Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

ارزیابی ویژگی‌های کاغذهای کرافت پوشش‌دهی شده با محلول‌های پروتئینی حاوی پودر عصاره چای با فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده

حسن اسدی[۱]، محبوبه کشیری[۲*]، یحیی مقصودلو[۳]، حبیب الله میرزایی[۴]، ساجده آلتینکایا[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و صنایع غذایی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع

٤- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع

۵- عضو هیئت علمی دانشگاه پلی تکنیک ازمیر، دانشکده مهندسی شیمی، گروه پلی‌مر

چکیده

فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده یکی از روش‌های نوین در تولید کرافت‌های چندلایه با تکیه بر قرار گیری محلول پروتئینی بر بسترهای جامد است. هدف از این تحقیق تولید کرافت‌های چندلایه بر پایه پلی‌مرهای زیستی پروتئینی (زئین و ایزوله آب پنیر) حاوی پودر عصاره چایسبز با استفاده از فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده و ارزیابی خواص ضدباکتریایی، فیزیکی- مکانیکی و رهایش ترکیبات فنولی از کرافت پوشش‌دهی شده در دمای یخچالی و pHهای ٤/۵ و ۷ بود. نتایج حداقل غلظت بازدارندگی باکتریایی پودر عصاره چای سبز نشان داد که *اشرشیاکلای* (۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با *لیستریا مونوسیتوژنز* (۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) از حساسیت بیشتری برخوردار بود. نتایج ارزیابی خواص فیزیکی کرافت‌ها نشان داد که ضخامت، گراماژ و دانسیته حجمی طی پوشش‌دهی افزایش یافت. هم‌چنین قرارگیری زئین در لایه خارجی سبب کاهش نفوذپذیری نسبت به بخار آب و افزایش مقاومت در برابر عبور هوا گردید. ارزیابی رهایش ترکیبات فنولی از بستر کرافت‌های پوشش‌دهی شده نشان داد که سرعت رهایش در مدل غذایی اسیدی بیش از مدل خنثی بود. هم‌چنین رهایش ترکیبات فنولی از کرافت‌های پوشش‌دهی شده زئین به عنوان لایه خارجی در مقایسه با ایزوله پروتئین آب‌پنیر در روزهای نخست بیشتر و در زمان طولانی‌تری ادامه داشت. کاهش اندیس لگاریتمی کرافت پوشش‌دهی شده با زئین فعال دو لایه علیه *اشرشیا کلای* و *لیستریا مونوسیتوژنز* به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۰٦ بود. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق کرافت پوشش‌دهی شده با دولایه زئین فعال برای بسته‌بندی مواد غذایی به‌عنوان حامل ترکیبات فنولی توصیه می‌گردد.

کلید واژگان: کرافت دولایه و چندلایه، پلی‌مرهای زیستی، رهایش ترکیبات فنولی

* مسئول مکاتبات: kashiri.m@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

۱- مقدمه

اثرات مخرب محیطی ناشی از تجمع پلی‌مرهای نفتی و تخریب‌ناپذیر یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در جهان امروز است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته میزان تولید پلی‌مرهای نفتی در سال ۲۰۵۰ به بیش از ۳۰۰ میلیون تن پیش‌بینی می‌شود که حجم قابل توجهی از پلی‌مرهای نفتی جهتتولیدبسته‌بندی استفاده می‌شود که می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات زیست محیطی جدی گردد [۱]. لذا جایگزینی پلی‌مرهای نفتی توسط پلی‌مرهای زیستی امری ضروری به‌نظر می‌رسد که مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است [۲]. لازم به ذکر است که پلی‌مرهای زیستی حامل‌های خوبی برای انتقال ترکیبات زیست‌فعال جهت بسته‌بندی مواد غذایی به‌صورت فیلم و پوشش محسوب می‌گردد [۳] اما از دلایل اصلی در عدم کاربرد موفق پلی‌مرهای زیستی، ضعف در برخی خواص مکانیکی و خواص فیزیکی نظیر انحلال در آب می‌باشد [٤]. از این رو استفاده از فناوری‌هایینظیر تولید فیلم‌های زیستی چندلایه بر پایه سطوح جامد نظیر کاغذمی‌تواند در پوشش این نقایص کمک فراوانی نماید [۵].فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده[1] یکی از روش‌هایمناسب در تولید فیلم‌های لایه نازک است که مبتنی برقرارگیری لایه‌های دارای بارهای الکتریکی متفاوت بر سطوح جامد می‌باشد. در واقع نیروی محرکه برای جذب پلی‌مرهای مختلف زیستی به یکدیگر، نیروی جاذبه الکترواستاتیک می‌باشد [٦].

فیبرهای طویل سلولزی تحت عنوان کاغذ کرافت دارای ویژگی‌های مکانیکی مناسب بوده و در صنایع بسته‌بندی به‌ویژه در تولید پوشش‌های چندلایه مقرون به صرفه مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که کاغذ کرافت به‌عنوان بستر، قابلیت تشکیل اتصال با پلی‌مرهای زیستی را دارد و بدین ترتیب مستعد به‌کارگیری جهت بسته‌بندی موادغذایی مختلف نظیر فراورده‌های بر پایه آرد می‌باشد [۷-۱۰]. در میان پلی‌مرهای گیاهی مناسب جهت پوشش‌دهی، پروتئین زئین حاصل از گیاه ذرت به‌دلیل قابلیت تشکیل فیلم عالی و خواص ممانعت‌کنندگی مطلوب در برابر رطوبت و گازها یکی از مناسب‌ترین مواد جهت انتقال ترکیبات زیست‌فعال می‌باشد[۱۱]. از مهم‌ترین دلایل انتخاب این پلی‌مر می‌توان به خصوصیات تشکیل فیلم عالی و حفاظت در برابر گازها اشاره کرد. همچنین ایزوله پروتئین آب پنیر یک فراورده جانبی (حاوی ۹۰ درصد پروتئین آب پنیر) به‌دست آمده طی فرایند تولید پنیر می‌باشد. بنابراین این پلی‌مر می‌تواند در تولید فیلم زیستی با صرفه اقتصادی بیشتر مورد استفاده قرار گیرد [۱۲].

چای سبز گیاهی با نام علمی *Camellia Sinensis* که غنی از ترکیبات زیست‌فعال به‌ویژه ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد. ترکیبات فنولی علاوه بر بروز خواص آنتی‌اکسیدانی در پیشگیری از ابتلا به بیماری‌های مزمن نظیر بیماری‌های قلبی–عروقی و انواع سرطان‌ها و در کمک به تنظیم وزن بدن، محافظت در برابر اشعه، کارایی عملکرد فیزیکی، سلامت دهان و سایر اثرات فیزیولوژیک موثر گزارش شده است. ترکیبات فنولی عصاره چای سبز عمدتا به چهار گروه فلاونوئیدها، فلاوانول‌ها، فلاونول‌ها، و اسیدهای فنولی طبقه‌بندی می‌شوند که بر اساس بررسی‌های استیوارد و همکاران بیش از ۹۲ درصد خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز به فلاوانول‌ها مربوط می‌شود. لازم به ذکر است که در میان زیرگروه‌های متعدد فلاوانول‌ها، اپی‌گالوکاتچین بیشترین پتانسیل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به خود اختصاص داده است[۱۳].

