این مقدار با افزایش درصد پوشش کاهش یافت. در نهایت بهترین نتیجه با استفاده از غلظت ۱٪ کربوکسی‌متیل سلولوز در حضور ۵۰٪ شربت گلوکز + ۲٪ نمک به دست آمد.

پوشش‌دهی نمونه‌ها قبل از انجام فرایند اسمز، می‌تواند عملکرد این فرایند را با کاهش جذب مواد جامد بهبود بخشد. ولی نکته حائز اهمیت در رابطه با پوشش‌ها این است که یک پوشش، علاوه بر این که جذب مواد جامد را کاهش می‌دهد، نباید تأثیر منفی روی خروج آب بگذارد.

وزن مخصوص به علت چروکیدگی شدید و کاهش ظرفیت بازجذب آب محصول خشک شده می‌شود، لذا می‌توان از خشک‌کردن اسمزی به عنوان روشی جایگزین برای فراوری میوه‌ها بدون اعمال حرارت استفاده کرد. استفاده از فرایند اسمز قبل از خشک‌کردن با هوای گرم، باعث بهبود کیفیت و حفظ مواد مغذی موجود در فرآورده شده و میزان نیاز به انرژی حرارتی جهت حذف آب محصول را کاهش می‌دهد. از طرفی با به‌کارگیری محلول‌های اسمزی، از واکنش‌های قهوه‌ای-شدن آنزیمی تا حد قابل ملاحظه‌ای جلوگیری شده و امکان حذف مواد شیمیایی از جمله گوگرد افزایش خواهد یافت (خین و همکاران ۲۰۰۵).

بازجذب آب می‌تواند به عنوان معیار اندازه‌گیری میزان صدمات حاصل از خشک‌کردن به ماده غذایی در نظر گرفته شود (فلوز، ۱۹۹۰) بازجذب آب فرایند پیچیده‌ای است که خصوصیات ایجادشده را بازسازی می‌کند. سه فرایند مهم در طول بازجذب رخ می‌دهد: دریافت آب به وسیله مواد خشک، تورم و خروج مواد محلول (موریا و همکاران، ۲۰۰۸). بازجذب آب تحت تأثیر چندین عامل قرار دارد که به دو گروه عوامل داخلی و خارجی تقسیم بندی می‌شوند: عوامل داخلی مانند ترکیب شیمیایی محصول، پیش تیمارهای خشک کردن، فرمولاسیون محصول، شرایط و روش‌های خشک کردن، فرایندهای بعد از خشک کردن و عوامل خارجی شامل ترکیب محیط شناورسازی، دما، و شرایط هیدرودینامیک (فشار) است.

جذب مواد جامد محلول اسمزی، ترکیب (نسبت قند به اسید) و طعم محصول نهایی را تغییر می‌دهد و در اثر ایجاد لایه‌ای بر روی سطح محصول، گرادیان فشار اسمزی بین محصول و محیط اسمزی را به هم‌زده و نیروی محرکه لازم برای جریان آب را کاهش می‌دهد (خین و همکاران ۲۰۰۷). علاوه بر تأثیر منفی آن بر روی سرعت خروج آب، جذب مواد جامد به دلیل بستن لایه‌های سطح محصول، مقاومت اضافی را برای انتقال

دلیو بی ۱۴، ساخت کشور آلمان) به دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید.

محلول‌های اسمزی مورد استفاده در این تحقیق محلول‌های ساکارز با درجه بریکس ۴۵ و ۶۰ بود. محلول‌ها از انحلال مقدار معینی شکر (با درجه خلوص ۹۹٪، تولید شرکت قند فریمان) با آب مقطر در دمای محیط تهیه شده و بریکس آن‌ها توسط دستگاه رفاکتومتر دستی (تی‌وای‌ام، ساخت کشور چین)، قبل از شروع آزمایش بررسی شد.

آماده‌سازی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده و انجام فرایند اسمز

در این پژوهش از سیب زرد لبنانی (Golden Delicious)، چیده شده از باغات شناسنامه‌دار ارومیه استفاده شد. نمونه‌ها در سردخانه 4°C نگهداری شد. نمونه‌های مورد نیاز پس از سورت شدن بر اساس اندازه، رنگ، ۲ ساعت قبل از شروع آزمایش از سردخانه خارج گردید. سیب‌ها پس از شست و شو، ابتدا توسط دستگاه خلال کن دستی به صورت خلال‌هایی با سطح مقطع ۱ سانتی‌متر مربع در آمده و سپس با یک تیغ تیز به صورت دستی به مکعب‌هایی با ابعاد ۱ سانتی‌متر تبدیل شدند.

سپس قطعات مکعبی بر روی وسیله طراحی شده برای این آزمایش تثبیت شد و سپس به مدت ۳۰ ثانیه درون محلول پوشش و پس از حدود ۱ دقیقه آب چکه شدن محلول‌های اضافی، درون محلول کلرید کلسیم فرو برده شد. به منظور تثبیت پوشش بر روی نمونه‌های مکعبی سیب، از محلول کلرید کلسیم (دکتر مجلی، ساخت ایران) ۲٪ (وزنی-وزنی) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (ماتوسکا و همکاران ۲۰۰۶).

