

اثر پوشش صمغ قدومه شهری بر انتقال جرم و کیفیت سیب آبگیری شده به روش اسمز

مریم محمدخانی^۱، آرش کوچکی^{۲*}، محبت محبی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۶)

چکیده

در این تحقیق، اثر پوشش صمغ قدومه شهری (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) بر کینتیک انتقال جرم و کیفیت سیب آبگیری شده به روش اسمزی بررسی شد. بدین منظور، ویژگی های بافتی از قبیل استحکام، چسبندگی، پیوستگی، حالت صمغی و جویدگی، رنگ و ریز ساختار سیب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی انتقال جرم نشان داد که پوشش صمغ قدومه شهری باعث بهبود ویژگی های سیب طی آبگیری اسمزی شد؛ در غلظت ۰/۵ درصد صمغ جذب مواد جامد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت اما به علت افزایش جذب مواد جامد در غلظت های بالای صمغ، جذب مواد جامد اختلاف معنی داری با نمونه شاهد نداشت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که نمونه های حاصل از آبگیری اسمزی در مقایسه با نمونه تازه و خام چروکیدگی سطحی کمتری داشتند. نمونه های پوشش داده شده با صمغ، دارای ساختار متخلخل و پفکی بودند. استفاده از پوشش تاثیر معنی داری بر ویژگی های بافتی به جز استحکام نداشت. بنابراین، استفاده از ۰/۵ درصد صمغ قدومه شهری باعث کاهش تغییرات رنگ، ایجاد ساختار پفکی و افزایش استحکام نمونه طی آبگیری اسمزی گردید.

کلید واژگان: پوشش صمغ قدومه شهری، آبگیری اسمزی، بافت، ریزساختار.

* مسئول مکاتبات: koocheki@um.ac.ir

۱- مقدمه

اساس فرایند آبیگری اسمزی غوطه ور کردن نمونه در محلول هیپرتونیک با فعالیت آبی پائین و فشار اسمزی بالا است که منجر به حذف آب از مواد غذایی و انتقال مواد از محلول اسمزی به نمونه می شود [۱]. طی فرایند اسمز، آب از داخل نمونه ها به محلول اسمز انتقال می یابد. همزمان مواد اسمزی (ساکارز محلول) در جهت مخالف از محلول به داخل محصول نفوذ می کند. جریان دیگری هم وجود دارد که خیلی قابل توجه نبوده و شامل جریان برخی از مواد مانند ویتامین ها، اسیدهای آلی، قندها و نمک های معدنی از ماده غذایی به محلول اسمزی است [۲]. اگرچه این جریان سوم اثر قابل توجهی در انتقال جرم ندارد، اما می تواند بر ارزش غذایی نهایی و ویژگی های حسی تاثیر بگذارد [۲].

فرایند آبیگری اسمزی در مقایسه با سایر روش های خشک کردن مزایای متعددی دارد. از جمله این مزایا می توان به انرژی مورد نیاز پائین و حفظ بافت، رنگ، طعم و ارزش غذایی محصول اشاره نمود. علی رغم این مزایا، طی فرایند آبیگری اسمزی به دلیل نفوذ بیش از حد محلول اسمزی به داخل محصول آبیگری شده، بافت ماده حالت شکری پیدا می کند. این پدیده باعث شده است که استفاده از فرایند آبیگری اسمزی در محصولات مختلف محدود شود [۳]. با کنترل اندازه و شکل محصول، استفاده از مخلوط قند و نمک یا عوامل اسمزی با وزن مولکولی بالا، افزایش دمای فرایند آبیگری و استفاده از پوشش های خوراکی پیش از فرایند آبیگری اسمزی می توان نفوذ محلول اسمزی به داخل محصول را کنترل نمود [۴]. نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد که بین روش های مورد استفاده، استفاده از پوشش مناسب بر روی ماده غذایی می تواند از نفوذ محلول اسمزی اضافی بدون تاثیر بر میزان حذف آب جلوگیری کند [۵-۸].

نوع و غلظت ماده پوشش دهنده به همراه شرایط خشک کردن (زمان، دما، همزدن و غیره) تاثیر چشمگیری بر راندمان آبیگری نمونه های اسمز شده دارد. استفاده از پوشش های خوراکی نه تنها استحکام سلولی ماده غذایی در برابر فشار اسمزی بالا را تقویت می کند بلکه به عنوان یک مانع در برابر اکسیژن عمل کرده و باعث حفظ طعم و آروما محصول می گردد [۳]. از جمله روش هایی که برای پوشش دادن محصولات مورد استفاده قرار می گیرد می توان به روش غوطه وری یا اسپری

کردن اشاره کرد که یک لایه نازک بر روی محصولات غذایی ایجاد می کند [۹].