با توجه به این‌که اکسیداسیون و فساد میکروبی از مهم‌ترین دلایل کاهش کیفیت مواد غذایی تلقی می گردد،استفاده از ترکیبات زیست‌فعال که علاوه بر بروز خواص آنتی‌اکسیدانی دارای خواص ضدمیکروبی باشند در بسته‌بندی های فعال می تواند مفید واقع گردد. بر اساس گزارش محققان عصاره چای سبز علاوهبر داشتن اثرات آنتی‌اکسیدانی مطلوب دارای اثرات ضدمیکروبی علیه دامنه وسیعی از باکتری‌ها است. بنابراین با توجه به اتلاف عمده محصولات غذایی توسط فساد ناشی از میکروارگانیسم‌ها و اکسیداسیون و گسترش بسته‌بندی‌های حاوی ترکیبات زیست فعال هدف از این تحقیق تولید فیلم چند لایه حاوی پودر در عصاره چای سبز با استفاده از فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده و ارزیابی تاثیر نوع پلی‌مر پروتئینی بر خواص فیزیکی و مکانیکی کرافت‌های تولیدی واهمیت آن در کنترل رهایش

1. Layer-by-layer self-assembly

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

ترکیبات فنولی عصاره چای سبز در دو مدل‌های غذایی و ارزیابی خواص ضدمیکروبی کرافت زیستی بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل کرافت (دارای گراماژ[1] ۱۳۰-۱۲۵ گرم بر مترمربع، ساخت ایران)، زئین (سیگما، آمریکا)، ایزوله پروتئین آب‌پنیر (مرک، آلمان)، پودر عصاره چای سبز (مرک، آلمان)، اتانول۹۶درصد (ساخت ایران)، محیط کشت نوترینت براث (مرک، آلمان)، دی‌متیل‌سولفوکساید (مرک، آلمان)، معرف فولین سیوکالتو (سیگما، امریکا) بودند.

۲-۲- آماده‌سازی و کشت باکتری

جهت انجام آزمون‌های میکروبی باکتری *اشرشیاکلای* و *لیستریامونوسیتوژنز*(تهیه شده از جمعیت میکروبی ایران) در محیط کشت مایع (نوترینت براث) تلقیح و تا رسیدن به فاز لگاریتمی موردنظر (کدورت ۲/۰ در طول موج ۶۰۰ نانومتر) در گرم‌خانه با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

۲-۳-آماده‌سازی محلول‌های پوششی پروتئینی و مراحل پوشش‌دهی با تکیه برفناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده

۲-۳-۱- آماده‌سازی محلول پوششی زئین فعال

جهت تهیه محلول زئین فعال، ۱۰ گرم از پودر زئین به ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد افزوده و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد طی۳۰ دقیقه حرارت داده شد. سپس در ادامه محلول را در دمای اتاق خنک و نرم‌کننده گلیسرول (۳۰ درصد وزن پلی‌مر) به محلول افزوده گشت و محلول عصاره چای (۳ درصد حجم محلول زئین) اضافه و به‌مدت۱۰دقیقه در دمای محیط مخلوط گردید [۱۱].

۲-۳-۲- آماده‌سازی محلول پوششی ایزوله پروتئین آب پنیر فعال

ابتدا ۵ گرم پودر ایزوله پروتئین آب‌پنیر به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۳ میلی‌لیتر از ۵۰ میلی‌لیتر برای حل کردن پودر عصاره چای سبز) اضافه و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری شیکردار هم‌زده شد. گلیسرول به عنوان نرم‌کننده (۶۰ درصد وزن پلی‌مر) اضافه و به مدت ۸ دقیقه کاملاً همگن گردید. در ادامه پودر عصاره چای (۳ درصد وزن محلول) با ۳ میلی‌لیتر آب مخلوط و به محلول پروتئین اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط با سرعت ۸۰۰ دور در دقیقه یکنواخت شد[۱۲].

۲-۳-۳- پوشش‌دهی کرافت بافناوریلایه به لایه خود شکل گیرنده

به منظور تولید کرافت فعال تک لایهدو میلی‌لیتر از محلول زئین فعال (مطابق روش ۲-۳-۱) بر سطح کاغذ کرافت با ابعاد (۲۰×۱۵ سانتی‌متری)(CK) برش داده شده ریخته و توسط دستگاه کاستینگ با سرعت۵۰ میلی‌متر در ثانیه و با تنظیم فاصله ۲۰۰ میکرون از سطح عبور داده شد و بلافاصله در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (p_1, ZGTE). در ادامه به‌منظور تولید کرافت دولایه پوشش‌دهی شده با بکارگیری کرافت تک‌لایه فعال، همانند مرحله قبل ۲میلی‌لیتر از محلول زئین فعال (p_2ZGET/WPIGET,)، ۲ میلی‌لیتر محلول زئین (p_3, ZGET/ Z)، ۲ میلی‌لیتر محلول ایزوله پروتئین آب‌پنیر فعال (p_4,ZGET/WPIGET,) استفاده گردید.

۲-۴-ارزیابی تاثیر پوشش‌های پروتئینی بر خواص کرافت‌های تولیدی

۲-۴-۱-مقاومت در برابر ترکیدگی[2]

مقاومت در برابر ترکیدگی مطابق استاندارد ۲۷۵۸ ایزو (۲۰۱۴) با استفاده از دستگاه تست مقاومت ترکیدگی (Frank PrufgerateGmbH ساخت کشور آلمان) تعیین گردید. در این روش سطح موثر کاغذ در مقابل دهانه پروپ دستگاه تحت فشار قرار گرفت و حداکثر فشار وارده بر سطح

1. Grammage(نسبت وزن به سطح کاغذ)

2. Burst Resistance (BR)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

کاغذ (کیلو پاسکال) تا رسیدن به نقطه ترکیدگی به عنوان مقاومت در برابر ترکیدگی در نظر گرفته شد [١٤].

٢-٤-٢- نفوذپذیری نسبت به بخار آب[1]

آزمون نفوذپذیری به بخار آب مطابق روش ASTME٩٦ (١٩٩٥) به‌صورت وزن سنجی انجام شد. جهت انجام آزمایش درون کاپ‌هایی به قطر٦ سانتی‌متر و ارتفاع ٢/٥ سانتی‌متر سیلیکاژل خشک افزوده شد. نمونه‌های کرافت به‌صورت دایره برش خورده و در دهانه کاپ به‌وسیله پیچ و مهره نگاه داشته شدند. سپس کاپ‌ها را درون دسیکاتور حاوی محلول نمک اشباع با رطوبت نسبی ٧٥ درصدو در دمای محیط قرار داده شده و در ادامه به‌مدت یک هفته کاپ‌ها در هر ٢٤ ساعت روی ترازو دیجیتالی با دقت ٠/٠٠١گرم توزین و نمودار افزایش وزن کاپ‌ها در برابر زمان رسم شد و با استفاده از رابطه ١ نفوذپذیری نسبت به بخار آب (WVP) نمونه‌ها محاسبه گردیدند[١٥].

$$WVP = \frac{WVTR \times X}{\Delta P}$$ رابطه ١

در این رابطه WVTR[2] شیب منحنی افزایش وزن کاپ، A مساحت سطح دهانه کاپ، X میانگین ضخامت فیلم و ΔP اختلاف فشار بخار در دو سوی کاغذ بوده که برابر با ٢١٠٦/٢٧ پاسکال بود.

٢-٤-٣- مقاومت در برابر عبور هوا[3]

مقاومت در برابر عبور هوامطابق استاندارد ٢٧٥٨ ایزو (٢٠١٤)با استفاده از دستگاه تست عبور هوا(Troy, N.Y، ساخت آمریکا)تعیین گردید. در این روش مدت زمان لازم (ثانیه) برای عبور ١٠٠ میلی‌لیتر هوا از سطح کاغذ تعیین گردید[١٦].

٢-٤-٤- ارزیابی خصوصیات سطح کرافت‌های تولیدی

دراین روش خصوصیات سطحی کاغذهای کرافت با استفاده از میکروسکوپ نوری صورت پذیرفت. در این روش کرافت‌های تولیدی در ابعاد مناسب برش خورده و تصاویر در بزرگنمایی ٥٠ و ١٠٠ ثبت شدند.