پس از آب چکه شدن محلول کلرید کلسیم، جهت خشک‌شدن محلول پوشش در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد (ببندر ۱۱۰، ساخت کشور آلمان) به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. برای تهیه نمونه با پوشش ۲ لایه، نمونه‌ها پس از ۳۰ ثانیه فرو بردن در محلول پوشش و آب چکه شدن، به

لذا کارایی فرایند که نسبت درصد حذف آب به جذب مواد جامد است، شاخص مناسبی جهت ارزیابی شرایط مختلف می‌باشد (ماتوسکا و همکاران ۲۰۰۶ و گارسیا و همکاران ۲۰۱۰). کارایی فرایند بستگی زیادی به شرایط فرایند دارد، بنابر این کارایی فرایند بالاتر نشان‌دهنده تیماری است که طی آن بیشترین آگیری با کمترین جذب مواد جامد به دست می‌آید.

از آنجایی که اسمز، فرایند کاملی نبوده و جهت دستیابی به محصولی با عمر ماندگاری بالا، استفاده از فرایند خشک کردن تکمیلی ضروری است، در این پژوهش پوشش‌دهی در طی فرایند اسمز بررسی و بهترین تیمار پوشش‌دهی معرفی می‌گردد و با توجه به اهمیتی که ایجاد پوشش در خشک‌کردن اسمزی دارد و از طرفی کمبود مطالعات انجام شده در بررسی تاثیر پوشش‌دهی در خشک کردن تکمیلی، تاثیر پوشش‌دهی بر این مرحله نیز بررسی و روند باز جذب آب نمونه‌های خشک شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی محلول‌های پوششی و اسمز

در این تحقیق از دو پوشش کاراگینان (نوع کاپا، تهیه شده از شرکت نگین خوراک پارس) و کربوکسی‌متیل سلولز (با نام تجاری ساندروز ساخت کشور ژاپن) در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی-وزنی) به صورت یک لایه و دو لایه استفاده شد.

محلول‌های کاراگینان قبل از انجام فرایند آماده شد. به این صورت که پس از انحلال ماده پوشش در آب مقطر، به مدت ۴۵ دقیقه بر روی اجاق برقی 70°C قرار گرفته و با همزن مغناطیسی، هم زده شد و با همین دما مورد استفاده قرار گرفت (ماتوسکا و همکاران ۲۰۰۶). محلول‌های کربوکسی‌متیل سلولز از انحلال ماده پوشش با آب مقطر، از قبل تهیه و درون بشر در یخچال نگهداری شده و هنگام استفاده، توسط حمام آب (ممرت،

W_0 = درصد رطوبت نمونه بر پایه مرطوب قبل از اسمز

(میوه/gf / آب/gf)

W = درصد رطوبت نمونه بر پایه مرطوب بعد از اسمز

(میوه/gf / آب/gf)

$$Pr = \frac{WL}{SG} \quad \{3\}$$

مرحله خشک‌کردن تکمیلی

پس از یافتن مناسب‌ترین زمان از مرحله اول این پژوهش، در مرحله خشک کردن تکمیلی، نمونه‌ها به مدت مشخص تحت تیمار اسمز قرار گرفته و پس از توزین و قرار گرفتن در پلیت‌های مشبک کدگذاری شده، در ۱۵ تکرار برای هر تیمار، در 70°C تا رسیدن به رطوبت ۲۰ درصد بر مبنای مرطوب خشک شدند.

برای تعیین مقدار رطوبت، مقدار مشخصی از نمونه توزین شده و در آن با دمای 70°C درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت (جنا و داس ۲۰۰۵). بعد از این مدت نمونه‌ها از آن خارج و پس از سرد شدن در دسیکاتور، توزین گردید. با استفاده از معادله ۴ مقدار رطوبت نمونه‌ها محاسبه شد.

$$MC = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad \{4\}$$

MC = درصد رطوبت بر مبنای مرطوب

m_1 = وزن نمونه قبل از خشک شدن (gf)

m_2 = وزن نهایی نمونه خشک شده (gf)

قابلیت بازجذب آب^۳

بازجذب آب نمونه‌های خشک‌شده به صورت غوطه‌وری در آب مقطر 25°C درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱ به ۱۰، به مدت ۲ ساعت انجام شد (امامی و همکاران ۲۰۰۷). نمونه‌ها هر ۳۰ دقیقه از آب خارج شدند و رطوبت سطحی آن با دستمال حوله‌ای گرفته شده و توزین گردیدند. قابلیت بازجذب آب نمونه‌های خشک شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق درون یک فضای بسته (جهت جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط اطراف) قرار گرفت، سپس دوباره به مدت ۳۰ ثانیه درون محلول پوشش قرار گرفته و بقیه مراحل فوق انجام شد (ماتوسکا و همکاران ۲۰۰۶). نمونه‌های پوشش داده شده پس از توزین با ترازو (مدل متلر تولدو ساخت سوئیس، دقت ۰/۰۰۱)، در دمای حدود 25°C ، درون محلول‌های ساکارز با غلظت‌های مختلف قرار گرفتند.

برای این که رقیق شدن محیط اسمزی در اثر خروج آب محصول، تاثیر سویی بر فرایند اسمز نگذارد، نسبت وزنی نمونه به محلول اسمزی ۱ به ۱۰، در نظر گرفته شد (دهقانیان و همکاران ۲۰۰۶).

به منظور بررسی مناسب‌ترین زمان آبیگری اسمزی، نمونه‌ها در زمان‌های متوالی ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۵۰، ۲۱۰ و ۲۷۰ دقیقه، از محلول‌های اسمزی خارج شده و پس از شست‌وشوی سطحی جهت حذف محلول‌های باقی مانده از روی نمونه و گرفتن آب سطحی آن توسط دستمال حوله‌ای، توزین شده و رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. در طی فرایند اسمز دما ثابت بود.

