

پدیده های انتقال جرم طی خشک کردن گلابی پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز در محلولهای ساکارز باز تغلیظ شده

حامد فاطمیان^{1*}، شادی گیاه چی²، سید ابراهیم حسینی²، عباس گرامی³

1- بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران

2- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

3- گروه آمار، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: 1392/7/21

تاریخ دریافت: 1391/12/12

چکیده

اساس فرایند خشک کردن به روش اسمزی، قراردادن مواد غذایی در محلول هیپرتونیک است. این محلولها دارای فشار اسمزی بالا و فعالیت آبی کمتری نسبت به سلولهای مواد غذایی هستند. فرایند خشک کردن به دلایل متعدد سبب افت ویژگی های کیفی محصول نهایی می شود. بدین منظور بکارگیری تیمارهای مقدماتی نظیر خشک کردن به روش اسمزی ضروری به نظر می رسد. از آنجایی که فرایند خشک کردن به روش اسمزی واجد نواقصی نظیر جذب ماده خشک به بافت ماده غذایی و همچنین عدم مدیریت مناسب به منظور استفاده های مجدد از محلولهای اسمزی بکاررفته است، استفاده از پوشش های خوراکی به همراه دفعات تغلیظ های متوالی محلول حائز اهمیت است. در این مطالعه طی فرایند آبگیری اسمزی حلقه های گلابی رقم دوشس، اثر استفاده از پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز 0/5 درصد وزنی-وزنی و تعداد دفعات تغلیظ متوالی و استفاده های مجدد از محلول اسمزی ساکارز 50 درصد وزنی-وزنی، در دمای 30 درجه سانتیگراد تا 5 بار، بر پدیده های موثر در انتقال جرم شامل کاهش محتوای رطوبت، جذب مواد جامد محلول و کارایی فرایند آبگیری اسمزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از پوشش های خوراکی و نیز افزایش دفعات متوالی تغلیظ محلول های اسمزی سبب افزایش کارایی فرایند آبگیری اسمزی می شود. مطابق بررسی ها استفاده از پوشش های خوراکی نه تنها سبب افزایش کارایی در هر لحظه از فرایند می شود، بلکه با گذشت زمان طی عملیات آبگیری تا دقیقه پایانی مرتباً باعث افزایش این نسبت می شود. در این مطالعه نمونه های اسمزی پوشش داده شده که طی پنج بار متوالی تغلیظ شده اند، بعنوان نمونه برتر شناخته شدند.

واژه های کلیدی: پدیده های انتقال جرم، پوشش های خوراکی، تغلیظ های متوالی محلول، خشک کردن اسمزی، گلابی

1- مقدمه

اساس فرایند خشک کردن به روش اسمزی¹، قراردادن قطعات مواد غذایی مانند میوه و سبزی در یک محلول هیپرتونیک است. این محلولها دارای فشار اسمزی بالا و فعالیت آبی کمتری نسبت به سلولهای مواد غذایی هستند (9).

باتوجه به اینکه دیواره سلولهای مواد غذایی می توانند بعنوان یک غشا نیمه تراوا عمل کنند، لذا یک نیروی محرکه موثر جهت حرکت آب بین ماده غذایی و محلول اسمزی ایجاد می شود و چون این دیواره کاملاً انتخابی عمل نمی کند، لذا همواره نفوذی از مواد حل شده محلول به درون ماده غذایی و بالعکس اتفاق می افتد (9 و 13). در طول فرآیند چند پدیده انتقال جرم به صورت نا همسو اتفاق می افتند که شامل خروج آب از داخل بافت سلولی به درون محلول اسمزی (WL)²، جذب مواد جامد از محلول به درون بافت ماده غذایی توسط غشا نیمه تراوا دیواره سلول (SG)³ و همچنین تراوش مقادیری از مواد محلول درون سلولی نظیر اسیدها، ویتامین ها، ساکاریدها و نمکهای معدنی به درون محلول غلیظ تر صورت می گیرد. البته انتشار مواد جامد محلول به سمت فاز آبی به مراتب کمتر از انتشار آب است (9، 13 و 19).