پوشش مناسب برای محصولاتی که با روش اسمزی آبیگری می شوند باید ویژگی مکانیکی مناسب (ژل قوی)، ویژگی حسی مطلوب، امکان شکل دهی آسان و سریع و نفوذ پذیری بالا نسبت به آب داشته باشد و از نفوذ محلول اسمزی به داخل محصول جلوگیری کند. علاوه بر موارد فوق، پوشش به کار رفته باید پس از نشستن بر سطح محصول به آسانی جدا نشده، در عامل اسمزی حل نشود. در بین فیلم ها و پوشش های مورد استفاده، عموماً پلی ساکاریدها نسبت به لیپیدها یا پروتئین ها بیشتر با ویژگی های ذکر شده منطبق هستند [۵]. صمغ قدومه شهری هیدروکلوئیدی است که حاوی پیوندهای کربونیل و پیتیدی می باشد [۱۰]. این پیوندها اثر ارزشمندی بر توانایی تشکیل ژل دارند که می تواند با آب جهت تشکیل پیوندهای هیدروژنی و ایجاد ژل مناسب بر هم کش داشته باشند [۱۰].

تاکنون تحقیقات زیادی بر روی اثر هیدروکلوئیدها جهت بهبود کیفیت میوه ها طی آبیگری اسمزی انجام شده است [۲ و ۱۱]. اما تاکنون مطالعه ای بر روی تاثیر صمغ قدومه شهری به عنوان پوشش طی آبیگری اسمزی صورت نگرفته است. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر پوشش صمغ قدومه شهری بر انتقال جرم و کیفیت سیب آبیگری شده به روش اسمزی می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

دانه قدومه شهری از فروشگاه گیاهان دارویی در مشهد، ساکارز و کلرید کلسیم از شرکت مرک آلمان و سیب زرد دماوند از فروشگاه محلی در مشهد خریداری شد.

۲-۲- استخراج صمغ

دانه ها جهت حذف مواد خارجی نظیر خار و خاشاک، سنگ، دانه های شکسته و کاه به شیوه دستی تمیز شدند. صمغ قدومه شهری در دمای 48°C ، $\text{pH}=8$ ، نسبت آب به دانه ۳۰ به ۱ و مدت زمان ۱/۵ ساعت استخراج و در خشک کن انجامادی به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. سپس صمغ استخراج شده توسط آسیاب پودر شد [۱۲].

۲-۳- آماده سازی نمونه

سیب با اندازه و شکل یکنواخت انتخاب شده و پس از شستشو و پوست گیری با دستگاه کاتر به مکعب هایی با اندازه ۱/۵ سانتی متر برش زده شدند. سپس نمونه ها با آب مقطر شسته و روی کاغذ صافی گذاشته تا آب اضافی آنها گرفته شود. نمونه ها در محلول کلسیم کلرید ۰/۳ درصد به مدت ۵ دقیقه به منظور ایجاد اتصال عرضی و استحکام بافت نمونه ها غوطه ور شدند. محلول حاوی غلظت های مختلف صمغ قدومه شهری (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی/ حجمی) در آب مقطر تهیه شده و به منظور تکمیل فرایند آبیگری بمدت یک شبانه روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سیب های تهیه شده، در محلول پوشش به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شده و سپس از محلول خارج و برای تثبیت پوشش به مدت ۳۰ دقیقه در آن ۷۰ درجه قرار می گیرد.

محلول اسمزی با حل کردن مقداری ساکارز در آب مقطر تا رسیدن به غلظت ۶۰ درصد آماده شد. سپس نمونه های سیب پوشش داده شده، با نسبت محصول به محلول ۱:۲۰ و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸۰ دقیقه در محلول به صورت اسمزی آبیگری شدند. به منظور جلوگیری از رقیق شدن محلول طی آبیگری با استفاده از همزن مغناطیسی با دور rpm ۲۰۰ شرایط دینامیک ایجاد گردید.

