

# پوشش دهی کاغذ سبک با پروتئین آب پنیر برای بسته بندی محصولات چرب

سهیلا چشمک<sup>۱\*</sup>، محمد رضا دهقانی فیروزآبادی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: شهریورماه ۱۳۹۳

تاریخ پذیرش مقاله: مهرماه ۱۳۹۳

## چکیده

متفاوت بر روی ویژگی های کاغذ بررسی گردید. نتایج نشان داد که خواص ممانعتی و مقاومتی کاغذهای حاصل با افزایش سرعت پوشش دهی به دلیل کاهش وزن پوشش بالا می رود. همچنین استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر - ساکاروز به دلیل قیمت بسیار کم و خواص ممانعتی بسیار عالی در برابر روغن، برای پوشش دهی کاغذ بسته بندی مواد غذایی چرب مثل پیتزا و جعبه شیرینی بسیار مناسب تر است.

## واژه های کلیدی

پوشش دهی<sup>۳</sup>، کاغذ بسته بندی، ممانعت، مقاومت و سرعت.

## ۱- مقدمه

امروزه آلودگی های ناشی از مواد پلی مری<sup>۴</sup> بر پایه ترکیبات نفتی، باعث توجه به تولید پلی مرهای زیست تخریب پذیر شده است. عمده ترین پلی مرهایی که به صورت تجاری تولید می شوند، شامل موادی بر پایه پلی ساکاریدها، پروتئین ها، لیپید<sup>۵</sup> و یا ترکیبی از آنها می باشد. یکی از پروتئین های در دسترس که در ایران به صورت عمده در کارخانجات فراوری شیر تولید می شود، آب پنیر است و اخیراً تلاش زیادی برای کاربردی کردن روش های استفاده از آن صورت گرفته است [۲]. کاغذ به دلیل ویژگی هایی مثل سبک بودن از نظر اقتصادی و تجزیه پذیر بودن از نظر زیستی در مقایسه با مواد

امروزه استفاده از کاغذ در بسته بندی به دلیل ویژگی هایی مثل سبکی و زیست تخریب پذیری، در مقایسه با مواد پلاستیکی کاربرد گسترده تری دارد. از آنجایی که کاغذ دارای ویژگی های ممانعتی ضعیفی همچون نفوذ پذیری به بخار آب، گازها و روغن ضعیفی می باشد، برای بهبود ویژگی های ممانعتی کاغذ بسته بندی، استفاده از پلی مرهای مصنوعی مثل پلی اتیلن، لاتکس و پلی وینیل الکل به منظور بهبود ویژگی های ممانعتی کاغذ بسته بندی، ایجاد مشکلات زیست محیطی می کند. جهت رفع این مشکلات، فیلم ها و پوشش هایی بر پایه پلی ساکاریدها، پروتئین ها، چربی ها و یا ترکیبی از آنها وارد صنعت بسته بندی شده اند. یکی از پروتئین هایی که در ایران به فراوانی و ارزانی در دسترس است و اخیراً تلاش زیادی برای پیدا کردن کاربردهای جدیدی برای آن صورت گرفته است، پروتئین آب پنیر می باشد. در این مقاله به بررسی تأثیر وزن پوشش بر ویژگی های مقاومتی (پارگی و ترکیدن)، ممانعتی (نفوذ پذیری در برابر هوا، روغن و آب) و فیزیکی (وزن پوشش) کاغذ سبک پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر پرداخته شده است. در این تحقیق از دو سرعت ۳۰ و ۵۰ میلی متر بر ثانیه برای پوشش دهی کاغذ استفاده شد و تأثیر دو وزن پوشش

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

(\*) نویسنده مسئول: soheilacheshmak@yahoo.com

۲- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. (m\_r\_dehghani@mail.ru)

3- Coating

4- Polymers

5- Lipid

در تحقیقی ویژگی های مکانیکی و خواص ضد روغنی مقوای پوشش داده شده با پروتئین سویای ایزوله شده<sup>۹</sup> را بررسی کردند. محققین دریافتند که مقوای پوشش داده شده با پروتئین سویا، خواص ممانعتی خوبی نسبت به گازها و روغن دارد و با افزایش نرم کننده ها در مقوای پوشش داده شده، مقاومت کششی نمونه ها کاهش و مدول الاستیسته<sup>۱۱</sup> افزایش پیدا می کند [۹].