به منظور یافتن راه حل های مناسب جهت استفاده های مجدد از محلول های بکار رفته در فرایند اسمزی می توان، از تغلیظ های متوالی محلول های اسمزی نظیر افزودن ماده خشک محلول و یا استفاده توأم از حرارت دهی و افزودن ماده خشک محلول استفاده کرد که این عمل در یک سیکل پیوسته، نه تنها سبب کاهش کیفیت نهایی محصول تولید شده نمی شود (5)، بلکه میزان مصرف محلول های اسمزی را تا حد زیادی کاهش داده و بدین صورت سبب افزایش صرفه جویی اقتصادی می گردد (15). یک مرحله بسیار حساس و پیچیده در فرایند اسمزی، انتخاب نوع و غلظت ماده اسمزی است. از بین ترکیبات مختلف آزمایش شده توسط محققین برای تولید محلولهای اسمزی، کربوهیدراتها اهمیت بسزایی دارند، چراکه موثر و سریع بوده و خود دارای طعمی مطلوب می باشد. جهت تولید محلولهای اسمزی و به منظور ایجاد پتانسیل اسمزی موثر در حین فرایند آبیگری به روش اسمزی اغلب از مونوساکاریدها و دی ساکاریدها که براحتی در آب حل

شده و پتانسیل اسمزی آب را کاهش می دهند، استفاده می گردد. از بین قندهای مورد استفاده برای تهیه محلول های اسمزی، ساکارز بهترین ماده اسمزی در نظر گرفته می شود. بطوریکه لایه ای پیوسته و متراکم در سطح نمونه خشک شده ایجاد می کند و از تماس نمونه با اکسیژن جلوگیری می نماید (9). فرایند خشک کردن یا آبیگری به روش اسمزی واجد ایرادات و نواقصی نظیر جذب ماده ی خشک (مانند ترکیبات قندی استفاده شده در محلول اسمزی) به بافت ماده ی غذایی است که برای حل این مشکل از پوشش دهی روی بافت میوه استفاده می شود. پوشش های خوراکی⁴ را می توان بعنوان لایه نازکی از مواد خوراکی تعریف نمود که از طریق غوطه وری، اسپری کردن و غلظاندن بر روی سطح ماده غذایی قرار می گیرند (10). اولین بار استفاده از پوشش های خوراکی در قرن دوازدهم و سیزدهم انجام شد (8). کاربرد پوشش های خوراکی قبل از آبیگری اسمزی مناسبترین راه حل برای جلوگیری از تأثیرات نامطلوب این فرایند بر ماده غذایی شده و شرایط مناسبی را برای حفظ عطر و طعم فرار ایجاد می کند (7).

مطالعات انجام شده نشان داد که میزان جذب ماده خشک به درون بافت سیب های پوشش داده شده با پکتین نسبت به نمونه های بدون پوشش کمتر است. بعلاوه محلولهای اسمزی با وزن مولکولی بالا اثر ممانعت کنندگی قویتری در مقابل نفوذ مواد جامد محلول خواهند داشت (16).

مطابق بررسی ها، استفاده از پوشش پکتین باعث خروج رطوبت بیشتر و جذب مواد جامد کمتری نسبت به نمونه های بدون پوشش می شود. نیز زمان عملیات اسمزی طولانی تر موجب خروج رطوبت بیشتر و جذب مواد جامد کمتری در نمونه های پوشش دار می شود (17).

بررسی های انجام شده روی نمونه های توت فرنگی پوشش داده شده نشان می دهد که استفاده از پوشش های خوراکی باعث افزایش نسبت خروج رطوبت به جذب ماده خشک به درون بافت می شود و اثرات نامطلوب ناشی از جذب مواد جامد حل شونده به درون بافت را کاهش می دهد (18).

مطالعات روی تاثیر پوشش کربوکسی متیل سلولز روی پدیده های انتقال جرم طی خشک کردن اسمزی سیب نشان دهنده این است که نمونه های پوشش داده شده نسبت به نمونه های بدون

1- Osmotic dehydration

2- Water loss

3- Solid gain

4- Edible coating

آزمایشگاهی صاف کرده تا ذرات معلق ریز ناشی از نمونه های اسمزی شده از آن خارج شود. سپس میزان غلظت محلول اسمزی که در پایان زمان فرایند کاهش یافته، توسط معادله تعادل جرمی پیروسون محاسبه شده، توسط پودر ساکارز، مجدداً محلول را به غلظت اولیه 50 درصد وزنی/ وزنی رسانده می شود واز آن محلول باز تغلیظ شده مجدداً برای عملیات آبدگیری اسمزی نمونه ها استفاده شده است. بطوریکه فرایند تغلیظ و استفاده مجدد تا 5 بار انجام پذیرفت.