۲-۴- اندازه گیری جذب مواد جامد و ازدست

دادن آب

پس از طی مراحل پوشش دادن و آبیگری جهت ارزیابی پارامترهای انتقال جرم و اندازه گیری میزان کسب مواد جامد و ازدست دادن آب طی آبیگری در بازه های زمانی مورد نظر (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ دقیقه) نمونه ها به آرامی از محلول بیرون کشیده و توسط کاغذ صافی جهت حذف محلول اسمز اضافی خشک می شوند سپس توزین شده و مقدار رطوبت با روش AOAC, 1996 و فرمول (۴-۱) اندازه گیری می شود.

$$MC = \frac{Wt - WSt}{Wt}$$

با استفاده از داده های بدست آمده از توزین نمونه ها در طول فرایند، وزن خشک نهایی بدست آمده از آن و فرمول های

(۲-۴) و (۳-۴) میزان آب ازدست داده و میزان کسب مواد جامد محاسبه گردید [۲].

$$WL = \frac{(WW_0) - (W_t - W_{St})}{(W_{S0} + WW_0)}$$

$$SG = \frac{(W_{St} - W_{S0})}{(W_{S0} + WW_0)}$$

در معادلات فوق WW_0 و W_{S0} به ترتیب وزن آب و ماده خشک موجود در نمونه قبل از آبیگری اسمزی و W_t و W_{St} به ترتیب وزن نمونه و ماده خشک آن پس از فرایند آبیگری اسمزی می باشد.

۲-۵- ارزیابی بافت

به منظور ارزیابی بافت نمونه پوشش داده و اسمز شده از دستگاه بافت سنج (TAPlus Texture analyzer, Lloyd آمریکا) و آزمون آنالیز پروفایل بافت (TPA) با استفاده از پروب استوانه ای مسطح به قطر خارجی (۵ سانتی متر) برای فشردن هر نمونه تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه با سرعت (۳ mm/s) و سل اعمال نیروی ۱۰۰ استفاده شد [۱۱]. ویژگی های بافتی از قبیل سفتی، چسبندگی، پیوستگی، حالت صمغی و جویدن ارزیابی شد.

۲-۶- ارزیابی رنگ

ارزیابی رنگ نمونه ها و تعیین شاخص های a^* ، b^* و L^* با دستگاه هانتربل (hunterlab، آمریکا) صورت گرفت [2]. استفاده از شاخص های مورد نظر و فرمول زیر تغییرات رنگ نیز محاسبه شد.

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

پارامترهای L_0^* ، a_0^* و b_0^* مربوط به نمونه بدون پوشش و L^* ، a^* و b^* پارامترهای رنگ نمونه پوشش داده شده است.

۲-۷- بررسی ریز ساختار

قطعات کوچک نمونه بعد از پوشش و آبیگری اسمزی جهت تثبیت پوشش توسط دستگاه خشک کن انجمادی خشک شد. نمونه خشک شده با لایه نازک طلا تحت شرایط خلاء پوشش

تاثیر روی حذف آب، جذب مواد جامد را کاهش دهد. نتایج مشابهی نیز توسط دهقان نیا و همکاران (۲۰۰۶)، مبنی بر کاهش SG به همراه افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز گزارش شده است. این محققان علت این امر را تجمع مواد جامد در پوشش و جلوگیری از نفوذ آنها به داخل میوه در مقایسه با میوه بدون پوشش نسبت دادند. پوشش به همراه مواد جامد ایجاد یک پوسته کرده که انتقال جرم، آبرگیری و متعاقباً افزایش مواد جامد را محدود می نماید [۱۳]. بنابراین، صمغ قدومه شهری در غلظت های پائین (صفر تا ۰/۵ درصد) توانایی جذب و به دام انداختن مواد جامد و به دنبال آن کاهش جذب آن ها را دارد. با افزایش غلظت صمغ، احتمال تجمع مواد جامد در پوشش وجود دارد. اما برخلاف غلظت های پائین، در غلظت های بالا جذب این مواد توسط نمونه به علت افزایش جذب رطوبت و عدم ایجاد پوسته توسط پوشش افزایش می یابد [۱۰].

با افزایش غلظت صمغ قدومه شهری میزان از دست دادن آب بطور معنی داری افزایش یافت (Fig 1). به طوری که بیشترین WL در غلظت ۱ درصد صمغ مشاهده شد. صمغ قدومه شهری به دلیل توانایی جذب آب بالا و محلول اسمزی با ایجاد محیط هیپرتونیک، جذب آب از نمونه را افزایش داده در نتیجه میزان از دست دادن آب در طی مرحله آبرگیری را افزایش می دهد. نتایج مشابهی توسط لنارت و دابروسکا (۱۹۹۹)، مبنی بر افزایش WL همراه با افزایش غلظت پکتین گزارش شده است. جلائی و همکاران (۲۰۱۱)، نیز گزارش نمودند که با افزایش غلظت پوشش میزان WL در مقایسه با سبب بدون پوشش بیشتر شد. بر خلاف این نتایج، نتایج ماتوسکا و همکاران (۲۰۰۶)، نشان داد که در آبرگیری اسمزی توت فرنگی پوشش داده شده با سدیم آلژینات و کاراگینان بیشترین WL مربوط به نمونه بدون پوشش بود و با افزایش غلظت پوشش میزان WL کاهش یافت. امام جمعه و همکاران (۲۰۰۶)، نیز اختلاف معنی داری بین نمونه های بدون پوشش و پوشش شده با کربوکسی متیل سلولز مشاهده نکردند که دلیل آن را نفوذ پذیری CMC نسبت به آب عنوان کردند.

