Archive of SID

بررسی تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی برگه‌های سیب خشک شده با روش ترکیبی خشک‌کن هوای گرم و مایکروویو[1]

غلامرضا عسکری، زهرا امام جمعه و سید محمدعلی ابراهیم زاده موسوی[2]

تاریخ دریافت مقاله: ٨٣/٣/٣٠ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٤/٧/١٧

چکیده

در این تحقیق تغییرات رنگ و ویژگی‌های ساختمانی برش‌های نازک سیب (به قطر۲۲ میلی‌متر و ضخامت ٤ میلی‌متر) واریتهٔ گلدن دلیشس (Golden Delicious) پس از فرایند خشک کردن مورد بررسی قرار گرفت. فرآیند خشک کردن با استفاده از روش ترکیبی، پوشش دادن (۱ دقیقه، در دمای اتاق)، خشک کردن با هوای داغ (۷۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان ۱ متر بر ثانیه)، و خشک‌کردن با انرژی مایکروویو (۳۰۰ وات، ۱۰ ثانیه)، انجام شد. جهت جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی، روش آنزیم بری حرارتی با آب داغ (۱ دقیقه، ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ایجاد محصولی با بافت حجیم و متخلخل، از محلول‌های ۲ درصد نشاسته، پکتین، و کربوکسی متیل سلولز به همراه ۱درصد کلسیم کلراید استفاده شد. شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل ویژگی‌های ساختمانی (چگالی ویژه و تخلخل) و تغییرات ظاهری و رنگ با استفاده از پارامترهای رنگ سنج هانترلب (L,a*,b*) ، شاخص اختلاف رنگ (ΔE) و شاخص رنگ قهوه‌ای (BI) بودند. در نهایت، نمونه‌های به‌دست آمده از نظر شاخص‌های فوق الذکر با نمونه‌های خشک شده به وسیله سایر روش های خشک کردن (هوای داغ و انجمادی) مقایسه شدند. در این خصوص میزان تخلخل برای نمونهٔ خشک شده به روش رایج ٥٣/٢٦ درصد و روش انجمادی ۹۰ درصد بود. به‌کارگیری پوشش قبل از فرآیند خشک‌کردن باعث افزایش تخلخل نمونه‌های خشک شده به روش رایج و رسیدن آن تا حد ٦٣/٥ درصد می‌شود. استفاده از کلسیم کلراید به همراه مواد پوشش دهنده می‌تواند تخلخل نمونه‌ها را تا میزان ۷۵ درصد افزایش دهد. بررسی ویژگی‌های رنگی نشان داد که در تمامی شرایط استفاده از کلسیم کلراید موجب افزایش L* (روشن تر شدن بافت) می‌شود. بعد از اعمال انرژی مایکروویو، شاخص‌های اختلاف رنگ و قهوه‌ای شدن در نمونه‌های پوشش داده شده با نشاسته و کربوکسی متیل سلولز شاخص رنگ قهوه‌ای به‌طور معنی داری کاهش یافت.*

واژه‌های کلیدی

برش‌های سیب، پوشش دادن، تغییرات رنگ، خشک کن هوا، مایکروویو، ویژگی‌های ساختمانی

١- برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

٢- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ص. پ. ٤١١١ (کرج). تلفن: ٢٨٠١٠١١-٠٢٦١، دورنگار: ٠٢٦١-٢٨٠٨١٣٨

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی است. با این روش علاوه بر جلوگیری از فساد ماده غذایی ناشی از حملهٔ میکروارگانیسم‌ها یا واکنش‌های شیمیایی، وزن ماده غذایی کاهش می‌یابد و در هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری صرفه‌جویی می‌شود. به دلیل امکان بروز برخی تغییرات نامطلوب در ماده غذایی، اجرای صحیح عملیات خشک کردن اهمیت زیادی دارد. برای کاهش آب موجود در مواد غذایی تا حدی که این مواد در طولانی مدت قابل نگهداری باشند، به ویژه آنهایی‌که دارای ترکیبات قندی هستند (نظیر میوه‌ها)، به زمان طولانی و دمای نسبتاً بالا نیاز است. وجود این عوامل موجب بروز برخی تغییرات نامطلوب می‌شود که از جمله می‌توان به تغییرات رنگ، عطر و طعم ، کاهش مواد مغذی، افزایش چگالی توده‌ای[1] (به علت چروکیدگی شدید)، و کاهش ظرفیت آبگیری مجدد[2] محصول خشک شده اشاره کرد [۳، ۸، ۱۳، ١٦، ١٨ و ٢٠].

با توجه به این موارد، امروزه روش‌های دیگری برای خشک کردن مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است، بعضی از آنها مانند خشک کردن انجمادی به دلیل هزینه‌های زیاد تولید، فقط برای تولید محصولات گرانقیمت و مورد نیاز در داروسازی و بیوتکنولوژی به کار می‌روند و در مورد مواد غذایی کاربرد چندانی ندارند. یکی از روش‌هایی که در دههٔ اخیر عملاً توجه زیادی به آن شده استفاده از پرتوهای مایکروویو به عنوان منبع انرژی دستگاه خشک‌کن است. پرتوهای مایکروویو از دسته پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج بلند (فرکانس ٢٤٥٠ مگاهرتز) است. درهنگام عبور این امواج از بافت ماده غذایی، مولکول‌های قطبی نظیر آب و نمک‌ها به ارتعاش در می‌آیند و همین ارتعاش موجب تبدیل انرژی مایکروویو به گرما می‌شود. قابل توجه این است که برخلاف دیگر روش‌های خشک‌کردن که در آنها گرما باید از سطح به عمق نفوذ کند، در این روش گرما در خود بافت ماده غذایی تولید و از آسیب دیدن وسوختن قسمت‌های سطحی مادهٔ غذایی جلوگیری می‌شود [٤، ٨، ١٣، ١٧و ١٨]. در یک بررسی، برای خشک کردن برگه‌های نازک هویج از خشک‌کن هوای مجهز به سیستم مایکروویو[3] استفاده شد که بسته به شرایط استفاده ٢٥-٩٠ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی شد. مشخص شد که استفاده از سطوح پایین‌تر انرژی موجب بهبود کیفیت فراوردهٔ پایانی می‌شود [١٨].