2-6- اندازه گیری میزان افزایش محتوای ماده خشک (SG) و کاهش محتوای رطوبتی (WL) در نمونه های اسمزی شده

در ابتدا درصد ماده خشک و رطوبت نمونه ها در زمانهای معین با استفاده از آون حرارتی مدل Memmert تعیین گردید (1). سپس با استفاده از روابط زیر میزان افزایش ماده خشک و کاهش محتوای رطوبتی در فرایند اسمزی اندازه گیری شد (3).

$$SG = ((FS.FM/IM) - IS)IM/IS \quad (\text{معادله 1})$$

$$WL = ((IM - IS)IM - (IM - FS)FM) / IS \quad (\text{معادله 2})$$

که در آن، SG: میزان افزایش در محتوای ماده خشک در خلال فرایند اسمز (گرم / 100 گرم ماده خشک)، WL: میزان کاهش محتوای رطوبتی در خلال فرایند اسمز (گرم آب / 100 گرم ماده خشک)، FS: محتوای نهایی ماده خشک نمونه اسمزی شده (درصد)، FM: جرم نهایی نمونه اسمزی (گرم)، IM: جرم اولیه نمونه (گرم) و IS: محتوای اولیه ماده خشک نمونه (درصد) می باشد (3).

یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی فرایند آبدگیری اسمزی نسبت کاهش محتوای رطوبتی به افزایش محتوای ماده خشک بافت نمونه است. از آنجایی که هر چه این نسبت بزرگتر باشد، فرایند اسمزی از کارایی بالاتری برخوردار خواهد بود. این فاکتور به عنوان شاخص کارایی فرایند آبدگیری اسمزی معرفی گردیده است (2). بدین منظور در فواصل زمانی معین میزان کاهش محتوای رطوبت (WL) و افزایش محتوای ماده خشک (SG) در نمونه های اسمزی شده طی 180 دقیقه فرایند اسمزی اندازه گیری

پوشش، خروج رطوبت بیشتر و جذب مواد جامد کمتری به درون بافت ایجاد می کند (6).

هدف از این مطالعه بررسی اثر پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز و نیز تعداد دفعات تغلیظ محلول اسمزی بر پارامترهای موثر بر انتقال جرم است. نتایج نشان داد استفاده از پوشش های خوراکی و نیز افزایش دفعات متوالی تغلیظ محلول های اسمزی سبب افزایش کارایی فرایند آبدگیری اسمزی می شود.

2- مواد و روش ها

2-1- انتخاب گونه مناسب

این تحقیق بر روی گلابی واریته دوشس با رطوبت اولیه 87/23 درصد، میزان قند کل 7/4 درصد و pH برابر 4/15 که از یکی از باغات اطراف کرج بصورت کارتن هایی 10 کیلوگرمی خریداری گردید، انجام شده است.

2-2- آماده سازی نمونه های مورد آزمایش

آماده سازی نمونه ها به صورت شستشو، جدا کردن دم، حذف هسته و حلقه کردن نمونه ها به ضخامت 10 میلیمتر می باشد.

2-3- عملیات پوشش دادن نمونه های مورد آزمایش

ابتدا محلول 0/5 درصد وزنی کربوکسی متیل سلولز را تهیه می کنیم سپس نیمی از نمونه های حلقوی گلابی را به مدت 10 ثانیه در محلول مزکور غوطه ور کرده، سپس برای خشک و تثبیت شدن کامل پوشش خوراکی بر روی نمونه ها، آنها را به مدت 2 دقیقه در آون 55 درجه سانتیگراد قرار می دهیم (16).

