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 چی[2]، سید ابراهیم حسینی[2]، عباس گرامی[3]

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 دریافت: 1391/12/12 تاریخ پذیرش: 1392/7/21

چکیده

اساس فرایند خشک کردن به روش اسمزی، قراردادن مواد غذایی درمحلول هیپرتونیک است. این محلولها دارای فشار اسمزی بالاو فعالیت آبی کمتری نسبت به سلولهای موادغذایی هستند. فرایند خشک کردن به دلایل متعدد سبب افت ویژگی های کیفی محصول نهایی می شود. بدین منظور بکارگیری تیمارهای مقدماتی نظیرخشک کردن به روش اسمزی ضروری به نظر می رسد. ازآنجایی 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 ازمحلولهای اسمزی بکاررفته است، استفاده از پوشش های خوراکی به همراه دفعات تغلیظ های متوالی محلول حائز اهمیت است. دراین مطالعه طی فرایند آبگیری اسمزی حلقه های گلابی رقم دوشس، اثراستفاده 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 30درجه سانتیگراد تا 5بار، بر پدیده های موثردر انتقال جرم شامل کاهش محتوای رطوبت، جذب مواد جامد محلول و کارایی فرایندآبگیری اسمزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از پوشش های خوراکی و نیز افزایش دفعات متوالی تغلیظ محلول های اسمزی سبب افزایش کارآیی 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 مرتبا" باعث افزایش این نسبت می شود. در این مطالعه نمونه های اسمزی پوشش داده شده که طی پنج بارمتوالی 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

* مسوول مکاتبات: hfatemian@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

1- مقدمه

اساس فرایندخشک کردن به روش اسمزی[1]، قراردادن قطعات موادغذایی مانندمیوه وسبزی دریک محلول هیپرتونیک است. این محلولها دارای فشار اسمزی بالا و فعالیت آبی کمتری نسبت به سلولهای موادغذایی هستند (9).

باتوجه به اینکه دیواره سلولهای موادغذایی 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 کاملا" انتخابی عمل نمی کند، لذا همواره نفوذی از مواد حل شده محلول به درون ماده غذایی و بالعکس اتفاق می افتد (9 و13). 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 ازمحلول به درون بافت ماده غذایی توسط غشا نیمه تراوای دیواره سلول (SG) [3] وهمچنین تراوش مقادیری ازمواد محلول درون سلولی نظیراسیدها، ویتامین ها، ساکاریدها ونمکهای معدنی به درون محلول غلیظ ترصورت می گیرد. البته انتشارمواد جامد محلول به سمت فاز آبی به مراتب کمتراز انتشارآب است (9، 13 و 19).

به منظور یافتن راه حل های مناسب جهت استفاده های مجدد از محلول های بکار رفته در فرایند اسمز می توان، از تغلیظ های متوالی محلول های اسمزی نظیر افزودن ماده خشک محلول و یا استفاده توام از حرارت دهی و افزودن ماده خشک محلول استفاده کرد که این عمل دریک سیکل پیوسته، نه تنها سبب کاهش کیفیت نهایی محصول تولید شده نمی شود(5)، بلکه میزان مصرف محلول های اسمزی راتا حد زیادی کاهش داده و بدین صورت سبب افزایش صرفه جویی اقتصادی می گردد (15). یک مرحله بسیارحساس وپیچیده درفرایناسمز، انتخاب نوع وغلظت ماده اسمزی است.از بین ترکیبات مختلف آزمایش شده توسط محققین برای تولید محلولهای اسمزی، کربوهیدراتها اهمیت بسزایی دارند، چراکه موثروسریع بوده وخود دارای طعمی مطلوب می باشد. جهت تولید محلولهای اسمزی و به منظور ایجاد پتانسیل اسمزی موثر در حین فرایند آبگیری به روش اسمزی اغلب از مونوساکاریدها ودی 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 درنظرگرفته می شود. بطوریکه لایه ای پیوسته و متراکم در سطح نمونه خشک شده ایجاد می کند واز تماس نمونه با اکسیژن جلوگیری می نماید(9). فرایند خشک کردن یا آبگیری 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 خوراکی[4] را می توان بعنوان لا یه نازکی از مواد خوراکی تعریف نمود که از طریق غوطه وری، اسپری کردن وغلتاندن برروی سطح ماده غذایی قرار می گیرند(10). اولین بار استفاده از پوشش های خوراکی درقرن دوازدهم وسیزدهم انجام شد(8). کاربرد پوشش های خوراکی قبل ازآبگیری اسمزی مناسبترین راه حل برای جلوگیری از تأثیرات نامطلوب این فرایند برماده غذایی شده وشرایط مناسبی را برای حفظ عطروطعم فرار ایجاد می کند(7).