فیلم‌ها و پوشش‌های مورد استفاده در مواد غذایی را می‌توان به صورت لایه‌های نازکی از مواد خوراکی تعریف کرد که به روش‌های گوناگونی مانند غوطه‌ور کردن، پاشیدن، مالیدن و غیره روی سطوح در مواردی حتی در سطوح داخلی مواد غذایی قرار می‌گیرند. عمل این مواد جلوگیری از نفوذ یا خارج شدن موادی مانند گازها، مواد محلول، و غیره در کنار ایجاد پاره‌ای ویژگی‌های مکانیکی برای ماده پوشش داده شده است. تعریف و طبقه بندی مشخصی برای فیلم‌ها و پوشش‌ها به‌صورت جداگانه وجود ندارد و اغلب این دو اصطلاح را به جای هم به کار می‌برند. معمولاً پوشش‌ها به صورت مستقیم به کار می‌روند و روی سطح فراورده شکل می‌گیرند، در صورتی‌که

1- Bulk Density 2- Rehydration Capacity 3- Microwave Assisted

www.SID.ir

Archive of SID

فیلم‌ها از پیش به صورت صفحاتی تهیه می‌شوند و پس از آن روی سطح فراورده قرار می‌گیرند [۵]. پوشش‌های خوراکی به منظور ایجاد برخی ویژگی‌های حسی و نگهدارندگی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. استفاده از پوشش به عنوان مانع، فراورده را در برابر عوامل نامطلوب شیمیایی، میکروبی، و فیزیکی محافظت می‌کند. در بعضی موارد، پوشش به عنوان تنظیم کنندهٔ روند حذف آب از محصول عمل می‌کند [۲۳]. تشکیل یک پوشش خوراکی مناسب دست‌کم نیازمند یک ترکیب خوراکی با ماتریکس پیوسته و ویژگی‌های چسبندگی خوب است. محلول‌های آبی نشاستهٔ سیب زمینی، نشاستهٔ ذرت، ژلاتین، پکتین، آمیلوپکتین، مالتودکسترین، گلوتن گندم، آلژینات سدیم، متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز، و محلول آلی موم زنبور عسل برای پوشاندن سبزی‌ها و میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲، ۱۰، ۱۱و ۲۳]. استفاده از پوشش برای تولید بافت حجیم در سال ۱۹۹۵ مورد توجه قرار گرفت. استفاده از پوشش نشاسته‌ای و درجه حرارت بالا برای تولید محصول پف کرده[1] در سیستم بستر سیال، نشان داد که استفاده از این روش چگالی ظاهری محصول خشک را کاهش می‌دهد [۱۸]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اندازه و نحوهٔ توزیع منافذ در بافت میوه‌های خشک تحت تأثیر روش خشک کردن است و روش خشک کردن انجمادی کمترین تأثیر نامطلوب را روی ویژگی‌های ساختمانی بافت میوه به جا می‌گذارد [۶ و۱۴]. با توجه به هزینه‌های بالای خشک کردن با استفاده از انرژی مایکروویو، استفاده توأم از خشک‌کن‌های هوای داغ و مایکروویو شروع شده است که در این‌باره می‌توان از ترکیب مایکروویو با خشک‌کن‌های بستر سیال، سینی دار، و بستر فورانی نام برد. در مواردی دیگر از انرژی مایکروویو در خشک‌کن‌های انجمادی و تحت خلاء نیز استفاده شده است. هدف از ترکیب روش‌ها در تمامی موارد استفاده از مزایای هرکدام از روش‌های مذکور و بیشتر از جنبه اقتصادی بوده است [۳، ۴، ۸، ۱۵ و۲۰]. استفاده از انرژی مایکروویو بسته به چگونگی و زمان کاربری آن می‌تواند نتایجی متفاوت و بعضاً متضاد داشته باشد [۸ و۱۶].

در این پژوهش اثر استفاده از روش ترکیبی پوشش دادن برگه‌های نازک سیب، خشک کردن با هوای گرم، و استفاده از انرژی مایکروویو (به منظور سرعت بخشیدن به فرایند) بر ویژگی‌های ساختمانی و رنگ محصول خشک شده بررسی شده است. هدف از این کار ارائهٔ روشی اقتصادی است که در عین کم هزینه بودن، بتوان با استفاده از آن محصولی با ویژگی‌های کیفی قابل قبول به دست آورد.

مواد و روش‌ها

- سیب، واریته گلدن دلیشس[2]، که به صورت روزانه از بازار محلی خریداری و در ۲ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد.
- نشاسته، کربوکسی متیل سلولز، و کلسیم کلراید تهیه شده از شرکت مرک[3] آلمان
- پکتین، تهیه شده از شرکت سیگما[4] آمریکا