محققین دیگری ویژگی های مکانیکی و ممانعتی کاغذ پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر را بررسی کردند. براساس نتایج ایشان، افزایش وزن پوشش، فشار (نیروی) پارگی را کاهش می دهد. بدین ترتیب که فشار پارگی کاغذ پوشش دهی شده با پروتئین آب پنیر با وزن پوشش ۱۰ گرم بر متر مربع، ۲۰ درصد کم تر از کاغذ پوشش دهی نشده است. از طرفی، مدول یانگ<sup>۱۱</sup> را به دلیل افزایش انعطاف پذیری، کاهش می دهد. فشار شکست با افزایش وزن پوشش تغییر نمی یابد [۷].

در پژوهشی دیگر، نتایج حاصل از ویژگی های رنگی و برآییت کاغذ پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر، نشان داد که تغییری در شاخص زردی کاغذهای تیمار شده به وجود نیامد؛ اما شاخص زردی کاغذهای تیمار نشده در طول دو ماه ذخیره سازی افزایش یافت. در این تحقیق، همچنین ویژگی های قابلیت نفوذ اکسیژن و روغن مقوای پوشش دهی شده با پروتئین آب پنیر بررسی گردید و این نتیجه حاصل شد که هر دو مقوای پوشش دهی شده، تیمار شده و تیمار نشده با حرارت، کاهش نفوذ پذیری به اکسیژن و روغن قابل توجهی داشتند. با افزایش مدت زمان ذخیره سازی کاغذهای پوشش دهی شده، کاهش نفوذ پذیری به اکسیژن و روغن مقوای تیمار شده، بیش تر از مقوای تیمار نشده بود. نفوذ پذیری به روغن به نوع و وزن پایه کاغذ پوشش دهی شده بستگی دارد [۵].

پلاستیکی کاربرد گسترده تری در صنعت بسته بندی دارد. نگرانی های زیست محیطی همانند محدودیت گازهای گلخانه ای و هزینه زیاد مواد شیمیایی در آینده، مواد تجدید شونده را به عنوان جایگزینی مناسب برای این پلی مرها مورد توجه قرار داده است. در این راستا مواد تجزیه پذیر مثل انواع پروتئین ها و پلی ساکاریدها<sup>۱</sup> به علت ایجاد پیوند هیدروژنی<sup>۲</sup> زیاد، مورد توجه قرار گرفته اند. این پوشش های زیست تخریب پذیر، باعث تقویت خواص ممانعتی و مقاومتی کاغذ می گردند [۳ و ۶]. پروتئین آب پنیر که پروتئین سرمی یا محلول نیز نامیده می شود، حدوداً ۲۰ درصد پروتئین های شیر را تشکیل می دهد. زمانی که در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، pH شیر به ۴/۶ رسانده می شود، پروتئین های کازئینی<sup>۳</sup> که ۸۰ درصد پروتئین های شیر گاو را تشکیل می دهند، رسوب کرده و پروتئین محلول باقی می ماند. پروتئین آب پنیر متشکل از بتا لاکتوگلوبولین<sup>۴</sup> (۵۰٪)، آلفا لاکتوآلبومین<sup>۵</sup> (۲۲٪)، ایمونوگلوبولین ها (۱۲٪)، پروتوزیپتون ها (۱۰٪) و سرم آلبومین<sup>۶</sup> (۵٪) هستند. پروتئین آب پنیر برخلاف پروتئین های کازئینی کروی و حساس به گرما هستند [۸]. خواص ممانعتی کاغذ پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر خواص ممانعتی خوبی در برابر چربی دارد. استفاده از نرم کننده های ریز ساختار نظیر گلیسرول<sup>۷</sup> به دلیل مهاجرت<sup>۸</sup> احتمالی به سطح، سبب ترک خوردگی پوشش می شود، لذا مقاومت در برابر روغن و چربی کاغذ پوشش دهی شده با پروتئین آب پنیر، ترک خوردگی پوشش در اثر گذشت زمان کاهش می یابد. استفاده از نرم کننده هایی با مولکول های بزرگ برای پوشش کاغذ با پروتئین آب پنیر، ممکن است از مهاجرت آن ها به سطح مقوا جلوگیری نماید [۵ و ۹].

