

مقایسه برخی از عوامل پوشش دهی کاغذ و تأثیر آن‌ها بر خواص و کیفیت کاغذهای

بسته‌بندی

راحله نوروزی^{۱*}، علی قاسمیان^۲، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی^۳ سید مهدی جعفری^۴

تاریخ دریافت مقاله: آذرماه ۱۳۹۳

تاریخ پذیرش مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۴

چکیده

مقاله حاضر مروری بر مواد آهارزنی کاغذ برای بهبود خواص آن به منظور بسته‌بندی است. آهارزنی کاغذ یکی از روش‌های مهم اصلاح الیاف سلولزی به منظور ایجاد مقاومت به جذب یا نفوذ سیالات به ویژه آب در آن می‌باشد. از نظر کاربردی، این تعریف به معنای ایجاد مقاومت از طریق بکارگیری مواد شیمیایی در سطح کاغذ یا مقوا پس از تشکیل کاغذ می‌باشد. شاخص‌هایی مانند چاپ‌پذیری، چسب‌پذیری و قابلیت گذر کاغذ در صنایع بسته‌بندی ممکن است به واسطه استفاده از مواد شیمیایی مختلف در فرآیندهای کاغذسازی بسیار با اهمیت باشد. امروزه کاربرد مواد طبیعی مثل کاغذ و مقوا در تولیدات بسته‌بندی خطرات کم‌تری را برای محیط‌زیست و به ویژه سلامتی دارد. علی‌رغم اینکه ممکن است کاغذ یا مقوا در بسته‌بندی به صورت خام مصرف شود، ولی به علت تنوع، بازاریابی، مقاوم‌سازی و جذابیت فرآورده مورد نظر، کاغذ بسته‌بندی در طی عملیات ثانویه به مصرف صنایع بسته‌بندی می‌رسد. با توجه به عملیات تبدیلی ثانویه در صنایع بسته‌بندی مثل چاپ و انتقال مواد شیمیایی بر پایه پتروشیمی، محصولات بسته‌بندی شده ممکن است تحت آلودگی ناشی از این عملیات قرار گیرد. بنابراین یکی از راه‌های به حداقل رساندن این مضرات، استفاده از مواد کاملاً زیست‌تخریب‌پذیر در این عملیات می‌باشد. از جمله این مواد طبیعی، می‌توان به روغن‌های گیاهی با اولئیک زیاد اشاره کرد که پس از اصلاح می‌توانند جایگزین مواد بر اساس پتروشیمی شوند. این مواد ضمن کاهش قیمت تمام شده محصول، باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست، حفظ منابع طبیعی و امنیت در بسته‌بندی می‌شود.

واژه‌های کلیدی

آهارزنی، کاغذ، چاپ‌پذیری، بسته‌بندی و جذب مایعات.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
(*نویسنده مسئول: r.nooroozi@yahoo.com).

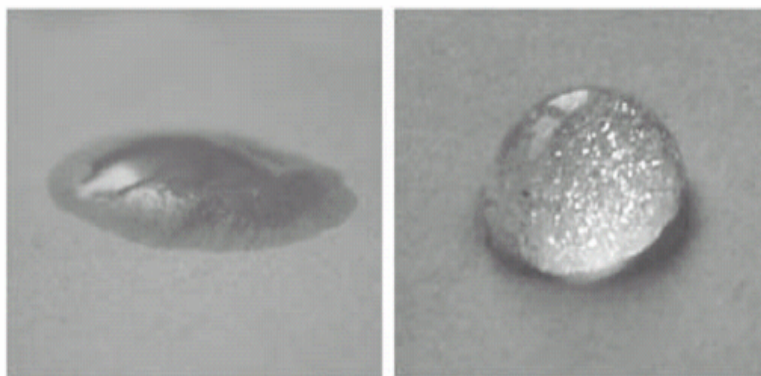
۲- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (Ali_ghasemian@yahoo.com).

۳- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (m_r_dehghani[at]mail.ru).

۴- دانشیار گروه صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (jafarism@hotmail.com).