1- Puffed Product 2 -*Golden Delicious* 3- Merck 4- Sigma

www.SID.ir

Archive of SID

روش آماده سازی نمونه

برای تهیهٔ برگه‌های خشک، ابتدا سیب از یخچال بیرون گذاشته شد تا به شرایط دمایی آزمایشگاه برسد و پس از آن با ضخامت ٤ ±٠/٥ میلی‌متر و قطر ٢٢ میلی‌متر برش داده شده و جهت جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب، برش‌ها زیر آب سرد نگهداری شدند. به منظور آنزیم‌بری، برگه‌های سیب در مقدار کافی آب داغ با دمای ٨٠ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ١ دقیقه و با سرعت همزنی ١٠٠ دور در دقیقه غوطه‌ور شدند [١]. پس از طی زمان لازم، نمونه‌ها از ظرف بیرون آورده شدند. برش‌ها را پس از سردکردن مقدماتی به مدت یک دقیقه، و در شرایط دمایی محیط در محلول‌های پوشش دهنده غوطه‌ور شدند که با سرعت ١٠٠ دور در دقیقه به هم زده می‌شد [١]. پس از خاتمه زمان پوشش دادن، نمونه‌ها به خشک‌کن هوای داغ منتقل شدند تا تحت شرایط دمایی ٧٠ درجهٔ سانتی‌گراد با سرعت جریان هوای ١ متر بر ثانیه، رطوبت نمونه‌ها به ٠/٢٥-٠/٣ کیلوگرم رطوبت بر کیلوگرم وزن خشک برسد. پس از رسیدن به این نقطه، نمونه‌ها از خشک‌کن خارج شده با استفاده از انرژی مایکروویو (٣٠٠ وات به مدت ١٠ ثانیه) تحت فرایند قرار گرفتند. پس از خاتمه عملیات نمونه‌ها به سرعت به دسیکاتور منتقل و تا زمان انجام اندازه‌گیری‌ها در آنجا نگهداری شدند.

- **خشک‌کن با هوای داغ**: برای خشک کردن، از دستگاه خشک‌کن هوا ساخت شرکت گروک که مجهز به سیستم توزین در محفظه است، استفاده شد. دمای انجام فرآیند ٧٠ درجهٔ سانتی‌گراد و سرعت جریان هوا یک متر در ثانیه در نظر گرفته شد. توزین هر ١٠ دقیقه یکبار انجام گرفت.

- **خشک‌کن انجمادی**: برای این منظور از دستگاه خشک کن تصعیدی (ادواردز- ام جی پاترسون. انگلستان[1]) استفاده شد، نمونه ها در ٧٠- درجهٔ سانتی‌گراد منجمد شده سپس در محفظهٔ تصعید قرار گرفتند.

- **فرایند مایکروویو**: برای این منظور از مایکروویو خانگی(ساخت شرکت بوتان، ایران) که قابلیت تنظیم توان خروجی از ٢٠٠ تا ٢٠٠٠ وات را داراست، استفاده شد. زمان فرایند را دستگاه به صورت خودکار نشان می‌داد.

- **اندازه‌گیری چگالی ظاهری:** تعدادی از برگه‌های خشک با ترازو و با دقت ٠/٠١ گرم توزین شدند و حجم آنها در یک استوانهٔ مدرج محتوی محلول رنگی هپتان نرمال اندازه‌گیری شد. چگالی ظاهری (ρ_b) از رابطه شمارهٔ ١ به دست می‌آید [١٥].

$$\rho_b = \frac{m}{V_b} \qquad (١)$$

که در این رابطه m وزن (بر حسب کیلوگرم) و V_b حجم ظاهری (بر حسب مترمکعب) نمونه‌ها است.

- **اندازه گیری چگالی مایع- جامد**[2]: نمونه‌ها پس از پودر و سپس هواگیری شدن، به صورت فشرده در یک استوانه مدرج توزین می‌شوند.

1- Edwards. M.G. Peterson, England

2- Solid-Liquid Density

www.SID.ir

Archive of SID

چگالی مایع- جامد (ρ_s) از رابطه شمارهٔ ۲، به دست می‌آید:

$$\rho_s = \frac{m}{V_s} \qquad (۲)$$

که در آن V_s، حجم متراکم و هواگیری شده (بر حسب متر مکعب) است.

- **اندازه‌گیری منافذ[1] یا فضای خالی (تخلخل) موجود در نمونه:** با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۳، میزان تخلخل (ε) نمونه‌ها محاسبه می‌شود [۱۵].

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho b}{\rho s} \qquad (۳)$$

- **رنگ سنجی:** قبل و بعد از تمام فرایندها رنگ نمونه‌ها ارزیابی شد. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتر بر حسب روشنی یا سفیدی (L^*)، قرمزی- سبزی (a^*) و آبی- زردی (b^*) بیان گردید. تغییر رنگ کلی[2] (ΔE) با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ٤ محاسبه شد و برای برآورد تغییر رنگ طی خشک کردن مورد استفاده قرار گرفت [۱۲].

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \qquad (٤)$$

زیر نویس 0 در اینجا نشان‌دهنده پارامترهای رنگی نمونه‌های سیب تازه است. برای اندازه‌گیری تغییرات رنگ با استفاده از دستگاه هانترلب، از استاندارد کاری[3] استفاده شد.

شاخص قهوه‌ای شدن[4] (BI) با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۵ اندازه‌گیری شد [۱۲].

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17} \qquad (۵)$$

که x از رابطهٔ شمارهٔ ٦ به دست می آید:

$$x = \frac{\left(a^* + 1.75L^*\right)}{\left(5.645L + a^* - 3.012\, b^*\right)} \qquad (٦)$$

- **بررسی ساختار میکروسکوپی:** بدین منظور برش‌های نازک نمونهٔ خشک شده با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) مدل فیلیپس XL-30 ساخت هلند[5] در بزرگنمایی‌های مختلف ارزیابی شد. نمونه‌ها در این حالت شکسته شدند و از سطح جدید تصویر برداری شد. در این روش برای رسانایی سطح از روش پوشش دادن با طلا در شرایط خلاء استفاده شد.
- **روش آماری**، اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار اجرا و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار MSTATC و آزمون مقایسهٔ میانگین دانکن بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل رسم شدند.

نتایج و بحث

در شکل شمارهٔ ۱، میزان منافذ نمونه‌های خشک شده با هوای داغ، خشک شده با انرژی مایکروویو با استفاده از انواع پوشش و بدون پوشش نشان داده شده است.