٢-٤-٥-ارزیابی رهایش ترکیبات فنولی عصاره چای سبز از کرافت‌های تولیدی

کرافت‌های برش دادهدر ابعاد٥×٥سانتی‌متر در محلول‌های آبی (pH=٤/٥ و pH=٧)با سرعت ١٠٠ دور در دقیقه در دمای ٤درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و رهایش فنولی از سطح کرافت به‌روش فولین سیوکالتو در طی زمان های مختلف اندازه‌گیری گردیدند. اساس کار در این روش، احیا معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ و اندازه‌گیری حداکثر جذب در طول موج ٧٦٥ نانومترمی‌باشد[١٧].

٢-٤-٦- ارزیابی خواص ضدمیکروبی

٢-٤-٦-١- تعیین حداقل غلظت بازدارندگی[4]عصاره چای سبز علیه *اشرشیاکلای* و *لیستریامونوسیتوژنز*

تعیین حداقل غلظت بازدارندگی پودر عصاره چای سبز به روش لکه‌گذاری انجام گرفت. در این راستا غلظت‌های مورد آزمونپودر عصاره چای سبز١٥٦/٠، ٣١٢/٠، ٦٢٥/٠، ٢٥/١،٥/٢و ٥میلی‌گرم بر میلی‌لیتر جهت ارزیابی فعالیت باکتری *اشرشیاکلای* و ١٥٦/٠، ٣١٢/٠، ٦٢٥/٠، ٢٥/١، ٥/٢، ٥ و ١٠ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای باکتری *لیستریامونوسیتوژنز* آماده و در محیط کشت مایع ١٠٠ میکرولیتر از هر دو باکتری اضافه گردید. ٥ میکرولیتر از هر غلظت آماده شده فوق بر سطح محیط کشت نوترینت آگار لکه-گذاری شدند و در دمای ٣٧ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدندو پس از ٢٤ ساعت حداقل غلظتی که رشد باکتری مشاهده نشده به‌عنوان حداقل غلظت بازدارندگی درنظر گرفته شدند [١٨].

٢-٤-٦-٢-ارزیابی خواص ضدباکتریایی فیلم چندلایه بر پایه کرافت حاوی عصاره چای سبز در محیط کشت مایع

یک گرم از کرافت پوشش‌دهی شده با دولایه زئین فعال (p_2) توزین و به ١٠ میلی‌لیتر محیط کشت مایع (نوترینت براث) اضافه و ١٠٠ میکرولیتر از باکتری‌هایی که در بخش آماده‌سازی میکروبی اشاره شده است در آن بارگذاری گردید. لازم به ذکر است که کرافت فاقد پوشش‌دهی به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌های آماده شده در گرم‌خانه با دمای ٣٧ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شد و در نهایت جهت شمارش باکتری تلقیح شده در محلول رقت‌سازی انجام و تعداد باکتری‌ها شمارش گردیدند [١٩].

1. Water Vapor Permeability (WVP)
2. Water Vapor Transmission Rate (WVTR)
3. Air Permeability Resistance (APR)

4. Minimum Inhibitory Concentration (MIC)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

۳-نتایج و بحث

۳-۱-تاثیر پوشش‌های پروتئینی بر خواص فیزیکی کرافت‌های تولیدی

نتایج ضخامت، گراماژ و نفوذپذیری در برابر بخار آب کرافت‌های تولیدی ارزیابی و در جدول ۱نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، فرایند پوشش‌دهی منجر به افزایش ضخامت و گراماژ کرافت (p_4،p_3،p_2،p_1) در مقایسه با نمونه فاقد پوشش به‌عنوان کنترل (CK) گردید که می‌تواند بیانگر کارائی فرمولاسیون محلول های پروتئینی تلقی گردد. هم-چنین با توجه به این‌که محلول‌های پروتئینی فرموله شده از ساختاری منسجم و یکنواختی برخوردار بودند، تثبیت محلول پوششی بر سطح کرافت با استفاده از ماشین کاستینگ به آسانی و بدون ایجاد تورم بر سطح کاغذ کرافت صورت پذیرفت. گراماژ به عنوان یکی از فاکتور بسیار تاثیرگذار بر خواص مکانیکی کاغذها قلمداد می‌شود [۲۰]. لازم به ذکر است که گراماژ از نسبت وزن به مساحت کاغذ به‌دست می‌آید. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق بیشترین ضخامت در فیلم پوششی دولایه کرافت با لایه آخر ایزوله پروتئین آب پنیر (تیمارp_4) (۰/۱۹٤mm) مشاهده شد. ضخامت متفاوت کرافت‌های تولیدی در تحقیق حاضر می‌تواند تحت تاثیر ویسکوزیته محلول‌های پوششی پروتئینی باشد که در حقیقت ترکیب وساختار اسیدهای آمینه هریک می‌تواند در ویسکوزیته نهایی محلول پوششی موثر باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش‌دهی لایه آخر کرافت با ایزوله پروتئین آب پنیر (p_4) در مقایسه با کرافت‌های دارای پوشش زئین در لایه آخر (p_2وp_3) سبب افزایش معنی‌داری در ضخامت کرافت دولایه گردید($P<0.05$). از طرفی با افزایش نفوذ زنجیره پروتئینی در ساختار فیبری کرافت و ایجاد تورم می‌تواند در افزایش ضخامت کرافت موثر باشد.

دانسیته حجمی نمونه کاغذهای کرافت پوشش‌دهی شده (p_4،p_3،p_2،p_1) کاهش معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد نشان دادند که از این حیث با نتایج باتیستی و همکاران(۲۰۱۷) در پوشش‌دهی کاغذ با استفاده از محلول پروتئینی ژلاتین مبنی بر اشغال فضای بیشتر نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد مطابقت داشت [۲۱]. در حقیقت این نتایج بیانگر آن است در مقیاس تجاری کرافت‌های فعال پوشش‌دهی شده در مقایسه با کرافت‌های معمولی (فاقد پوشش) در وزن و طول یکسان به حجم و فضا بیشتری برای نگهداری نیاز خواهد داشت.

Table 1 Determination of grammage, thickness, density and specific surface uncoated and coated paper, with different layers base on protein

Treatments		Thickness (mm)	Grammage (g/m^2)	Bulk Density (g/m^3)	WVP (g mm $m^{-2}h^{-1}$Kpa)
Un coated	(CK)	0.170 ± 0.001^e	117.8 ± 0.21^e	0.692 ± 0.006^e	0.01473 ± 0.0015^b
ZGET	(p_1)	0.178 ± 0.001^d	141.27 ± 0.12^c	0.793 ± 0.002^a	0.01478 ± 0.0018^b
ZGET/ ZGET	(p_2)	0.180 ± 0.001^c	135.31 ± 0.19^b	0.751 ± 0.005^d	0.01386 ± 0.0010^a
ZGET/ Z	(p_3)	0.182 ± 0.001^b	142.76 ± 0.10^d	0.784 ± 0.001^c	0.01323 ± 0.0015^a
ZGET/WPIGET	(p_4)	0.194 ± 0.008^a	153.19 ± 0.22^a	0.789 ± 0.005^b	0.01546 ± 0.0017^c

Zein with green tea extract (ZGTE) and whey protein isolate with green tea extract (WPIGTE), zein (Z)

۳-۲- تاثیر پوشش‌های پروتئینی بر نفوذپذیری نسبت به بخار آب کرافت‌های تولیدی

نفوذپذیری نسبت به بخار آب یکی از پارامترهای مهم در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشد که با تکیه بر روشی کارآمد نظیر پوشش‌دهی سطوح کاغذ می‌توان ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی را بهبود بخشید [۲۲،۲۳]. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، نوع پلی‌مر پوشش‌دهنده کرافت بر خواص ممانعت‌کنندگی نسبت به بخار آب موثر بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق نفوذپذیری نسبت به بخار آب کرافت فاقد پوشش g m $^{-2}h^{-1}$Kpa۰/۰۱٤۷۳تعیین گردید که در مقایسه با پلی‌مرهای سنتزی متداول نظیر پلی‌اتیلن با دانسیته پایین (g mm $m^{-2}h^{-}$ ۰/۰٤۰^{1}Kpa) و پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (g mm $m^{-2}h^{-}$ ۰/۰۰۱۲^{1}Kpa) در سطح پایین‌تری قرار داشت [۲٤]. بر اساس گزارش کروچتا و د- مولدر- جانسون (۱۹۹۷) نفوذ پذیری در برابر بخار آب پلی‌مرها با هدف بسته‌بندی مواد غذایی در سه