داده شد و سپس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (Leo 1430vp, LEO Electron Microscopy Ltd., Cambridge, U.K.) و بزرگنمایی $250\mu\text{m}$ ساختار نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۸- طرح آماری و آنالیز داده ها

اثر پوشش صمغ قدومه شهری و آبرگیری اسمزی بر ویژگی های بافتی، رنگ و ریزساختار سیب در سطوح (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) با طرح آزمایشی در قالب فاکتوریل در سه تکرار با استفاده از نرم افزار Minitab (V.16.0) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین ها و بررسی اثرات ساده از آزمون توکی استفاده شد و معنی داری در سطح $p < 0/05$ مورد بررسی قرار گرفت.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- ارزیابی انتقال جرم

غلظت صمغ قدومه شهری تاثیر معنی داری بر میزان جذب مواد جامد و از دست دادن آب سبب طی آبرگیری اسمزی داشت (Fig 1). با افزایش غلظت صمغ تا ۰/۵ درصد جذب مواد جامد کاهش یافت؛ در حالی که نمونه پوشش داده شده با ۱ درصد صمغ قدومه شهری در مقایسه با نمونه شاهد اختلاف معنی داری از لحاظ جذب مواد جامد نداشت. علت افزایش جذب مواد جامد در غلظت های بالای صمغ را می توان به توانایی صمغ قدومه شهری در به دام انداختن مولکول های ساکارز طی آبرگیری اسمزی نسبت داد که احتمالاً بدلیل ساختار انشعابی، تراکم پذیری پائین و نفوذ پذیری بالای این پلیمر باشد [۱۰]. نتایج مشابهی توسط لنارت و دابروسکا (۱۹۹۹)، مبنی بر افزایش جذب مواد جامد به همراه افزایش غلظت پکتین از ۲ درصد به ۴ درصد گزارش شده است. محققین دلیل این امر را عدم توانایی پکتین در کاهش جذب مواد در غلظت های بالای پکتین عنوان کردند.

نتایج تحقیق جلائی و همکاران (۲۰۱۱)، نشان داد که سیب حاوی پوشش پکتین با متوکسیل پائین، کربوکسی متیل سلولز و نشاسته ذرت در مقایسه با نمونه بدون پوشش توانست بدون

محلول اسمزی در نمونه های پوشش داده شده و بدون پوشش گزارش کردند.

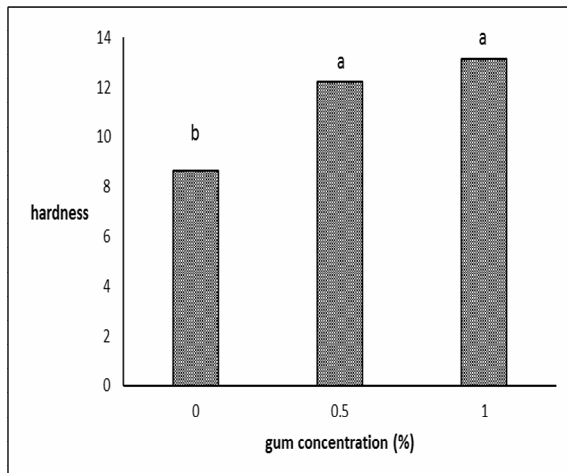


Fig 2 TPA results for coated and non-coated osmotic dehydrated apples in 60% sucrose solution (temperature 30 °C and 180 minutes).

فرایند آبیگری اسمزی استحکام بافت نمونه های پوشش داده شده و بدون پوشش را در مقایسه با نمونه شاهد بطور معنی داری کاهش داد. در نمونه دارای رطوبت بالا به دلیل فشار تولید شده توسط آب اطراف واکوئل های سلولی به نیروی بیشتری جهت مقابله با فشار تولید شده نیاز است. بنابراین، نمونه های حاوی رطوبت بالا استحکام بیشتری دارند [۱]. نمونه تازه و خام بدلیل محتوای رطوبت بالاتر در مقایسه با نمونه های آبیگری شده بیشترین استحکام را داشتند (Table 1). استحکام نمونه های آبیگری و پوشش داده شده به جزء نمونه حاوی پوشش ۱ درصد صمغ، کمتر از نمونه ی تازه و خام بود؛ درحالی که نمونه دارای پوشش ۱ درصد صمغ حداکثر WL را داشت. دلیل این امر را می توان به جذب مواد جامد (ساکارز) توسط این نمونه نسبت داد [۲]. در نتیجه افزایش SG نسبت به افزایش WL تاثیر بیشتری بر استحکام نمونه داشته است.