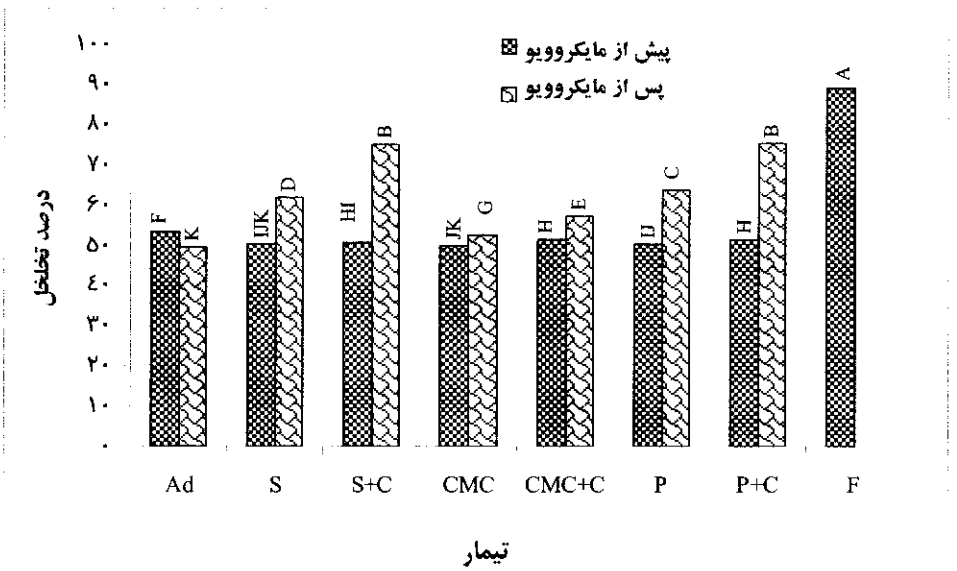
مشاهده می‌شود که استفاده از انرژی مایکروویو بدون استفاده از پوشش موجب کاهش حجم و

1- Porosity
2-Total Color Difference
3- Working Standard
4- Browning Index
5- PHILIPS XL-30, Netherlands

www.SID.ir

Archive of SID

چروکیدگی بافت سیب می‌شود؛ پیش از این، سایر محققان نیز به این موضوع توجه کرده بودند [۳و ۱۲]. پوشش‌های نشاسته و پکتین تا اندازه‌ای موجب افزایش حجم شده‌اند. اما نتایج بهتر را می‌توان در حضور کلسیم کلراید مشاهده کرد. کلسیم کلراید به عنوان یک بهبوددهنده ویژگی‌های ساختمانی عمل می‌کند و در کنار پوشش موجب افزایش حجم منافذ می‌شود.



شکل شمارهٔ ۱- میزان و ارزیابی آماری تخلخل نمونه‌ها قبل و بعد از فرایند مایکروویو
S: نشاسته P: پکتین CMC: کربوکسی متیل سلولز C: کلسیم کلراید
Ad: خشک کن هوای داغ F: خشک کن انجمادی
حروف بالای ستون‌ها نمایانگر رتبه بندی بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن است (P< ۰/۰۵)

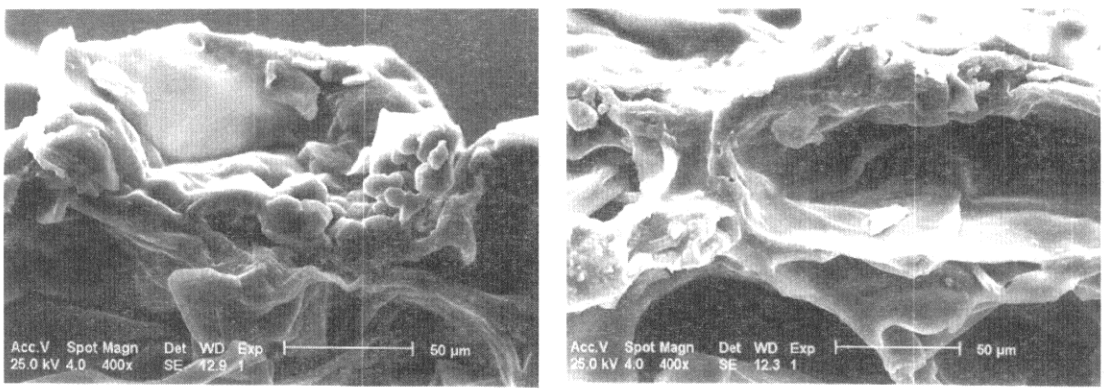
در هنگام فرایندهای قبل از خشک شدن و احتمالاً حین خشک شدن، در بافت سیب تغییرات چندی رخ می‌دهد که یکی از آنها مربوط به فعالیت آنزیمی، آنزیم پکتین متیل استراز (PME)[1]، است. این آنزیم قبل از غیرفعال شدن در ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد، با جدا کردن گروه‌های متیل از پکتین موجب تبدیل این ماده به اسید پکتیک انحلال پذیر در آب می‌شود که با قرار گرفتن در محیط آبی، شسته و خارج می‌شود. در صورتی‌که در محلول یون کلسیم وجود داشته باشد، این یون به داخل بافت نفوذ و با اتصال به مولکول اسید پکتیک، پکتات کلسیم تولید می‌کند که موجب استحکام بافت میوه و در نهایت موجب جلوگیری از چروکیدگی شدید بافت محصول خشک می شود. در شکل شمارهٔ ۱، ارزیابی آماری نمونه‌ها با استفاده از آزمون مقایسهٔ میانگین دانکن نیز نشان داده شده است. در این شکل تخلخل نمونه خشک شده با خشک‌کن انجمادی نیز جهت مقایسه ارائه شده است، تأثیر نوع پوشش در حضور کلسیم کلراید به خوبی مشاهده می‌شود. به کارگیری پوشش‌های

1-Pectin Methyl Esterase

www.SID.ir

Archive of SID

نشاسته و پکتین در حضور کلسیم کلراید موجب بیشترین میزان تخلخل در ساختمان برگه شده است. برای بررسی دلیل این موضوع، از قسمت‌های سطحی برگه تصاویر (SEM) تهیه و مکانیسم نفوذ این سه مادهٔ پوشش دهنده دقیق‌تر بررسی شد.