2-4- آبدگیری نمونه ها به روش اسمزی

کلیه نمونه ها (پوشش داده شده و بدون پوشش) بصورت جداگانه در محلول اسمزی ساکارز 50% بانسبت 4به1 (محلول اسمزی به نمونه) برای مدت 180 دقیقه قرار گرفت. در خلال فرایند آبدگیری اسمزی هر 30 دقیقه، عملیات نمونه برداری به منظور ارزیابی محتوای رطوبت، درصد قند کل و میزان SG و WL انجام گردید.

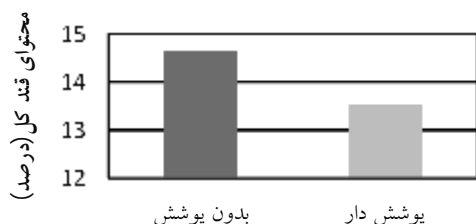
2-5- عملیات تغلیظ مجدد

بعد از هر مرحله آبدگیری به روش اسمزی که 180 دقیقه به طول می انجامد، ابتدا محلول به دست آمده را توسط فیلترهای مناسب

3-2- بررسی اثر پوشش های خوراکی بر محتوای قند کل

نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (2) مشاهده می شود، وجود پوشش های خوراکی، باعث کاهش محتوای قند کل نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی شده است. علت این امر آنست که پوشش همانند لایه ای محافظ تاحدی جذب مولکول های قند را به بافت نمونه ها کاهش می دهد ($p < 0.01$). این نتایج مطابق با یافته های کلباسی و فاطمیان (1379)، لنارت و دابروسکا (1999)، دهقانیا و همکارانش (2006) و خین و همکارانش (2005، 2007) است (4، 6، 11، 12، 16).



شکل 2- اثر فرایند پوشش دادن بر محتوای قند کل نمونه در انتهای فرایند اسمزی (درصد)

خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (3) مشاهده می شود وجود پوشش های خوراکی، باعث کاهش میزان جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی می شود. علت این امر آنست که پوشش های خوراکی، همانند یک عایق در اطراف نمونه ها عمل کرده و همانطور که در شکل (2) دیده می شود تا حدی جذب قندها و ماده خشک را کاهش می دهد ($p < 0.01$). لنارت و دابروسکا (1999 و 2001)، ماتوسکا و همکارانش (2006)، دهقان نیا و همکارانش (2006)، خین و همکارانش (2007) و لازاریوس و همکارانش (2007) این مسئله تایید شده است (6، 12، 14، 16، 17، 18).

و نسبت کارایی فرایند آبیگری اسمزی $1 (Pr = WL/SG)$ تعیین گردید.

7-2- اندازه گیری قند کل موجود در نمونه های اسمزی

جهت اندازه گیری میزان قند کل در نمونه ها در حین فرایند اسمزی از روش لین-آینون استفاده می شود (1).

8-2- تجزیه و تحلیل آماری

داده های بدست آمده از مجموع آزمایشات انجام شده بر مبنای طرح آماری در قالب آزمایش فاکتوریل کاملاً تصادفی به کمک نرم افزار Minitab-16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین ها توسط آزمون دانکن صورت پذیرفته است. همه آزمایشات در 3 تکرار انجام شده اند.

3- نتایج و بحث

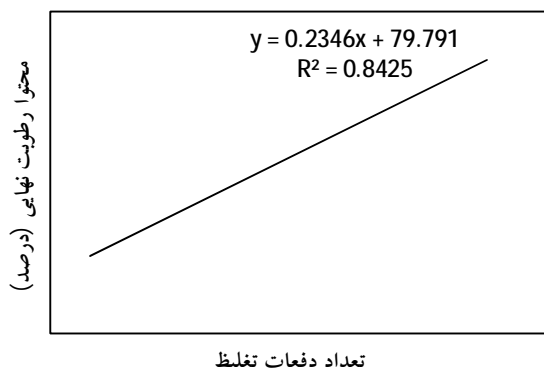
3-1- بررسی اثر پوشش های خوراکی بر محتوای رطوبت نهایی نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (1) مشاهده می شود، وجود پوشش های خوراکی، باعث افزایش محتوای رطوبت باقی مانده در نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی شده است. علت آنست که پوشش همانند لایه ای محافظ تاحدی خروج رطوبت از بافت نمونه ها را کاهش می دهد ($p < 0.01$). این نتایج با یافته های خین (2007) مطابقت دارد (12).



