نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۵ شماره ۴/ سال ۱۳۹۴

بررسی ویژگی‌های فیزیکی فیلم متخلخل استات سلولز و امکان جایگزینی آن با کیسه وارداتی چای

فرزانه علی اصغرزاده [1*]، جواد کرامت[2]، سید امیر حسین گلی[3] و میلاد فتحی[3]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۱۹

[1] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[2] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
[3] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* مسئول مکاتبه: Email: f.aliasgharzadeh@ag.iut.ac.ir

چکیده

با توجه به اینکه کاغذ کیسه چای کالایی وارداتی است بنابراین تولید یا جایگزینی آن با مواد مناسب دیگر امری ضروری به نظر می‌رسد و فیلم متخلخل را بدین منظور می‌توان مورد استفاده قرار داد. فیلم متخلخل استات سلولز به روش تغییر فاز خشک تولید شد و استون به عنوان حلال و اتانول به عنوان غیر حلال مورد استفاده قرار گرفت. تراوایی فیلم با تغییر در نسبت حلال به غیر حلال و غلظت استات سلولز در محلول بررسی شد. این نسبت اثر زیادی بر میزان تخلخل فیلم استات سلولز دارد. به طوری که بهترین فیلم متخلخل تنها در نسبت ٦:٤ حلال به غیر حلال تولید شد. با افزایش غلظت استات سلولز، تراوایی فیلم کاهش پیدا نمود در مقابل حلالیت، ویژگی‌های مکانیکی و کدورت افزایش یافت، همچنین، درجه سفیدی فیلم تغییر قابل توجهی نداشت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که همانطور که مورد انتظار است افزودن غلظت‌های پایین استات سلولز (۲/۵٪) به محلول شکل‌دهی، ساختاری با تخلخل بالا ایجاد می‌کند. این پژوهش پتانسیل خوب فیلم‌های متخلخل استات سلولز به عنوان کاغذ نفوذ پذیر جهت جایگزینی کاغذهای چای کیسه‌ای را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: استات سلولز ، تراوایی، تغییر فاز، فیلم

مقدمه

کیسه‌های چای کاغذ نفوذ پذیر دارای تراوایی بالا نسبت به هوا و آب هستند که منجر به تسریع خروج مواد محلول از آن شده، و در عین حال دارای مقاومت به عملیات فرآیند بوده و بدون ترک و سوراخ می‌باشند. آنها عاری از مواد افزودنی و مطابق با استانداردهای سلامتی تولید می‌شوند. با توجه به اینکه کاغذ کیسه چای در ایران وارداتی است بنابراین تولید یا جایگزینی آن با مواد مناسب دیگر امری ضروری به نظر می‌رسد. فیلم متخلخل جایگزین مناسبی برای این نوع کاغذ نفوذپذیر می‌باشد و در این زمینه استات سلولز دارای ویژگی‌های منحصر به فرد جهت تولید فیلم متخلخل می-

