بررسی اثر پوشش‌های پلی‌ساکاریدی آنتی‌اکسیدانی بر زمان غوطه‌وری بهینه، محتوای ویتامین C و جذب نمک در ورقه‌های میوه "به" طی آبگیری اسمزی

مینا اکبریان [۱]، بابک قنبرزاده [۲*]، جلال دهقان نیا [۳]، محمود صوتی [۳] و عفت احمدی [۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۲)

چکیده

در این مطالعه، ابتدا تأثیر پوشش‌های‌خوراکی پلی‌ساکاریدی بر پایه کربوکسی‌متیل‌سلولز و پکتین کم استر حاوی آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک، بر زمان غوطه‌وری بهینه طی آبگیری اسمزی ورقه‌های میوۀ "به" بررسی شد. انتخاب نوع پوشش براساس ترکیب طبیعی پوست میوه، یعنی سلولز و پکتین انجام گرفت. هم‌چنین، محلول اسمزی مورد استفاده حاوی مواد طبیعی موجود در میوه‌ها یعنی فروکتوز، اسیدسیتریک و یون کلسیم بود. نتایج نشان داد که تا ۲۴۰ دقیقه، روند جذب مواد جامد در هر دو نوع پوشش روند صعودی داشته است ولی نمونه‌های پوشش‌دار در تمامی زمان‌ها، جذب مواد جامد کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش نشان دادند. بر اساس میزان افت آب (W.L)، جذب مواد جامد (S.G)، ضریب کارایی اسمزی و افت وزنی(WR)، با گذشت زمان، بهترین زمان غوطه‌وری، ۱۸۰ دقیقه انتخاب شد. در مرحله دوم، جذب نمک و اسید سیتریک از محلول اسمزی و مقادیر افت ویتامین C ورقه‌های "به" اسمزشده و خشک شده توسط هوای داغ اندازه‌گیری گردید. میزان جذب نمک و اسید در نمونه‌های اسمزشده پوشش‌دار نسبت به نمونه‌های اسمزشده پوشش داده نشده، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر بود و نمونه‌های "به" پوشش داده شده و اسمز شده دارای میزان افت ویتامین ث کمتری نسبت به نمونه‌های اسمز نشده و پوشش داده نشده بودند.

واژه‌های کلیدی: میوه به، آبگیری اسمزی، ویتامین ث، جذب نمک و اسید

۱ و ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Babakg1359@yahoo.com

مقدمه

آبگیری اسمزی فرایندی است که در طی آن، آب موجود در ماده غذایی توسط محیط هیپرتونیک (Hypertonic) مانند محلول‌های قندی (شامل گلوکز، فروکتوز، ساکارز)، قندهای الکلی (مانند سوربیتول و گلیسرول) یا محلول‌های نمکی و غیره، گرفته می‌شود و نیروی محرکه لازم برای انتشار آب از بافت ماده غذایی به محلول اسمزی، اختلاف بین فشار اسمزی محلول هیپرتونیک و بافت ماده غذایی می‌باشد (۱). فرایند آبگیری اسمزی به‌عنوان یک پیش فرایند، قبل از تیمارهای اصلی خشک‌کردن، مایکروویو، انجماد، سرخ‌کردن، کنسرو کردن و سایر روش‌های نگهداری به‌کار می‌رود. هدف اصلی آبگیری اسمزی، انتقال آب به بیرون از بافت در زمان کوتاه‌تر و بدون تغییر فاز، به حداقل رساندن صدمه به بافت سلولی در طول فرایند، اصلاح کیفیت بافتی و ارگانولپتیکی محصول نهایی، کاهش هزینه‌های انرژی و حتی فرموله کردن محصولات نهایی می‌باشد (۲). از عوامل مؤثر برفرآیند اسمز می‌توان دما، نوع وغلظت عامل اسمزی، هم‌زدن، زمان فرآیند اسمزی و نسبت وزنی نمونه به محلول اسمزی را نام برد (۳). از مهم‌ترین معایب فرایند آبگیری اسمزی، نفوذ مواد جامد محلول به درون بافت موادغذایی است. کاربرد پوشش‌های خوراکی قبل از آبگیری اسمزی، مناسب‌ترین راه حل برای جلوگیری از تأثیرات نامطلوب این فرایند بر ماده غذایی به‌نظر می‌رسد (۴). در فرایند آبگیری اسمزی، پوشش‌ها به‌عنوان ممانعت کننده‌های مصنوعی عمل می‌کنند و مانع نفوذ محلول اسمزی به درون بافت ماده غذایی می‌شوند و از کریستاله شدن قند برروی بافت میوه جلوگیری می‌کنند، بدون آنکه تأثیر منفی بر میزان خروج آب داشته باشند، چون غشاهای آب دوست به‌شمار می‌روند. پوشش‌های خوراکی به‌صورت تنها و یا به‌عنوان یک پیش تیمار قبل از تیمارهای دیگر مانند خشک کردن می‌توانند مورد استفاده واقع شوند. برای افزایش کارایی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، مواد زیست فعال مانند مواد ضدمیکروبی و آنتی اکسیدانی در ترکیب آنها به‌کار می‌رود که در این‌صورت به آنها فیلم‌ها و پوشش‌های فعال گفته می‌شود. مواد فعال موجود در ماتریکس آنها به تدریج آزاد شده و اثرات بهبود دهندگی و نگهدارندگی خود را بر ماده غذایی پوشش داده شده بر جای می‌گذارند. اسیداسکوربیک یک ترکیب احیا کننده و آنتی اکسیدان بوده و کاربردهای زیادی در فرایندهای مختلف مواد غذایی از جمله بازدارندگی از قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی، جلوگیری از اکسیداسیون در روغن‌ها (به شکل پالمیتات اسکوربات)، تقویت کننده آرد (از طریق اکسید پیوندهای دی سولفید گلوتن و در شکل دهیدرواسکوربیک اسید)، طعم دهنده و جبران کننده ویتامین C از دست رفته در آب میوه‌ها و اخیراً به‌عنوان یک ماده فعال آنتی‌اکسیدانی در پوشش‌ها و فیلم‌ها دارا می‌باشد (۵).