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

گروه ضعیف (gmm ۲۴/۰/۲g mm $m^{-2}h^{-1}$Kpa-۴)، متوسط (g mm $m^{-2}h^{-1}$Kpa ۰/۰۰۴۲/۰/۴۲-۰) و خوب (g mm $m^{-2}h^{-}$ ۰/۰۰۴۲/۰/۰۰۴۲^{1}Kpa-۰) طبقه‌بندی می‌شوند [۲۵]. بر این اساس کرافت‌های پوشش‌دهی شده در این تحقیق از نظر نفوذپذیری نسبت به بخار آب را می‌توان در دسته متوسط قرار داد. نتایج نفودپذیری نسبت به بخار آب کرافت پوشش‌دهی شده با محلول‌های پروتئینی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کرافت پوشش‌دهی شده تک‌لایه و دولایه زئین فعال (p_1 و p_2) در مقایسه با کرافت فاقد پوشش (P_0) اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نداشت ($P>0.05$). در صورتی که با قرارگیری لایه جدید زئین خالص بر سطح پوشش تک‌لایه کرافت (تیمارp_3)، کاهش معنی‌داری در نفوذپذیری در برابر بخار آب مشاهده شد. بر اساس گزارش محققان پیشین نفوذپذیری در برابر بخار آب کاغذهای پوشش‌دهی شده، تحت تاثیر نوع پلی‌مر و برهم‌کنش آن‌ها با فیبرهای سلولزی [۲۱]، ترکیبات تشکیل دهنده پوشش [۲۶]، تعداد لایه‌ها و ضخامتقرار داشته است [۲۷] که با نتایج این تحقیق مبنی بر اثر مثبت افزایش تعداد لایه‌های محلول زئین مطابقت داشت. از طرفی حضور اسیدهای آمینه آب‌گریز فراوان در ساختار زئین نظیر اسیدهای آمینه گلوتامین، لوسین، پرولین و آلانین در بهبود خواص ممانعت‌کنندگی کاغذ کرافت موثر گزارش شده است[۲۸] که از این حیث با نتایج لای و همکاران (۱۹۹۷) مبنی بر کاهش نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های بر پایه زئین در مقایسه با سایر پلی‌مرهای بر پایه پروتئین مطابقت داشت [۲۹]. این در حالی است که نفوذپذیری در برابر بخار آب کرافت دولایهٔ پوشش‌دهی شده با ایزوله آب پنیر (p_4) در مقایسه کرافت دولایه پوشش‌دهی شده با زئین فعال (p_2) و زئین خالص (p_3) به‌ترتیب ۵/۱۱ و ۰۲/۱۲ درصد بیشتر بود که دلیل آن را می‌توان به اسیدهای امینه آب دوست تشکیل دهنده ایزوله آب پنیر نسبت داد [۳۰]. علاوه بر این گالستدت و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که محلول پروتئینی می‌تواند با تاثیر بر درجه نفوذ محلول پروتئینی خواص کاغذهای پوشش‌دهی شده را تحت تاثیر قرار دهد [۳۱]. بر این اساسبا توجه به ماهیت محلول ایزوله-پروتئین‌آب‌پنیر و نیز بر اساس گزارش هان و کروچتا (۲۰۰۱) می‌توان بیان داشت که با نفوذ و تثبیت محلول ایزوله آب پنیر در ساختار پوشش زئین تک‌لایه کرافت اتصالات فیبر–فیبر کرافت پایه تحت تاثیر قرار می‌گیرد و منجر به تورم فیبرهای سلولزی می‌گردد [۳۲].

۳-۳- تاثیر پوشش‌های پروتئینی بر شاخص ترکیدگی کرافت‌های تولیدی

مقاومت به ترکیدگی کاغذ ازطریق اعمال حداکثر فشار مورد نیاز بر سطح مشخص کاغذ توسط دیافراگم دایره‌ای محدب محاسبه می‌شود. نتایج بررسی تاثیر فرمولاسیون محلول‌های پروتئینی بر سطح کرافت با استفاده از فناوریآرایش خودبه‌خودی در شکل ۲ آورده شده است.همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقاومت به ترکیدگی کرافت پوشش‌دهی شده در مقایسه با کرافت فاقد پوشش (شاهد) بهبود چشمگیری یافت. بر اساس گزارش محققان از مهم‌ترین عوامل موثر بر شاخص مقاومت کاغذها می‌توان به قدرت فیبرهای سلولزی، مساحت و طول فیبرها و نیروی حاصل از برهم کنش فیبرها اشاره کرد (خاوادیا و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق شاخص ترکیدگی کرافت تک‌لایه پوشش‌دهی شده با زئین فعال (p_1) و دولایه پوشش زئین فعال در مقایسه با کرافت فاقد پوشش (p_0) به ترتیب ۵/۲۹ و ۵/۳۹ درصد افزایش نشان داد.همچنین مقایسه مقاومت به ترکیدگی کرافت‌های دولایه پوشش‌دهی شده با زئین (p_3 و p_2) می‌توان بیان داشت پودر عصاره چای سبز تاثیر معنی‌داری از نظر آماری بر مقاومت به ترکیدگی کرافت دولایه نداشت ($P> 0.05$). همچنین تاثیر نوع پلی‌مر بر خواص مکانیکی کرافت تک‌لایه پوشش‌دهی شده با زئین فعال بررسی و نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کرافت تک‌لایه پوشش‌دهی شده با ایزوله‌پروتئین‌آب‌پنیر خالص (۵۷۹/۱۶ kPa) در مقایسه با پوشش‌دهی بازئین خالص (۶۴۰/۷۳kPa) کاهش معنی‌داری در مقاومت به ترکیدگی کرافت تولیدی مشاهده شد که از این حیث با نتایج هان و کروچتا (۲۰۰۱) مبنی بر تاثیر ایزوله‌پروتئین‌آب‌پنیردر بهبود اندک خواص مکانیکی کاغذهای پوشش‌دهی شده مطابقت دارد. بر اساس این گزارش محققان برهم کنش ضعیف بین پروتئین آب پنیر و ترکیبات سلولزی کاغذرا موثر در کاهش مقاومت مکانیکی عنوان کردند. همچنین مشاهدات عینی اولیه نیز مبنی بر عدم سازگاری و امکان پوشش‌دهی غلظت‌های متفاوت ایزوله‌پروتئین آب‌پنیر بر سطح کرافت به عنوان لایه نخست تصدیق‌کننده اثر ایزوله

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

پروتئین آب‌پنیر بود. در همین راستا خاوادیا و همکاران (۲۰۰۵) به منظور بهبود عملکرد فرایند پوشش‌دهی و خواص مکانیکی کاغذ، تغییر فرمولاسیون محلول فیلمی از طریق افزودن موم کارنوبا در ساختار فیلم پروتئینی آب پنیررا مثبت گزارش کردند [۳۳].