مطالعات انجام شده نشان دادکه 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 باوزن مولکولی بالا اثر ممانعت کنندگی قویتری در مقابل نفوذ مواد جامد محلول خواهندداشت(16) .

مطابق بررسی ها،استفاده ازپوشش پکتین باعث خروج رطوبت بیشتر وجذب 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 رطویت 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 تاثیرپوشش 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

Archive of SID

www.SID.ir

پوشش، خروج رطوبت بیشترو جذب مواد جامدکمتری 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 برانتقال جرم است. نتایج نشان داد استفاده از پوشش های خوراکی و نیز افزایش دفعات متوالی تغلیظ محلول های اسمزی سبب افزایش کارآیی فرایند آبگیری 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 ازیکی ازباغات 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 وحلقه 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 درمحلول 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- آبگیری نمونه ها به روش اسمزی

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

2-5- عملیات تغلیظ مجدد

بعد ازهر مرحله آبگیری به روش اسمزی که 180 دقیقه به طول می انجامد، ابتدا محلول به دست آمده را توسط فیلترهای مناسب 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 پیرسون محاسبه شده ،توسط پودر ساکارز ، مجددا محلول را به غلظت اولیه 50 درصد وزنی/ وزنی رسانده می شود واز آن محلول باز تغلیظ شده مجددا برای عملیات آبگیری 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

درابتدا درصد ماده خشک ورطوبت نمونه ها درزمانهای معین با استفاده ازآون حرارتی مدل Memmert تعیین گردید (1). سپس با استفاده از روابط زیر میزان افزایش ماده خشک وکاهش 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 درمحتوای 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 آبگیری اسمزی نسبت کاهش محتوای رطوبتی به افزایش محتوای ماده خشک بافت نمونه است.ازآنجایی که هر چه این نسبت بزرگترباشد، فرایناسمزی ازکارایی بالاتری برخوردار خواهد بود.این فاکتور به عنوان شاخص کارایی فرایند آبگیری اسمزی معرفی گردیده است (2). بدین منظور درفواصل زمانی معین میزان کاهش محتوای رطوبت(WL) وافزایش محتوای ماده خشک (SG) در نمونه های اسمزی شده طی 180 دقیقه فرایند اسمزی اندازه گیری

Archive of SID

www.SID.ir

و نسبت کارایی فرایند آبگیری اسمزی[1] (Pr =WL/SG) تعیین گردید.

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

جهت اندازه گیری میزان قندکل درنمونه ها درحین فرایند اسمزی از روش لین -آینون استفاده می شود (1).

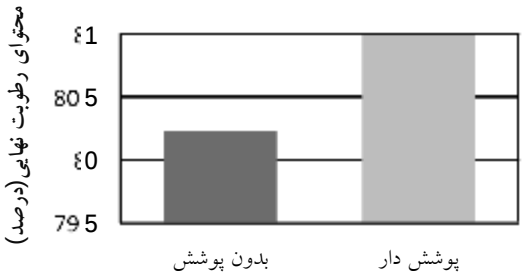
2-8- تجزیه و تحلیل آماری

داده های بدست آمده از مجموع آزمایشات انجام شده برمبنای طرح آماری در قالب آزمایش فاکتوریل کاملا" تصادفی به کمک نرم افزارMinitab-16 مورد تجزیه وتحلیل قرارگرفته ومقایسه میانگین ها توسط آزمون دانکن صورت پذیرفته است. همه آزمایشات در 3 تکرار انجام شده اند.

3- نتایج وبحث

3-1- بررسی اثرپوشش های خوراکی برمحتوای رطوبت نهایی نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (1) مشاهده می شود، وجود پوششهای خوراکی، باعث افزایش محتوای رطوبت باقی مانده در نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی شده است. علت آن است 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).



شکل1- استفاده ازپوشش های خوراکی برمحتوای رطوبت نهایی نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

3-2- بررسی اثرپوشش های خوراکی برمحتوای قندکل نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل(2) مشاهده می شود، وجود پوشش های خوراکی، باعث کاهش محتوای قندکل نمونه ها در انتهای فرایند اسمزی شده است. علت این امرآنست که پوشش همانند لایه ای محافظ تاحدی جذب مولکول های قندرا به بافت نمونه ها کاهش می دهد($p<0.01$).این نتایج مطابق بایافته های کلباسی وفاطمیان (1379) ،لنارت و دابروسکا (1999)، دهقانیا وهمکارانش (2006) وخین وهمکارانش (2005 ، 2007) است (4، 6،11، 12،16).