تواند بحساب آید. استات سلولز یکی از مشتقات استری سلولز است که در واقع ترکیبی از از دی استات و تری استات می‌باشد. زنجیره سلولزی در ۲ یا سه موقعیت از موقعیت‌های (۲،۳و یا ٦) دارای گروه هیدروکسیل آزاد است که با استفاده از یک عامل استیل کننده (مثلا یک اسید) و در حضور یک حلال آلی به استات سلولز تبدیل می‌شود (فیشر و همکاران ۲۰۰۸). . لینتر های کتان و خمیر خالص شده چوب دو منبع اصلی سلولز هستند که برای تولید استات سلولز به کار می روند[۱۸]. استات سلولز پلیمری با ویژگی های متنوع از جمله دارای استحکام، زیست تخریب پذیری، جداسازی مناسب و قیمت نسبتا پایین و بسیار آبدوست است و اغلب برای کاهش رسوب گیری در غشاها استفاده می شود (عابدینی و همکاران.۲۰۱۱). از این پلیمر برای تهیه بسته های مواد غذایی (یو و همکاران ۲۰۱۱، اسپیتا و همکاران ۲۰۱۱، جمیلی و همکاران۲۰۰۹) و در داروسازی برای تهیه قرص ها و مواد پوشش دهنده برای کنترل رهایش دارو (یوان و همکاران ۲۰۰۹) استفاده شده است. همچنین این نوع پلیمر برای تهیه فیلم وغشا کاربرد گسترده دارد (لی و همکاران ۲۰۰٦). یکی از روش های تولید فیلم متخلخل تغییر فاز است (بای و همکاران۲۰۱۲). در این روش از یک حلال و از یک غیر حلال[1] استفاده می شود. انتخاب حلال و غیر حلال مناسب، نسبت این دوو همچنین غلظت پلیمر بر ویژگی-های مورفولوژیکی، ساختار و تولید فیلم اثر می‌گذارد (سیلوپکینا و همکاران ۱۹۷۲، لی و همکاران ۲۰۰٦) (یو و همکاران ۲۰۱۱، سیلوپکینا و همکاران ۱۹۷۲، جمیلی۲۰۱۰) (یو و همکاران ۲۰۱۱، سیلوپکینا و همکاران ۱۹۷۲، جمیلی و همکاران ۲۰۱۰، یوان و همکاران۲۰۰۹). در مطالعه ای سیلویکینا (۱۹۷۲)، نشان داد که حلال استون نسبت به دی متیل فورمامید ساختار نرم و فیلم با منافذ بیشتر تولید می کند. پرپکین (۱۹۷۵)، نشان داد که اندازه و تعداد حفرات در غشا می تواند با تغییر نسبت غیر حلال (آب) در محلول پلیمر کنترل شود. لی و همکاران (۲۰۰٦)، اثر دو حلال غیر فرار ان متیل پرولیدون و گاما بوتیرولاکتون را روی ساختار تعیین کرده و سپس اثر نسبت‌های مختلف این حلال‌ها روی ساختار و تولید غشا بررسی کردند و نشان دادند مورفولوژی غشا با انتخاب مناسب مخلوط حلال‌ها کنترل می‌شود. در بررسی‌های متعدد، جمیلی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند با تغییر در غلظت استات سلولز و تغییر نسبت استون (حلال) به آب (غیر حلال) می‌توان فیلم‌ها با مورفولوژی های مختلف بدست آورد. به منظور تولید فیلم متخلخل تراوا به آب، بایستی تخلخل زیادی در فیلم ایجاد کرد. در مطالعات انجام شده غشای استات سلولز به عنوان میکرو و نانو فیلتر تولید شدند و استفاده روش تغییر فاز خشک و پلیمراستات سلولز و با استفاده از اتانول به عنوان غیر حلال جهت تولید کاغذ نفوذ پذیر تاکنون انجام نشده است. هدف در این تحقیق تولید فیلم متخلخل تراوا به آب و بررسی خصوصیات آن می باشد که در این خصوص اثر نسبت استون (حلال) به اتانول (غیر حلال) و غلظت استات سلولز (پلیمر) بر ویژگی های غشا از جمله خاصیت عبور آب و خصوصیات فیزیکی فیلم های تولید شده بررسی شد.

مواد و روش ها

استات سلولز از سیگما آلدریچ ۲۲۱۸۸، گلیسرول و استون ۹۹٪ از شرکت مرک آلمان و اتانول ۹٦٪ از شرکت نصر اصفهان تهیه شد.

تهیه فیلم

میزان ۲/۵ گرم استات سلولز توزین و درون ظروف در بسته به مخلوط حلال و غیر حلال اضافه شد و روی همزن با مگنت با دور ۱۰۰۰rpm قرار گرفت. پس از حل شدن کامل استات سلولز، گلیسرول به میزان ۳۰ درصد حجمی نسبت به وزن استات سلولز به محلول اضافه شد و ۵ دقیقه روی همزن با مگنت با دور ۱۰۰۰rpm قرار

[1] Non-solvent

گرفت.سپس فیلم ها در قالب شیشه ای با ابعاد ۲cm ۱۷/۵×۲۰ ریخته شد و به مدت ۱ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در آون معمولی قرار گرفت. فیلم ها بلافاصله از سطح جدا شده و پس از خشک شدن کامل درون کیسه های پلی اتیلن قرار گرفت و در شرایط ۲٤ درجه و رطوبت نسبی ٪٤۰ قرار گرفت. مقدار حلال به غیر حلال در سه نسبت (۹:۱،۸:۲،٦:٤) و غلظت پلیمر در سه سطح (٪۲/۵، ٪۵، ٪۱۰) استفاده شد(یو و همکاران ۲۰۱۱ و یوان و همکاران ۲۰۰۹) با توجه به مقاله ها و با استفاده از پیش آزمایش های متعدد نسبت ها انتخاب شدند که در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- فرمولاسیون فیلم های تولید شده

کد فرمول	درصد نرم کننده (حجمی/وزنی استات سلولز)	نسبت حلال به غیر حلال	درصد استات سلولز
۱	۳۰	۹:۱	۲/۵
۲	۳۰	۸:۲	۲/۵
۳	۳۰	٦:٤	۲/۵
٤	۳۰	۹:۱	۵
۵	۳۰	۸:۲	۵
٦	۳۰	٦:٤	۵
۷	۳۰	۹:۱	۱۰
۸	۳۰	۸:۲	۱۰
۹	۳۰	٦:٤	۱۰

عبور آب خالص

حجم آب عبور داده شده از مقطع فیلم تحت فشار ۱ اتمسفر اندازه گیری شد و با فرمول زیر Jw (L/m2h) محاسبه شد. V حجم آب فیلتر شده (L)، سطح فیلم (m2)، t زمان (h) (بای و همکاران.۲۰۱۲).

$$JW = \frac{V}{At}$$

عبور بخار آب

به منظور اندازه گیری عبور بخار اب از روش ASTM E96 استفاده شد.