شکل 1- استفاده از پوشش های خوراکی بر محتوای رطوبت نهایی نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

ظرفیت و پتانسیل رطوبت گیری این محلول ها کاهش می یابد. لذا میزان خروج رطوبت از بافت نمونه های اسمزی شده توسط چنین محلول هایی کاهش و در نتیجه محتوای رطوبت باقی مانده در بافت نمونه ها مطابق نمودار زیر افزایش می یابد ($p < 0.01$).



شکل 5- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر محتوای رطوبت نهایی نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی (درصد)

3-6- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر میزان جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (6) مشاهده می شود که افزایش تعداد دفعات تغلیظ و استفاده های مجدد از محلول های اسمزی، سبب کاهش میزان جذب مواد جامد محلول به بافت نمونه های آزمایشی (SG) طی فرایند آبگیری اسمزی می شود ($p < 0.01$). با توجه به اینکه با هر بار تغلیظ و استفاده های مجدد از محلول اسمزی pH آن کاهش می یابد. لذا به نظر می رسد که این کاهش pH در خلال تغلیظ های متوالی سبب کاهش میزان جذب و نفوذ مولکول های مواد جامد محلول به بافت نمونه های غوطه ور شده در محلول اسمزی می گردد. به همین دلیل با استفاده از محلول های باز تغلیظ شده میزان SG کاهش می یابد.

3-7- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر کاهش محتوای رطوبت نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

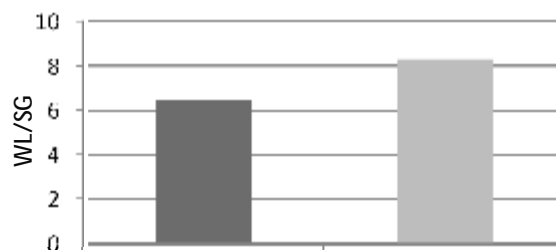
باتوجه به شکل (7) مشاهده می شود که با افزایش دفعات تغلیظ محلول، کاهش محتوای رطوبت در نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی افزایش می یابد ($p < 0.01$). احتمالاً این امر به دلیل آنست که تغلیظ های متوالی و استفاده های مجدد از محلول اسمزی تا



شکل 3- اثر فرایند پوشش دادن بر میزان جذب ماده خشک نمونه در انتهای فرایند اسمزی (گرم بر 100 گرم نمونه اولیه)

3-4- بررسی اثر پوشش های خوراکی بر نسبت کاهش محتوای رطوبتی به افزایش جذب محتوای ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل 4 مشاهده می شود، وجود پوشش های خوراکی، باعث افزایش نسبت کاهش محتوای رطوبت از نمونه ها بر افزایش جذب ماده خشک در نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی می شود. علت این امر آن است که با استفاده از پوشش خوراکی میزان SG به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است ($p < 0.01$). لئارت و دابروسکا (1999)، ماتوسکا و همکارانش (2006) و لازاریدس و همکارانش (2007) نتایج مشابهی بدست آمده است (14، 16، 18).

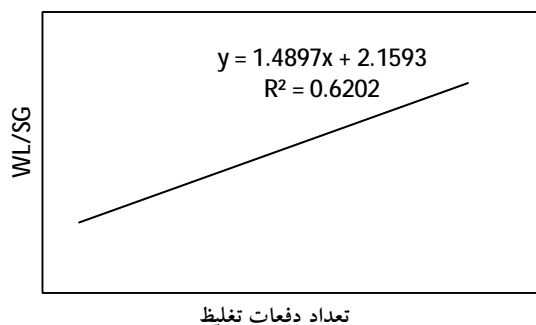


شکل 4- اثر فرایند پوشش دادن بر نسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

3-5- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر محتوای رطوبت نهایی نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (5) مشاهده می شود که افزایش تعداد دفعات تغلیظ، باعث افزایش محتوای رطوبت باقی مانده در نمونه ها می شود. زیرا با افزایش تعداد دفعات تغلیظ های محلول اسمزی

محلول اسمزی پس از 5 بار تغلیظ متوالی به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. بعنوان مثال افزایش غلظت اسیدهای خوراکی و پیگمانهای رنگی در محلولهای بیش از 5 بار تغلیظ شده ساکارز بطور محسوسی بر کیفیت نمونه های آزمایشی اسمزی شده (حلقه های گلابی، سیب و موز) اثر نامطلوبی داشته است. به همین دلیل از نظر عملی استفاده از تغلیظ های متوالی بیش از 5 بار (علی رغم وجود روند صعودی در تغییرات SG و WL) توصیه می شود.