Table 1 Hardness of fresh and dehydrated apples

	Moisture content	Hardness (N)
Fresh sample	2.30± 0.08 ^a	22.58± 1.23 ^a
Dehydrated sample	1.30± 0.27 ^b	15.58± 0.73 ^b

نتایج مشابهی برای سایر میوه ها از قبیل سیب زمینی، هلو، به، کیوی و توت فرنگی گزارش شده است [۱۵]. جلائی و همکاران (۲۰۱۱)، نیز بیان کردند که آبیگری اسمزی استحکام بافت نمونه های پوشش داده شده و بدون پوشش را بهبود

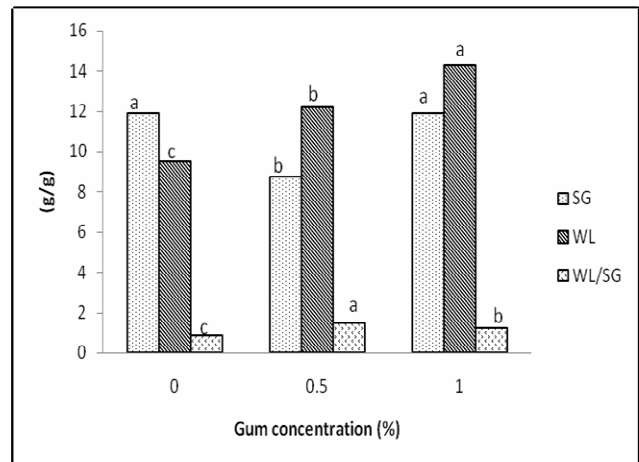


Fig 1 The effect of gum concentration on SG, WL and WL/SG of osmotic dehydrated apple in 60% sucrose solution (temperature 30°C).

۳-۲- آنالیز پروفایل بافت

تاثیر پوشش های مختلف بر ویژگی های بافتی از قبیل استحکام، چسبندگی، پیوستگی، حالت صمغی و جویدن ارزیابی شد. پوشش صمغ قدومه شهری بر هیچ یک از ویژگی های بافتی به جزء استحکام تاثیر معنی داری نداشت (Fig 2). با افزودن صمغ، استحکام نمونه بطور معنی داری افزایش یافت در حالیکه افزایش غلظت صمغ اختلاف معنی داری بر استحکام نداشتند. نمونه حاوی ۱ درصد صمغ در مقایسه با سایر پوشش ها دارای حداکثر استحکام بود که این امر را می توان به جذب ساکارز بیشتر طی آبیگری اسمزی نسبت داد [۲].

با افزایش غلظت صمغ، تجمع مواد جامد در پوشش افزایش یافته و از نفوذ آنها به داخل میوه در مقایسه با میوه بدون پوشش جلوگیری می کند. پوشش به همراه مواد جامد ایجاد یک پوسته کرده که باعث افزایش استحکام نمونه می شود [۱۳]. تفاوت پوشش های مختلف در افزایش استحکام را می توان به تفاوت در جذب ساکارز نسبت داد [۲].

اعظم و همکاران (۲۰۱۳)، نیز افزایش استحکام انبه پوشش داده شده با گلوتن و بدون پوشش را پس از فرایند آبیگری اسمزی مشاهده کردند. نمونه پوشش داده شده با گلوتن در مقایسه با نمونه بدون پوشش استحکام بیشتری داشت. اما این افزایش بدلیل کاهش SG به همراه افزایش همزمان WL معنی دار نبود. برخلاف این نتایج، ماتوسکا و همکاران (۲۰۰۶)، بیان کردند که حداکثر نیروی اندازه گیری شده برای نمونه حاوی پوشش سدیم آلزینات با نمونه شاهد مشابه بود. محققین دلیل این امر را ایجاد یک ساختار محکم توسط