میوه" بِه" (با نام علمی *Cydonia oblonga*) از خانواده سیب بوده و ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و حاوی کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم، سدیم، ویتامین A و ویتامین‌های B_1، B_2، B_3 می‌باشد (۵). میوه" بِه" دارای گوشت خشک و کرکی است که طعمی ترش و تقریباً گس دارد و برای تولید کمپوت مربا و مارمالاد به‌کار می‌رود. بِه خشک شده هم به‌عنوان جزئی از غذاهای سنتی ایرانی مانند آبگوشت، تاس‌کباب، خورش بِه، مربا و مارمالا کاربرد دارد (۶).

حداد خداپرست و همکاران (۷)، در تحقیقی از پکتین، کربوکسی متیل سلولز و نشاسته در فرایند خشک کردن اسمزی (محلول ۵۰ و ۶۰ درصد ساکارز) سیب استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت محلول اسمزی، شدت خروج اسیدهای آلی از بافت نمونه آبگیری شده به روش اسمز هم افزایش می‌یابد؛ هم‌چنین استفاده از پوشش، اثرافزایش غلظت محلول اسمزی بر بالا رفتن pH را تشدید می‌کند.

سلیمانی و همکاران (۴)، از فرایند اسمز (محلول‌های دوگانه آب، کلرید سدیم و شربت گلوکز) به‌عنوان پیش‌تیمار برای خشک کردن هویج با هوای گرم استفاده کردند و نتایج آنها نشان داد که میزان نمک جذب شده در ماده غذایی با افزایش غلظت نمک و کاهش میزان شربت گلوکز در محلول اسمزی افزایش می‌یابد. Garcia و همکاران (۲)، اثر پوشش‌های

کیتوزان بر آبگیری اسمزی پاپایای برش خورده را مورد بررسی قرار دادند. آنها سرعت آبگیری و انتقال جرم در محلول اسمزی ساکارز (۴۰°Bx) در نسبت میوه به محلول ۱ به ۶۰ و SG و WL و کاهش وزن را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه‌ای که گرفتند این بود که پوشش کیتوزان کارایی فرایند اسمزی و هم‌چنین WL و کاهش SG را بهبود می دهد. Lazarides و همکاران (۵)، روی استفاده از پوشش‌های خوراکی طی آبگیری اسمزی سیب‌زمینی تحقیق کردند. آنها برای پوشش دادن سیب‌زمینی از آلژینات سدیم استفاده کردند و آن را در محلول ساکارز به‌مدت ۳ ساعت تحت تیمار اسمزی قرار دادند. پوشش دادن بدون تأثیر منفی بر میزان انتقال آب، جذب مواد جامد را کاهش می‌داد.

هدف از این پژوهش، ابتدا تعیین بهترین زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی برای نمونه های پوشش‌دار و بدون پوشش، بررسی سینتیک آبگیری اسمزی (تغییرات میزان آبگیری، جذب مواد جامد محلول، ضریب کارایی آبگیری اسمزی و کاهش وزن در طی زمان‌های مختلف) و سپس اثر پیش‌فرایندهای پوشش‌دهی و آبگیری اسمزی بر برخی از ویژگی‌های بِه خشک شده با هوای داغ، بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از میوه "به" (رقم شرفخانه با رطوبت ۸۰٪ – ۷۸٪)، کربوکسی‌متیل‌سلولز (کشور چین با درجه خلوص ۹۸ درصد)، اسید آسکوربیک (شرکت Northest pharmaceutical کشور چین، نقطه ذوب ۱۹۱ درجه سانتی‌گراد)، پکتین کم استر (درجه استریفیکاسیون ۳۱/۵٪، کشور آلمان)، گلیسرول (Ableace کشور مالزی، درجه خلوص ۹۹/۵۴٪) ، فروکتوز (Krueger کشور آلمان)، کلرید کلسیم (Merck کشور آلمان)، اسید سیتریک (مونو هیدراته Kaselcit ($C_6H_8O_7.H_2O$) کشور چین)، اسید متافسفریک – اسید استیک، محلول رنگ (۲، ٦– دی‌کلروفنل‌ایندوفنل استفاده شد.

تهیه محلول پوشش دهنده و محلول‌های اسمزی

برای پوشش دادن نمونه‌ها، از فرمولاسیونی شامل کربوکسی‌متیل‌سلولز (۱/۵٪)، پکتین کم استر (۱/۵٪)، اسید آسکوربیک (۰/۵٪) W/V٪ استفاده شد (غلظت‌های عوامل پوشش با پیش آزمون بر اساس دستیابی به حداکثر میزان آبگیری اسمزی به‌دست آمد). مواد در نسبت‌های تعیین شده مخلوط گردید و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (وزنی- حجمی) رسانده شد (در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، در ضمن به‌طور ثابت از ۰/۲ گرم گلیسرول (به‌عنوان نرم کننده) و ۰/۷۵ گرم کلرید کلسیم (پکتین کم‌استر برای تشکیل ژل نیاز به کلرید کلسیم دارد) استفاده کردیم (۸). هم‌چنین برای تهیه محلول اسمزی، غلظت‌های عوامل اسمز را شامل فروکتوز ۴۸٪، کلرید کلسیم ۴٪ و اسید سیتریک ۳/۵٪ (W/V٪) مخلوط کردیم و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (وزنی- حجمی) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رساندیم (غلظت‌های عوامل اسمزی با پیش‌آزمون، بر اساس دستیابی به حداکثر میزان آبگیری اسمزی به‌دست آمد).