- 1- Polysaccharide
- 2- Hydrogen
- 3- Casein
- 4- Beta lactoglobulin
- 5- Alpha lactalbumin
- 6- Albumin
- 7- Glycerol
- 8- Migratory

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۱-۲- مواد و آماده‌سازی آن

کاغذ روزنامه از کارخانه چوب و کاغذ مازندران با گراماژ (وزن پایه)<sup>۱</sup> حدود ۵۰ گرم بر مترمربع، کنسانتره<sup>۲</sup> پروتئین آب پنیر با خلوص ۸۰٪ از شرکت ساپتوچیز<sup>۳</sup> آمریکا و نرم‌کننده ساکاروز<sup>۴</sup> (با وزن مولکولی ۳۴۰) جهت بهبود قابلیت انعطاف‌پذیری پروتئین آب پنیر با برند تجاری مرک<sup>۵</sup> آلمان تهیه گردید. برای آماده‌سازی محلول پوشش، ابتدا محلول پروتئینی آب پنیر را با غلظت ۱۰ درصد آماده کرده (با استفاده از آب مقطر)، سپس آن را به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد (پروتئین‌های آب پنیر به شکل کروی هستند، برای اینکه این پروتئین از هم باز شوند و بتوانند با سطح کاغذ پیوند ایجاد کنند، حرارت‌دهی صورت می‌گیرد) هم‌می‌زنند. بعد از مدت ذکر شده، محلول را تا دمای اتاق سرد می‌نمایند. برای تهیه محلول با نسبت پروتئین به نرم‌کننده یک به یک، به محلول دارای حجم ۱۰۰ میلی‌لیتری، ۱۰ گرم نرم‌کننده اضافه می‌نمایند. محلول به مدت ۵ دقیقه روی همزن، هم زده می‌شود. سپس pH محلول با سود سوزآور به هشت درصد رسانده می‌شود.

### ۲-۲- عملیات پوشش‌دهی و خشک کردن کاغذ

برای پوشش‌دهی کاغذ از دستگاه "آتو بار کاتر"<sup>۶</sup> استفاده گردید. برای پوشش‌دهی یک طرف کاغذ A<sub>4</sub>، حجمی حدود شش میلی‌لیتر از محلول پوشش با استفاده از سرنگ در ابتدای کاغذ، نزدیک میله دستگاه پوشش‌دهی ریخته شد. سپس محلول توسط میله پوشش‌دهی با سرعت‌های متغیر ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر بر ثانیه روی کاغذ اعمال گردید. پس از پوشش‌دهی، کاغذ بر روی قاب پلاستیکی قرار گرفت و توسط گیره مهار شد. نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت با دمای ۵۰

- 1- Gramase (Basis weight)
- 2- Concentrate
- 3- Southchase
- 4- Sucrose
- 5- Merck
- 6- Auto bar coater

درجه سانتی‌گراد در آن خشک گردید. در پایان، نمونه‌ها برای انجام آزمون‌های مکانیکی (پارگی و ترکیدن)، مانع‌تی (جذب روغن) و فیزیکی (وزن پوشش و تخلخل) آماده شد. کلیه آزمون‌ها و روش‌ها توسط استاندارد TAPPI<sup>۷</sup> مطابق (جدول ۱) عملیاتی گردید.

جدول ۱- استانداردهای مورد استفاده برای آزمون‌ها

شماره استاندارد	آزمون
TAPPI T 251 wd-96	مقاومت به عبور هوا
TAPPI T462 om-01	جذب روغن
TAPPI T403 om-02	مقاومت به ترکیدن
TAPPI T414 om-04	مقاومت به پارگی

## ۳- نتایج و بحث

### ۱-۳- تعیین وزن پوشش

پس از پوشش‌دهی کاغذ، وزن پوشش از تفریق وزن کاغذ قبل و بعد از پوشش‌دهی به دست آمد. وزن پوشش حاصل ۱۳/۶۲ گرم بر مترمربع گردید.