در سال‌های اخیر، به رغم پیشرفت‌های زیاد صنعت خمیر و کاغذ در کشورهای پیشرفته، مشکلاتی همچون کمبود تأمین مواد اولیه سلولزی^۱، نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد برای ایجاد صنایع جدید خمیر و کاغذسازی و مشکلات زیست محیطی ناشی از راه‌اندازی این گونه از واحدها، به عنوان یک ضرورت اجتناب ناپذیر مطرح می‌باشد و تأمین افت شدید ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای بازیافتی، همچنان به عنوان چالشی مهم در این صنعت مطرح است [۱ و ۲]. در طول تولید کاغذ، عوامل شیمیایی آهارزنی به منظور ایجاد مقاومت در کاغذ و محصولات بر پایه کاغذ به جذب رطوبت اضافه می‌شوند؛ این مواد با سلولز الیاف و همچنین با بخش قطبی مولکول واکنش می‌دهند. عوامل آهاردهی کاغذ به عنوان امولسیون^۲ در محلول پلیمرهای آبی استفاده می‌شود. پایداری عوامل آهاردهی در این امولسیون‌ها و کارایی آن به دو عامل مهم مناسب بودن و کیفیت آن بستگی دارد [۲۴]. ماده افزودنی متداول برای افزایش مقاومت درونی کاغذ، انواع نشاسته کاتیونی است، نشاسته‌ها مشتقات پلیمری قندها هستند و از گیاهان مختلف، به ویژه ذرت، تاپوکا، سیب زمینی و گندم استخراج می‌شود [۳].

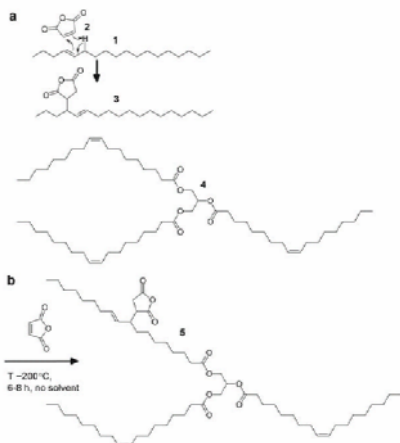
نشاسته در کارخانجات کاغذسازی به صورت پودر سفید رنگ نامحلول ذخیره می‌شود. عملیات پخت نشاسته برای تشکیل یک دوغاب دانه‌ای پراکنده شده و ایجاد پراکنش کلوئیدی^۳ انجام می‌شود. عملیات پخت نشاسته می‌تواند به صورت ناپیوسته و یا پیوسته صورت گیرد [۴]. به طور کلی، آهارزنی به صورت سطحی و درونی اعمال می‌شود. در (شکل ۱) کاغذ آهار شده و آهار نشده قابل مشاهده می‌باشد. به طور کلی، آهارزنی به صورت سطحی و درونی اعمال می‌شود. آهار سطحی در قسمت نهایی پایانه خشک و به منظور ایجاد سطح صاف و صیقلی با چاپ پذیری خوب انجام می‌شود. آهار داخلی به منظور کنترل و کاهش نفوذ مایعات در ساختار کاغذ به وسیله افزودن مواد آبریز انجام می‌شود. عوامل آهار باید واکنش پذیر باشند، بدین صورت که باید با سلولز^۴ و آب رابطه برقرار کرده و تعادل بین این دو خیلی مهم است. از مهم‌ترین عوامل آهار، می‌توان به آلکیل کتن دیمیر^۵ (□□□) و آلکنیل سوکسینیک انیدرید^۶ (□□□) اشاره کرد. عوامل آهارزنی، قابلیت جلوگیری نفوذ بخار را از طریق کاغذ ایجاد نمی‌کنند. مکانیسم‌های زیادی برای نفوذ مایعات به کاغذ وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نفوذ بین فیبر و داخل فیبر^۷ اشاره کرد (شکل ۲).



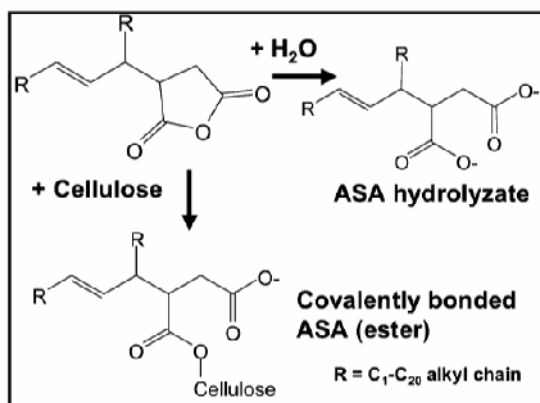
شکل ۱- کاغذ آهار شده و کاغذ بدون آهار [۱۷]

- 3- Colloidal
- 4- Cellulose
- 5- Alkyl ketene dimer
- 6- Alkyl succinic anhydride
- 7- Fiber

- 1- Cellulose
- 2- Emulsion



شکل ۳- (a) فرآیند تولید ASA متداول. (۱) اولفینای داخلی (۲) مالئیک انیدرید (۳) شرایط واکنش *ene*-reaction. (b) تولید روغن های گیاهی مالئیک دارشده، طی واکنش *ene*-reaction (۴) روغن گیاهی با (۲) مالئیک انیدرید و تولید (۵) گلیسرین اولئات مونو مالئیک دارشده [۲۱].