محاسبه پارامترهای اسمز

با استفاده از مقادیر ثبت‌شده و بر اساس معادلات ۱، ۲ و ۳ به ترتیب، درصد جذب مواد جامد (SG)، میزان درصد حذف آب (WL) و کارایی فرایند (Pr) محاسبه شدند.

$$SG = \frac{(m \times s) - (m_0 \times s_0)}{m_0} \times 100 \quad \{1\}$$

$$WL = \frac{(m_0 \times w_0) - (m \times w)}{m_0} \times 100 \quad \{2\}$$

m_0 = وزن نمونه قبل از اسمز (gf)

S_0 = درصد ماده خشک نمونه قبل از اسمز

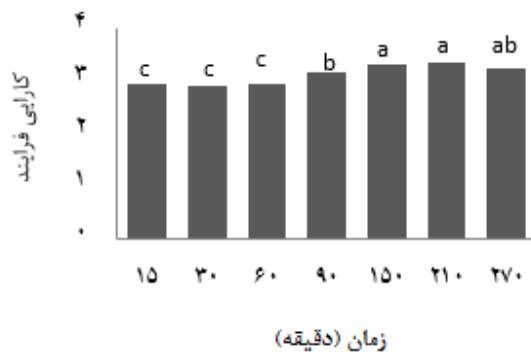
m = وزن بعد از اسمز (gf)

S = درصد ماده خشک نمونه بعد از اسمز

³ Rehydration Ratio

1- solid gain
2- water loss

کارایی فرایند با افزایش زمان زیاد شده، ولی بین زمان ۱۵۰، ۲۱۰ و ۲۷۰ تفاوت معنی داری مشاهده نمی شود ($p > 0.05$). نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تاثیر زمان بر کارایی فرایند نمونه‌های سیب اسمز شده

مقادیر میانگین شاخص های فرایند اسمزی قطعات سیب در زمان ۱۵۰ دقیقه برای ۱۶ تیمار مختلف و ۲ تیمار شاهد (بدون پوشش دهی) در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از تحلیل های آماری نشان می دهد که تیمار شماره ۱۸ (جدول ۱) مربوط به نمونه یک بار پوشش داده شده با کاراگینان ۱٪ در ساکارز ۶۰٪ و تیمار شماره ۴ و ۵ مربوط به نمونه های یک و دو لایه پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز ۰/۵٪ در ساکارز ۴۵٪، علاوه بر این که کارایی فرایند بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، میزان مواد جامد کمتری نیز جذب کرده اند و پیش تیمار پوشش دهی، موجب بهبود عملکرد اسمز در رابطه با این نمونه ها شده است.

در مرحله خشک کردن تکمیلی، نمونه های سیب تحت تیمارهای مختلف به مدت ۱۵۰ دقیقه آبیگری اسمزی شده، سپس در آون تا رسیدن به رطوبت ۲۰٪ خشک شدند. در ادامه زمان رسیدن به این رطوبت، مورد بحث قرار گرفته است.

$$RR = \frac{m_2}{m_1} \quad \{5\}$$

RR = قابلیت بازجذب آب

m_1 = وزن نمونه نهایی قبل از جذب آب m_2 (gr) = وزن نمونه نهایی پس از جذب آب (gr)

روش های آماری و تجزیه و تحلیل داده ها

در این پژوهش ۴ متغیر در نظر گرفته شد که شامل نوع محلول پوشش (کاراگینان و کربوکسی متیل سلولز)، غلظت محلول پوشش (۰/۵ و ۱٪)، تعداد لایه پوشش (۱ لایه و ۲ لایه) و غلظت محلول اسمزی (۴۵ و ۶۰٪) است. داده های حاصل از آزمایشات، به صورت طرح کاملا تصادفی در قالب آزمایشات فاکتوریل، توسط نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. پس از تجزیه واریانس، میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح $\alpha = 0.05$ توسط نرم افزار آماری MSTATC مورد مقایسه قرار گرفتند. نمودار روند خشک شدن قطعات سیب برحسب مقدار رطوبت باقیمانده در طی زمان، با استفاده از نرم افزار Slide write با $R^2 = 0.99$ ، برازش گردید و مقدار رطوبت ۲۰٪ برای مقایسه میانگین ها درون یابی شد. آزمایشات در سه تکرار انجام شده و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تاثیر زمان فرایند اسمزی بر شاخص کارایی فرایند

در مرحله اول پژوهش پس از انجام آزمایشات اولیه و ثبت نتایج حاصل از سینتیک آبیگری در طی اسمز، بهترین زمان برای انجام عملیات اسمز در طی مرحله دوم تحقیق (خشک کردن تکمیلی)، ۱۵۰ دقیقه به دست آمد، زیرا در این زمان، کارایی فرایند که شاخص مهمی در تعیین مناسب بودن عملیات پوشش دهی است، بیشترین مقدار (برابر ۳/۳۱۶) بوده است. به طور کلی،

جدول ۱- میانگین مقادیر درصد حذف آب، جذب مواد جامد، کارایی فرایند، زمان خشک شدن و مقدار باز جذب آب قطعات سیب اسمن شده