۳-۳- تغییرات رنگ

صمغ قدومه شهری تاثیر معنی داری بر پارامترهای رنگ سیب پوشش داده شده طی آبگیری اسمزی داشتند (Table 2). با افزایش غلظت صمغ، پارامتر a^* و b^* افزایش یافت؛ پارامتر L^* در غلظت ۰/۵ درصد صمغ حداکثر و در ۱ درصد صمغ حداقل مقدار را نشان داد. دلیل این امر را می توان به فرایند قهوه ای شدن آنزیمی نسبت داد. پارامترهای L^* و a^* بستگی به تغییرات رنگ میوه در اثر قهوه ای شدن آنزیمی دارند بنابراین افزایش قهوه ای شدن باعث کاهش L^* و افزایش a^* می شود [۱۹]. احتمالا دلیل افزایش پارامتر b^* را نیز می توان به رنگ زرد پوشش صمغ قدومه شهری نسبت داد که باعث افزایش میزان زردی ($+b$) نمونه می شود. نمونه حاوی پوشش ۰/۵ درصد صمغ در مقایسه با نمونه شاهد، تغییر رنگ کمتری نسبت به سایر نمونه ها داشت. جذب مواد جامد باعث افزایش قرمزی و زردی و در نتیجه تغییرات رنگ بیشتر می شود چون منجر به کاهش انتقال اکسیژن به سطح می گردد.

می دهد که علت این امر را به جایگزینی مواد جامد و به دنبال حذف آب از نمونه ها طی آبگیری اسمزی نسبت دادند. محققین مشاهده کردند که استحکام سیب حاوی پوشش های کربوکسی متیل سلولز، پکتین با متوکسیل پائین و نشاسته ذرت متفاوت است که دلیل آن را توانایی متفاوت پوشش ها در ایجاد لایه هایی با ضخامت مختلف بر روی نمونه و اتصال به یون کلسیم عنوان کردند. فرایند پوشش با استفاده از کلسیم کلرید باعث نفوذ یون کلسیم به داخل نمونه و اتصال به ملکول اسید پکتیک شده و متعاقبا تولید کلسیم پکتات می کند که موجب افزایش استحکام بافت نمونه می شود.

بر خلاف نتایج بدست آمده، بسیاری از تحقیقات پیشین حاکی از افزایش استحکام به دنبال کاهش محتوای رطوبت است، که دلیل آن را نقش آب به عنوان پلاستیسایزر عنوان کردند [۱۶-۱۸]. پلاستیسایزر ها ترکیباتی با وزن مولکولی پائین بوده که تحرک زنجیره های بیوپلیمری را در ساختار مواد غذایی افزایش داده و سفتی بافت را کاهش می دهند [۱]. بنابراین آب با افزایش تحرک زنجیره های بیوپلیمری سفتی بافت را کاهش می دهند.

Table 2 Colure parameters for coated apple with different gum concentration after osmotic dehydration.

Gum concentration (%)	L^*	a^*	b^*	ΔE
Zero	60.89 ± 0.41 ^b	-2.27 ± 0.01 ^b	17.10 ± 0.07 ^c	6.76 ± 0.20 ^a
0.5	61.25 ± 0.20 ^a	-2.62 ± 0.005 ^c	20.56 ± 0.15 ^a	3.98 ± 0.21 ^b
1	52.79 ± 0.46 ^c	0.80 ± 0.05 ^a	21.07 ± 0.25 ^b	11.03 ± 0.47 ^a

آبگیری اسمزی در مقایسه با نمونه تازه و خام دارای چروکیدگی سطحی کمتری بود (Fig 3 B). احتمالا جذب مواد جامد طی فرایند آبگیری باعث کاهش چروکیدگی نمونه شده است. نتایج مشابهی توسط لوزانو و همکاران (۱۹۸۰)، برای قطعات سیر و هویج گزارش شده است.

Fig 4 ساختار متخلخل و پفکی را برای نمونه های پوشش داده شده با صمغ نشان می دهد. عسکری و همکاران (۲۰۰۶)، نیز گزارش کردند که سیب پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز ساختار پفکی و فروپاشی سلولی کمتری در مقایسه با نمونه پوشش داده شده با نشاسته داشته است. محققین دلیل این امر را ایجاد لایه نازک کربوکسی متیل سلولز بر روی نمونه و جلوگیری از فروپاشی سلولی عنوان کردند.

دلیل دیگر این است که در آبگیری اسمزی، معمولا قطعات میوه در داخل محلول اسمزی غوطه ور می شوند لذا امکان تماس هوا با آنها بسیار کم است و این خود موجب ممانعت از انجام واکنش های قهوه ای شدن می گردد [۲۰].