خواص مکانیکی

خواص مکانیکی به روش ASTMD 882-91 اندازه گیری شد. تست کششی انجام شد و مدول الاسستیسیته(MPa Y) و افزایش طول در نقطه شکست(EAB٪) و استحکام کششی(TS MPa) بدست آمد.

میزان حلالیت در آب

مقدار وزن خشک فیلم حل شده در آب طی ۲٤ ساعت غوطه وری در آب بدست می آید(نانسی و همکاران ۲۰۱۱).

اندیس سفیدی

برای اندازه گیری رنگ از نمونه عکس گرفته شد و با نمونه شاهد مقایسه شد و فاکتور های L a b بدست آمد و با فرمول زیر درجه سفیدی(WI) بدست آمد(عمران و همکاران ۲۰۱۲).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*2 + b^*2)}$$

کدورت

با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج 600nm با استفاده از فرمول زیر بدست آمد. x ضخامت فیلم می‌باشد (عمران و همکاران ۲۰۱۲).

$$Transparency = -\log T_{600}/x$$

بررسی میکروسکوپی فیلم

به منظور مشاهده ساختار فیلم و بررسی میزان تخلخل با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان از سطح مقطع فیلم تصویر تهیه گردید. به منظور آماده سازی نمونه فیلم ابتدا در نیتروژن مایع قرار گرفته و به قطعات کوچک تر شکسته شد تا سطح مقطع عرضی آن مشاهده شود (با این کار آسیبی به ساختار وارد نمی شود). سپس با استفاده از چسب آلومینیومی روی سل نصب شد و با لایه نازکی از طلا پوشانده شد و در دستگاه قرار گرفت (عمران و همکاران ۲۰۱۲).

آنالیز آماری نتایج

کلیه آنالیزها حداقل در سه تکرار انجام گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمون ها با استفاده از طرح کاملا

تصادفی و مقایسه میانگین نمونه ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج و بحث

تراوایی نسبت به آب

تراوایی به آب یکی از مهمترین ویژگی های فیلم متخلخل است که در مورد فیلم با کاربرد مورد نظر اهمیت خاص پیدا می کند هرچه سرعت عبور بیشتر باشد تراوایی بیشتر است. تراوایی به آب در کیسه های چای بسیار بالا است. بطور معمول نفوذ آب بعد از ۲ ثانیه شروع می شود. همانطور که درجدول ۲ نشان داده شده است، در مورد فیلم های متخلخل استات سلولز دیده شد که درسه فیلم با نسبت ۹:۱ عبور بسیار ناچیز می باشد و می توان از آن صرف نظر کرد. همچنین در مورد نسبت ۸:۲ تنها در مورد ۲/۵٪، ۲۸ (L/m^2h) عبور داشتیم و در دو غلظت دیگر صفر بود و در سه فرمول با نسبت ٦:٤ در غلظت های ۲/۵٪ و ۵٪ عبور بالا بود. در غلظت ۱۰٪ هیچ عبوری دیده نشد.

جدول ۲- اثر غلظت استات سلولز بر ویژگی تراوایی به آب

درصد استات سلولز	۲/۵	۵	۱۰
نسبت حلال به غیر حلال	میزان تراوایی به آب (لیتر بر متر مربع. ساعت)		
۹:۱	۰	۰	۰
۸:۲	۲۸	۰	۰
۶:۴	٦٤٢,٨	٤٠٨,٥	۰

اثر نسبت استون به الکل

نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که نسبت ترکیبی حلال به غیر حلال در تعیین ساختمان متخلخل اثر زیادی دارد. تغییرات ساختاری در نتیجه ترکیب حلال ایجاد می شود و با نسبت مناسب از مخلوط حلال ها می توان به ساختار میانه رسید. مطابق مطالعاتی که لی و همکاران (۲۰۰٦) انجام دادند با انتخاب مخلوط حلال (خوب /بد) می توان تولید غشا را تنظیم کرد که روش مناسبی برای کنترل ویژگی های غشا است. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است با افزایش الکل به استون در نسبت ٦:٤ جداسازی فازی سریع تر شده و حفرات بزرگتری ایجاد می شوند در نتیجه افزایش تخلخل و تراوایی بالاتری را می توان انتظار داشت. طبق مطالعات لی هرچه سرعت جداسازی فاز بیشتر باشد اندازه حفرات بزرگتر می‌شود.