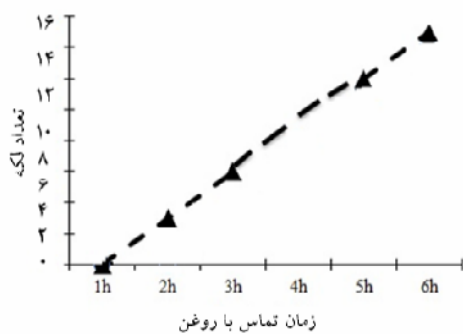
### ۲-۳- مقاومت به عبور هوا

قابلیت نفوذ هوا یک ویژگی وابسته به ساختار کاغذ است که به تعداد، اندازه، شکل و چگونگی توزیع خلل و فرج موجود در ورقه بستگی دارد. این ویژگی در کاغذ می‌تواند از بسیاری جهات حائز اهمیت باشد. در اکثر کاغذها، قابلیت نفوذ هوا با خواص مقاومتی کاغذ مثل مقاومت به کشش، ترکیدگی و تا خوردگی رابطه معکوس دارد. قابلیت نفوذ هوا همچنین نشان می‌دهد که یک ورقه کاغذ در برابر نفوذ دیگر سیالات چه واکنشی از خود نشان می‌دهد [۱].

آزمون مقاومت به عبور هوا بر طبق استانداردهای ذکر شده صورت گرفت. مطابق (نمودار ۱)، استفاده از پوشش پروتئین آب پنیر مقاومت به عبور هوا را نسبت به نمونه شاهد به میزان معنی‌داری افزایش داد. مدت جریان عبور

7- Technical association of the pulp and paper industry (TAPPI)

جذب روغن کاغذها بعد از اعمال پوشش دهی، برای هر تیمار در سه تکرار با توجه به روش گفته شده، بررسی شد. با افزایش زمان ماند در آن، جذب روغن کاغذها افزایش یافت. کاغذ بدون پوشش در همان ساعات اول کاملاً آغشته به روغن شد. پوشش دهی باعث پر شدن خلل و فرج می شود که جذب روغن را کاهش می دهد. علاوه بر آن، ساکاروز دارای گروه های قطبی است که هر چه مولکول قطبی تر باشد، جذب روغن کم تر می شود. از طرفی چون ساکاروز دارای وزن مولکولی نسبتاً بالا و ساختار درشتی است، مهاجرت آن به سطح کم تر و جذب روغن آن نیز کم می باشد (نمودار ۲).



نمودار ۲- اثر پوشش بر جذب روغن

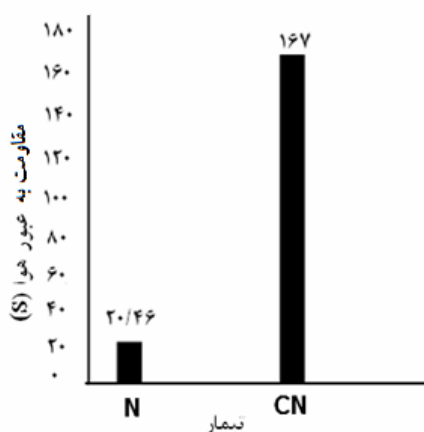
### ۳-۴- مقاومت به ترکیدن

مقاومت به ترکیدن، عبارتست از: فشار هیدرولیکی<sup>۲</sup> مورد نیاز برای پاره کردن کاغذ که در کره ای به قطر ۳۰/۵ میلی متر و تحت تأثیر سرعت بارگذاری معینی وارد می شود. مقاومت به ترکیدن و مقاومت به شکست کششی، رابطه تنگاتنگی با هم دارند [۱].

هوا قبل از پوشش دهی (N) حدود ۲۰ ثانیه بوده است که بعد از پوشش دهی (CN) به ۱۶۰ ثانیه رسیده است. افزایش مقاومت به عبور هوا در کاغذ پوشش دهی شده، به دلیل پر شدن میزان خلل و فرج بیش تر، افزایش یافته است.

### ۳-۳- آزمون جذب روغن

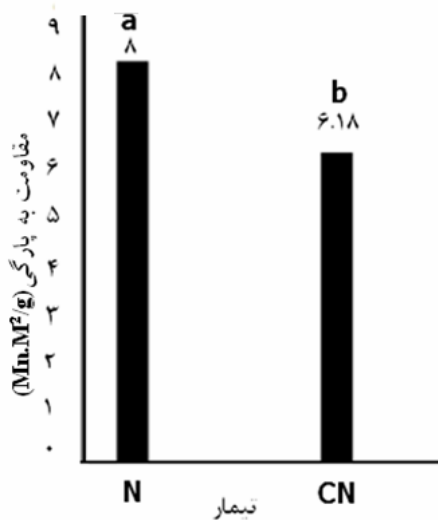
برای انجام این آزمون، ابتدا نمونه های کاغذ پوشش داده شده، به ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی متر بریده شد. سپس بر روی هر یک از آن ها، کاغذ جوهر خشک کن به ابعاد ۷/۵×۷/۵ سانتی متر که با یک میلی لیتر روغن رنگ شده اشباع شده بود، قرار گرفت. در زیر نمونه ها نیز یک کاغذ جوهر خشک کن تمیز با ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی متر قرار داده شد. بعد از آن در دو طرف کاغذ جوهر خشک کن دو فویل آلومینیومی با ابعاد ۱۲×۱۲ سانتی متر گذاشته شد. سپس دو صفحه استیل ضد زنگ با ابعاد ۱۲×۱۲ سانتی متر یکی در زیر و دیگری در