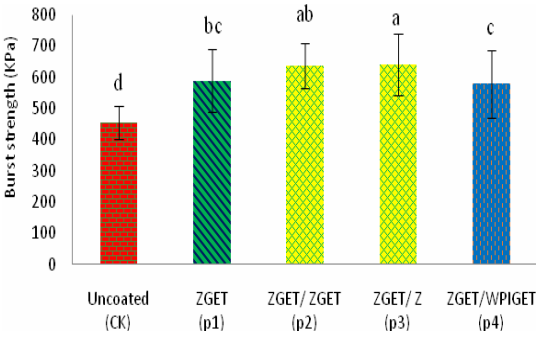

Fig 2 Burst strength of uncoated and coated paper Kraft, with different layers base on protein Zein with green tea extract (ZGTE) and whey protein isolate with green tea extract (WPIGTE), zein (Z)

۳-٤- تاثیر پوشش‌های پروتئینی بر سرعت نفوذپذیری نسبت به هوا در کرافت‌های تولیدی

در سالیان اخیر بسته‌بندی‌های با ویژگی ممانعت‌کنندگی در برابر عبور اکسیژن در صنایع بسته‌بندی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. زیرا بکارگیری بسته‌بندی با ویژگی‌های ممانعت-کنندگی در برابر اکسیژن سبب افزایش عمر ماندگاری و جلوگیری از فساد مواد غذایی توسط واکنش‌های وابسته به اکسیژن نظیر رنسیدیتی چربی‌ها، رشد میکروارگانیسم‌ها، واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و تخریب ویتامین‌ها می‌شود. در همین راستا کاغذ کرافت علی رغم زیست تخریب‌پذیری، خواص چاپ‌پذیری و مکانیکی مطلوب به‌دلیل داشتن ساختاری متخلخل از ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی ضعیفی در برابر عبور اکسیژن برخوردار بوده و جهت نگهداری مواد غذایی به‌مدت طولانی مناسب نمی‌باشد [۳٤]. نتایج حاصل از این تحقیق در شکل ۳ آورده شده است.شاخص سرعت نفوذ هوا به نمونه کرافت فاقد پوشش حدود۸۳/٤۰ ثانیهتعیین گردید که در مقایسه با نمونه دارای پوشش تک لایه زئین بیش از ۵/۲ برابر بیشتر بود. همان-طور که مشاهده می‌شود با افزایش لایه پوششی زئین(p_3،p_2) سرعت نفوذ هوا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که از این حیث با گزارش خاوالدیا و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر توانایی پروتئین زئین در کاهش سرعت نفوذ گازها در کاغذهای پوشش‌دهی شده مطابقت داشت. از طرفی دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که سرعت نفوذ هوا به‌شدت تحت تاثیر نوع پلی‌مر پوششی قرار داشت به‌طوری که سرعت نفوذ هوا طی پوشش‌دهی با ایزوله - پروتئین پروتئین آب پنیر فعال بر سطح کرافت تک لایه زئین فعال (p_4) (۲۳/٦۹ ثانیه)در مقایسه با پوشش‌دهی زئینفعال بر بستر کرافت تک‌لایه زئین فعال (p_2) (۰۷/۱۲٦ ثانیه) در سطح بالاتری قرار داشت. به‌طور کلی نتایج حاصل بیانگر آن است که در مجموع فرایند پوشش‌دهی بر سطح کرافت منجر به کاهش معنی‌دار در سرعت نفوذ هوا می‌شود به‌طوری که پوشش‌دهی دولایه کرافت با لایه نهایی ایزوله پروتئین آب پنیر فعال در مقایسه با نمونه شاهد بیش ۵/۱ مرتبه کاهش در سرعت نفوذ هوا مشاهده شده بود که علت این امر را می‌توان احتمالا به نفوذ در ساختار فیبری وپر کردن فضای خالی بین آنها نسبت داد که از حیث با نتایج محققان پیشین مبنی بر تاثیر نوع پلی‌مر پوششی بر سطح کاغذ و میزان پوشش‌دهی آن بر مقاومت در برابر عبور هوا مطابقت داشت [۳۵].

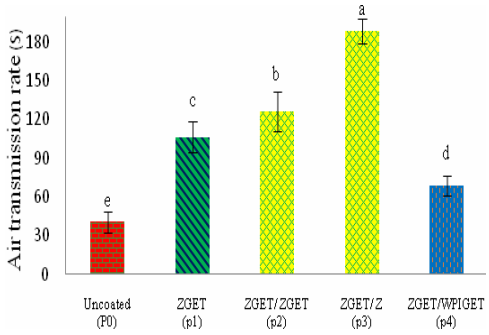

Fig 3 Air transmission time of uncoated and coated paper, with different layers base on protein.Zein with green tea extract (ZGTE) and whey protein isolate with green tea extract (WPIGTE), zein (Z).

۳-۵- تاثیر پوشش پروتئینی بر رهایش ترکیبات فنولی عصاره چای سبز از کرافت‌های تولیدی

رهایش ترکیبات فنولی کل عصاره چای سبز بر مبنای مقادیر جذب ناشی از واکنش ترکیبات فنولی رها شده از سطح کرافت به درون بافر با استفاده از معرف فولین سیوکالتو، بر اساس مقایسه آن با محلول استاندارد اسیدگالیک تعیین و نتایج حاصل از آن در شکل٤ آورده شده است. به‌طور کلی با ارزیابی رهایش

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

ترکیبات فنولی از سطح کرافت‌های فعال می‌توان به توانایی آنتی-اکسیدانی نمونه‌ها پی برد زیرا میزان ترکیبات فنولی و اثر آنتی-اکسیدانی مواد با یکدیگر رابطه مستقیم دارند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، محیط رهایش بر سرعت خروج ترکیبات فنولی از بستر کرافت تاثیر به‌سزایی داشت. سرعت رهایش ترکیبات فنولی در محیط اسیدی (pH=٥/٤) در مقایسه با محیط خنثی (pH=٧) بیشتر بود که بر اساس مطالعات صورت گرفته این پدیده را می‌توان به تغییر ساختار پروتئین‌ها در محیط اسیدی نسبت داد. در این راستا لی و همکاران (٢٠١٢) نشان داده‌اند که بکارگیری محلول استیک‌اسید سبب انحلال بهتر پروتئین زئین نسبت به محلول اتانول می‌شود [٣٦]. همچنین کشیری (٢٠١٥) با قرار دادن فیلم زئین کمپوزیت در محیط اسیدی تغییر شگرف در ساختار زئین و افزایش فاصله بین مولکول‌ها را گزارش کرد [٣٧] و در تحقیقی دیگر بویاسی و همکاران (٢٠١٦) با کاهش pHتسریع میزان رهایش لیزوزوم‌ها در فیلم ایزوله پروتئین را مشاهده نمودندکه با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت[٣٨]. باتوجه به اینکه فناوری لایه به لایه خود شکل‌گیرنده مبتنی بر قرارگیری لایه‌های با بار الکتریکی مخالف می‌باشد، بنابراین از جمله ترکیبات مناسب برای قرارگیری به‌عنوان لایه فوقانی می‌توان به ایزوله‌پروتئین‌آب‌پنیر [٣٩] و پروتئین زئین اشاره کرد که قابلیت فراوانی جهت تشکیل پیوند با بسیاری از ترکیبات فنولی نظیر کاتچین دارند [٤٠،١١]. همچنین بررسی رهایش کاغذهای کرافت دولایه (تیمار دوم، تیمار چهارم) در محیط اسیدی و قلیایی نشان‌دهنده رهایش سریع‌تر ترکیبات فنولی در کاغذهای کرافت دارای پوشش بیرونی ایزوله آب پنیر بوده است.

مقایسه کاغذهای تک لایه پوشش‌دهی شده فعال p_1 و p_3 نشان داد که حضور لایه زئین بر سطح کرافت فعال تک‌لایه قادر به کاهش سرعت رهایش بودکه از این حیث با نتایج مونین و ادواردو (٢٠١١) مبنی بر افزایش تعداد لایه‌های ثانویه بر کارآمدی رهایش ترکیبات ریزپوشانی شده مطابقت داشت [٤١] که دلیل این امر را می‌توان به چگونگی قرارگیری لایه و تغییرات ساختار پروتئین پوشش‌دهی شده با قرارگیری لایه جدید بر سطح کاغذ کرافت نسبت داد.