روش پوشش‌دهی و آبگیری اسمزی

در ابتدا آماده‌سازی میوه "به" شامل شستشو، پوست‌گیری و برش آن به شکل استوانه‌هایی با ضخامت ۲ میلی‌متر و طول ۴ سانتی‌متر توسط 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 توسط روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شدند یعنی در یک بشر حاوی محلول پوشش‌ساز قرار گرفتند و بعد از سه دقیقه خارج شدند و به‌مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (۸)، سپس نمونه‌ها در مدت زمان‌های مختلف (۱۵ تا ۲۴۰ دقیقه با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه) و در دمای C ۲۵° در محلول اسمزی قرار گرفتند. برای ثابت نگه داشتن دما، بشر حاوی محلول اسمزی در داخل حمام آبی حاوی دماسنج قرار داده شد و با استفاده از یخ و آب گرم، دمای محلول

اسمزی روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد.) نسبت وزنی محلول اسمزی به نمونه ۱۰ به ۱ بود. سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و با کاغذ صافی رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته و در خشک‌کن (خشک‌کن سینی‌دار مدل Arm field ، ساخت کشور انگلیس) 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 مربوطه روی نمونه‌ها انجام گرفت.

اندازه‌گیری میزان آبگیری، ماده جامد جذب شده، کاهش وزن و ضریب کارایی آبگیری اسمزی

میزان آبگیری، ماده جامد جذب شده، کاهش وزن و ضریب کارایی آبگیری اسمزی در نمونه‌ها براساس توزین آنها در مراحل مختلف (وزن نمونه شاهد، وزن نمونه پوشش‌دار و اسمزشده قبل و بعد از آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد)، با روابط زیر محاسبه شدند (۹).

$$WL\ (\%\text{میزان آبگیری}) = \frac{W_i X_i - W_\theta X_\theta}{W_i} \qquad (۱)$$

$$SG\ (\%\text{میزان ماده جامد جذب شده}) = \frac{W_\theta(1-X_\theta) - W_i(1-X_i)}{W_i} \qquad (۲)$$

$$\text{ضریب کارایی آبگیری اسمز} = \frac{WL}{SG} \qquad (۳)$$

$$WR = WL - SG \qquad (۴)$$

W_θ: وزن محصول بعد از زمان θ (گرم)

W_i: وزن محصول در زمان اولیه (گرم)

WR: کاهش وزن

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

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

سینتیک آبگیری اسمزی وتعیین بهترین زمان غوطه‌وری در فرایند اسمز

برای تعیین زمان غوطه‌وری بهینه در محلول اسمزی، منحنی‌های تغییرات WL، SG، WL/SG و WR نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش، در زمان‌های مختلف تا ۲۴۰ دقیقه با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه رسم شدند (۲).

اندازه‌گیری میزان جذب نمک

برای اندازه‌گیری نمک از تیتراسیون مور (Mohr) استفاده شد، به این ترتیب که نمونه‌های مورد نظر با نیترات نقره ۰/۱ نرمال تیتر شدند و معرف مورد استفاده، کرومات پتاسیم بود. برای محاسبه درصد نمک از رابطه زیر استفاده شد (۴).

$$\text{درصد نمک} = \frac{\text{حجم نیترات نقره مصرفی}}{\text{وزن نمونه}} \times ۰/۵۸۵ \qquad (۵)$$

برای اندازه‌گیری میزان اسیدیته از روش تیتراسیون استفاده شد، به این ترتیب که نمونه‌های مورد نظر با سود ۰/۱ نرمال تیتر شدند و معرف مورد استفاده، فنل‌فتالئین بود. برای محاسبه میزان اسیدیته از رابطه زیر استفاده شد (۴).

$$\text{اسیدیته} = \frac{\text{حجم سود ۰/۱ نرمال}}{\text{وزن نمونه}} \times ۰/۶۴ \qquad (۶)$$

اندازه‌گیری ویتامین C نمونه‌ها

۱۰ گرم نمونه را وزن کرده و در یک هاون با مقدار کمی ماسه تمیز به همراه ۱۰ میلی‌لیتر از مخلوط اسید متافسفریک – اسید استیک خرد کردیم. این مخلوط، اکسیداسیون اسید آسکوربیک را کاهش داده، آنزیم‌ها را غیرفعال نموده و اثرات آهن موجود را نیز کاهش می‌دهد. سپس آن را با ۵۰ میلی‌لیتر اضافی از مخلوط له کرده و از ململ عبور دادیم. هاون و دسته آن را با مقدار بیشتری از مخلوط شسته و روی ململ ریختیم. بعد آنها را با مقدار کمی آب شستشو داده و عصاره را با مخلوط اسید متافسفریک – اسید استیک به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رساندیم. برای استاندارد کردن محلول رنگ (۲، ۶– دی‌کلروفنل‌ایندوفنل)، اگر مقدار محلول رنگ مصرف شده برای واکنش با ۵ میلی‌لیتر از محلول اسید آسکوربیک، برابر با A

میلی‌لیتر باشد، بنابراین (۱۰) :

(۷) میلی‌گرم اسید آسکوربیک ۱/A = ۱ میلی‌لیتر از محلول رنگ اگر مقدار محلول رنگ مصرف‌شده برای واکنش با ۱۰ میلی‌لیتر آبمیوه، برابر B میلی‌لیتر باشد، بنابراین خواهیم داشت:

(۸) میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه = B×۱۰/A

اندازه‌گیری pH نمونه‌ها

ابتدا ۱۰ گرم از هر کدام از نمونه‌های پودری را به‌طور کامل در ۱۰۰cc آب مقطر حل کردیم، PH محلول (W/V%) حاصل را توسط دستگاه pH متر (Hana, PH209 کشور پرتغال) اندازه‌گیری کردیم (۷).