نمودار ۱- اثر پوشش بر مقاومت به عبور هوا

روی دو فویل آلومینیوم قرار گرفت. ده مجموعه به این صورت آماده کرده و بر روی هم گذاشته شد. روی آن ها جسمی با وزن تقریبی ۸۰۰ گرم قرار داده شد. این مجموعه به مدت شش ساعت با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آن قرار گرفت. جذب روغن نمونه ها هر یک ساعت، به صورت تعداد لکه های ایجاد شده گزارش گردید.

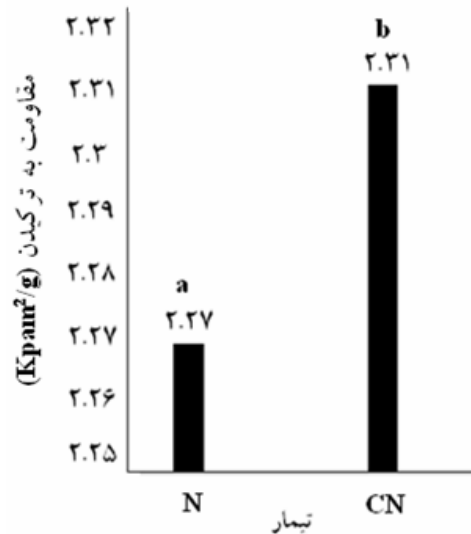
بسته به نوع ماده اولیه مصرفی متفاوت است. به طوری که با افزایش ضخامت دیواره و قطر الیاف افزایش می‌یابد [۱]. به نظر می‌رسد کاهش مقاومت به پارگی، به علت کم شدن اتصالات بین الیاف بوده است. به عبارتی محلول پوشش بکار رفته علاوه بر پرکردن منافذ سطح کاغذ، در اتصالات بین الیاف نیز نفوذ کرده و باعث کاهش تعداد اتصالات شده و در نتیجه مقاومت به پارگی نیز کاهش یافته است (نمودار ۴).



نمودار ۴- اثر پوشش بر مقاومت به پارگی

#### ۴- نتیجه گیری

استفاده از پروتئین آب پنیر به عنوان مواد پوشش دهی کاغذ و مقوای بسته بندی محصولات چرب مثل ساندویچ، پیتزا<sup>۱</sup> و جعبه شیرینی دارای مزیت های فراوانی است. این پروتئین، جایگزین مناسبی برای مواد پلاستیکی مثل پلی اتیلن<sup>۲</sup> می باشد، چون قابلیت بازیافت دارد و اگر در محیط قرار بگیرد، به آسانی تجزیه می شود. از طرفی، استفاده از این پلی مرها، باعث بهبود ویژگی های ممانعتی کاغذ مثل غیر قابل نفوذ بودن در برابر گازها، روغن و آب می شود. علت این بهبود، پر شدن خلل و فرج کاغذ



نمودار ۳- اثر پوشش بر مقاومت به ترکیدن

نتایج به دست آمده، نشان داد که استفاده از محلول پوشش باعث افزایش مقاومت به ترکیدن می شود. به نظر می رسد یکنواختی ضخامت و سطح و همچنین توزیع یکنواخت تنش در حین اعمال تنش، همچنین کم تر شدن تمرکز تنش در سطح کاغذ و انتقال بهتر تنش در جهات مختلف، دلیل این افزایش است. از آنجایی که محلول پوشش دارای نرم کننده می باشد، باعث انعطاف پذیری و کشسانی پوشش می شود. در نتیجه، مقاومت به ترکیدن افزایش می یابد (نمودار ۳).