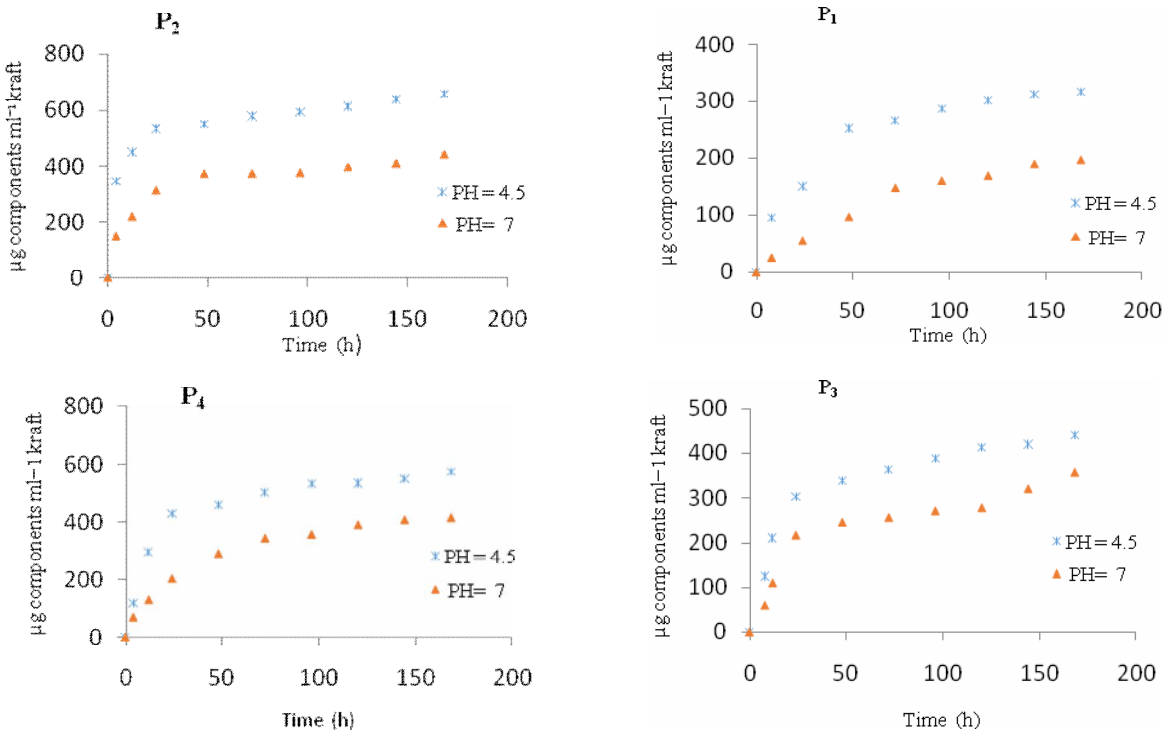

Fig 4 Release profiles of phenolic compounds from Kraft basedfilms (concentrations of green tea extract: 3% (w/w) of protein solution)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

۳-٦- ارزیابی خواص ضدباکتریایی پودر عصاره چای سبز

از مهم‌ترین ترکیبات عصاره چای سبز می‌توان به کاتچین از خانواده فلاوانول‌ها، اسیدهای فنولی (اسید گالیک) و فلاونول‌ها (کوئرستین، کمپفرول، میریستین و گلیکوزیدهای آنها) اشاره کرد[۱۳] که در این بین محققان تاثیر ترکیبات فلاونوئیدی (به‌ویژه فلاوان۳-اول) و کاتچین‌ها (اپی‌گالوکاتکین۳گالات) بر بروز فعالیت ضدمیکروبی عصاره چای سبز را مورد تایید قرار دادند [٤٢]. نتایج ارزیابی اثرات ضدباکتریایی پودر عصاره چای سبزبه‌روش لکه‌گذاری در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، پودر عصاره چای سبز قادر به بروز خواص ضدمیکروبی علیه *اشرشیاکلای* (شاخص باکتری گرم منفی) و *لیستریامونوسیتوژنز* (شاخص باکتری گرم مثبت) بود. مکانیسم عمل ضدمیکروبی ترکیبات عصاره چای سبز را می‌توان به تخریب غشاء سیتوپلاسمی و در نهایت بازداری از سنتز دیواره سلولی باکتری (گیمنز و همکاران، ۲۰۱۳) و نیز تداخل بر عملکرد آنزیم دی‌هیدروفولات‌ردوکتاز در سنتز پورین و پرمیدین مورد نیاز برای رشد باکتری نسبت داد [٤٣، ٤٤]. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق حداقل غلظت مورد نیاز پودر عصاره چای سبز برای جلوگیری از رشد *اشرشیاکلای* و *لیستریامونوسیتوژنز* به‌ترتیب ۵ میلی‌گرمبر میلی‌لیتر (شکلA۵) و ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (شکلB۵) تعیین شد که بیانگر حساسیت بیشتر *اشرشیاکلای* در مقایسه با باکتری *لیستریامونوسیتوژنز* می‌باشد. از این حیث با نتایج نیبر و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر مقاومت بیشتر باکتری *اشرشیاکلای* در برابر عصاره چای سبز مطابقت نداشت. لازم به ذکر می‌باشد که خواص ضدمیکروبی عصاره چای سبز در منابع مختلف بسته به شرایط استخراج عصاره، سویه‌های باکتریایی و غلظت مورد استفاده متفاوت گزارش شده است [٤٥]. از طرفی برخی از محققان برخلاف گزارش نبیر و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر بروز خواص ضدمیکروبی قوی عصاره چای سبز علیه طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و منفی، شاهد عدم فعالیت ضدمیکروبی عصاره چای سبز علیه باکتری‌های گرم منفی نظیر *اشرشیاکلای* بودند [٤٦].

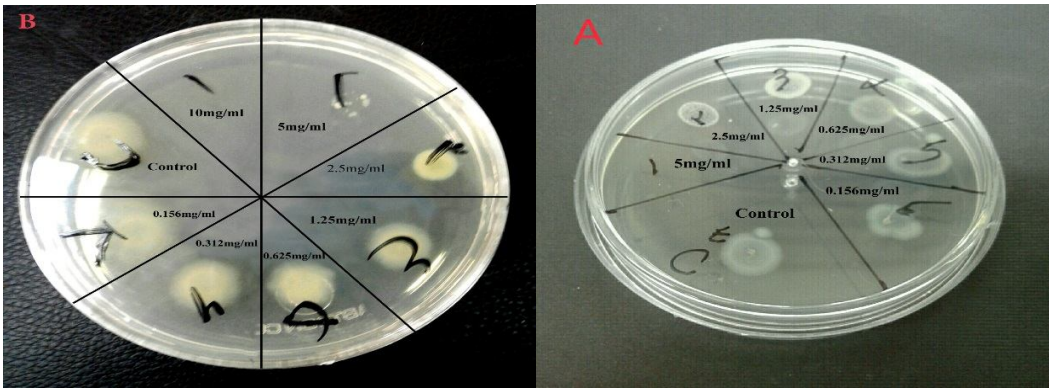

Fig 5 Antibacterial activities of green tea extractagainst *E.coli*and*L.monocytogenes* (A and B) in different concentrations.

۳-۷- ارزیابی خواص ضدباکتریاییکرافت فعال پوشش‌دهی شده تولیدی

خواص ضدمیکروبی کاغذ کرافت پوشش‌دهی شده با فیلم زئین فعال (p_2) علیه *اشرشیاکلای* و *لیستریامونوسیتوژنز* در *محیط مایع* مورد ارزیابی و نتایج آن در شکل ٦ نشان داده شده است. ارزیابی اولیه میکروبی کاغذکرافت نشان داد که کرافت مورد بررسی فاقد باکتری *اشرشیا کلای* و *لیستریا مونوسیتوژنز* بود. جمعیت باکتریایی قابل شمارش تلقیح شده *اشرشیاکلای* و *لیستریامونوسیتوژنز* در نمونه کرافت فاقد پوشش پودر عصاره چای (شاهد) ۹/٦٥CFU/ml بود. ارزیابی تعداد باکتری‌های قابل شمارش *اشرشیاکلای* (۹/٤۰CFU/ml) و *لیستریامونوسیتوژنز* (۹/٥۹CFU/ml) در محیط مایع بیانگر خواص ضدمیکروبی نسبتا ضعیفکرافت پوشش‌دهی شده با فیلم زئین فعال (p_2) در مقایسه با اسانس‌ها بود. به‌طوری که اندیس کاهش لگاریتمی محاسبه شده کاغذ کرافت حاوی پوشش فعال دولایه (p_2) علیه

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

باکتری *اشرشیاکلای* و *لیستریامنوسیتوژنز* به ترتیب ۲۵/۰ و ۰٦/۰ لگاریتم بود. همچنین یونالان و همکاران (۲۰۱۳) حضور ترکیبات فنولی در فیلم زیستی زئین در کنترل رشد *لیستریا مونوسیتوژنز* مثبت ارزیابی نکردند که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت. بر این اساس می‌توان دریافت که پودر عصاره چای سبز در مقایسه با اسانس‌ها به‌عنوان گزینه مناسب برای کنترل خواص ضدمیکروبی محصولات توصیه نمی‌گردد.