اندازه‌گیری خاکستر کل نمونه‌ها

مقدار ۴ گرم از نمونه‌ها را به دقت در بوته‌ای که قبلاً در کوره (مدل P. m. 1200 شرکت گدازه‌ساز، کشور ایران) سوزانده و سپس سرد و توزین گردیده بود، وزن کردیم. سپس نمونه مورد نظر را به آرامی روی شعله چراغ گاز تا تبدیل نمونه‌ها به زغال حرارت دادیم. بوته را به کوره الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده و تا حصول باقی‌مانده سفید رنگ یا خاکستری روشن در کوره نگه داشتیم؛ سپس در دسیکاتور سرد کردیم و آن را دوباره وزن کردیم (ترازوی حساس ۴ صفر BP110S, Sartorius فرانسه). مقدار خاکستر کل را بر حسب درصد وزن نمونه اولیه به روش زیر محاسبه کردیم: (۱۱)

(۹) وزن خاکستر/ وزن نمونه اولیه = $w_3 - w_1 / w_2 - w_1$ = ٪خاکستر کل

W_1: وزن بوته خالی

W_2: وزن بوته + نمونه ماده غذایی پیش از خشک کردن و یا تبدیل به خاکستر

W_3: وزن بوته + خاکستر

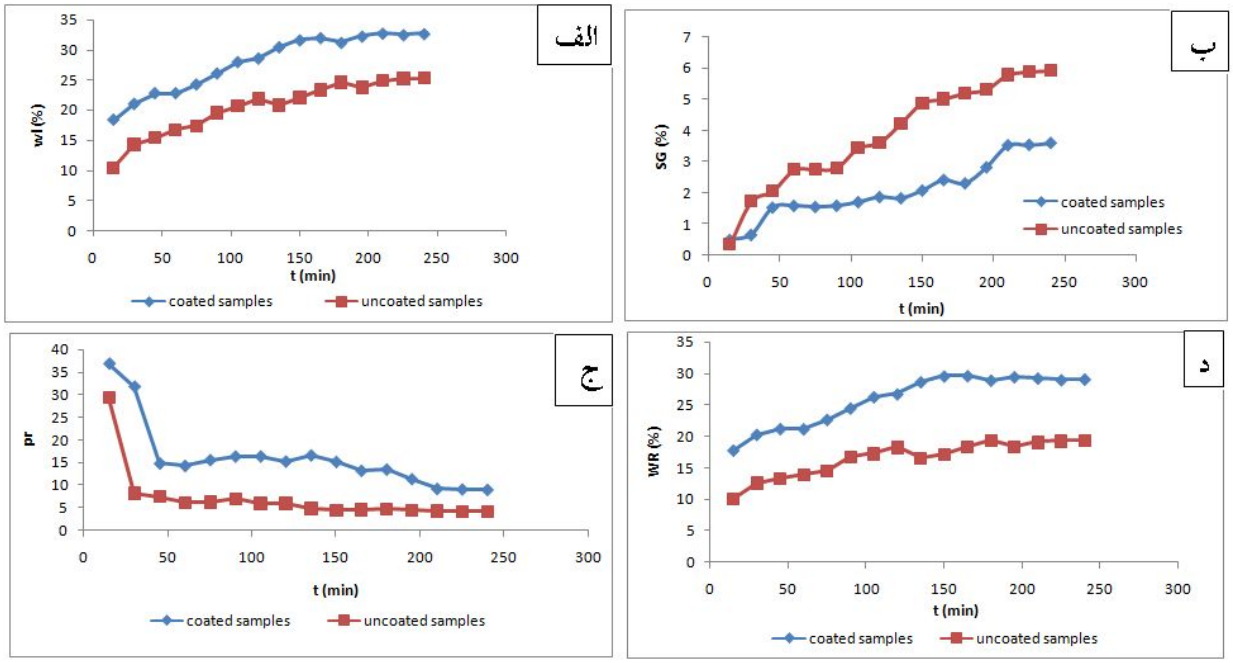
تجزیه و تحلیل آماری

برای آزمایش‌های محصول خشک شده، ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌دار ۵٪ به‌منظور بررسی اختلاف بین تیمارها انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 و رسم نمودارهای آزمون‌ها توسط نرم افزار Excel 2007 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تعیین بهترین زمان غوطه‌وری در فرایند اسمز

مدت زمان غوطه‌وری نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش ارزیابی و منحنی سینتیک آبگیری اسمزی آنها رسم شد. شکل ۱- الف نمایانگر میزان تغییرات آبگیری اسمزی برای نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش در زمان‌های مختلف می‌باشد. مطابق نمودار، نمونه‌های پوشش‌دار میزان آبگیری بیشتری را در هر زمان نسبت به نمونه‌های بدون پوشش نشان دادند که علت آن را می‌توان به حفظ بهتر شیب غلظت، به‌علت جذب کمتر مواد جامد از محلول به ورقه‌های به پوشش دار نسبت داد که در شکل ۱- ب نیز مشاهده می‌شود. منحنی آبگیری بعد از حدود ۱۸۰ دقیقه مقادیر ثابتی پیدا می‌کند و به‌صورت خط مستقیمی موازی محور زمان در می‌آید. در تطابق با این تحقیق، Misljenovic و همکاران (۱۲)، در مطالعه‌ای روی آبگیری اسمزی هویج نشان دادند که از دست دادن آب و جذب مواد جامد در سه ساعت اول فرایند آبگیری اسمزی به مقدار بیشینه خود می‌رسد. شکل (۱- ب) نمایانگر میزان ورود مواد جامد محلول برای نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش، در زمان‌های مختلف می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که تا ۲۴۰ دقیقه، روند جذب مواد جامد در هر دو نمونه روند صعودی داشته است ولی نمونه‌های پوشش‌دار در تمامی زمان‌ها، جذب مواد جامد کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش دارند. در مورد میوه‌های پیش تیمارشده با پوشش‌های خوراکی، ورود مواد جامد محلول به‌دلیل تجمع مواد جامد بر روی سطح پوشش کاهش می‌یابد ولی در نمونه‌های بدون پوشش، مقدار زیادی مواد جامد محلول به درون بافت میوه نفوذ می‌کند (۱۳ و ۱۴).



شکل ۱. WL: میزان تغییرات آبگیری (الف)، SG: جذب مواد جامد محلول (ب)، Pr: ضریب کارایی (ج) و WR: کاهش وزن (د) در نمونه‌های "به" طی آبگیری اسمزی

نتایج تحقیقات Jalaee و همکاران (۱۵) نیز نشان داد که استفاده از پوشش خوراکی در آبگیری اسمزی سیب می‌تواند یک راه‌حل مناسب برای کاهش جذب مواد جامد بدون تأثیر زیادی در حذف آب در مقایسه با نمونه بدون پوشش باشد.