شکل ۲- واکنش آلکیل سوکسینیک انیدرید (ASA) [۲۱]

نفوذ بین فیبر، روند نفوذ مایع از طریق منافذ ساختار کاغذ که در آن فشار موئینگی^۲ که نیروی پیش برنده است و مایع بین الیاف منتقل می شود و نفوذ داخل فیبر، انتشار مایع از طریق الیاف را تشریح می کند، نفوذ از طریق منافذ، پیوند هیدروژنی^۳ بین الیاف را شکسته و تغییراتی را در ساختار کاغذ ایجاد می کند که به موجب این تغییرات پدیده تورم فیبر اتفاق می افتد [۳۰].

امروزه مواد و ترکیبات گسترده ای برای آهاردهی توسعه یافته اند که از مهم ترین آنها می توان به روغن گیاهان به عنوان ماده خام تجدیدپذیر اشاره کرد. این ترکیبات به صورت اصلاح شده مورد استفاده قرار می گیرند و اصلاح آنها معمولاً از طریق مالئیک دار کردن (واکنش با مالئیک انیدرید) اسیدهای چرب اشباع نشده که بیشتر آن اولئیک اسید است؛ انجام می شود. این روغن های اصلاح شده، می توانند به طور کامل جایگزین مواد آهاردهی سنتی مثل آلکنیل سوکسینیک انیدرید (ASA) شوند (شکل ۳) [۱۷].

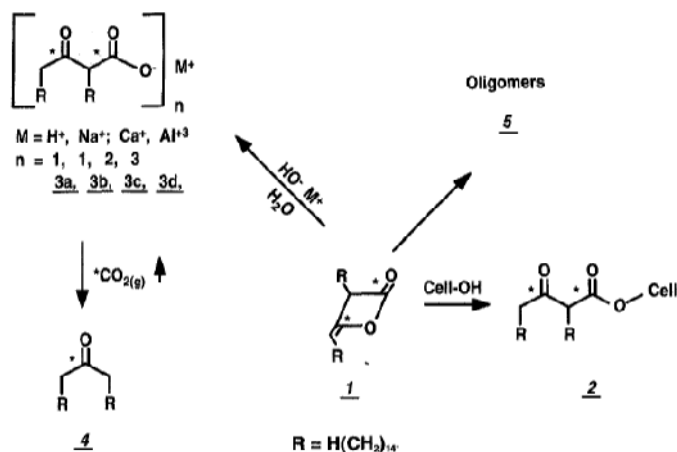
۲- انواع مواد آهارزنی بر پایه پتروشیمی

۱-۲- آلکیل کتن دیمر (AKD)

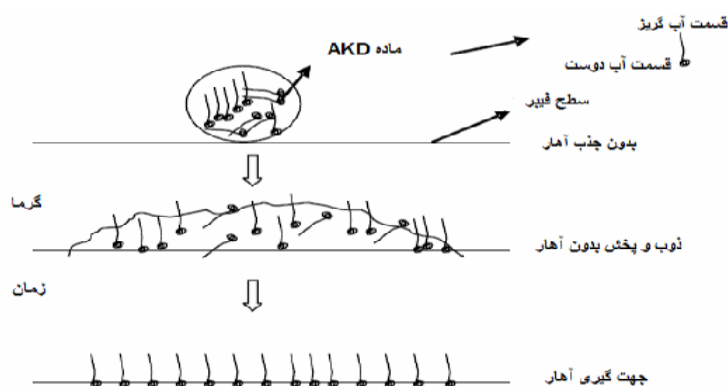
یکی از بیشترین و رایج ترین عوامل آهارزنی در جهان و به ویژه در صنعت کاغذسازی اروپا، آلکیل کتن دیمر می باشد که معمولاً بین ۰/۰۵ تا ۰/۲٪ بر پایه وزن توده الیاف افزوده می شود. عمده واکنش های AKD از نوع استری کردن با گروه های هیدروکسیل^۴ چوب است. تفاوت اصلی بین عوامل آهارزنی، واکنش پذیری کم تر و قابلیت تجزیه پذیری AKD است. افزودن عامل شتاب دهنده، سرعت واکنش را به مقدار خیلی زیاد افزایش می دهد. به طور عادی، عوامل شتاب دهنده شامل بی کربنات، HCO_3^- و پلیمرهای پایه با گروه های آمین^۵ هستند که فاقد الکترون آزاد می باشند [۱۷ و ۱۸]. در (شکل های ۴ و ۵) طرح کلی از واکنش نشان داده شده است.