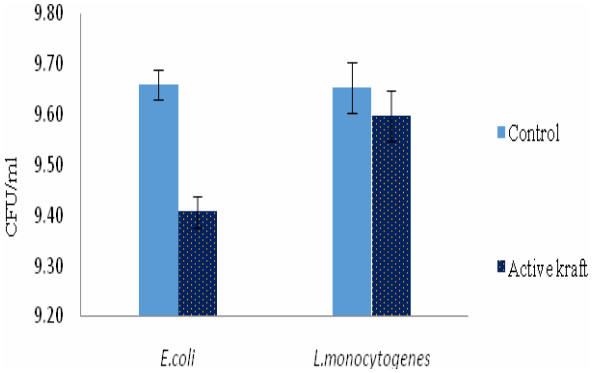

Fig 6 Antibacterial properties of active bilayer Kraft coating against *E.coli*and *L. monocytogene*

٤- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین مزیت فناوری لایه به لایه خود شکل گیرنده امکان قراگیری ترکیبات زیست فعال در بستر پلی‌مری به عنوان حامل‌های سلامت‌بخش نظیر ترکیباتی فنولی عصاره چای سبزمی‌باشد. نوع پلی‌مر یکی از پارامتر بسیار موثر در شکل‌گیری این فناوری محسوب می‌گردد. در این تحقیق پوشش زئین در مقایسه با ایزوله پروتئین آب پنیر توانایی بهتری در شکل‌گیری لایه فعال بر سطح فیبر کاغذ کرافت داشت. نتایج ارزیابی نفوذپذیری به بخار آب نیز نشان دهنده بهبود ممانعت در برابر عبور بخار آب در کاغذهای کرافت دارای پلی‌مر زئین بر لایه خارجی در مقایسه با نمونه‌های دارای ایزوله‌پروتئین‌آب‌پنیر بود.نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل‌های غذایی اسیدی در تسریع رهایش ترکیبات فنولی از سطوح کاغذ کرافت موثر بوده است. بدین مفهوم چنان‌چه هدف از بسته‌بندی مواد غذایی تسریع رهایش در زمان کوتاه باشد، می‌توان با فراهم‌سازی شرایط، ساختار پروتئینی پلی‌مر پوششی را تحت تاثیر قرار داد. همچنین افزایش تعداد لایه‌های فیلمی بر سطح کرافت اثر قابل توجهی بر بهبود خواص مکانیکی و ممانعت در برابر عبو هوا کاغذهای کرافت پوشش‌دهی شده داشت. علی‌رغم دستیابی به فناوری و پلی‌مر مناسب به‌عنوان حامل خوب برای ترکیبات فنولی عصاره چای سبز، بررسی فعالیت ضدباکتریایی کرافت پوشش‌دهی شده با دولایه زئین فعال حاکی از عدم بروز خواص باکتریایی بسیار قوی پودر عصاره چای سبز علیه *اشرشیاکلای* و *لیستریا مونوسیتوژنز* بود. بر این اساس به نظر می‌رسد افزودن ترکیبات با خواص ضدمیکروبی قوی‌تر نظیر اسانس می‌تواند در بهبود عملکرد خواص ضدمیکروبی عصاره پودر چای موثر باشد.

٥- تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و انیستیتوی تکنولوژی ازمیر به‌ویژه دکتر احمت یمنجی اغلو که با فراهم آوردن امکانات تحقیق و حمایت های علمی ما را یاری کردند، سپاسگزاری می‌گردد.

٥- منابع

[1] Anonymous, 2015, Euromonitor Off trade and retail plastics packaging.International Energy Agency, World Energy, www.coursehero.com.

[2] Shan, G., Surampalli, R. Y., Tyagi, R.D.and Zhang, T. C. 2009. Nanomaterials for environmental burden reduction, waste treatment, &nonpoint source pollution control. Frontiers Environmental Science & Engineering inChina, 3(3): 249–264.

[3] Cheng, S.Y., Wang, B.J. and Weng, Y.M. 2015. Antioxidant andantimicrobial edible zein/chitosan composite films fabricated by incorporation of phenolic compounds anddicarboxylic acids. LWT-Food Science Technology, 63(1): 115-121.

[4] Panyam, J. and Labhasetwar, V. 2003. Biodegradable nanoparticles for drug and gene delivery to cells and tissue. Advanced Drug Delivery Elsevier, 55: 329–347.

[5] Balan, T., Guezennec, C., Nicu, R., Ciolacu, F. andBobu, E. 2015. Improving barrier &strength properties of paper by multi-layer coating with bio-based additives.Cellulose Chemistry andTechnology, 49: 607-615.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

[6] Borges, J. and Mano, J.F. 2014. Molecular interactions driving the layer-by-layer assemble of multilayers. Chemical Review, 114(18): 8883-8942.

[7] Barroti, S.L.B. 1998. Celulose e papel-technologia de fabricacao do papel. Instituyo de Pesquisas Technological do Estado de Sao Paulo, 848-849.

[8] Wang, Sh.andJing, Y. 2016. Effects of chitosan coating layer on the surface properties &barrier properties of Kraft paper. *Bio Resources*, 11(1): 1868-1881.

[9] Unalan, L.U., Arcan, L., Korel, F. and Yemenicioglu, A. 2013. Application of active zein based film with controled release properties to control Listeria monocytogenes growth &lipid oxidation in fresh kashar cheese. Innovative Food Science &Emerging Technologies, 20: 208-214.

[10] Rastogi, V., & Samyn, P. (2015). Bio-based coatings for paper applications. *Coatings, 5*(4), 887-930.

[11] Arcan, I.,& Yemeniciuglu, A. (2011). Incorporating phenolic compounds opens a new perspective to use zein films as flexible bioactive packaging materials. Food Research International, 44(2): 550-556. [12]Ozer, B.B.P., Uz, M., Oymacy, P. andAltinkaya, S. 2016 Development of a novel strategy for controlled release of lysozyme from whey protein isolate based active food packaging film. Food Hydrocolloids, 61: 877-886.

[12] Ozer, B. B. P., Uz, M., Oymacy, P., & Altinkaya, S. (2016). Development of a novel strategy for controlled release of lysozyme from whey protein isolate based active food packaging film. Food Hydrocolloids, 61: 877-886.

[13] Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health & technological application in food. Asian Pacific of Tropical Biomedicine, 6(8): 709-719.

[14] ISO 2758: 2014: Paper. Determination of bursting strength. ISO, Geneva, Switzerland.

[15] ASTM. (1996). Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882e91 Philadelphia, PA: American Society for Testing & Material.

[16] ISO 5636-5: 2013: Paper & board determination of Air Permeable (medium range). Part 5: Gurley Method. ISO, Geneva, Switzerland.

[17] Singleton, V. L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

[18] Hashemi, A., Shams, S., Barati, M. andSamedani, A. 2011. Antibacterial effects of methan oli cextract of Zatariamultiflora, Myrtuscommunis &Peganumharmala on Pseudomonas aeruginosa producing ESBL. Ark Medical University Journal, 14(57): 104-112.