شماره تیمار	غلظت محلول اسمزی (%)	نوع پوشش	تعداد لایه	غلظت پوشش (%)	WL (%)	SG (%)	Pr	زمان خشک شدن (دقیقه)	مقدار باز جذب آب (%)
۱	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	۱۴۸/۵۸۹ ^{de}	۲۲۹/۱۱۲ ^a
۲	۴۵	.....	.....	.....	۲۵/۸۸ ^{۶f}	۶/۴۶۸ ^{ijk}	۴/۰۱۹ ^e	۱۴۵/۸۳۶ ^{ef}	۱۷۹/۴۷۵ ^b
۳	۶۰	.....	.....	.....	۲۹/۴۶ ^{cd}	۷/۲۱۸ ^{ghi}	۴/۱۳۵ ^e	۱۳۰/۱۹۴ ^g	۱۵۰/۰۸۵ ^{de}
۴	۴۵	C	۱	۰/۵	۲۸/۲۸ ^{de}	۴/۶۳ ^{lmno}	۶/۱۰۱ ^b	۱۶۱/۵۳۴ ^{bc}	۱۱۹/۱۲۸ ^{hi}
۵	۴۵	C	۲	۰/۵	۲۸/۶۶ ^{de}	۴/۶۷ ^{lmno}	۶/۲۰ ^{ab}	۱۶۴/۲۴۹ ^{bc}	۱۳۶/۷۴۶ ^{ef}
۶	۴۵	C	۱	۱	۱۶/۱۷ ^{۱j}	۷/۸۴ ^{efgh}	۲/۰۶۴ ^{ij}	۱۶۵/۱۴ ^{bc}	۱۵۹/۶۹۱ ^{cd}
۷	۴۵	C	۲	۱	۲۰/۳۹ ^h	۶/۶۳۸ ^{hij}	۳/۱۶ ^{fgh}	۱۵۹/۰۷۴ ^{bcd}	۱۱۹/۵۴۵ ^{ghi}
۸	۶۰	C	۱	۰/۵	۳۰/۰۱ ^{cd}	۷/۰۷ ^{ghi}	۳/۸۴ ^{efg}	۱۶۳/۳۹۴ ^{bc}	۱۱۱/۴۹۹ ^{hij}
۹	۶۰	C	۲	۰/۵	۳۱/۱۷ ^c	۸/۹۹۳ ^{cde}	۳/۹۶ ^{ef}	۱۶۷/۰۶۴ ^{bc}	۱۱۶/۶۶ ^{hij}
۱۰	۶۰	C	۱	۱	۲۳/۴۵ ^g	۴/۱۶ ^{nopq}	۲/۷۸ ^{hi}	۱۷۱/۳۸۷ ^{ab}	۱۳۶/۲۰۱ ^{ef}
۱۱	۶۰	C	۲	۱	۳۰/۹۹ ^c	۷/۳۰۵ ^{fghi}	۳/۶۱ ^{efg}	۱۵۷/۳۸۲ ^{cd}	۱۰۸/۸۱۸ ^{ij}
۱۲	۴۵	K	۱	۰/۵	۲۷/۰۳ ^{ef}	۷/۸۴ ^{efgh}	۳/۸۳ ^{efg}	۱۴۵/۸۵۸ ^{ef}	۱۲۷/۸۰۲ ^{fgh}
۱۳	۴۵	K	۲	۰/۵	۲۹/۶۷ ^{cd}	۷/۸۷۲ ^{efg}	۳/۳۴ ^{efg}	۱۸۰/۹۵ ^a	۱۰۱/۵۹۵ ^{۱j}
۱۴	۴۵	K	۱	۱	۱۵/۲۹ ^{۸j}	۸/۴۱۶ ^{def}	۳/۷۳ ^{efg}	۱۶۹/۸۶۶ ^{ab}	۱۴۱/۲۵۶ ^{ef}
۱۵	۴۵	K	۲	۱	۲۰/۴۱ ^h	۸/۶۴ ^{۷de}	۲/۸۰۱ ^{hi}	۱۶۸/۳۶۶ ^{bc}	۱۳۵/۱۷۱ ^{efg}
۱۶	۶۰	K	۱	۰/۵	۳۶/۴۲ ^b	۸/۷۷۱ ^{de}	۴/۱۵۲ ^e	۱۳۴/۶۷۲ ^{fg}	۱۲۶/۳۹۳ ^{fgh}
۱۷	۶۰	K	۲	۰/۵	۴۳/۳۶ ^a	۸/۲۴ ^{defg}	۵/۲۳ ^{cd}	۱۵۹/۲۶۴ ^{bcd}	۱۰۹/۴۴۴ ^{ij}
۱۸	۶۰	K	۱	۱	۲۸/۵۹ ^{de}	۴/۳ ^{mno}	۴/۸۴۴ ^a	۱۳۰/۰۲۲ ^g	۱۷۶/۹۳۲ ^b
۱۹	۶۰	K	۲	۱	۳۵/۲۳ ^b	۷/۱۵۷ ^{fghi}	۴/۹۳۳ ^d	۱۳۸/۹۳۳ ^{efg}	۱۷۰/۳۷۳ ^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند ($p > 0.05$).

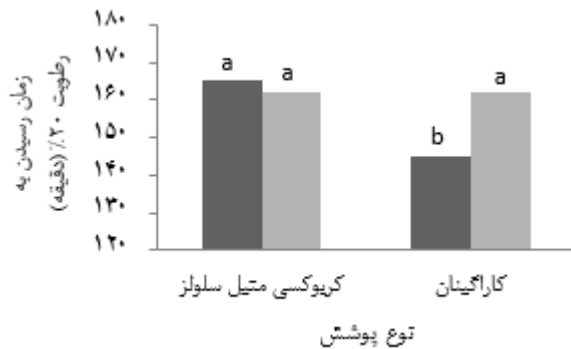
حروف C و K به ترتیب، نشانگر پوشش کربوکسی‌متیل سلولز و کاراگینان است.

تأثیر نوع پوشش بر زمان خشک کردن تکمیلی

شکل ۲، نشان‌دهنده تاثیر نوع پوشش بر زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی است. در طی خشک کردن تکمیلی، نمونه‌های پوشش داده شده دیرتر به رطوبت ۲۰٪ رسیدند زیرا احتمالاً پوشش، پس از خشک شدن، یک مانع در برابر انتقال رطوبت ایجاد کرده و مدت زمان کاهش رطوبت را افزایش داده است.