شکل 2- اثرفرایند پوشش دادن برمحتوای قندکل نمونه درانتهای فرایند اسمزی (درصد)

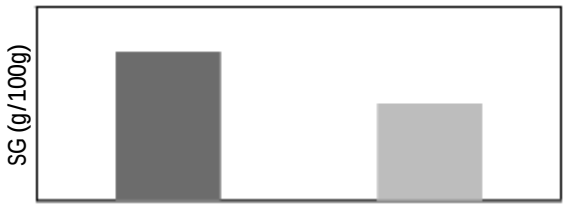
خشک نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (3) مشاهده می شود وجود پوشش های خوراکی، باعث کاهش میزان جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایناسمزی می شود.علت این امرآن است که پوشش های خوراکی، همانندیک عایق دراطراف نمونه ها عمل کرده وهمانطورکه در شکل (2) دیده می شودتا حدی جذب قندها وماده خشک را کاهش می دهد ($p<0.01$). لنارت ودابروسکا (1999و2001)، ماتوسکا و همکارانش(2006)، دهقان نیا و همکارانش (2006)، خین وهمکارانش (2007) و لازاریدس وهمکارانش (2007) این مسئله تایید شده است (6، 12، 14، 16، 17، 18).

1- Productivity (WL/SG)

Archive of SID

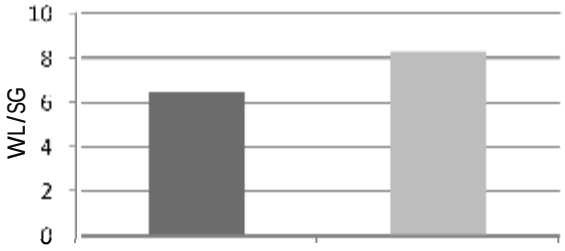
www.SID.ir



شکل3- اثرفرایند پوشش دادن برمیزان جذب ماده خشک نمونه درانتهای فرایند اسمزی (گرم بر 100 گرم نمونه اولیه)

3-4- بررسی اثرپوشش های خوراکی برنسبت کاهش محتوای رطوبتی به افزایش جذب محتوای ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

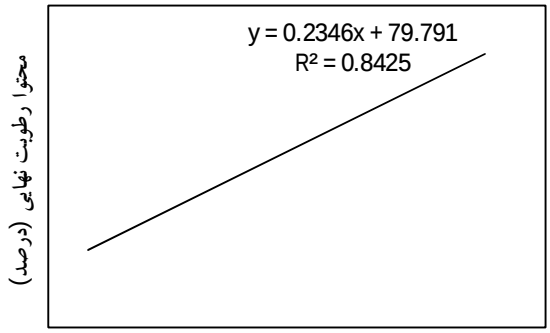
باتوجه به شکل4 مشاهده می شود، وجود پوشش های خوراکی، باعث افزایش نسبت کاهش محتوای رطوبت از نمونه ها برافزایش جذب ماده خشک درنمونه ها درانتهای فرایند اسمزی می شود.علت این امرآن است که بااستفاده از پوشش خوراکی میزان SG به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است($p<0.01$). لنارت و دابروسکا (1999)، ماتوسکا و همکارانش (2006) و لازاریدس و همکارانش (2007) نتایج مشابهی بدست آمده است (14، 16، 18).



شکل 4- اثرفرایند پوشش دادن برنسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

3-5- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول برمحتوای رطوبت نهایی نمونه ها درانتهای 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 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- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول برمحتوای رطوبت نهایی نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی (درصد)

3-6- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول برمیزان جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (6) مشاهده می شود که افزایش تعداد دفعات تغلیظ واستفاده های مجدد ازمحلولهای 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 هربار تغلیظ واستفاده های مجدد ازمحلول اسمزی pH آن کاهش می یابد. لذا به نظر می رسد که این کاهش pH درخلال تغلیظ های متوالی سبب کاهش میزان جذب ونفوذ مولکول های مواد جامد محلول به بافت نمونه های غوطه ور شده درمحلول اسمزی می گردد. به همین دلیل با استفاده از محلولهای بازتغلیظ شده میزان SG کاهش می یابد.