4- Hydroxyl
5- Amine

1- Fiber
2- Capillary pressure
3- Hydrogen

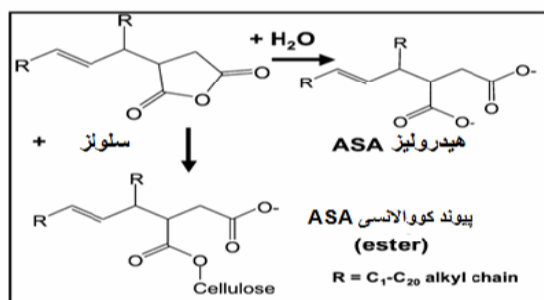


شکل ۴- واکنش‌های احتمالی AKD تولید شده در طی آهار کاغذ [۱۹].



شکل ۵- طرح کلی از مکانیسم آهار AKD [۱۹]

به منظور دستیابی به تیمار کامل به سرعت با سطوح فیبر در طول خشک شدن کاغذ، واکنش نشان می‌دهد.



شکل ۶- واکنش ASA، و در نتیجه ضد آب شدن سطح کاغذ [۲۱]

۲-۲- آلکنیل سوکسینیک انیدرید (ASA)

یکی دیگر از عوامل آهارزنی رایج در سیستم‌های کاغذسازی قلیایی و خنثی، آلکنیل سوکسینیک انیدرید می‌باشد که این ماده می‌تواند با سلولز واکنش داده و ایفای با سطوح آب‌گریز ایجاد کند. ASA از ۱- آلکنیل‌ها یا α -اولفین‌ها ساخته می‌شوند و نسبت به سلولز بسیار واکنش‌پذیر می‌باشند؛ اما بسیار سریع هیدرولیز می‌شوند. این ماده در دمای معمولی به شکل مایع روغنی می‌باشد. این سبب می‌شود که این ماده به راحتی بر روی سطح ایفای سلولز در طول فرآیند خشک شدن پراکنده شود [۱۷ و ۲۰]. دو واکنش اصلی ASA در (شکل ۶) نشان داده شد. ASA

1- Hydrolysis

۳- انواع مواد آهارزنی بر پایه مواد تجدیدپذیر

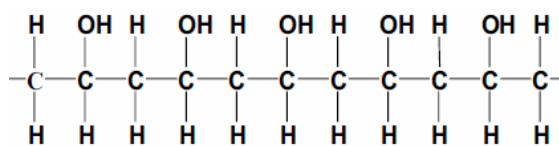
۳-۱- پلی وینیل الکل (PVA)

جدول ۱- مشخصات و توناژ تولیدی انواع PVA

بر اساس نوع مصرف [۶]

نوع مصرف	توناژ تولیدی
چسب	۲۱۰۰۰
صنعت نساجی و بهبود بخشی الیاف	۱۸۰۰۰
صنعت کاغذ و روکش	۱۴۰۰۰
فیلم	۱۳۰۰۰
محافظت کننده‌های کلونیدی و سایر کاربردها	۱۰۰۰۰

مقاومت بسیار عالی شیمیایی و خواص فیزیکی رزین PVA باعث استفاده بسیار وسیع این رزین در صنعت شد. این پلیمر یک چسب بسیار مرغوب بوده و مقاومت بسیار خوبی در مقابل حلال‌ها، روغن و گریس دارد. فیلم تهیه شده از PVA، قدرت کشسانی بسیار عالی داشته و مقاومت ویژه آن نیز بسیار بالا است (شکل ۷).