۳-۴- بررسی ریزساختار

به منظور ارزیابی تاثیر پوشش خوراکی و آبگیری اسمزی بر ساختار و مورفولوژی سطح قطعات سیب، از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ (SEM) استفاده شد. Fig 3 (A) ساختار بافت سیب تازه توسط SEM را نشان می دهد. بافت اصلی سیب یک ساختار منظم متشکل از سلول ها و فضا های بین سلولی را نشان می دهد. نمونه های حاصل از

1. Scanning electron microscopy

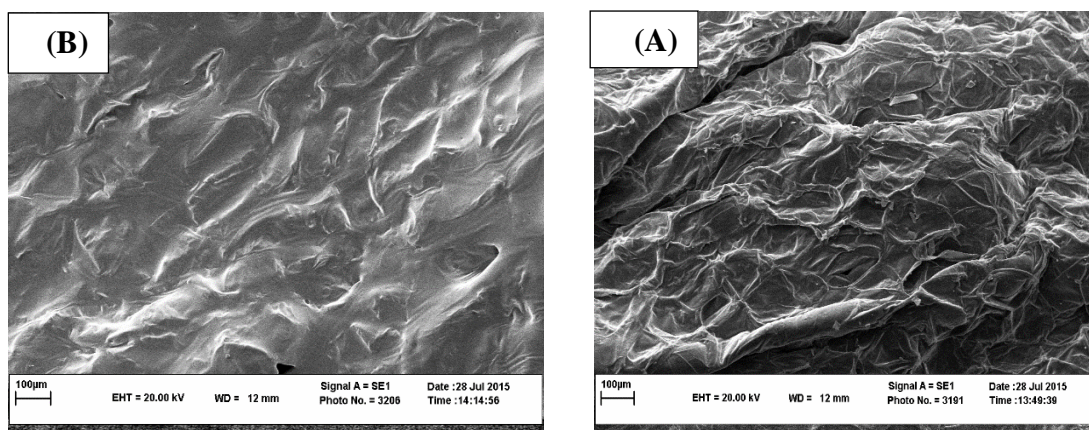


Fig 3 SEM images of (A) fresh apple and (B) osmotic dehydrated sample.

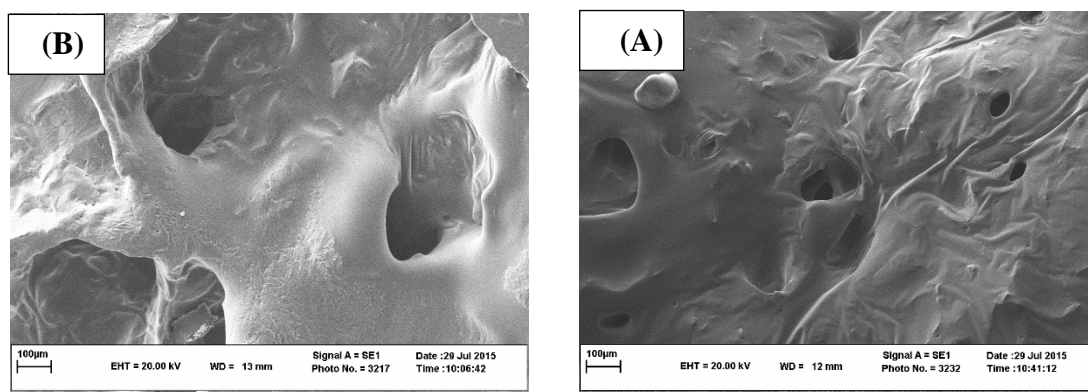


Fig 4 SEM images of (A) coating sample with 0.5% gum and (B) sample with 1% gum.

۴- نتیجه گیری

با افزایش غلظت صمغ قدومه شهری استحکام و تغییرات رنگ سیب طی آبگیری اسمزی بطور معنی داری افزایش یافت بگونه ای که نمونه حاوی ۱ درصد صمغ در مقایسه با سایر پوشش ها دارای حداکثر استحکام بود. همچنین نمونه حاوی پوشش ۰/۵ درصد صمغ در مقایسه با نمونه شاهد، تغییر رنگ کمتری نسبت به سایر نمونه ها داشت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی جهت ارزیابی ساختار و مورفولوژی سطح قطعات سیب نشان داد بافت اصلی سیب شامل یک ساختار منظم متشکل از سلول ها و فضا های بین سلولی می باشد. در حالیکه نمونه های حاصل از آبگیری اسمزی در مقایسه با نمونه تازه و خام دارای چروکیدگی سطحی کمتری بود. همچنین نمونه های پوشش داده شده با صمغ دارای ساختار متخلخل و پفکی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ۰/۵ درصد صمغ قدومه شهری با بهبود بافت، رنگ و ایجاد ساختار متخلخل و پفکی می تواند به عنوان پوشش قبل از فرایند آبگیری اسمزی سیب مورد استفاده قرار گیرد.