عسکری و همکاران (۱۳۸۴) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از پوشش، موجب خروج دیرتر آب در طی خشک کردن می‌شود. نمونه‌های پوشش داده با کربوکسی‌متیل سلولز به دلیل این که در طی فرایند اسمن، مواد جامد بیشتری جذب کرده‌اند، دیرتر از نمونه‌های پوشش داده شده با کاراگینان به رطوبت ۲۰٪ رسیده‌اند. به دلیل اینکه علاوه

لایه پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز به ترتیب، در زمان ۱۶۵/۴۲۱ و ۱۶۱/۹۱۵ دقیقه به رطوبت ۲۰٪ رسیدند (مطابق شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر تعداد لایه و نوع پوشش بر زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪؛ طی خشک کردن تکمیلی قطعات سیب اسمز شده (■) پوشش یک لایه، (■) پوشش دولایه)

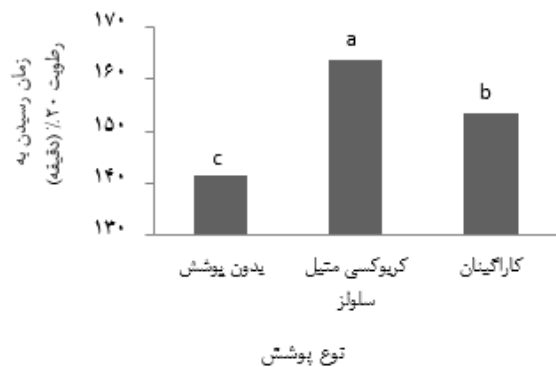
تأثیر غلظت محلول پوشش و محلول اسمزی بر زمان خشک کردن تکمیلی

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، به طور کلی، با افزایش غلظت محلول پوشش از ۰/۵٪ به ۱٪، زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی در نمونه های سیب کاهش می یابد ولی این کاهش معنی دار نیست ($p > 0.05$).

در نمونه های پوشش داده شده با کاراگینان، با افزایش غلظت محلول اسمزی از ۴۵ به ۶۰ درجه بریکس، زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی به طور معنی داری کاهش می یابد ($p < 0.05$). زیرا در محلول اسمزی ۶۰ درجه بریکس، نمونه ها کارایی فرایند بالاتری به دست آورده اند.

میزان کارایی فرایند نمونه های سیب پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز و اسمز شده در محلول ساکارز ۴۵ درجه بریکس، بیشتر از محلول ۶۰ درجه بریکس بوده است، لذا این نمونه ها در طی خشک کردن تکمیلی، زودتر به رطوبت ۲۰٪ رسیده اند. نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است.

بر خود پوشش، لایه ساکارز نیز سدی در برابر انتقال رطوبت ایجاد می کند.



شکل ۲- تأثیر نوع پوشش بر زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪؛ طی خشک کردن تکمیلی قطعات سیب اسمز شده

تأثیر تعداد لایه پوشش بر زمان خشک کردن تکمیلی

نتایج به دست آمده از داده های آزمایشی، نشان می دهد نمونه ای که در طی فرایند اسمز، مقدار مواد جامد کمتری جذب کرده است یا به عبارتی، کارایی فرایند بالاتری داشته است، سریع تر به رطوبت ۲۰٪ رسیده است. نتایج نشان داد که وقتی نمونه های سیب، یک بار با کاراگینان پوشش داده می شوند، نسبت به حالت دو لایه، سریع تر به رطوبت ۲۰٪ می رسند، که از لحاظ آماری این تفاوت معنی دار است ($p < 0.05$). این نمونه ها در طی اسمز، مقدار مواد جامد کمتری جذب کرده و کارایی فرایند بالاتری داشته اند. زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ برای این نمونه ها به ترتیب ۱۴۵/۱۰۲ و ۱۶۱/۸۵ دقیقه به دست آمد.

در مورد نمونه های پوشش داده شده با کربوکسی-متیل سلولز، نمونه های دو لایه زودتر به رطوبت مورد نظر می رسند ولی با نمونه های یک لایه تفاوت معنی داری ندارند ($p > 0.05$). زیرا نمونه های دولایه در طی فرایند اسمز، آب بیشتری از دست داده اند و میزان جذب مواد جامد در نمونه های یک و دو لایه پوشش داده شده تفاوت معنی داری نداشت ($p > 0.05$). نمونه های یک و دو

بیشترین و کمترین کارایی فرایند را به دست آورده بودند.

درمورد پوشش کربوکسی‌متیل سلولز، نمونه‌های یک بار پوشش داده شده با محلول ۱٪ در ساکارز ۶۰ (تیمار شماره ۱۰)، به دلیل کمترین کارایی فرایند، در مدت طولانی‌تری به رطوبت ۲۰٪ رسیده و مقدار آن برابر ۱۷۱/۳۸۷ دقیقه است.