#### ۳-۵- مقاومت به پارگی

مقاومت کاغذ در برابر پاره شدن بیش تر وابسته به دو عامل اصلی است: ۱- اتصال بین الیاف ۲- مقاومت ذاتی الیاف [۴]. اتصال بین الیاف، وابسته به سطح تماس بین الیاف در کاغذ و ترکیبات موجود در خمیر کاغذ است؛ اما در مورد مقاومت ذاتی الیاف، وضع به گونه دیگری خواهد بود، مقاومت ذاتی الیاف، مقاومت یک فیبر به تنهایی می باشد و

1- Sandwich, pizza

2- Polyethylene

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

۴. میرشکرایبی، س.ا.، ۱۳۸۲، «فناوری خمیر و کاغذ (ترجمه)». چاپ دوم. تهران: انتشارات آبیژ، ۴۴۹ صفحه.

5. Chan, M.A., and Krochta, J.M., 2001, Grease and oxygen barrier properties of whey-protein isolate coated paperboard, Solutions. 57.
6. Gällstedt, M., Brottman, A., Hedenqvist, M.S., 2005, Packaging-related properties of protein- and chitosan-coated paper, packaging technology and science, 167-170.
7. Han, J.H., Krochta, J.M., 2001, "Physical properties and oil absorption of whey-protein-coated paper". Journal of food science, 294-299.
8. Kinsella, J.E., and Whitehead, D.M., 1989, Protein in whey: chemical, physical, and functional properties. Advanced food and nutrition research, 33:343-348.
9. Park, S.K., Hettiarachchy, N. S., and Were L., 2000, "Degradation behavior of soy protein-wheat gluten films in simulated soil conditions". J. Agric. food chem., 48:3027-3031.

#### آدرس نویسنده

گرگان- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی  
گرگان- دانشکده مهندسی چوب و کاغذ- گروه  
صنایع خمیر و کاغذ- کد پستی: ۴۹۱۳۸۱۵۷۳۹.

می‌باشد. در این تحقیق، کاغذ پوشش‌دهی شده، در مقایسه با کاغذ شاهد ممانعت به هوا و روغن بالایی دارد. مقاومت به ترک‌شدن کاغذ تیمار شده نسبت به نمونه شاهد به نظر می‌رسد به دلیل افزایش سفتی، مقاومت کششی، یکنواختی ضخامت، یکنواختی سطح و همچنین توزیع یکنواخت‌تر تنش در حین اعمال تنش، کم‌تر شدن تمرکز تنش در سطح کاغذ و انتقال بهتر تنش در جهات مختلف کاغذ باشد. مقاومت به پارگی در کاغذ پوشش‌دهی شده کاهش یافته است که می‌تواند به دلیل قرار گرفتن محلول پوشش‌دهی بین لیاف و کاهش تعداد اتصالات بین لیفی باشد. پوشش‌دهی کاغذ توسط کنسانتره پروتئین آب پنیر و ساکاروز به‌عنوان نرم‌کننده، خواص ممانعت به روغن خوبی به کاغذ داده است. چون ساکاروز ساختاری نسبتاً درشت و وزن مولکولی بالایی دارد و مهاجرت ساکاروز از داخل پوشش به سطح آن دیر صورت می‌گیرد. از آنجایی که در کشور ما برای بهبود خواص ممانعت به روغن مقوای بسته‌بندی محصولات چرب از پلی‌مرهای پلاستیکی استفاده می‌کنند این امر، بازیافت را دچار مشکل کرده است، استفاده از پوشش کنسانتره پروتئین آب پنیر به دلیل تجزیه‌پذیر بودن توسط محیط و قابلیت بازیافت داشتن، هم از لحاظ اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی برای صنعت بسته‌بندی مفید است.

#### ۵- منابع

۱. افرا بندپی، ا.، ۱۳۸۵، «مبانی ویژگی‌های کاغذ، ساختاری»، مکانیکی و اپتیکی انتشارات آبیژ، ۳۶۰ صفحه.
۲. چشمک، س.، دهقانی فیروزآبادی، م.ر.، سرائیان، ا.ر.، افرا، ا.، ۱۳۹۲، «اثر پوشش پروتئین آب پنیر روی ویژگی‌های مقوا بسته‌بندی»، مجموعه مقالات اولین همایش مدیریت منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.
۳. صداقت، ن.، ۱۳۸۴، «تکنولوژی بسته‌بندی مواد غذایی»، انتشارات مرز دانش، ۳۶۸ صفحه.