۲ ۱

۳

شکل شمارهٔ ۲- نمونه های پوشش داده شده با پکتین (۱) نشاسته (۲) و کربوکسی متیل سلولز (۳) به همراه کلسیم کلراید

همان‌طور که در شکل شمارهٔ ۲ ملاحظه می‌شود نشاسته و پکتین نسبت به پوشش ایجاد شده با کربوکسی متیل سلولز لایه‌های قطورتر ایجاد کرده‌اند. نکتهٔ قابل توجه این است که مکانیسم فرایند پوشش‌دهی در مورد نشاسته متفاوت است، این ترکیب بیشتر در منافذ موجود روی سطح جایگزین شده و از این راه اثر خود را نشان می‌دهد. با توجه به نوع محلول‌های نشاسته و پکتین می‌توان گفت که پکتین در آب تولید ژل می‌کند در حالی که نشاسته به صورت سوسپانسیون در آب معلق است، در این حالت پکتین به صورت یک لایه پیوسته روی سطح را می‌پوشاند اما نشاسته بیشتر در منافذ و حفره های روی سطح جایگزین می‌شود. در شکل شمارهٔ ۲ گرانول‌های نشاسته در حفره‌ای روی سطح دیده می‌شوند. در هر صورت نتیجه هر دو این فرایندها جلوگیری از خروج سریع بخار آب حین فرایند مایکروویو است.

www.SID.ir

Archive of SID

- بررسی تغییرات رنگ

- شاخص کلی تغییر رنگ

در جدول شمارهٔ ۱، مقادیر پارامترهای a^*، b^* و L^* برای نمونه‌های پوشش داده شده در حضور و عدم حضور کلسیم کلراید قبل و بعد از مایکروویو مشاهده می شود.

همان طور که مشاهده می‌شود در پوشش های پکتین و نشاسته وجود کلسیم کلراید موجب افزایش شاخص L^* شده است که می‌توان دو دلیل برای آن ذکر کرد. اول اینکه کلسیم کلراید به عنوان نمک می‌تواند از واکنش‌های قهوه‌ای شدن احتمالی جلوگیری کند و دوم اینکه کلسیم کلراید با افزایش حجم موجب کاهش تراکم رنگدانه‌ها در سطح نمونه بعد از فرآیند با مایکروویو می‌شود و در نتیجه رنگ نمونه‌های فرایند شده با مایکروویو روشن‌تر است.

در مورد کربوکسی متیل سلولز این اثر مشاهده نمی‌شود، دلیل آن ممکن است این باشد که کربوکسی متیل سلولز به نحوی از اثر کلسیم کلراید جلوگیری کرده یا اثر آن را به نحوی پوشانده است. دیگر اینکه در نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز افزایش حجم چندانی مشاهده نمی‌شود.

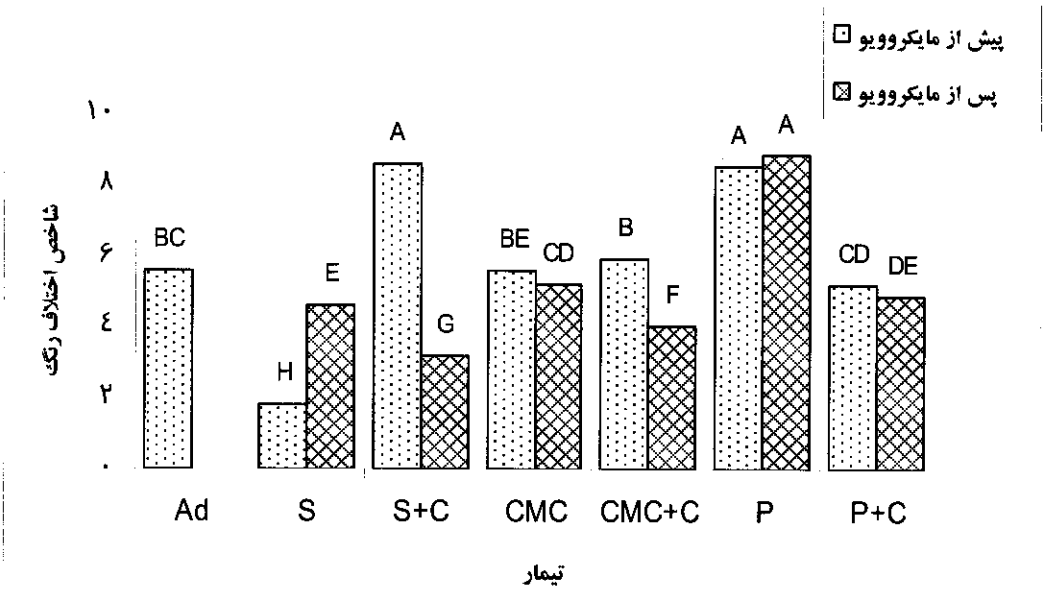
جدول شمارهٔ ۱- مقادیر پارامترهای a^*، b^* و L^* و شاخص کلی اختلاف رنگ برای نمونه‌های سیب خشک (ΔE اختلاف رنگ نمونه‌های فرآیند شده را با نمونه سیب تازه نشان می‌دهد)