با توجه به شکل ۱ چون حداکثر آبگیری در ۱۸۰ دقیقه انجام می‌شود و بیشتر از این زمان روند آبگیری حالت ایستا و روند افزایش جذب مواد جامد ادامه دارد، پس زمان ۱۸۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه غوطه‌وری می‌تواند انتخاب شود. از آن‌جایی‌که آبگیری اسمزی دارای یک مرحله سرعت صعودی و یک مرحله سرعت ثابت است، پس می‌توان با تعیین زمان رسیدن به مرحله سرعت ثابت و توقف فرایند در این مرحله از اتلاف زمان جلوگیری کرد، این امر باعث کاهش زمان تولید و اقتصادی شدن فرایند می‌شود (۱۶). در بسیاری از موارد، لایه قند، لایه مواد جامد تغلیظ شده زیر سطح مواد غذایی را افزایش می‌دهد که در نتیجه، به کاهش شیب فشار اسمزی بین نمونه محلول منجر شده و نیروی محرکه برای خروج جریان آب را کاهش می‌دهد. از این گذشته بلوکه شدن مواد جامد اسمزی در لایه‌های سطحی فرآورده، در مقابل تبادل جرم و آبگیری مقاومت ایجاد می‌کند، به همین دلیل است که بعد از گذشت مدتی منحنی به ایستایی می‌رسد (۱۶).

نتایج تحقیقات سلیمانی (۴)، صوتی و همکاران (۱۶)، اسکویی و علیزاده (۱۸)، سراجی و همکاران (۱۷)، Lazarides (۱۴) نیز با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارند. آنها بیان کردند که زمان ایستایی آبگیری اسمزی بعد از زمان ۵-۴ ساعت ظاهر می‌شود. Lazarides و همکاران (۱۴) ، روی استفاده از پوشش‌های خوراکی طی آبگیری اسمزی سیب‌زمینی تحقیق کردند. آنها برای پوشش دادن سیب‌زمینی از آلژینات سدیم استفاده کردند و آن را در محلول ساکارز به‌مدت ۳ ساعت تحت تیمار اسمزی قرار دادند. پوشش دادن بدون تأثیر منفی بر میزان انتقال آب، جذب مواد جامد را کاهش می‌داد. صوتی و همکاران (۱۶)، بهینه‌سازی فرایند برگه هلو به روش اسمز با استفاده از محلول‌های ساکارز، شربت گلوکز و مخلوط آنها را، بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که فرایند آبگیری اسمزی دارای یک مرحله سرعت صعودی و یک مرحله

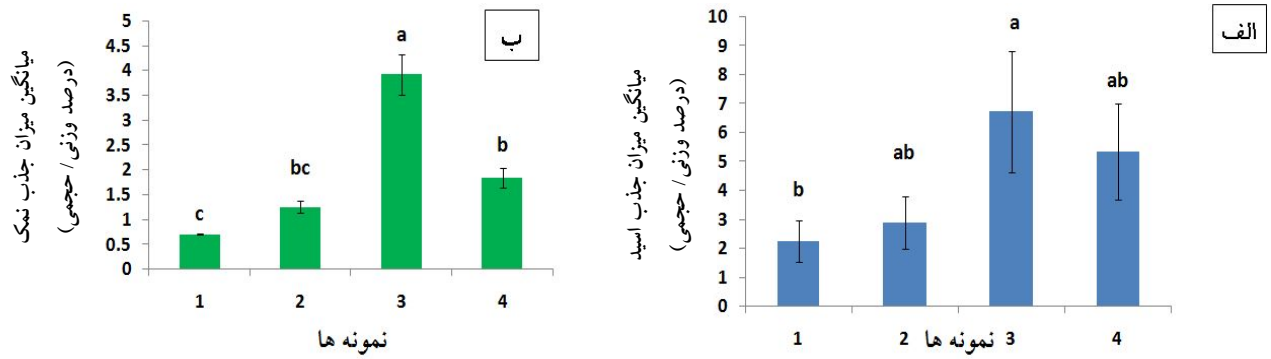
سرعت ثابت است و برای کاهش زمان تولید و اقتصادی شدن فرایند، می‌توان زمان رسیدن به مرحله سرعت ثابت را تعیین و فرایند را در این مرحله توقف کرد تا از اتلاف زمان جلوگیری به‌عمل آید. اسکویی و علیزاده (۱۸)، اثر آبگیری اسمزی (ساکاروز و سوربیتول (و پوشش دادن سطح قطعات میوه با صمغ گوار) و مایکروویو را روی زمان لازم برای خشک کردن کیوی، بررسی کردند. در این تحقیق، تأثیر هفت فاکتور دما، مدت زمان غوطه‌وری (۰/۵، ۳ ساعت)، در محلول اسمزی، غلظت و نوع محلول اسمزی و پوشش دادن سطح قطعات میوه با صمغ گوار و دو توان مایکروویو بررسی شد. نتایج نشان دادند که افزایش ضخامت قطعات کیوی و افزایش مدت زمان غوطه‌وری سبب افزایش کل زمان لازم برای خشک کردن برگه کیوی می‌شود.