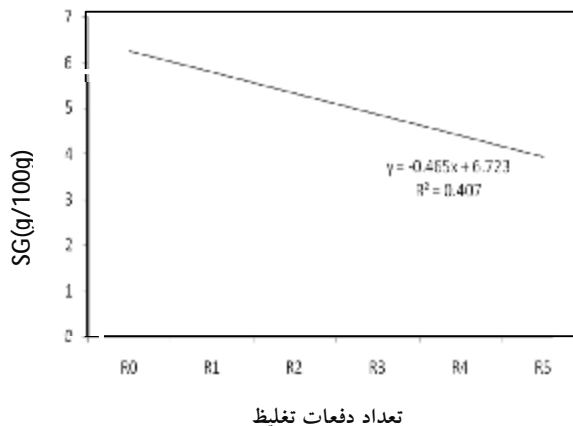


شکل 4- اثر دفعات تغلیظ محلول بر نسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش میزان جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

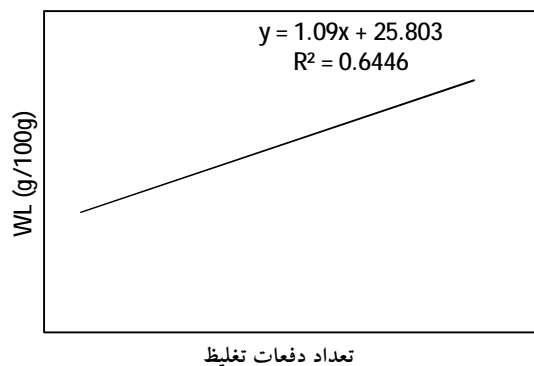
4- نتیجه گیری

استفاده از پوشش های خوراکی، باعث افزایش کارایی فرایند آبگیری اسمزی (افزایش نسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش محتوای ماده خشک بافت نمونه ها) در انتهای فرایند اسمزی می شود. علت آن است که استفاده از پوشش خوراکی میزان SG به مقدار قابل توجهی کاهش می دهد. نیز با افزایش تعداد دفعات تغلیظ محلول، میزان کارایی فرایند آبگیری در انتهای فرایند اسمزی افزایش می یابد. بطور کلی استفاده از پوشش های خوراکی نه تنها سبب افزایش کارایی فرایند آبگیری اسمزی در هر لحظه از فرایند می شود، بلکه با گذشت زمان در خلال عملیات آبگیری تا دقیقه پایانی (دقیقه 180) مرتباً باعث افزایش این نسبت می شود. از مجموع نتایج بدست آمده مشخص گردید که نمونه برتر از نظر شاخص های موثر در پدیده های انتقال جرم حلقه های گلابی پوشش داده شده با محلول کربوکسی متیل سلولز 0/5 درصد و آبگیری شده در محلول ساکارز 50% که 5 بار تغلیظ شده است، می باشد.

حدی سبب افزایش پتانسیل اسمزی این محلول ها و بالا بردن ظرفیت آبگیری آنها از نمونه ها می گردد.