نمونه	نوع پوشش	L*	a *	b*	ΔE
سیب تازه	بدون پوشش	٧١/٠٥	١/٤٩	٣٠/٧٥	---
هوای داغ		٦٧/٠٨	٥/٣٤	٣١/٨٣	٥/٦
	کربوکسی متیل سلولز	٦٧/٦٨	٢/٢٩	٣٥/١٢	٥/٥٧
هوای داغ	کربوکسی متیل سلولز و کلسیم کلراید	٦٦/٧٨	٣/١٢	٣٤/٥٤	٥/٩٠
و	نشاسته	٧١/٩٢	٢/٧١	٢٩/٥٧	١/٨٠
پوشش	نشاسته و کلسیم کلراید	٧٥/٠٨	٢/٠٥	٣٨/٤١	٨/٦٠
	پکتین	٦٣/٠٥	٤/١٤	٣١/٩٢	٨/٥٠
	پکتین و کلسیم کلراید	٦٨/٢٣	١/٧٦	٢٦/٤٠	٥/٢٠
	کربوکسی متیل سلولز	٧٠/٢٧	٢/٨٣	٣٥/٦٩	٥/١٧
هوای داغ	کربوکسی متیل سلولز و کلسیم کلراید	٦٨/٣٢	٢/٠١	٣٣/٦٤	٤/٠٠
پوشش	نشاسته	٧٠/٨٦	١/٦٨	٢٦/١٤	٤/٦٠
و	نشاسته و کلسیم کلراید	٧٣/٨٦	٢/٣٨	٢٩/٣٦	٣/٢٠
مایکروویو	پکتین	٦٣/٣٤	٥/٥٢	٣١/٩٨	٨/٨٠
	پکتین و کلسیم کلراید	٦٩/٠٨	٤/٨٦	٢٧/٧٣	٤/٩٠

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی شاخص اختلاف رنگ نمونه‌ها در شکل شمارهٔ ۳ آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که با سطح اطمینان ۹۵ درصد به کارگیری انرژی مایکروویو موجب کاهش تغییر رنگ در نمونه‌ها می‌شود و این امر موجب مطلوب‌تر شدن رنگ نمونه‌ها شده است.



شکل شمارهٔ ۳- نمودار و ارزیابی آماری شاخص اختلاف رنگ

A: روش هوای داغ S: نشاسته P: پکتین CMC: کربوکسی متیل سلولز C: کلسیم کلراید

حروف بالای ستون‌ها نمایانگر رتبه‌بندی بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن است ($P<0/05$)

- شاخص قهوه‌ای شدن (BI)

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول شمارهٔ ۲ مشاهده می‌شود که میزان BI برای نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز از بقیه بالاتر است. که به دلیل مقدار بالای b^* در مورد آنهاست.

با توجه به روابط می توان دریافت که میزان اثر شاخص b^* در BI بیش از a^* و a^* بیش از L^* است در نتیجه افزایش b^* می‌تواند اثر افزایش L^* را در کاهش BI خنثی کند.

در نمونه‌های پوشش داده شده با پکتین قبل و بعد از فرایند مایکروویو حضور کلسیم کلراید به میزان قابل توجهی موجب کاهش شاخص‌های b^* و a^* و در نتیجه کاهش BI شده است. در مورد کربوکسی متیل سلولز هم کاهش b^* و a^* موجب کاهش BI شده است. ارزیابی آماری نمونه‌ها نشان دهنده کاهش BI در اثر افزایش حجم ناشی از به کارگیری انرژی مایکروویو است.

www.SID.ir

Archive of SID

- اثر نوع پوشش بر BI

ایجاد پوشش نشاسته‌ای موجب کاهش BI می‌شود و این اثر از راه افزایش در فاکتور L^* و کاهش b^* و a^* عملی می‌گردد. شاید دلیل عمدهٔ این اثر، سفیدی خود نشاسته باشد که روی سطح نمونه ایجاد پوشش نموده، خواص رنگی آن را تغییر می‌دهد. استفاده از پکتین موجب به وجود آمدن لایه‌ای تیره رنگ روی سطح نمونه و باعث افزایش BI می‌شود و این اثر بیشتر از راه کاهش L^* اعمال می‌گردد.

جدول شمارهٔ ۲- شاخص رنگ قهوه‌ای در نمونه های سیب

نوع نمونه	شاخص رنگ قهوه‌ای	
	قبل از فرآیند مایکروویو	بعد از فرآیند مایکروویو
سیب تازه	٥١/٤٦	----
خشک کن هوا (شاهد)	٦٨/١٧	----
مایکروویو (نشاسته)	٥٤/٥٨	٤٦/٥٢
مایکروویو(نشاسته و کلسیم کلراید)	٧٠/٦٤	٦٤/٥١
مایکروویو (کربوکسی متیل سلولز)	٨١/١٧	٧١/٠٥
مایکروویو(کربوکسی متیل سلولز و کلسیم کلراید)	٧٥/٠٤	٦٧/٧٠
مایکروویو (پکتین)	٧٢/٨٦	٧٤/٢٣
مایکروویو (پکتین و کلسیم کلراید)	٤٩/٠٥	٥٨/٩٤