ضریب کارایی آبگیری اسمزی ($Pr = WL / SG$)، برای ارزیابی کارایی فرایند آبگیری اسمزی (شکل ۱- ج)، با توجه به تفسیر کردن آسان آن، استفاده می‌شود، چرا که اگر ضریب کارایی آبگیری افزایش یابد، یکی از این سه پدیده رخ می‌دهد: (I) فرایند اسمز با افزایش آبگیری و جذب مواد جامد همراه است، اما از دست دادن آب بیشتر است (II) فرایند با کاهش جذب مواد جامد محلول همراه است (III) این فرایند با افزایش از دست دادن آب همراه است. در این مقاله به‌طورکلی مشاهده شد که استفاده از پوشش، سبب افزایش ضریب کارایی آبگیری در طول فرایند آبگیری اسمزی می‌شود، که دلیل آنرا می‌توان این‌گونه توجیه کرد که استفاده از پوشش، از یک طرف سبب افزایش از دست دادن آب به‌دلیل نوع پوشش‌های انتخابی که از نوع کربوهیدراتی و هیدروفیل هستند و اجازه خروج آب را می‌دهند و حفظ فشار اسمزی محلول به‌علت باقی ماندن مواد جامد در محلول می‌گردند و از طرف دیگر سبب کاهش جذب مواد جامد محلول می‌شوند. در آغاز فرآیند، تغییر در مقادیر ضریب کارایی آبگیری را می‌توان عمدتاً به از دست دادن آب نسبت داد و هنگامی‌که زمان فرایند افزایش می‌یابد، افزایش مواد جامد، اثر بیشتری بر مقدار ضریب کارایی آبگیری دارد (۲).

شکل (۱- د) روند کاهش وزن (WR) نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش در طول فرآیند آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. در همه نمونه‌ها (پوشش‌دار و بدون پوشش) رفتار مشابهی برای کاهش وزن، مشاهده می‌شود، یعنی ابتدا یک روند صعودی و سپس مرحله ایستایی در نمودار آنها داریم؛ در ضمن نمونه‌های پوشش‌دار مقادیر بالاتری برای این پارامتر نسبت به نمونه‌های بدون پوشش دارند، دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که نمونه‌های پوشش‌دار، آبگیری بیشتری (شکل ۱- الف) و جذب مواد جامد کمتری (شکل ۱- ب) نسبت به نمونه‌های بدون پوشش دارند، که طبق فرمول (۴) سبب تغییرات وزن بیشتری در آنها می‌شود. این نتایج با نتایج Garcia و همکاران (۲) و Díaz (۱۳) هماهنگی دارند. Garcia و همکاران (۲)، اثر پوشش‌های کیتوزان بر آبگیری اسمزی، ورود مواد جامد محلول، کاهش وزن و انتقال جرم پاپایای برش خورده در محلول اسمزی ساکارز ($40^{\circ}Bx$)، نسبت میوه به محلول ۱ به ۶۰) را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه‌ای که گرفتند این بود که پوشش کیتوزان آبگیری و کارایی فرایند اسمزی را بهبود می‌دهد و هم‌چنین سبب کاهش SG و افزایش WR می‌گردد.

میزان جذب نمک و اسید

شکل ۲، میزان جذب نمک و اسید در چهار نمونه شاهد (۱)، پوشش‌دار (۲)، اسمزشده (۳) و پوشش‌دار - اسمزشده (۴) را نشان می‌دهند. البته لازم به ذکر است که نمونه های اسمز نشده (نمونه‌های ۱ و ۲)، جذب نمک و اسید ندارند و در این شکل تنها برای مقایسه آورده شده‌اند. به‌عبارت دیگر، در این تحقیق، هدف تنها بررسی اثر پوشش در میزان جذب نمک و اسید در نمونه‌های اسمز شده و هم‌چنین مقایسه نمک و اسید در نمونه‌های اسمز شده با نمونه‌های اسمز نشده بود. در مقایسه بین نمونه‌های ۳ و ۴ می‌توان به این نتیجه رسید که پوشش‌دهی به‌طور معنی‌داری توانسته است جذب نمک را در فرایند اسمز کاهش دهد. مقایسه بین نمونه‌های ۱ و ۳ نشان می‌دهد که فرایند اسمز می‌تواند به‌طور چشمگیری میزان نمک فرآورده به



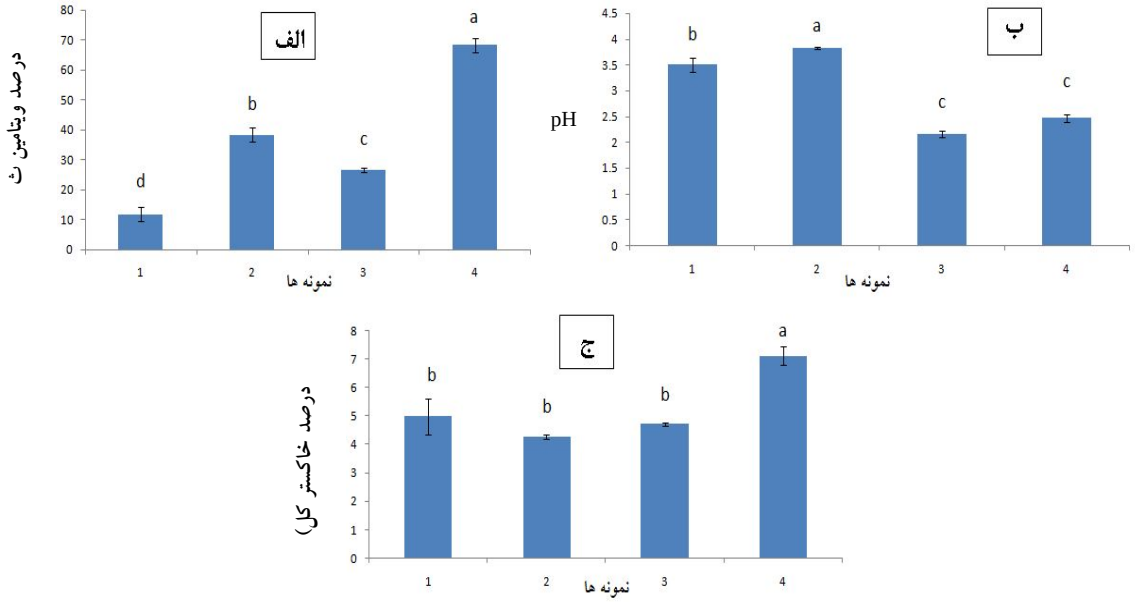
شکل ۲. میانگین میزان نمک (الف) و اسید (ب) در " به" خشک شده (۱) شاهد ، (۲) پوشش‌دار، (۳) اسمزشده (۴) پوشش‌دار و اسمزشده. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن (۵٪ > P) می‌باشند.