۵- منابع

- [1] Akbarian, M., Ghanbarzadeh, B., Sowti, M., & Deghannya, J. 2014. Effects of Pectin CMC Based Coating and Osmotic Dehydration Pretreatments on Microstructure and Texture of the Hot Air Dried Quince Slices. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- [2] Jalaei, F., Fazeli, A., Fatemian, H., & Tavakolipour, H. 2011. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4), 367-374.
- [3] Azam, M., Haq, M. A., & Hasnain, A. 2013. Osmotic dehydration of mango cubes: Effect of novel gluten-based coating. *Drying Technology*, 31(1), 120-127.
- [4] Khin, M. M., Zhou, W. & O.Perera, C. 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77, 84-95
- [5] Camirand, W., Krochta, J. M., Pavlath, A. E., Wong, D., & Cole, M. E. 1992. Properties of some edible carbohydrate

- monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 85-91.
- [15] Emam-Djomeh, Z., Deghannya, J., & Sotudeh Gharabagh, R. 2006. Assessment of osmotic process in combination with coating on effective diffusivities during drying of apple slices. *Drying Technology*, 24(9), 1159-1164.
- [16] Sajeev, M., Manikantan, M., Kingsly, A., Moorthy, S., & Sreekumar, J. 2004. Texture analysis of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) cormels during storage and cooking. *Journal of Food Science*, 69(7), 315-321.
- [17] Kingsly, A., Singh, D., Manikantan, M., & Jain, R. 2006. Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (Anardana). *Journal of Food Engineering*, 75(4), 492-496.
- [18] Al-Said, F., Opara, L. a., & Al-Yahyai, R. 2009. Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 129-134.
- [19] Mandala, I., Anagnostaras, E., & Oikonomou, C. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69(3), 307-316.
- [20] Tan, M., Chua, K., Mujumdar, A., & Chou, S. 2001. Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9), 2193-2207.
- [21] Lozano, J., Rotstein, E., & Urbicain, M. 1980. Total porosity and open pore porosity in the drying of fruits. *Journal of Food Science*, 45(5), 1403-1407.
- [22] Askari, G., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. *Food Science and Technology International*, 12(1), 39-46.
- polymer coatings for potential use in osmotic dehydration. *Carbohydrate Polymers*, 17(1), 39-49.
- [6] Ishikawa, M. & Nara, H. 1993. Osmotic dehydration of food by semipermeable membrane coating. London: CRC Press, 73-77.
- [7] Lenart, A., & Da, browska, R. 1999. Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin coatings. *Drying Technology*, 17(7-8), 1359-1373.
- [8] Lewicki, P. P., Lenart, A., & Pakula, W. (1984). Influence of artificial semi-permeable membranes on the process of osmotic dehydration of apples. *Annals of Warsaw Agricultural University—SGGWAR. Food Technology and Nutrition*, 16, 17-24.
- [9] Deghannya, 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.
- [10] Seyedi, S. (2014). The effect of glycerol and stearic acid on physical and deterrence properties of biodegradable film made from *Lepidium perfoliatum* seeds gum. Master's thesis, University of Mashhad.
- [11] Khin, M. M., Zhou, W., & Yeo, S. Y. 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.
- [12] Koocheki, A., Taherian, A. R., Razavi, S. M., & Bostan, A. 2009. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2369-2379.
- [13] García, M., Díaz, R., Martínez, Y., & Casariego, A. 2010. Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya. *Food Research International*, 43(6), 1656-1660.
- [14] Matuska, M., Lenart, A., & Lazarides, H. N. 2006. On the use of edible coatings to

Effect of *Lepidium perfoliatum* seed gum coating on mass transfer and quality of osmotic dehydrated apple

Mohammadkhani, M. ¹, Koocheki, A. ^{2*}, Mohebbi, M. ²

1. Master's graduates, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

2. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 2016/08/24 Accepted: 2017/04/05)

The effect of *Lepidium perfoliatum* seed gum coating (0, 0.5 and 1%) on the mass transfer and quality of osmotic dehydrated apple was studied. For this purpose, hardness, adhesion, cohesion, gumminess and chewiness were evaluated. Results showed that the *Lepidium perfoliatum* seed gum coating improved apple texture during osmotic dehydration. The solid gain of sample coated with 0.5% decreased but at high gum concentration no significant difference was observed. Scanning electron microscopy also showed that the content of shrinkage decreased for osmotic dehydrated samples. Apples coated with *Lepidium perfoliatum* had porous structures and were puffed. Coating the samples with *Lepidium perfoliatum* seed gum, only effected the hardness of apples. Using 0.5 % gum concentration reduced the color change and increased the puff structure and hardness of sample during osmotic dehydration.

Key words: *Lepidium perfoliatum* seed gum, Osmotic dehydration, Texture, Microstructure.

*Corresponding Author E-Mail Address: koocheki@um.ac.ir