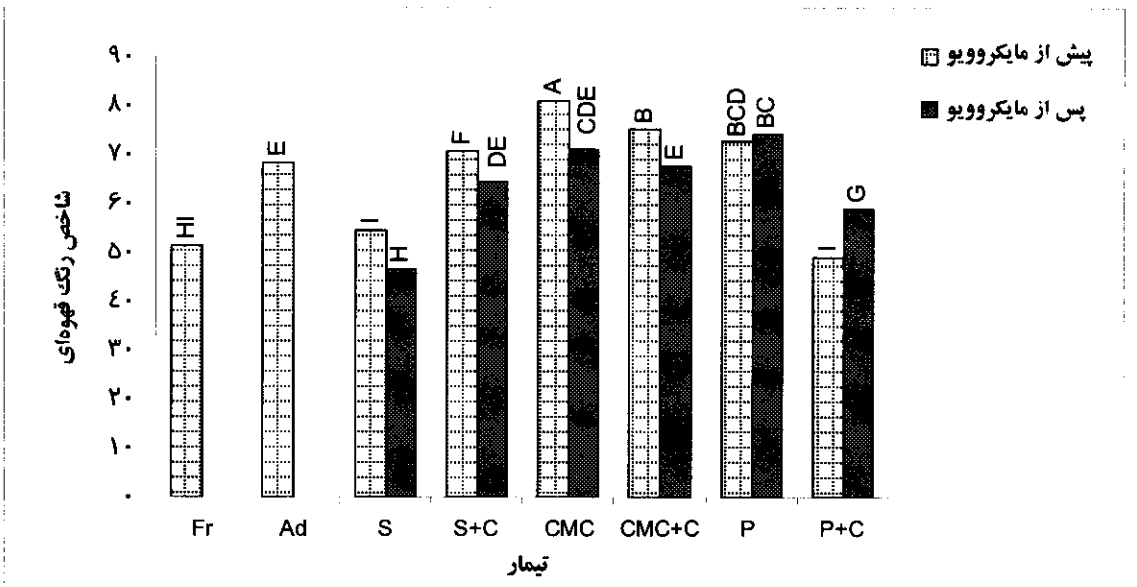
- اثر به کارگیری انرژی مایکروویو روی BI

همان طور که در شکل شمارهٔ ٤، دیده می‌شود اعمال انرژی مایکروویو موجب کاهش شاخص قهوه‌ای شدن در نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز و نشاسته شده است. کلسیم کلراید در اینجا نقشی دوگانه دارد. اول اینکه به دلیل افزایش حجم، موجب کاهش تراکم رنگدانه‌ها و روشن‌تر شدن رنگ نمونه می‌شود و دوم اینکه ضریب جذب نمونه خصوصاً سطح آن را نسبت به امواج مایکروویو بالا می‌برد و به دلیل حرارت دیدن زیاد موجبات تیرگی آن را فراهم می‌آورد. عامل دوم، وابستگی زیادی به کیفیت ایجاد پوشش و تراکم کلسیم در بخش های مختلف نمونه دارد.

در نمونه‌های پوشش داده شده با پکتین به دلیل اتصالات خاص پکتین و کلسیم و نیز ضخامت قابل توجه لایهٔ پکتین بر سطح نمونه، غلظت کلسیم در سطح نمونه بالا می‌رود و با جذب مقدار زیادی از انرژی مایکروویو در این بخش موجبات تیره‌تر شدن رنگ در سطح فراورده‌های پوشش داده شده با پکتین را فراهم می‌آورد. تجزیه و تحلیل آماری نمونه‌ها بیانگر کاهش شاخص رنگ قهوه‌ای در اثر افزایش حجم ناشی از به کارگیری انرژی مایکروویو (به جز در مورد پکتین) است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شمارهٔ ٤- نمودار ارزیابی آماری شاخص رنگ قهوه‌ای

Ad: روش هوای داغ Fr: نمونه تازه S: نشاسته P: پکتین CMC: کربوکسی متیل سلولز C: کلسیم کلراید

حروف بالای ستون‌ها نمایانگر رتبه بندی بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن است (P<۰/۰۵)

نتیجه‌گیری

تقریباً همهٔ پژوهشگرانی که از انرژی مایکروویو برای خشک کردن سیب استفاده کرده‌اند، بر این باورند که انرژی مایکروویو با تخریب ساختار سلولی موجب چروکیدگی شدید، افزایش چگالی، و در نهایت کاهش تخلخل محصول می شود [۳، ٤، ۱۳، ۱۵، ۱٦و ۱۹].

پژوهش‌های نگارندگان هم مؤید این مطلب است. در صورتی که میزان آب محصول بالا باشد، انرژی مایکروویو موجب تخریب کلی ساختار درونی نمونه خواهد شد که نتیجهٔ نهایی آن چروکیدگی محصول است. انرژی مایکروویو در شرایطی به کار گرفته شده است که رطوبت محصول به مقدار قابل توجهی پایین آمده است، لذا آثار مخرب انرژی مایکروویو در کاهش تخلخل محصول در اینجا دیده نمی‌شود. علاوه بر این، با توجه به اینکه انرژی مایکروویو در هر شرایطی موجب کاهش پایداری بافت نمونه می‌شود، استفاده از پوشش جهت حفظ ساختار حجیم به وجود آمده ضروری است، که در اینجا پوشش‌های نشاسته‌ای و پکتینی بهترین تأثیر را داشته‌اند. پوشش و انرژی مایکروویو به تنهایی اثر قابل توجهی در افزایش تخلخل نمونه‌ها ندارند، تأثیر مهم‌تر هنگامی مشاهده می‌شود که این دو با هم مورد استفاده قرار گیرند. کلسیم کلراید به عنوان عامل بهبود دهنده ویژگی‌های ساختمانی مطرح می شود. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت عامل اصلی حجیم شدن بافت پوشش و علت اصلی حفظ این ساختار وجود کلسیم کلراید است.

www.SID.ir

Archive of SID

در ارزیابی‌های ظاهری و رنگ نمونه‌ها مشخص شد که نوع پوشش به تنهایی تأثیر زیادی بر رنگ نمونه دارد. در شرایطی که از انرژی مایکروویو استفاده نشود، سفیدی نشاسته، رنگ زرد کربوکسی متیل سلولز، و رنگ تیرهٔ پکتین به میزان زیادی شاخص کلی اختلاف رنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به کارگیری انرژی مایکروویو در شرایطی که موجب افزایش حجم نمونه‌ها شود، ویژگی‌های رنگی آنها را نیز بهبود می‌بخشد که علت این امر کاهش تراکم رنگدانه ها در واحد سطح است.

گزارش‌های پژوهشگران (فنگ و تانگ، ۱۹۹۸، مسکن، ۲۰۰۲) نشان می‌دهد که انرژی مایکروویو ویژگی‌های رنگی را تا اندازه‌ای بهبود می‌بخشد و دلیل آن را کاهش زمان فرایند خشک کردن ذکر کرده‌اند [۳ و ۱۲]. بایستی توجه داشت که پژوهش اخیر به علت استفاده از پوشش و مدت زمان استفاده از انرژی مایکروویو، متمایز از کار دیگر محققان است. در اینجا علت بهبود ویژگی‌های ظاهری در اثر انرژی مایکروویو افزایش حجم نمونه‌ها می‌باشد. بررسی شاخص قهوه‌ای شدن نمایانگر بهبود رنگ نمونه‌ها در اثر اعمال انرژی مایکروویو است.