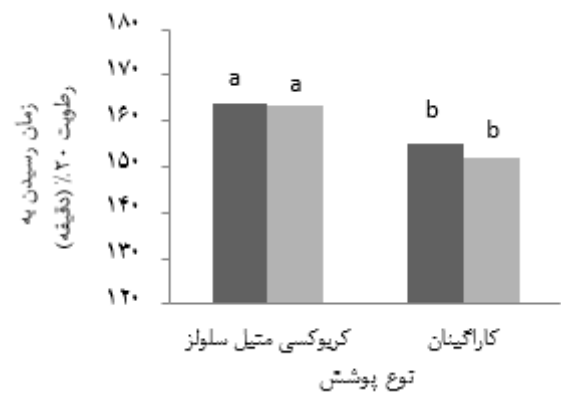
نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که نمونه‌های بدون پوشش، زودتر به رطوبت ۲۰٪ می‌رسند. در بین این نمونه‌ها، کمترین زمان مربوط به نمونه‌های بدون پوشش اسمز شده در ساکارز ۶۰ (تیمار شماره ۳) است که مقدار آن برابر ۱۳۰/۱۹۴ دقیقه می‌باشد. بین این تیمار و تیمار پوشش‌دهی که کمترین زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ را دارد (تیمار شماره ۱۸ برابر ۱۳۰/۰۲۲ دقیقه)، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$).

با توجه به موارد فوق، می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار پوشش‌دهی به همراه فرایند اسمز، نمی‌تواند منجر به کاهش زمان خشک کردن تکمیلی گردد و تنها تیمار با ساکارز ۶۰ (تیمار شماره ۳)، توانایی رقابت با نمونه شاهد را دارد که این نیز به دلیل کاهش قابل توجه محتوی رطوبت قبل از فرایند خشک کردن می‌باشد.

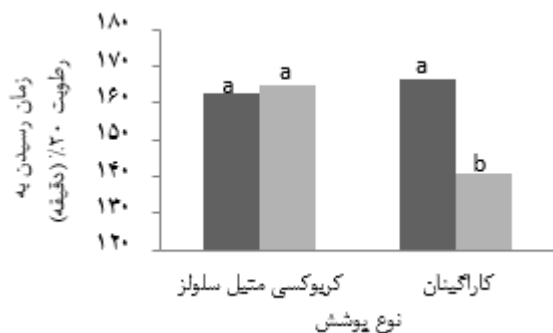
تأثیر پیش تیمار پوشش‌دهی - اسمز بر بازجذب آب سیب خشک شده

مقادیر مربوط به قابلیت بازجذب آب، برای قطعات سیب خشک شده تحت تیمارهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. در نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی‌متیل سلولز، نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که با افزایش تعداد لایه در نمونه‌های پوشش داده شده با محلول ۰/۵٪، میزان بازجذب آب افزایش و در نمونه‌های پوشش داده شده با محلول ۱٪، مقدار بازجذب آب کاهش می‌یابد.

دلیل این امر می‌تواند مربوط به نحوه‌ی قرار گرفتن ساکارز بر روی پوشش باشد. اگرچه با افزایش تعداد



شکل ۴- تأثیر غلظت و نوع محلول پوشش بر زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی قطعات سیب اسمز شده ((غلظت ۰/۵، (۱ درصد).



شکل ۵- تأثیر غلظت محلول اسمزی و نوع پوشش بر زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی قطعات سیب اسمز شده ((غلظت ۰/۵، (۱ درصد).

در جدول ۱، زمان رسیدن به میزان رطوبت ۲۰٪ برای قطعات سیب خشک شده تحت تیمارهای مختلف آمده است.

در مورد نمونه‌های پوشش داده شده، با توجه به تحلیل‌های آماری، کمترین و بیشترین زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ طی خشک کردن تکمیلی مربوط به نمونه‌های پوشش شده با کاراگینان ۱٪ یک لایه اسمز شده در ساکارز ۶۰ (تیمار شماره ۱۸) و نمونه‌های پوشش شده با کاراگینان ۰/۵٪ دو لایه اسمز شده در ساکارز ۴۵ (تیمار شماره ۱۳) به ترتیب، برابر ۱۳۰/۰۲۲ و ۱۸۰/۹۵ دقیقه است. این نمونه‌ها در طی مرحله اسمز، به ترتیب

می‌یابد. احتمالاً نمونه‌های دو لایه پوشش داده شده، در طی فرایند اسمز، مواد جامد بیشتری جذب نموده‌اند. این امر باعث شده است که ساکارز طی خشک کردن تکمیلی، درون حفرات پوشش، کلوخه شده و موجب کاهش بازجذب آب شود (دیپ سینگ و همکاران ۲۰۰۸).

در این نمونه‌ها، با افزایش غلظت محلول پوششی، مقدار جذب مواد جامد افزایش یافته است یعنی نمونه‌های پوشش داده شده با محلول ۱٪، جذب مواد جامد کمتری در طی فرایند اسمز داشته‌اند. با افزایش غلظت محلول اسمزی، مقدار بازجذب آب در نمونه‌های پوشش داده شده با کاراگینان افزایش یافته است. اگرچه مقدار جذب مواد جامد طی فرایند اسمز در نمونه‌های پوشش داده شده با کاراگینان و اسمز شده در ساکارز ۴۵ و ۶۰ درجه بریکس، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، ولی نمونه‌های اسمز شده در ساکارز ۶۰ به دلیل کارایی فرایند بالاتر، جهت خشک کردن تکمیلی مدت زمان کمتری در مجاورت دمای بالا بوده‌اند. لذا، بافت سیب آسیب کمتری دیده و موجب افزایش مقدار بازجذب آب شده است.