طبق مطالعات پرپکین و همکاران (۱۹۷۵) انجام دادند اثر محلول استات سلولز را در مخلوط استیک اسید/آب روی ویژگی های فیلم های متخلخل (اولترافیلتر)حاصل از این محلول ها بررسی کردند مشخص شد که بین ویژگی محلول و محتوای آب به عنوان غیر حلال رابطه وجود دارد. نتایج نشان داده که با ٪۲۵آب، افزایش قابل ملاحظه ای در تعداد حفره ها دیده می شود. احتمالا به دلیل تفاوت در ترکیب آب/استیک اسید است.غلظت آب در محلول بر سرعت جداسازی فاز اثر می گذارد. اندازه و تعداد حفره در اولترافیلتر می تواند با تغییر در نسبت غیر حلال (آب) در محلول پلیمر کنترل شود. پس با این تغییر در نسبت بین استیک اسید و آب حلالیت استات سلولز تغییر می کند و همچنین سیستم جداسازی فاز تغییر میکند. سرعت جداسازی سیستم به دو فاز الزاما روی ویژگی های فیلم تشکیل شده اثر می گذارد. به عبارت دیگر با کاهش در قدرت حلال واکنش بین مولکولی پلیمر زیاد شده و در نتیجه افزایش در متوسط اندازه عناصر ساختاری در محلول را باعث می شود.نتایج بدست آمده این مطلب را تایید می کند که با کاهش حلال و افزایش غیر حلال می توان به ساختار متخلخل تری رسید. همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است در نسبت ٦:٤ بیشترین تخلخل ایجاد شده است.

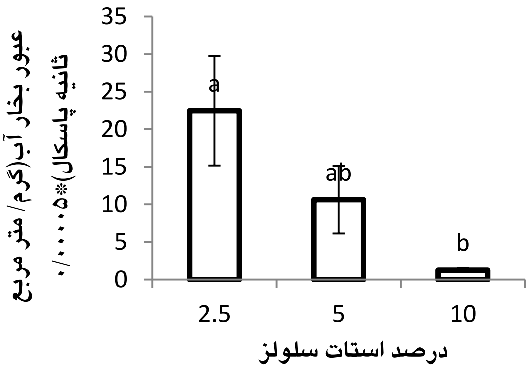
اثر درصد استات سلولز در محلول تشکیل دهنده فیلم

نتایج جدول ۲ نشان می دهد که با افزایش درصد استات سلولز تراوایی کاهش می یابد.این نتایج با نتایج هان و همکاران مطابقت دارد طی مطالعه ایشان مخلوط استات سلولز, کربوکسی متیل سلولز استات در حضور و عدم حضور نرم کننده PEG600 به عنوان غشای اولترا تولید شد آن ها دریافتند که با افزایش مقدار استات سلولز، تراوایی فیلم کم شده و مقاومت به حلال زیاد شده و دمای گذار شیشه ای افزایش یافت (هان و همکاران ۲۰۱۳). همچنین با نتایج جمیلی و همکاران مطابقت دارد. ایشان فیلم های ٪۵و۱۰ و۱۵ استات سلولز را به عنوان بسته تهیه کردند. فیلم حاوی استات سلولز ۵ درصد بالاترین تخلخل را داشت وتخلخل زیادی در لایه بالایی داشت. به عبارت دیگر افزایش استات سلولز در محلول کاستینگ منجر به شکل گیری ساختار با تخلخل کمتر با تراکم بیشتر لایه ها می شود و همچنین سایز سوراخ ها کوچکتر می شود. نتایج بدست آمده با کارهای انجام شده مطابقت دارد. با افزایش مقدار غیر حلال تعداد منافذ بیشتر شده و تراوایی فیلم بالا می رود و می توان آن را به این صورت توجیه کرد که با تغییر در نسبت بین استون و الکل حلالیت استات سلولز تغییر می کند و همچنین سیستم جداسازی فاز تغییر میکند (پرپکین و همکاران ۱۹۷۵). مقدار تراوایی به آب برای غشاهای مشابه به میزان (L/m2h) ۱۲۰ با افزایش مقدار نرم کننده افزایش یافت(بای و همکاران ۲۰۱۲). این در حالی است که تراوایی به آب با این روش تولید بسیار افزایش یافت و میزان عبور در فیلم با نسبت ٦:٤ استون به الکل دارای ٪۲/۵و ٪۵ استات سلولز به ترتیب ٦٤٢/٨٢ و ٤٠٨/٥ گزارش شد.

ویژگی لازم برای کاربرد مورد نظر تراوا بودن به آب می باشد، در نتیجه نسبت ٦:٤ حلال به غیر حلال به منظور تولید فیلم متخلخل مناسب است اثر غلظت استات سلولز بر خصوصیات فیلم های متخلخل بررسی شد که که نتایج حاصل به صورت زیر می باشد.