شکل ۷- ساختار پلی وینیل الکل [۶]

در نتیجه ترکیبی از آلدهید و PVA به عنوان سیستمی از پیوندهای عرضی در بهبود مقاومت تر کاغذ مطرح شد. آلدهیدهای دو عاملی گلی-اکسال و گلو تار آلدهید در حضور PVA کاملاً هیدرولیز شده به عنوان هم‌واکنشگر، استفاده شده است. این دو آلدهید به تنهایی مقاومت تر کاغذ را بهبود می‌بخشند اما مقاومت به تاخوردگی آن کاسته می‌شود که در صورت استفاده از PVA به عنوان هم‌واکنشگر نه تنها مقاومت تر بلکه مقاومت خشک و تحمل به تاخوردگی را افزایش می‌دهد. تحقیقات نشان داده است ترکیب پلیمری هم‌واکنشگر از PVA همراه با عامل پیوندهای عرضی از مولکول‌های اندازه کوچک به طور قابل توجهی هر دو مقاومت تر و تا شدن را در کاغذ

پلی وینیل الکل یک پلیمر سنتزی^۲ محلول در آب با ساختار یکنواخت می‌باشد. این ماده از جایگزینی گروه استات^۳ در وینیل استات^۴ با گروه‌های هیدروکسیل^۵ تولید می‌شود [۵]. امروزه، مصرف PVA در کشور از چند هزار تن تجاوز کرده و عمدتاً در صنایعی نظیر آهارزنی منسوجات و کاغذ، چسب، تهیه کلونیدهای محافظ برای پلیمر شدن امولسیون و تهیه الیاف و پلی وینیل بوتیرال کاغذ مصرف می‌شود. از دیگر مصارف PVA، استفاده در ساختار آفتکش‌ها، علفکش‌ها و کودهای شیمیایی و نیز تهیه افزودنی‌های بتن و اتصالات سیمانی در ساختمان است. خواصی نظیر سازگاری با محیط زیست، انحلال‌پذیری در آب، مقاومت کششی زیاد، مقاومت شیمیایی در محیط‌های قلیایی، نفوذپذیری کم در برابر گازها و خواص نوری مطلوب از علل استفاده این پلیمر در صنایعی نظیر نساجی، کاغذسازی، بسته‌بندی و پزشکی است. مقدار مصرف کلی این پلیمر با توجه به تولید سالانه و به ترتیب بیشترین مصرف در (جدول ۱) آمده است. PVA دارای خاصیت بسیار جالب زیست تخریب‌پذیری است. از آن جا که مونومر وینیل‌الکل در طبیعت به حالت آزاد وجود ندارد، بنابراین در صنعت برای تولید آن از پلی وینیل استات به عنوان یک ماده اولیه استفاده شده است. بزرگ‌ترین منبع صنعتی PVA، پلی وینیل استات است و منابع دیگر تنها برای کارهای پژوهشی و ویژه موجود می‌باشند. این منابع دامنه وسیعی از وینیل استرها و اترها را شامل می‌شوند [۵، ۲۲].

پلی وینیل‌الکل یکی از پلیمرهای سازگار با طبیعت و محلول در آب است که دارای خواص بسیار عالی و همچنین خواص امولسیون‌کننده در محیط می‌باشد.

- 1- Ethylene vinyl alcohol
- 2- Synthetic
- 3- Acetate
- 4- Vinyl acetate
- 5- Hydroxyl

تیمار شده بهبود می‌بخشد که عملکرد گلو تار آلد هید و گلی اکسال به عنوان عوامل مقاومت تر برای کاغذ زمانی که PVA به عنوان هم واکنشگر استفاده شد مقایسه شد [۶].

این ماده همچنین ویژگی‌های عالی نظیر: مقاومت فیلم خوب، انعطاف پذیری و قابلیت چسبندگی ایجاد می‌کند. از جمله روش‌هایی که برای افزایش قابلیت زیست تخریب پذیری پلی وینیل الکل انجام شده است، استفاده از میکروارگانیزم‌های^۱ ویژه، ترکیب تیمارهای شیمیایی و بیولوژیکی^۲ و اصلاح راکتورهای بی‌هوایی می‌باشد [۲۲]. پلی وینیل الکل خواص بازاریابی خوبی در برابر مواد نفتی، حلال‌های آلی، روغن‌ها، مواد معطر و آروماتیک^۳، باکتری، دی اکسید کربن و گازهای کوچک مولکولی نظیر اکسیژن و نیتروژن دارد که در نتیجه آن را برای کاربردهای بسته بندی مطلوب می‌کند [۵ و ۶].