همان‌طور که مورریا و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که خشک کردن، ساختار سلولی را تغییر داده و هرچه زمان خشک کردن بیشتر شود، به دلیل چروکیدگی بیشتر و بسته شدن ساختار سلولی، مقدار بازجذب آب کم می‌گردد. نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد که نمونه‌های دوبار پوشش داده شده با کاراگینان ۰/۵٪ و اسمز شده در ساکارز ۴۵ درجه بریکس (تیمار شماره ۱۳) در طی خشک کردن تکمیلی، طولانی‌ترین زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ (۱۸۰/۹۵ دقیقه) را داشته و در این بخش نیز کمترین مقدار بازجذب آب (۱۰۱٪/۵۹۵) را به دست آورده‌اند. درحالی که نمونه یک بار پوشش داده شده با کاراگینان ۱٪ و اسمز شده در ساکارز ۶۰ درجه بریکس (تیمار شماره ۱۸) در طی خشک کردن تکمیلی، کوتاه‌ترین زمان رسیدن به رطوبت ۲۰٪ (۱۳۰/۰۲۲ دقیقه) را داشته و در

لایه، میزان جذب مواد جامد در طی اسمز در نمونه‌های پوشش داده شده با محلول ۰/۵٪ کربوکسی متیل سلولز زیاد شده و انتظار می‌رود که میزان بازجذب آب کاهش یابد ولی به نظر می‌رسد مولکول‌های ساکارز بیشتر در سطح پوشش قرار گرفته و وارد منافذ نشده‌اند. لذا، باز بودن منافذ منجر به افزایش میزان بازجذب آب شده است. ولی در نمونه‌های دو بار پوشش داده شده با محلول ۱٪، مولکول‌های ساکارز در طی فرایند اسمز وارد منافذ شده و منجر به کاهش میزان بازجذب آب شده‌اند.

با افزایش غلظت محلول پوشش، اگرچه انتظار بر این است که به دلیل افزایش جذب مواد جامد در طی فرایند اسمز، میزان بازجذب آب کاهش یابد ولی مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت محلول پوشش از ۰/۵٪ به ۱٪، در نمونه‌های یک لایه، بازجذب آب افزایش و در نمونه‌های دو لایه کاهش می‌یابد. این نیز می‌تواند به همان دلیل نحوه قرار گرفتن مولکول‌های ساکارز بر روی پوشش باشد. به طوری که در نمونه‌های یک لایه پوشش داده شده، با افزایش غلظت محلول پوشش از ۰/۵٪ به ۱٪، مولکول‌های جذب شده ساکارز روی سطح پوشش قرار گرفته‌اند و به دلیل باز بودن منافذ، میزان بازجذب آب افزایش یافته است. ولی در نمونه‌های دو لایه، با افزایش غلظت محلول پوشش از ۰/۵٪ به ۱٪، مولکول‌های ساکارز به درون منافذ نفوذ کرده و میزان بازجذب آب، کم شده است.

با افزایش غلظت محلول اسمز در تمام نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز، مقدار بازجذب آب کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند به دلیل افزایش معنی‌دار میزان جذب مواد جامد در محلول ساکارز ۶۰ درجه بریکس باشد که مانع قوی‌تری در برابر نفوذ آب ایجاد کرده است.

نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری در مورد نمونه‌های پوشش داده شده با کاراگینان نشان می‌دهد که با افزایش تعداد لایه پوشش، میزان بازجذب آب کاهش

می‌تواند به دلیل کاهش جذب مواد جامد و مدت زمان مشابه قرار گرفتن در آون جهت خشک کردن تکمیلی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که انجام عملیات پوشش‌دهی با پوشش‌های مورد استفاده در این پژوهش، تنها در مرحله اسمز می‌تواند کارآمد باشد، ولی در بخش خشک کردن تکمیلی، کارایی خاصی ندارد و موجب بهبود قابلیت باز جذب آب نمی‌شود. از آنجایی که خشک کردن اسمزی، فرایند کاملی نبوده و برای دستیابی به یک محصول با عمر ماندگاری بالا، نیاز به عملیات خشک کردن تکمیلی است، لذا پیش تیمار پوشش‌دهی توصیه نمی‌شود. ولی اگر قرار است محصول به دست آمده از فرایند اسمز در فراورده‌های غذایی دیگر مانند ماست میوه‌ای، کیک و... به کار رود و نیازی به خشک کردن تکمیلی نباشد، می‌توان از نمونه‌های بهینه پوشش‌دهی شده استفاده کرد و برای این منظور، بررسی‌های بیشتری لازم است.

در مرحله اسمز، تیمار شماره ۱۸ (نمونه یک لایه پوشش داده شده با کاراگینان ۱٪ در ساکارز ۶۰٪) و پس از آن، تیمار شماره ۵ (نمونه دو لایه پوشش داده شده با کربوکسی‌متیل سلولز ۰/۵٪ در ساکارز ۴۵٪)، بهترین تیمارها بودند. این دو تیمار، در مرحله خشک کردن تکمیلی نسبت به تیمار شاهد، نتایج بهتری به دست نیاوردند ولی در بین نمونه‌های پوشش داده شده، جزو بهترین‌ها بودند به طوری که طی خشک کردن تکمیلی، زمان کمتری برای رسیدن به رطوبت ۲۰٪ داشته و مقدار بازجذب آب بیشتری داشتند.

این بخش نیز بیشترین مقدار بازجذب آب (۱۷۶٪/۹۳۲) را به دست آورد.

در مورد تیمارهای بدون پوشش، نمونه‌ای که بدون فرایند اسمز به طور مستقیم در آون خشک شده است، مقدار بازجذب آب بیشتری نسبت به نمونه‌های اسمز شده در ساکارز ۴۵ و ۶۰٪ و سپس خشک شده، به دست آورده است که تفاوت‌ها معنی‌دار است ($p < 0/05$). واضح است که وجود لایه قندی بر روی نمونه‌های اسمز شده، موجب کاهش مقدار بازجذب آب شده است و این کاهش به طور معنی‌داری در نمونه‌های اسمز شده در ساکارز ۶۰ بیشتر می‌باشد ($p < 0/05$). زیرا این نمونه‌ها در طی فرایند اسمز، مواد جامد بیشتری جذب کرده‌اند.