خشک شده را افزایش دهد. از طرفی، اگرچه استفاده از پوشش‌دهی، موجب کاهش جذب اسید طی فرایند اسمز گردید ولی این کاهش معنی‌دار (P<۰/۵) نبود. هم‌چنین اثر فرایند اسمز در افزایش میزان اسید ورقه‌های به، قابل ملاحظه بود.

همان‌طورکه ذکر شد پوشش‌دهی، انتقال جرم را در طی فرایند اسمز کنترل کرده و جذب مواد جامد محلول (نمک و اسید) را کاهش می‌دهد، بدون آنکه اثر منفی بر میزان خروج آب داشته باشد (۷). این نتایج با نتایج تحقیقات حداد خداپرست و همکاران (۷)، که اثر پوشش‌های خوراکی (پکتین، کربوکسی‌متیل‌سلولز، نشاسته ذرت) بر خواص کیفی و فیزیکوشیمیایی سیب‌های خشک شده به روش اسمزی (محلول اسمزی ساکارز) را مطالعه کرده بودند و هم‌چنین نتایج Lazardes و همکاران (۵) که اثر پوشش‌های خوراکی (آلژینات سدیم) و آبگیری اسمزی (محلول ساکارز) سیب‌زمینی را تحقیق کردند و نتایج سلیمانی (۴)، که از فرایند اسمز (محلول‌های دوگانه آب، نمک و شربت گلوکز) به‌عنوان پیش‌تیمار برای خشک کردن هویج با هوای گرم استفاده‌کرد، مطابقت داشت. حداد خداپرست و همکاران (۷) به این نتیجه رسیدند که پوشش دادن ماده غذایی توسط لایه‌های نازکی از مواد خوراکی قبل ازفرایند آبگیری به روش اسمزی مانع از نفوذ مواد جامد (ساکارز) محلول به بافت ماده غذایی بدون داشتن تأثیر منفی بر میزان خروج آب می‌گردد و این انتقال جرم بستگی به نوع محلول اسمزی و شرایط فرایند دارد.

اندازه‌گیری اسید اسکوربیک (ویتامین C)

حفظ مقادیر بالای ویتامین C در میوه‌های خشک شده علاوه بر از نظر تغذیه‌ای، از جنبه‌های ارگانولپتیکی نیز حائز اهمیت است. ویتامین C یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی طبیعی موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها است که موجب جلوگیری از قهوه‌ای شدن و ایجاد طعم و ظاهر نامطلوب می‌گردد. این ترکیب نسبت به دماهای بالا و اکسیژن بسیار حساس می‌باشد و در طی خشک کردن میوه‌ها، مقادیر بالایی از آن نابود می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۳- الف ملاحظه می‌شود، در مقایسه تیمارهای اسمزی ورقه‌های "به" پوشش داده شده، با تیمارهای اسمزی بدون پوشش نشان می‌دهد که پوشش اثر مثبتی بر حفظ ویتامین ث دارد و میزان افت ویتامین ث در نمونه‌های دارای پوشش کمتر است؛ در ضمن، میزان ویتامین C تیمارهای اسمزی شده از نمونه شاهد که مستقیماً با جریان هوای گرم خشک شده‌است، بسیار بالاتر بوده است. وجود اسید اسکوربیک در پوشش فعال مورد استفاده و مهاجرت به ورقه‌ها، می‌تواند عامل اصلی بالا بودن ویتامین C در ورقه‌های خشک شده به پوشش‌دار باشد، هم‌چنین استفاده از فرایند آبگیری اسمزی می‌تواند با توجه به سرعت بالا و دمای پائین، سبب حفظ بهتر ویتامین ث در محصول شده باشد؛ بیشترین میزان ویتامین C (کمترین افت) در



شکل۳. میانگین محتوای ویتامین ث (الف)، میانگین pH (ب) و میانگین میزان خاکستر(ج) در ″ به″ خشک‌شده (۱) شاهد ، (۲) پوشش‌دار، (۳) اسمزشده (۴) پوشش‌دار و اسمزشده. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن (۵٪ > P) می‌باشند.

نمونه‌های پوشش‌دار و آبگیری اسمزی‌شده حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها در سطح ۵٪ داشت. نتایج این تحقیق با نتایج حداد خداپرست و همکاران (۵) که از پوشش پکتین، کربوکسی متیل سلولز و نشاسته در فرایند خشک کردن اسمزی سیب استفاده کرده بودند، مطابقت دارد. آنها بیان کردند که افزایش میزان غلظت محلول‌های اسمزی سبب افزایش محتوای باقیمانده ویتامین ث و کاهش افت آن می‌گردد و در همه موارد میزان ویتامین ث تیمارهای اسمزی‌شده، از نمونه شاهد که مستقیماً با جریان هوای گرم خشک شده بود ، بسیار بالاتر بود و نمونه‌های پوشش داده شده با پکتین، در محلول ۶۰ درصد ساکارز، اثر بیشتری بر حفظ محتوای ویتامین ث محصول نهایی داشتند.

اندازه‌گیری pH نمونه‌ها

همان‌طورکه در شکل ۳- ب مشاهده می‌شود، نمونه‌های اسمزشده دارای pH پایین‌تری نسبت به نمونه‌های اسمز نشده بودند که می‌توان به‌جذب اسیدسیتریک از محلول اسمزی نسبت داده شود. در این میان نمونه‌های فقط پوشش‌دار، اندکی pH بالاتری را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند.