[19] Muriel-Galet, V., Lopez-Carballo, G., Hernandez-Munoz, P. and Gavara, R. 2014. Characterization of ethylene-vinyl alcohol copolymer containing laurilarginate (LAE) as material for activeantimicrobial food packaging. Food Packaging and Shelf Life, 1(1): 10-18.

[20] Brodnjak, U.V. 2017. Influence of ultrasonic treatment on properties of bio-based coated paper. Progress in Organic Coatings, (103): 93-100.

[21] Battisti, R., Fronza, N., Júnior, Á.V., da Silveira, S.M., Damas, M.S.P. and Quadri, M.G.N. 2017. Gelatin-coated paper with antimicrobial &antioxidant effect for beef packaging. Food Packaging andShelf Life,(11): 115-124.

[22] Sangaj, N.S. and Malshe, V.C. 2004. Permeability of polymer in protective organic coatings-A review. Progress in Organic Coating, (50): 28-39.

[23] Khwaldia, K., ArabTehrany, E. and Desobry, S., 2010. Biopolymer coatings on paper packaging materials. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 82-91.

[24] Kamal, M., Jinnah, I. and Utracki, L. 1984. Permeability of oxygen and water vapor through polyethylene/polyamide films. Polymer Engineering and Science, 24: 1337-1347.

[25] Krochta, J. M. and Johnston, D. M. 1997. Edible & biodegradable polymer films: challenges &opportunities. Food Technology, 51(2): 61-74.

[26] Aloui, H., Khwaldia, K., Slama, M.B. and Hamdi, M. 2011 Effect of glycerol andcoating weight on functional properties of biopolymer-

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

[37] Kashiri, M. 2015. Effect of food stimulants &temperature condition on releasing of Lauroyl-L-arginine ethyl ester mono hydrochloride &anti microbial properties of zein based films. Electronic Journal of Food Processing and Preservation, 7(2): 61-76.

[38] Boyaci, D., Korel, F. andYemenicioglu, A. 2016. Development of activate at home type edible antimicrobial films: An example pH triggering mechanism formed for smoked salmon slices using lysozyme in whey protein film. Food Hydrocolloids, 60: 170-178.

[39] Livney, Y. D.2010. Milk proteins asvehicles for bioactives.Current Opinionin Colloid InterfaceScience, 15(1–2): 73–83.

[40] Haratifar, S. andCorreding, M. 2014.Interaction between tea catechins&casein micelles &their impact on renneting functionality.Food Chemistry, 143: 27-32.

[41] Munin, A. and Edwards-Lévy, F.2011. Encapsulation of naturalpoly phenolic compounds: A review. Pharmaceutics, 3(4): 793–829.

[42] Friedman, M. 2007. Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, &antifungal activities of tea flavonoids and teas. Molecular Nutrition &Food Research, 51: 116-134.

[43]Giménez, B., de Lacey, A.L., Pérez-Santín, E., López-Caballero, M. and Montero, P. 2013. Release of active compounds from agar and agar–gelatin films with green tea extract. Food Hydrocolloids 30: 264-271.

[44] Chung, J. H., Han, J. H., Hwang, E. J., Seo, J.Y., Cho, K.H. and Kim, K.H. 2003. Dual mechanisms of green tea extract (EGCG)-induced cell survival in human epidermal keratinocytes.The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology, 17: 1913–1915.

[45] Nibir, Y.M., Sumit, A.F., Akh, A.A., Ahsan, N. and Hossain, M.S. 2017. Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant andantimicrobial activity of different tea varieties of Bangladesh. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 7: 352-357.

[46] Chan, E.W., Soh, E.Y., Tie, P.P. andLaw, Y.P. 2011. Antioxidant and antibacterial properties of green, black, and herbal teas of Camellia sinensis. Pharmacognosy Research, 3: 266.

coated paper. Carbohydrate Polymers,986: 1063-1072.

[27] Tihminlioglu, F., Atik, İ. D. and Özen, B. 2010. Water vapor andoxygen-barrier performance of corn–zein coated polypropylene films. Journal of Food Engineering, 96: 342-347.

[28] Wang, Y. and Padua, G.W. 2010. Formation of zeinmicrophases in etanol-water.Langmuir, 26(15): 12897-12901.

[29] Lai, H. M., Padua, G. W. and Wei, L. Sh. 1997. Properties &microstructure of zein sheets plasticized with palmiticandstearic acids. Cereal Chemistry, 74(6):771-775.

[30] Oymaci, P. and Altinkaya, S.A. 2016. Improvement of barrier & mechanical properties of whey protein isolate based food packaging films by incorporation of zein nanoparticles as a novel bionanocomposite. Food Hydrocolloids, 54: 1-9.

[31] Gällstedt, M., Brottman, A. and Hedenqvist, M.S. 2005. Packaging‐related properties of protein‐andchitosan‐coated paper. Packaging Technology andScience: An International Journal, 18: 161-170.

[32] Han, J. and Krochta, J. 2001 Physical properties andoil absorption of whey‐protein‐coated paper. Journal of Food Science, 66: 294-299.

[33] Khwaldia, K., Linder, M., Banon, S. and Desobry, S. 2005. Combined effects of mica, camauba wax, glycerol and sodium caseinate concentration on water vapor barrier &mechanical properties of coated paper. Journal of Food Science, 70: 192-7.

[34] Ramos, M., Valdes, A., Mellinas, A.C. and Garrigos, M.C. 2015. New trends in beverage packaging system: A review. Beverages, 1: 248-272.

[35] Samahy, M. A., Mohamed, A. A., Rehim, M. H. A. and Mohram, M.E. 2017. Synthesis of hybrid paper sheets with enhanced air barrier & antimicrobial properties for food packaging. Carbohydrate Polymers, 168: 212-219.

[36] Li, Y., Li, J., Xia, Q., Zhang, B., Wang, Q. andHuang, Q. 2012.Understanding the dissolution of α-zein in aqueous ethanol andacetic asid solutions.The Journal of Physical Chemistry, 116(39): 12057-12064.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 8:24 IRDT on Saturday August 15th 2020

Characteristics of kraft papers coated with protein solutions containing tea extract powder with a layer-by-layer technique

Asadi, H.[1], Kashir, M. [2*], Maghsoudlou, Y. [3], Mirzaei, H. [4], Altinkaya, S. [5]

1. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
5. Department of Food Science and Technology, Izmir University

Layer by layer self- assembly techniqueis one of the newest methods to produce multilayer films relying on the placement of the liquid layers on solid substance.The purpose of this studies is to manufacture multilayer kraftbased on protein biopolymers (zein and whey isolate protein) containing of green tea extract phenolic compounds by utilizing layer by layer self- assembly technique and evaluation antibacterial, physical-mechanical properties and release of phenolic compounds from coated kraft at refrigerator temperature inpH of4.5 and 7. The minimum inhibitory concentrationof green tea powder demonstrates that*Escherichia coli* (5mg/ml) compared to *Listeria monocytogenes* (10mg/ml) is more sensitive.The results of physical properties ofkrafts coated paper showed that thickness, grammage and bulk density increased by coating process. Also, the presence of zein in outer layer caused a significant reduction in WVP and increased air resistance. Evaluation of phenolic compounds release from coated krafts demonstrated that release rate in acidic food stimulant was more than the neutral one. Also,release content of kraft paper with zein as outer layers respect to whey isolated protein was higher in the first days and continued in a longer time. Log reduction value of coated kraft with active bilayer zein against *Escherichia coli*and*Listeria monocytogenes*was 0.25 and0.06 respectively. According to the results of this study, active zein bilayer kraft is recommended as a carrier of phenolic compounds for the packaging of food products.

Keywords:Bilayer and multi-layer films, Biopolymers, Release of phenolic compounds

* Corresponding Author E-Mail Address: kashiri.m@gmail.com

www.SID.ir