۳-۲- نشاسته

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی برای بررسی پتانسیل مواد زیست پایه برای کاربردهای بسته بندی انجام شده‌اند. پلیمرهای زیست پایه، شامل پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها، توانایی تشکیل فیلم‌های کریستالی با نفوذپذیری پایین نسبت به اکسیژن را دارند، که آن‌ها را برای استفاده در کاربردهای بسته بندی جذاب می‌کند. فیلم‌های زیست تخریب بر پایه نشاسته، کیتوزان^۴، گلو تن گندم^۵، پروتئین شیر چرخ کرده یا زئین^۶ برای استفاده در بسته بندی غذا استفاده می‌شود [۸].

نشاسته از نظر شیمیایی شبیه سلولز و پلیمری از واحدهای گلوکوپیرانوزی^۷ با پیوند ۱ به ۴ است. در یک نگاه کلی، امروزه نشاسته در صنعت کاغذسازی به صورت افزودنی‌های پایانه برای نگهداری الیاف و نرمه‌ها، بهبود مقاومت خشک کاغذ، آهاردهی سطحی، پوشش رنگی و به عنوان چسب در

فرآیند تبدیلات، کاغذ مصرف می‌شود. نشاسته، به دلیل قیمت کمی که دارد، هنوز هم رایج ترین ماده افزودنی مقاومت خشک است و به عنوان مثال، حدود ۲۰ برابر بیشتر از پلی اکریل آمید^۸ مصرف می‌شود. با توجه به این که تمامی نشاسته‌ها در آب سرد نامحلول می‌باشند، برای حل شدن باید پخته شوند [۱]. شرایط خشک شدن برای چسب نشاسته در پوشش دهی باید به منظور جلوگیری از تخلخل غیریکنواخت به دقت کنترل شود. به علاوه، نشاسته یک چسب با عملکرد کم تر از پلی وینیل الکل در وزن پایه است. نشاسته عمدتاً از آمیلوپکتین^۹ (بخش شاخه‌ای) و مقدار کمی از آمیلوز^{۱۰} (زنجیر پلیمری خطی) تشکیل شده است. بخش پلیمر خطی نشاسته در مقایسه با آمیلوپکتین به شکل گیری فیلم بر روی سطح کاغذ کمک بیشتری می‌کند. بنابراین، اثر پایین تر نشاسته از لحاظ شکل گیری فیلم توضیح می‌دهد که صافی سطح کاغذ آهاردهی شده با نشاسته در مقابل پلی وینیل الکل کم تر می‌باشد [۲۳].

مواد افزودنی مقاومت خشک نیازمند جذب مؤثر بر روی الیاف ستند و بایستی ویژگی‌های آبدوستی و وزن مولکولی زیاد داشته باشند، بنابراین برای افزایش جذب نشاسته توسط الیاف بایستی ویژگی‌های آنیونی^{۱۱} سطح الیاف، افزایش یابد. از آنجایی که نشاسته به مقادیر مختلفی بر روی مواد مختلف موجود در خمیر جذب می‌شود و جذب آن غیر قابل برگشت است و اینکه نشاسته جذب شده بر روی الیاف موجب بهبود مقاومت می‌شود، بنابراین انتخاب مناسب نقطه افزودن نشاسته که موجب حداکثر جذب آن بر روی الیاف می‌شود، بسیار مهم است. افزودن نشاسته باعث افزایش مقاومت و کاهش اندکی در ماتی و همچنین افزایش ثابت سطح پیونددار نسبی می‌گردد [۹].

- 1- Microorganisms
- 2- Biological
- 3- Aromatic
- 4- Chitosan
- 5- Gluten
- 6- Zein
- 7- Polyetherimide

- 8- Polyetherimide
- 9- Amylopectin
- 10- Amylose
- 11- Anionic

۳-۳- استفاده از پساب برای تهیه روغن اصلاح شده

به عنوان آهاردرونی

برای آهاردهی کاغذ، تاکنون عوامل مصنوعی بر اساس پتروشیمی استفاده می‌شد؛ اما تقاضا برای عوامل آهار "سبز" به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد.