بررسی ویژگی ها ی فیزیکی فیلم متخلخل عبور بخار آب

عبور بخار آب در فیلم های بسته بندی نشان دهنده میزان نفوذ پذیری به آب می باشد. نفوذپذیری در فیلم متخلخل اندازه گیری شد تا مقدار تخلخل در فیلم ها مشخص شده و فیلم دارای بیشترین میزان عبور بخار که به عبارتی دارای بالاترین میزان تخلخل می باشد انتخاب گردد. با توجه به شکل ۱ در٪۲/۵ استات سلولز بیشترین عبور بخار و در ٪۱۰کمترین عبور ثبت شد. ۲/۵ و ٪۵ اختلاف معنی داری در سطح احتمال ٪۵ با هم نداشتند. همین طور بین مقادیر ۵ و ٪۱۰نیز اختلاف معنی دار نبود. همان طور که مورد انتظار است با افزایش غلظت، عبور بخار آب کم شده است. به دلیل اینکه با افزایش استات سلولز تخلخل و اندازه سوراخ ها کمتر شده که موجب عبور بخار آب کمتر می شود.



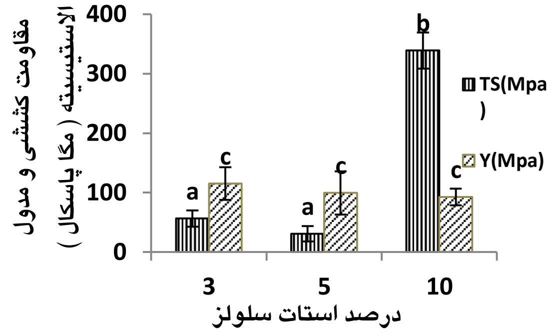
شکل ۱- عبور بخار آب در سه فیلم با غلظت های مختلف و نسبت استون:الکل(۶:۴)

ویژگی‌های مکانیکی

از جمله ویژگی های مهم فیلم های بسته بندی خواص مکانیکی آن می باشد. فیلم بسته بندی بایستی دارای استحکام کافی و انعطاف پذیری باشد ویژگی های مکانیکی به ویژگی های ساختاری فیلم بستگی دارد. مدول الاسستیسیته (Y MPa) و درصد کشش و مقاومت کششی (TS MPa) فیلم های متخلخل بدست آمد.

اثر افزایش غلظت پلیمر استات سلولز بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های متخلخل

با توجه به شکل ۲ افزایش غلظت استات سلولز بر مدول الاستیسیته اثر معنی دار نداشت. مقاومت کششی بیشتر شده است که با نتایج قبلی مطابقت دارد. با افزایش استات سلولز، تراکم بیشتر و سایز سوراخ ها کمتر شده و استحکام بیشتر می شود. به عبارت دیگر در غلظت های کمتر تحرک زنجیره پلیمری بیشتر است و این باعث استحکام کمتر می شود. بین مقادیر مقاومت کشش برای ٪۲/۵ و ٪۵ اختلاف معنی داری وجود ندارد ولی افزایش استحکام در فیلم ۱۰٪ استات سلولز معنی دار استکه در شکل ۲ قابل مشاهده است. استحکام در فیلم های مشابه (جمیلی و همکاران ۲۰۰۹) در ٪ MPa۱۰ ۳۷/۵۰ بود که در این فیلم، استحکام افزایش یافته است و به ۳۳۸/۹٤MPa در ٪۱۰ رسیده است که می تواند به دلیل تفاوت در نوع حلال و غیر حلال باشد(سیلپوتکینا ۱۹۷۲).

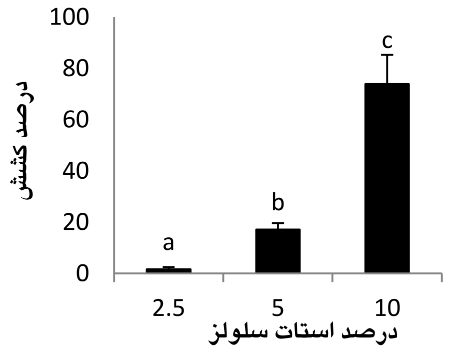


شکل ۲- مقاومت کششی و مدول الاستسسیته فیلم با سه غلظت (٪۲/۵، ۵، ۱۰) در نسبت استون:الکل(۶:۴)

استون و الکل نسبت به آب و الکل نزدیکی بیشتری دارند. هرچه نزدیکی حلال و غیر حلال بیشتر باشد پیوستگی ساختاری بیشتر است و تراکم بیشتر می شود در نتیجه استحکام افزایش می یابد.از طرفی با تغییر در غیر حلال سرعت جداسازی فاز تغییر می کند.