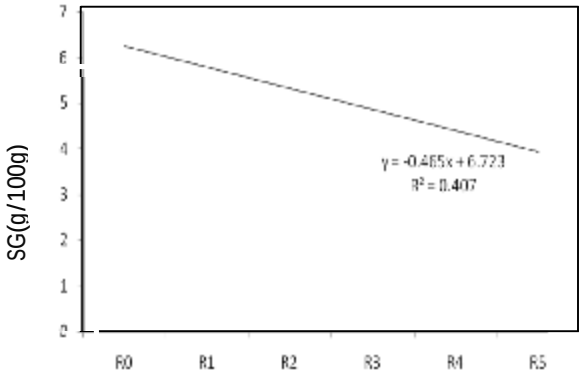
3-7- اثرتعداددفعات تغلیظ محلول برکاهش محتوای رطوبت نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی

باتوجه به شکل (7)مشاهده می شود که باافزایش دفعات تغلیظ محلول، کاهش محتوای رطوبت درنمونه ها در انتهای فرایند اسمزی افزایش می یابد($p<0.01$)..احتمالا این امربه دلیل آنست که تغلیظ های متوالی واستفاده های مجدداز محلول اسمزی تا

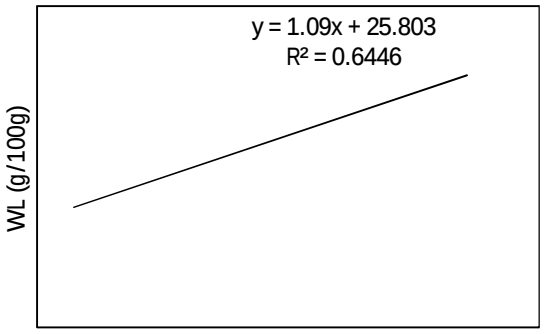
Archive of SID

www.SID.ir

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



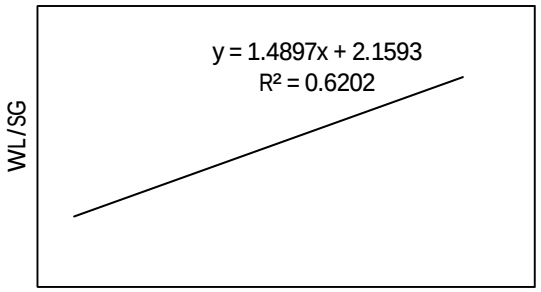
شکل6- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول برمیزان جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی (گرم بر100 گرم نمونه اولیه)



شکل7- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول بر کاهش محتوای رطوبت نمونه ها درانتهای فرایند اسمزی (گرم بر 100 گرم نمونه اولیه)

3-8- اثرتعداد دفعات تغلیظ محلول برنسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش میزان جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای فرایناسمزی

با توجه به شکل8 مشاهده می شود با افزایش دفعات تغلیظ محلول و استفاده های مجدد ازمحلول های اسنزی 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 درقالب این پژوهش انجام گردید، مشخص شد که ویژگی های کیفی و عملیاتی 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) اثرنامطلوبی داشته است. به همین دلیل ازنظرعملی استفاده ازتغلیظ های متوالی بیش از 5 بار(علی رغم وجود روند صعودی در تغییرات SG و WL) توصیه می شود.



شکل 8- اثردفعات تغلیظ محلول برنسبت کاهش محتوای رطوبت به افزایش میزان جذب ماده خشک نمونه ها درانتهای 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) درانتهای فرایند اسمزی می شود. علت آن است که استفاده از پوشش خوراکی میزان SGبه مقدار قابل توجهی کاهش می دهد. نیز با افزایش تعداد دفعات تغلیظ محلول، میزان کارایی فرایند آبگیری در انتهای فرایند اسمزی افزایش می یابد. بطورکلی استفاده از پوشش های خوراکی نه تنها سبب افزایش کارآیی فرایند آبگیری اسمزی درهر لحظه از فرایند می شود، بلکه با گذشت زمان درخلال عملیات آبگیری تا دقیقه پایانی (دقیقه 180) مرتبا" باعث افزایش این نسبت می شود. از مجموع نتایج بدست آمده مشخص گردید که نمونه برتر از نظرشاخص های موثر درپدیده 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 وآزمایشهای 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. وکلباسی، ا. 1380. تاثیر ویژگی های فرایند اسمزی بر خصوصیات کیفی برگه های سیب زرد لبنانی. *مجله علوم کشاورزی ایران*، جلد 32 ، شماره4، 845-835.

۴- کلباسی، ا. و فاطمیان، ح. 1379. بررسی عوامل موثر درسرعت فرایند خشک کردن اسمزی سیب رقم گلدن. *مجله علوم کشاورزی ایران*، جلد31، شماره 2، 372-382.

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

10- Kar, A. and Gupta, D.K. 2001. Osmotic Dehydration Characteristics of Button Mushrooms . *Food Science and Technology*, 38, 352 – 357.

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 Nicolaides, 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 degration of sucrose in solution. *Sugar technology*, 6, 332- 335.

Archive of SID

www.SID.ir