اندازه‌گیری خاکستر

کل مواد معدنی موجود در ماده غذایی خاکستر نامیده می‌شود که مواد معدنی حاصل از سوزاندن و حذف مواد آلی می‌باشد (۹). همان‌طورکه در شکل ۳- ج مشاهده می‌شود، نمونه پوشش‌دار و اسمزشده، دارای بیشترین میزان خاکستر است که تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های دیگر در سطح ۵٪ دارد، اما سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به‌نظر می‌رسد که افزایش خاکستر به تأثیر سینرژیستی فرایند اسمز و پوشش‌دهی مربوط باشد، چون بین نمونه‌های فقط اسمزشده، نمونه‌های فقط پوشش داده شده و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. علاوه بر مهاجرت نمک کلرید کلسیم از طریق محلول اسمزی، افزودن کلرید کلسیم به پوشش نیز می‌تواند موجب افزایش در نمونه‌های اسمزشده‌ی پوشش داده‌شده گردد. آریان فر و همکاران (۱۹)، در بررسی اثر دو نوع پوشش خوراکی (پکتین با گروه‌های متوکسیل پایین ۰/۱۵٪ و کربوکسی متیل سلولز۰/۱۷٪) و شرایط عملیات بر خشک

کردن اسمزی (چهار غلظت محلول اسمزی شامل:۱۰ درصد نمک، ۱۰ درصد نمک + ۵ درصد شکر، ۱۵ درصد نمک + ۵ درصد شکر و ۱۵ درصد نمک + ۱۰ درصد شکر) قارچ دکمه‌ای، بیان کردند که با افزایش زمان فرایند اسمز، درصد خاکستر افزایش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش فعال بر پایه کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و حاوی اسید اسکوربیک، سبب بهبود ضریب کارایی آبگیری اسمزی، افزایش از دست دادن آب و کاهش جذب مواد جامد محلول در خشک کردن اسمزی ورقه های به می‌شود. میزان جذب نمک و اسید در نمونه‌های بدون پوشش اسمزشده در طول فرایند خشک کردن بیشتر بود، چون پوشش انتقال جرم را در طی فرایند کنترل کرده و جذب مواد جامد محلول را کاهش می‌دهد؛ بدون آنکه اثر منفی بر میزان خروج آب داشته باشد. نمونه‌های "به" پوشش داده شده‌ای که تحت فرایند اسمز قرار گرفته بودند و هم‌چنین نمونه‌های پوشش‌دار اسمز نشده، دارای کمترین میزان افت ویتامین ث بودند، یعنی پوشش‌دهی و اسمز، اثرات مثبتی بر حفظ ویتامین ث نشان دادند.

منابع مورد استفاده

1. Alaedini, B. and Z. Emam jomeh 2005. Improving of quality properties of dried kiwi and its formulation with osmotic treatment. *Journal of Iranian Agriculture Science* 36: 1421- 1427. (In Farsi).
2. García, M., R. Díaz., Y. Martínez and A, Casariego. 2010. Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya. *Food Research International* 43: 1656–1660.
3. Singh, H., 2001, Osmotic dehydration of carrot shreds for Gazraila Preparation. *Journal of Food Science and Technology* 38: 2,152-154.
4. Soleimani, J., H. Ghasemzadeh and Z. Emam jomeh. 2008. Pretreatment of dried carrot with hot air by osmotic dehydration. *Journal of Research & Development* 78: 101-109. (In Farsi)
5. Lazarides., H. N., Mitrakas. G. E. and K. I. Matsos. 2007. Edible coating 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*: 171-177.
6. Noshad, M., M. Mohebbi. 2011. Multi-Objective Optimization of Osmotic–Ultrasonic Pretreatments and Hot-Air Drying of Quince Using Response Surface Methodology. *Food Bioprocess Technology* (In press).
7. Hadad khodaparast, M., F. F. Jalaei and M. Forghani. 2008. Using of pactin, carboxy methyl cellulose and starch in osmotic dehydration process of apple and determination of some effective agents. *In:* Proceeding of 18th National Congress of Food Science and Technology, pp: 1-7. (In Farsi)
8. Akbarian, M., B. Ghanbarzadeh, M. Sowti and J. Dehghannia. 2012. Optimization of edible coating formulations and osmotic solutions in osmotic dehydration and drying of quince by response surface methodology, MSc. Thesis, Tabriz University, Tabriz. (In Farsi).
9. Pisalkar, P. S., N. K. Jain. 2011. Osmo-air drying of aloe vera gel cubes, *Journal of Food Science Technology* 48: 183–189.
10. James, C. S. 1995. Analytical Chemistry of Food. Blackie academic and professional, an important of chapman &hall, university of Plymouth, London. Glasgow. New York. Tokyo. Melboune. Madras.
11. Khosro shahi asl, A. (C. S. Jeims). 1997, Analytical Chemistry, Urmia University, pp. 27. (In Farsi)
12. Misljenovic, N. M., G. B. Koprivica., L. R. Jevric and L. J. Levic. 2011. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses. *Romanian Biotechnological Letters* 16: 6790- 6799.
13. Díaz Mora, M. 2003. Evaluación preliminar de la vida de anaquel de papaya tratada osmóticamente con películas de quitosano. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Enero. Derechos Reservados.
14. Lazarides, H. N. and N. F. Mavroudis. 1999. Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt –free medium, *Journal of Food Engenieerng* 30: 61-74.
15. Jalaee, F., A. Fazeli., H. Fatemian and H. Tavakolipour. 2010. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Journal of Food and Bioproducts Processing* 89: 367-374.
16. Sowti khiabani, M., M. Sahari and Z. Emam-jomeh. 2003. Optimization of production process of peach slices by using osmose. *Journal of Iranian Agricultural Science* 34: 283-291. (In Farsi).

17. Seraji, A., B. Ghanbarzadeh., M. Sowti and M. Eshaghi. 2010. Effect of carboxymethyl cellulose - ascorbic acid based edible coating in osmotic dehydration cucurbit. MSc. Thesis. Varamin University, Varamin, Iran. (In Farsi).
18. Oskoyi, R. and M. Alizadeh. 2008. Effect of different factor on osmotic dehydration and microwave variables in the time needed for drying kiwifruit, *In:* Proceeding of 18th Food Science and Technology Congress. Tehran, Iran, pp. 1-5. (In Farsi).
19. Ariyanfar, A., M. Sarabi jamab and A. Niazmand. 2009. Effect of edible coating and condition of process on drying of mashroom, *Journal of Food Science* 8 (30): 53-60. (In Farsi).