درصد کشش

درصد کشش فیلم نشان دهنده میزان انعطاف پذیری آن می باشد.همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است مقادیر درصد کشش با افزایش درصد استات سلولز افزایش یافت. مقادیر در مورد فیلم های تولیدی حاوی ٪۲/۵، ۵، ۱۰ استات سلولز بترتیب٪۱/۷، ۱۷/۲، ۷۳/۹ بود. پرپکین و همکاران (۱۹۷۵) دریافتند با افزایش اندازه عناصر ساختاری در محلول انعطافپذیری پلیمر کاهش می یابد. به عبارت دیگر هرچه فیلم متخلخل تر باشد انعطاف پذیری کاهش می یابد.



شکل ۳- درصد کشش فیلم با سه غلظت (۲/۵، ۵، ۱۰٪) در نسبت استون:الکل(۶:۴)

حلالیت فیلم

مقاوم بودن به رطوبت در بسته بندی حائز اهمیت است به خصوص زمانی که بسته با آب در تماس باشد (نانسی و همکاران ۲۰۱۱). حلالیت کمتر در آب، نشان دهنده مقاومت بیشتر به رطوبت می باشد. نتایج در درجدول ۳ آمده است. با افزایش غلظت پلیمر حلالیت به طور معنی داری افزایش یافت.این تغییر می تواند به این دلیل باشد که افزایش در نسبت پلیمر، موجب کاهش توانایی حلال در حل کردن پلیمر می گردد در نتیجه ساختار پلیمری راحت تر در آب حل می شود.

جدول ۳- ویژگی های ظاهری و درصد حلالیت سه فیلم با نسبت استون:الکل(۶:۴) درسه غلظت(۲/۵، ۵، ۱۰٪)

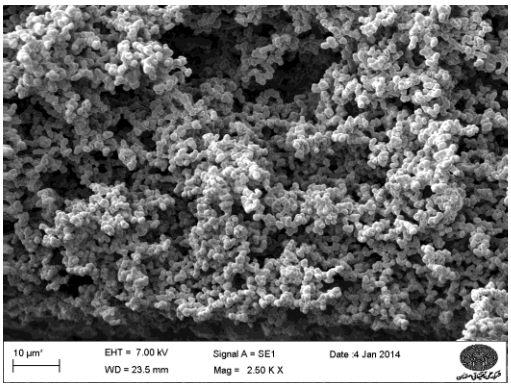
استات سلولز	حلالیت	اندیس سفیدی	درصد کدورت
۲/۵	۱۰/۹٤٥±۳/۳^{c}	٦۰/٦۲±۰/۹^{a}	۳/۰۳^{c}
۵	۱٦/٤۹۱±۰/۱۷^{b}	٦۰/٤۷±۱/۱۷^{a}	٦/٥±۱/۱۳^{b}
۱۰	٤۹/۰۳٥±۳^{a}	٦۰/۱۲±۱/۳٦^{a}	۳۰/٦۱^{a}

درجه سفیدی و کدورت

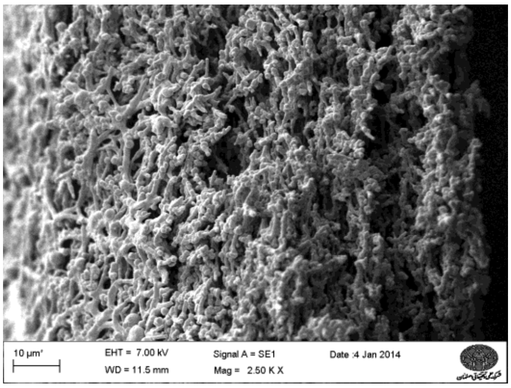
شفافیت در بسته بندی از ویژگی های مطلوب به حساب می آید. با توجه به جدول ۳ دیده می شود که با افزایش غلظت استات سلولز در محلول تشکیل دهنده فیلم، کدورت زیاد شد. در مورد٪ ۲/۵ و٪ ۵ تفاوت معنی داری دیده نشد و بیشترین میزان کدورت مربوط به فیلم ٪۱۰ بود، پس با کاهش درصداستات سلولز در فرمولاسیون فیلم، شفافیت بیشتر شد. نتایج موجود درجدول۳ نشان داد که غلظت پلیمر، بر درجه سفیدی تاثیری نداشت.