شکل 6- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر میزان جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی (گرم بر 100 گرم نمونه اولیه)



شکل 7- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر کاهش محتوای رطوبت نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی (گرم بر 100 گرم نمونه اولیه)

8-3- اثر تعداد دفعات تغلیظ محلول بر نسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش میزان جذب ماده خشک نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی

با توجه به شکل 8 مشاهده می شود با افزایش دفعات تغلیظ محلول و استفاده های مجدد از محلول های اسمزی کارایی فرایند آبگیری اسمزی (نسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش میزان جذب ماده خشک بافت نمونه ها) در انتهای فرایند اسمزی افزایش می یابد ($p < 0.01$). مطابق مطالعات اولیه که در قالب این پژوهش انجام گردید، مشخص شد که ویژگی های کیفی و عملیاتی

- 11- Khin, M.M., Zhou, W. and Perera, C. 2005 .
Development in the Combined Treatment of Coating and Osmotic Dehydration of Food – A Review. *International Journal of Food Engineering*, Vol 1, Issue 1, Art 4.
- 12- Khin, M.M., Zhou, W. and Yun-Yeo, S. 20 07.
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.
- 13- Lazarides, H.N., Katsanides, E. and Nicolaidis, A. 1995a. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solute uptake. *J. Food Engineering*, 25(2), 151-166.
- 14- Lazarides, H.N., Mitrakas, G.E. and Matsos K.I. 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 , 171–177 .
- 15- Lenart, A.1996. Osmo-convective drying of fruit and vegetable. Technology and application. *Drying Technology*, 14(2):391-413.
- 16- Lenart, A. and Dabrowska R. 1999. Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin Coatings. *Drying Technology*, 17, 1359 – 1373.
- 17- Lenart, A., Debrowaka, R. 2001. Influence of edible coating on osmotic treatment of apple. Technomic publishing company, Inc., Pennsylvania, 43-49.
- 18- Matuska, M., Lenart, A. and Lazarides, H.N. 2006. On the use of edible coating to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72, 85- 91.
- 19- Mayor, L., Moreria, R., Chenlo, F. and Sereno, A.M. 2006 .Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solution. *Journal of Food Engineering*, 74, 253-262.
- 20- Poncini, L. 1978. Termal degradation of sucrose in solution. *Sugar technology*, 6, 332- 335.

5- سپاس گزاری

بدین وسیله از بخش صنایع غذایی و فناوری پس از برداشت موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، که تمام امکانات لازم جهت انجام این مطالعه را فراهم نموده است، سپاس گزاری می شود.

6- منابع

- ۱- پروانه، و. 1386. کنترل کیفی و آزمایشهای شیمیایی موادغذایی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، صفحات 2-57.
- ۲- فاطمیان، ح. 1375. بررسی امکان استفاده فرایند اسمز در سیب و تعیین عوامل موثر در آن، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی.
- ۳- فاطمیان، ح. و کلباسی، ا. 1380. تاثیر ویژگی های فرایند اسمزی بر خصوصیات کیفی برگه های سیب زرد لبنانی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 32 ، شماره 4، 845-835.
- ۴- کلباسی، ا. و فاطمیان، ح. 1379. بررسی عوامل موثر در سرعت فرایند خشک کردن اسمزی سیب رقم گلدن. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 31، شماره 2، 382-372.
- 5- Andrade, S.A.C., Neto, B.B., Salgado, S.M. and Guerr,a N.B. 2007. Influence of edible coatings in the reduction of solids uptake in osmotically dehydrated Jenipapos . *Food Science and Technologies*, 27, 39 - 43.
- 6- Dehghannya, J.Z., Emam-Djomeh, R. Soutudeh, G. and Ngadi, M. 2006. Osmotic Dehydration of Apple Slice with Carboxy-Methyl Cellulose Coating, *Drying Technology*, 24, 45-50.
- 7- Della Rosa, M.D. and Giroux, F. 2000. Osmotic treatment (OT) and problem related to solution management. *Journal of food engineering*, 49, 223-236.
- 8- Hardenberg, R.E. 1967. Wax and related coating for horticultural products. Agriculture Research Service No. 965. Ithaca, NY: Cornell University.
- 9- Helpin, L. and Hosahalli, S.R. 2005. Osmotic dehydration. Available at: [http://www.stewatpostharvest.com.stewatpostharvest/ DOI:10.2212/spr.2005.4:3.pdf](http://www.stewatpostharvest.com.stewatpostharvest/DOI:10.2212/spr.2005.4:3.pdf)
- 10- Kar, A. and Gupta, D.K. 2001. Osmotic Dehydration Characteristics of Button Mushrooms . *Food Science and Technology*, 38, 352 – 357.