قدردانی

لازم می‌دانیم از معاونت پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که با کمک‌های خویش موجبات اجرای این تحقیق را طی طرح شماره ۷۱٦/۳/٦۹۸ فراهم آوردند، و نیز کلیه اعضای گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، نهایت تشکر و سپاسگذاری را به عمل آوریم.

مراجع

1- Askari, G. R. and Emam Djomeh, Z. 2004. Air/microwave drying, combined method to drying of sliced apple. Iranian J. of Agri. Sci. 35 (3): 777-785. (In Farsi)

2-Camirand, W., Korchta, J. M., Pavlath, A. E., Wong, D. and Cole, M. E. 1992. Properties of some edible carbohydrate polymer coating for potential use in osmotic dehydration. Carbohydrate Polymers. 27, 39-49.

3-Feng, H. and Tang, J. 1998. Microwave finish drying of sliced apples in a spouted bed. J. of Food Sci. 63 (4): 679-683.

4-Funebo, T. Kidman, S. and Langton, M. 2000. Microwave heat treatment of apple before air dehydration effects on physical properties and microstructure. J. of Food Eng. 46, 273-282.

5-Gennadios, A. and Weller, C. L. 1990. Edible films and coating from wheat and corn proteins. Food Technol. 42, 63-69.

6-Karathanos, V. T., Kanellopoulos, N. K. and Belessiotis, V. G. 1996. Development of porous structure during air drying of agricultural plant products. J. of Food Eng. 29, 267-283.

7-Korchta, J. M. and de Mulder-Johnson, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. Food Technol. 24, 392-423.

www.SID.ir

Archive of SID

8-Krokida, M. K. and Maroulis Z .B. 1997. Effect of drying method on shrinkage and porosity. Drying Technol. 25, 2442-2458.

9-Krokida, M. K., Karathanos, V. T. and Maroulis, Z. B. 1998. Effect of freeze drying condition on shrinkage and porosity of dehydrated agriculture products. J. of Food Eng. 35, 369-380.

10-Lenart, A. and Dabrowska, R. 1997. Osmotic dehydration of apples with polysaccharide coating. Polish J. of Food and Nutri. Sci. 6/47, 103-112.

11-Lewicki, P. P., Lenart, A. and Pakula, W. 1984. Influence of artificial semi-permeable membranes on the process of osmotic dehydration of apples. Ann. Warsaw Agricult. Univ.-SGGW-AR, Food Technol. and Nutri. 16, 17-24.

12-Maskan, M. 2002. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. of Food Eng. 48, 269-275.

13-Maskan, M. 2002. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. of Food Eng. 48, 277-282.

14-Moreira, R. M., Figueiredo, A. and Sereno, A. 2000. Shrinkage of apple disks during drying by warm air convention and freeze drying. Drying Technol. 1&2, 279-294.

15-Nieto, A. B., Salvatori, D. M., Castro, M. A. and Alzamora, S. M. 2004. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. J. of Food Eng. 67, 269-278.

16-Prabhanjan, D. G. Rammaswamy, H. S. and Raghavan, G. S. V. 1994. Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. J. of Food Eng. 25, 283-293.

17-Prothon, F., Funebo, T., Kidman, S. and Langton, M. 2002. Effects of combinated osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. Lebensm-Wiss, u-Techno. 34, 95-102.

18-Rosenthal., A. J. 1999. Food texture, measurement and perception. School of Biological and Molecular Science. Oxford Brokes University. UK.

19-Torreggiani, D., Toledo, R. T. and Bertolo, G. 1995. Optimization of vapor induced puffing in apple dehydration. J. of Food Sci. 60,181-186.

20-Torringa, E., Esveld, E., Scheewe, I., Van den Berg, R. and Bartels, P. 2002. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. J. of Food Eng. 49, 285-292.

21-Ulrich, E. and Helmar, S. 2002. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. J. of Food Eng. 49, 293-299.

22-Wang, N. and Brennan, J. G. 1995. Change in structure, density and porosity of potato during dehydration. J. of Food Eng. 24, 62-76.

23-Wong, W. S., Tillin, S., Hudson, J. S. and Pavlath, E. 1994. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. J. Agri. Food Chem. 42, 2278-2285.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation on Some Physical Properties of Dried Apple Slices Using a Combination of Hot Air and Microwave Driers

G. R. Askari, Z. Emmam – Djomeh and S. M. A. E. Mousavi

In this study structural and color changes of thin slice (22 mm diameter and 4 mm thickness) of Golden Delicious dried apple were investigated. Drying carried out using combined method including: coating (1 min in room temperature), hot air drying (70 °C and air velocity 1 m/s) and microwave treatment (300 W, 10 s). To prevent undesirable enzymatic reactions and to improve porous structure, blanching pre-treatment was carried out by hot water (80°C, 1 min). To induce a porous structure during microwave treatment, coating method with starch, pectin and carboxy methyl cellulose solutions (2% w/w) was used. To promote loss factor of samples and improve structural strength $CaCl_2$ solution (1% w/w) during coating treatment was used. Ultimately produced samples by this method were compared with other products from air and freeze-dried ones. To study these methods and pretreatments effects on structural properties, density and porosity of dried products were investigated. Color changes were also studied using a Hunter Lab colorimeter. Total porosity was 53.26 and 90% for hot air and freeze dried products respectively, however it was about 63.59% for coated samples. Results showed that using $CaCl_2$ in coating solution could also increased porosity of samples up to 75%. Studying the color change showed that in all cases using $CaCl_2$ could increase L^* values. Applying microwave treatment in all cases had the same effect. However after microwave treatment, in samples coated with starch and CMC, browning index decreased.

Key words: Apple Slice, Coating, Color Change, Combined Method, Structural Property

www.SID.ir