بررسی میکروسکوپی فیلم

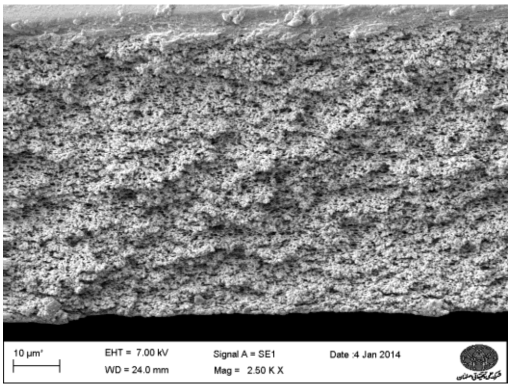
همان طور که در تصاویر دیده می شود با کاهش استات سلولز تخلخل کاهش می یابد. قسمت های سیاه رنگ فضای خالی می باشد. شکل ٤ مربوط به فیلم با ٪۲/۵ استات سلولز می باشد همانطور که دیده می شود فضای خالی زیادی در ساختار فیلم وجود دارد. با توجه به تصاویر، این فیلم نسبت به دو فیلم دیگر دارای بیشترین تخلخل است شکل ٥ مربوط به فیلم ٪٥ استات می باشد که به نظر می رسد فضای خالی در این فیلم کمتر از فیلم با ٪۲/٥ می باشد. درشکل ٦ تراکم بیشتری در ساختار دیده شد. این یافته ها با نتایج حاصل از دیگر ویژگی ها مطابقت دارد.



شکل۴- سطح مقطع عرضی فیلم با ٪۲/۵ استات سلولز و نسبت حلال به غیر حلال(۶:۴)



شکل ۵- سطح مقطع عرضی فیلم با ٪۵ استات سلولز و نسبت حلال به غیر حلال(۶:۴)



شکل ۶-سطح مقطع عرضی فیلم با ٪۱۰ استات سلولز و نسبت حلال به غیر حلال(۶:۴)

نتیجه گیری کلی

با تغییر نسبت ترکیبات تشکیل‌دهنده فیلم، می‌توان ویژگی‌های ساختاری آن را تعیین کرد. با تغییر در نسبت حلال و غیرحلال می‌توان نفوذپذیری فیلم را تغییر داد. در روش تغییر فاز که برای تهیه فیلم متخلخل به کار می‌رود، انتخاب حلال و غیر حلال مناسب، بسیار اثرگذار است و نسبت ترکیبی این دو نیز بر ساختار اثر می-گذارد. در این پژوهش فیلم استات سلولز در سه نسبت وزنی مختلف استون (حلال) به الکل (غیر حلال) تهیه شد و از نظر تراوایی به آب مورد بررسی قرار گرفت.نتایج نشان داد که فیلم با نسبت ٦:٤ تراوا به آب می‌باشد. برای تراوایی به آب به تخلخل بالایی نیاز است. با افزایش در مقدار الکل در نتیجه کاهش حلال واکنش بین مولکولی پلیمر زیاد شده و موجب افزایش اندازه عناصر

ساختاری در محلول می‌شود در نتیجه ساختار متخلخل تری شکل می گیرد. در مرحله دوم اثر افزایش درصد پلیمر در محلول فیلم (۲/۵، ۵ ، ۱۰٪) با نسبت ثابت حلال به غیر حلال (٦:٤) بر برخی ویژگی های فیلم از جمله عبور بخار آب، ویژگی های مکانیکی، حلالیت درجه سفیدی و کدورت مورد بررسی قرار گرفت. اختلاف مقادیر عبور بخار در مورد درصد های ۲/۵ و ۵ معنی-دار نبود ولی برای ٪۱۰ نسبت به٪ ۲/۵کاهش معنی داری وجود داشت. افزایش درصد استات سلولز در محلول تشکیل دهنده فیلم، تراوایی به بخار را کاهش داد. زیرا با افزایش غلظت پلیمر فیلم متراکم تر شده و تخلخل کاهش یا فته است. در مورد ویژگی های مکانیکی تفاوت معنی داری میان مقادیر مقاومت کششی در مورد فیلم با ۲/۵ و ٪۵ استات سلولز وجود نداشت. استحکام از ٥٦/٤٤ در ٪۲/۵ به MPa ۳۳۸/٤٨ در٪۱۰ رسید که می تواندبه دلیل افزایش پیوستگی و کاهش حفرات در ساختار باشد. مقدار استحکام در مقایسه با فیلم های مشابه با همین غلظت استات سلولز، ولی با نوع غیر حلال متفاوت (آب) بیشتر شد که احتمال دارد ناشی از نزدیکی بیشتر استون و الکل و تشکیل پیوند های هیدروژنه بیشتر همچنین تفاوت در سرعت جداسازی فازی و تاخیر در جداسازی فازی باشد. در نتیجه پیوستگی در فیلم افزایش یافت. انعطاف پذیری در فیلم از ٪۱/۷در ٪۲/۵ استات سلولز به ٪۷۳/۹ رسید.مدول الاستیسیته تفاوت معنی داری نداشت. درجه سفیدی تغییری نکرد و همچنین کدورت با افزایش غلظت کاهش یافت.که البته نسبت به کاغذ چایی تفاوت زیادی وجود نداشت. نتایج نشان داد می توان بااستفاده از غلظت ٪۵ استات سلولز و نسبت استون (حلال) به الکل (غیرحلال) ٦:٤ فیلم متخلخل استات سلولز سلولز به عنوان کاغذ نفوذ پذیر جهت جایگزینی کاغذ های چای کیسه ای تولید کرد.