در مقایسه بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده و نمونه‌های بدون پوشش، نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری بیانگر این است که مقدار بازجذب آب در نمونه‌های بدون پوشش، به طور معنی‌داری بیشتر است ($p < 0/05$). این موضوع نشان می‌دهد اگر چه پوشش‌هایی که در این فرایند استفاده شده است، از نوع هیدروفیل بوده‌اند و انتظار می‌رود که مقدار بازجذب آب بالاتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشته باشند، ولی چون این پوشش‌ها توانایی کاهش جذب مواد جامد محلول را نداشته‌اند، وجود لایه قندی منجر به کاهش این فاکتور شده است. حتی در نمونه‌های پوشش داده شده‌ای که طی فرایند اسمز، مقدار جذب مواد جامد کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش و اسمز شده به دست آوردند نیز مقدار بازجذب آب کاهش یافته است. به نظر می‌رسد خود پوشش، مانعی برای این باشد که بافت نمونه، آب بیشتری جذب کند.

تنها نمونه‌های پوشش داده شده با کاراگینان ۱٪ در ساکارز ۶۰٪ (تیمار شماره ۱۸ و ۱۹)، بازجذب آب بیشتری نسبت به نمونه بدون پوشش و اسمز شده در ساکارز ۶۰٪ (تیمار شماره ۳) به دست آوردند که

منابع مورد استفاده

- عسکری غ، امام جمعه ز، و ابراهیم زاده موسوی م ع، ۱۳۸۴، بررسی تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی برگه‌های سیب خشک‌شده با روش ترکیبی خشک‌کن هوای گرم و مایکروویو. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۶، شماره ۲۴.
- Amami E, Fersi A, Khezami L, Vorobiev E, Kechaou N, 2007. Centrifugal osmotic dehydration and rehydration of carrot tissue pre-treated by pulsed electric field. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 40: 1156-1166.
- Deep Singh G, Sharma R, Bawa AS, Saxena DC, 2008. Drying and rehydration characteristics of water chestnut (*Trapanatans*) as a function of drying air temperature. *Journal of Food Engineering* 87: 213- 221.
- Dehghannya J., Emam-Djomeh Z, Sotudeh-Gharebagh R, Ngadi M, 2006. Osmotic Dehydration of Apple Slices with Carboxy-Methyl Cellulose Coating. *Drying technology* 24(1): 45-50.
- Fellows P, 1990. *Food Processing Technology, Principles and Practice*. Ellis Horwood, New York.
- Garcia M, Diaz R, Martinez Y, Casariego A, 2010. Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya. *Food Research International* 43 (6): 1656-1660.
- Jena S, Das H, 2000. Modeling for moisture variation during osmo-concentration in apple and pineapple. *Journal of Food Engineering* 66:425-432.
- Khin MM, Zhou W, Perera CO, 2000. Development in the Combined Treatment of Coating and Osmotic Dehydration of Food- A Review. *Journal of Food Engineering* 1(1): 78-90.
- Khin MM, Zhou W, Perera CO, 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering* 77(1): 84-95.
- Khin MM, Zhou W, Perera CO, 2007. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering* 79(3): 817-827.
- Khin MM, Zhou W, Perera CO, 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(3): 514-522.
- Lazarides HN, Mitrakas GE, Matsos KI, 2007. Edible coating and counter-current product/solution contacting: A novel approach to monitoring solids uptake during osmotic dehydration of a model food system. *Journal of Food Engineering* 82(2): 171-177.
- Matuska M, Lenart A, Lazarides HN, 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering* 72(1): 85-91.
- Moreira R, Chenlo F, Chaguri L, Fernandes C, 2008. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering* 86: 584-594.

Effect of carrageenan and carboxy methyl cellulose coating during osmotic dehydration on drying time and rehydration of *Golden delicious* apples

S E Sadati Golafshani¹, S M Jafari², M Kashaninejad³, Sh Beiraghi Toosi⁴

Received: March 05, 2015 Accepted: August 22, 2016

¹MSc Graduate in Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

²Associate Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

³Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

⁴Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Jihad-e-Danshgahi, Mashhad, Iran

*Corresponding Author: Email: smjafari@gau.ac.ir

Abstract

Use of coating treatment prior to osmotic dehydration can improve process performance by reducing solids uptake. In this study, the effect of coating-osmotic treatment on drying of apple cubes was investigated. So, the apple cubes (1 cm³) were coated in two concentrations (1 and 1.5% w/w) of carboxy methyl cellulose (CMC) and carrageenan solutions and osmotically dehydrated in different sucrose solution concentrations of 45 and 60° BX, for 150 minute. Then, coated apple cubes were dried in a hot-air drier at 70°C to final moisture content of 20% (w.b) and the rehydration ratio of dried samples was measured. Our results revealed that the highest performance ratio was related to single-coated apple cubes with 1% solution of carrageenan, osmo-dehydrated in 60° BX and single and double-coated samples with 0.5% solution of CMC, osmo-dehydrated in 45° BX. Investigation of final drying showed that coated materials created a strong barrier against water removal and decreased the drying rate. Dried coating layers on apple cubes also prevented the samples from water absorption, and the coated apple cubes had a lower rehydration ratio than non-coated ones. We found that coating is effective only during osmotic process and it is not a good and efficient method for the final air drying.

Key words: Coating, Complimentary drying, *Golden delicious* apple, Rehydration ratio, osmotic dehydration