منابع مورد استفاده

ASTM, 1996. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-91.Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

ASTM, 1995. Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-95. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

Abedini R, Mousavi SM and Aminzadeh R, 2012. A novel cellulose acetate (CA) membrane using TiO2 nanoparticles: Preparation, characterization and permeation study. Desalination 277(1): 40-45.

Bai H, Zhou Y, Wang Y and Zhang L, 2011. The permeability and mechanical properties of cellulose acetate membranes blended with polyethylene glycol 600 for treatment of municipal sewage. Procedia Environmental Sciences 16: 346-351.

Espitia PJP, Soares NDFF, Botti L and Silva WA, 2011. Effect of Essential Oils in the Properties of Cellulosic Active Packaging, Macromolecular Symposia. 300:199-205

Fischer S, Thummler K, Volkert B, Hettrich K, Schmidt I and Fischer K, 2008. Properties and applications of cellulose acetate. Macromolecular Symposia 262: 89-96.

Gemili S, Yemenicioglu A and Altinkaya SA, 2009. Development of cellulose acetate based antimicrobial food packaging materials for controlled release of lysozyme. Journal of Food Engineering 90(4): 453-462.

Gemili S, Yemeniciolu A and Altinkaya SA, 2010. Development of antioxidant food packaging materials with controlled release properties. Journal of Food Engineering 96(3): 325-332.

Han B, Zhang D, Shao Z, Kong L and Lv S, 2013. Preparation and characterization of cellulose acetate/carboxymethyl cellulose acetate blend ultrafiltration membranes. Desalination 311(0): 80-89.

Imran M, Revol-Junelles AM, Ren NM, Jamshidian M, Akhtar MJ, Arab-Tehrany E, Jacquot M and Desobry SP, 2012. Microstructure and physico-chemical evaluation of nano-emulsion-based antimicrobial peptides embedded in bioactive packaging films. Food Hydrocolloids 29(2): 407-419.

Li Z, Ren J, Fane AG, Li DF and Wong FS, 2006. Influence of solvent on the structure and performance of cellulose acetate membranes. Journal of Membrane Science 279(1–2): 601-607.

Nonsee K, Supitchaya C and Thawien W, 2011. Antimicrobial activity and the properties of edible hydroxypropylmethyl cellulose based films incorporated with encapsulated clove (*Eugenia caryophyllata Thunb.*) oil. International Food Research Journal 18(4): 1531-1541

Perepechkin LP, Barabanov NN, Barykina NV, Dubyaga VP, Barykin GP and Trubetskova TP, 1975. Effect of the properties of cellulose acetate solutions on the characteristics of porous films formed from them. Polymer Science U.S.S.R. 17(3): 571-575.

Tsilipotkina MV, Yovleva MM Papkov SP and Tager AA, 1972. The porosity of ultra-thin cellulose acetate (CAC) films. Polymer Science U.S.S.R. 14(4): 941-946.

Uz M and Altnkaya SA, 2011. Development of mono and multilayer antimicrobial food packaging materials for controlled release of potassium sorbate. LWT 44(10): 2302-2309.

Yuan J, Dunn D, Clipse NM and Newton RJ, 2009. Characterization of cellulose acetate films:formulation effects on the thermomechanical properties and permeability of free films and coating films. pharmaceutical technology 33(3): 88-100.

Production and evaluation of physicochemical characteristics of cellulose acetate porous film as an alternative for current tea bags

F Aliasgharzadeh[1]*, J Keramat[2], SAH Goli[3] and M Fathi[3]

Received: March 05, 2014 Accepted: June 09, 2015

[1]MSc Graduated Student. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
[*]Corresponding author: E mail: f.aliasgharzadeh@ag.iut.ac.ir

Abstract
Given that tea bag paper is imported, production of them with other suitable materials is necessary so that porous film can be used for this application. Porous film of cellulose acetate was prepared by the dry phase inversion process and the acetone was used as solvent and ethanol as non-solvent solutions. The effect of the film permeability was investigated by changing the ratio of the solvent to non-solvent and the concentration of cellulose acetate in solutions. The ratio had a great influence on the pore size of cellulose acetate (CA) film. The best porous film was produced only in 6:4 ratio of solvent to non-solvent. Increasing the CA content (%10) in the casting solution decreased the permeability of the films. In contrast, the solubility, mechanical properties and opacity of the films increased, hence, white index did not have a significant different in the films. SEM photos illustrated that addition of low concentration of CA (%2/5) to the casting solution created a highly porous structure in the film. This study showed the good potential for application of porous CA films to achieve permeable paper as an alternative to the tea bag paper.

Keywords: Cellulose acetate, Permeability, Phase inversion, Film