پس از انجام آزمون‌های آهار بر روی کاغذها، روغن‌های طبیعی که تنها اسید چرب اشباع باقی مانده (اسید اولئیک) را در تری گلیسرید^۱ داشتند بهترین عملکرد را با داشتن محصولی با ویسکوزیته^۲ پایین‌تر و بازده بالاتر دارند. روش تولید بهینه، استفاده از آنتی‌اکسیدان اضافی، افزایش نسبت مالئیک انیدرید به تری‌گلیسرید تا ۴:۱ و همچنین افزایش فشار، باعث کاهش محصولات جانبی ناخواسته پلیمری و افزایش عملکرد می‌شود [۲۴].

پساب و ضایعات حاصل از عملیات استخراج روغن زیتون نسبتاً زیاد بوده و به دلیل بار آلودگی بسیار زیاد آن، باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. در برخی کشورها، ضایعات جامد و مایع صنعتی زیتون معمولاً سوزانده یا دفن می‌شوند. بدین ترتیب چالش اصلی اکثر مطالعات در این حوزه، تبدیل این ضایعات به فرآورده‌های قابل فروش و کم هزینه است. شدت این آلودگی‌ها تا حدی زیاد است که توسط اتحادیه اروپایی به عنوان یک معضل عمده مطرح گردیده است. پساب عملیات استخراج روغن از زیتون که با نام اختصاری^۳ OMW شناخته می‌شود و به دلیل وجود فنل‌ها^۴، اسیدهای چرب فرار، کنتچین‌ها^۵ و سایر بازدارنده‌ها به‌طور طبیعی تخریب‌پذیر نمی‌باشند. استفاده از این پساب جهت آبیاری نیز به دلیل غلظت زیاد یون پتاسیم باعث شوری خاک و تغییر در ماهیت آن می‌گردد. اسیدهای فنولیک^۶ موجود در پساب، تغییردهنده

غیر ویژه هورمون‌های گیاهی هستند و مانع بیوسنت^۷ اسیدهای آمینه اصلی بوده و تخریب آن را تسریع کرده و باعث بازدارندگی در رشد گیاهان خواهد شد [۴، ۱۷ و ۲۵]. روش‌های مختلفی برای استخراج و اصلاح روغن از پساب کارخانجات روغن‌کشی زیتون مطالعه شده است که از مهم‌ترین آن‌ها، می‌توان به تیمار پساب با آهک [۲۷] و اصلاح این روغن با استفاده از مالئیک انیدرید به منظور آهارزنی کاغذ [۱۶ و ۲۸] اشاره کرد.

لاکتر^۸ و همکاران^(۲۰۱۱^ا)، چهار روغن طبیعی حاصل از دانه کتان^۹، کلزا^{۱۰}، سویا و آفتابگردان را برای آهارزنی داخلی کاغذ مورد آزمایش قرار دادند. این روغن‌ها برای آهاردهی کاغذ در طی واکنش^{۱۱} به منظور خاصیت آبگریزی کاغذ مناسب بودند. از میان روغن‌های بررسی شده، روغن کلزا^(RSO^{۱۲}) و روغن آفتابگردان^(SOHO^{۱۳}) با اولئیک اسید بیشتر، نسبت به سایرین دارای شرایط بهتری بوده و با افزایش روغن‌های گیاهی، بازده آهارزنی نیز افزایش یافت [۱۶].

لاکتر و همکاران^(۲۰۱۱^ب) روغن مالئیک‌دار آفتابگردان، توسط NMR، IR-ATR و FSI-MS را نیز توصیف نمود. بر این اساس، در واکنش این^{۱۴} انجام شده برای پیوستگی مالئیک انیدرید^{۱۵}، یک واکنش نیمه سوکسنیک اسید^{۱۶} تأیید شد. در هر دو جداسازی^{۱۷} NMR و^{۱۸} ATR خصوصیات واضح و تشدید در مورد پیوندها نشان داده شد. بر این اساس، روغن مالئیک‌دار مشتق شده از MSOHO کاربرد

7- Bio-synthesis

8- Lackinger

9- Linen

10- Canola

11- Ene-reaction

12- Rapeseed oil

13- High oleic Sunflower Oil

14- Ene-reaction

15- Maleic Anhydride

16- Semi- Succinic Acid

17- Nuclear magnetic resonance

18- Attenuated total reflection infrared

1- Glyceride

2- Viscosity

3- Olive Mill Wastewater (OMW)

4- Phenol

5- Catechin

6- Phenolic

ذرت به طور گسترده به عنوان فیلم‌های بسته‌بندی مواد غذایی و دیگر کاربردها مطالعه شده است. پروتئین‌های گیاهی ارزان و زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشند و سرمایه‌گذاری‌های زیادی به ویژه در بخش‌های دانشگاهی و تحقیقاتی برای کاربردی کردن استفاده از آن در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی انجام شده است [۱۰ و ۲۳].

فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر حاصل از گلوتن در عین حال که انعطاف‌پذیر می‌باشند، مقاومت کافی نیز داشته و هم چنین به نسبت شفاف هستند. این فیلم‌ها در رطوبت نسبی پایین، بازدارندگی عالی در مقابل اکسیژن و کربن دی‌اکسید دارند؛ اما بازدارندگی نسبت به بخار آب، پایین و ویژگی‌های مکانیکی ضعیف این فیلم‌ها در مقایسه با فیلم‌های سنتزی، کاربرد آن‌ها را در بسته‌بندی مواد غذایی محدود می‌کند. هم چنین فیلم گلوتن می‌تواند به‌عنوان حامل مواد افزودنی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد ضد میکروبی و مواد عطر و طعمی عمل کرده و به حفظ کیفیت مواد غذایی کمک کند [۱۰].

جدول ۲- نفوذپذیری نسبت به بخار آب (WVP) فیلم‌های گلوتن و سایر انواع فیلم‌ها [۳۰].

نفوذپذیری نسبت به بخار				
فیلم	WVP (10^{-12} mol/m.s.Pa)	T (°C)	ضخامت (mm)	RH(درصد) گرا دیان
نشاسته	۱۴۲	۳۸	۱/۱۹	۱۰۰/۳
سدیم کازئینات	۲۴/۷	۲۵	-	۱۰۰/۰
زئین ذرت	۶/۴۵	۲۱	۰/۲۰۰	۸۵/۰
هیدروکسی پروپیل متیل سلولز	۵/۹۶	۲۷	۰/۰۱۹	۸۵/۰
گلیسرول مونو استئارات	۵/۸۵	۲۱	۱/۷۵۰	۱۰۰/۷۵
گلوتن گندم-گلیسرول	۵/۰۸	۳۰	۰/۰۵۰	۱۰۰/۰
گلوتن گندم-اولئیک اسید	۴/۱۵	۳۰	۰/۰۵۰	۱۰۰/۰
پروتئین‌های میوفیبریلی ماهی	۳/۹۱	۲۵	۰/۰۶۰	۱۰۰/۰
گلوتن گندم-واکس کارنوبا	۳/۹۰	۳۰	۰/۰۵۰	۱۰۰/۰
پلی اتیلن با چگالی کم	۰/۰۴۸۲	۳۸	۰/۰۲۵	۹۵/۰
گلوتن گندم-موم زنبور عسل (دولایه)	۰/۰۲۳۰	۳۰	۰/۰۹۰	۱۰۰/۰
فویل آلومینیوم	۰/۰۰۰۲۸۹	۳۸	۰/۰۲۵	۹۵/۰

امیدبخشی به دلیل زیست تخریب‌پذیر بودن نسبت به عوامل آهاردهی متداول همچون ASA داشته است [۲۹].

لاکتر و همکاران (۲۰۱۱^d)، خواص وابسته به مواد آهارزنی از جمله رفتار هیدرولیز^۱، زمان وابسته به آهارزنی و تمایل به تهنشینی در مقایسه با مواد آهارزنی متداول را بررسی نمودند. بر این اساس، روغن‌ها به علت داشتن زنجیره‌های آبگریز زیاد، از نفوذ آب ممانعت به عمل می‌آورد. در نتیجه واکنش مواد آهاردهی همانند ASA موجب خواص ضدآبی کاغذ می‌شود. همچنین به دلیل ویسکوزیته بیشتر MSHO، سرعت نفوذ آب کم‌تر از ماده آهاردهی ASA بوده است [۳۰].

۳-۴- پروتئین‌های گیاهی

یکی از معیارهای اصلی در ارزیابی آهارزنی شیمیایی، قابلیت شکل‌گیری فیلم و چسبندگی خوب روی سوبسترا^۲ است. پروتئین‌های گیاهی مثل پروتئین سویا، گلوتن گندم^۳ و

- 1- Hydrolysis
- 2- Substrate
- 3- Wheat gluten

نفوذپذیری نسبت به بخار آب^۱ (WVP) فیلم‌های گوناگون در (جدول ۲) نشان داده شده است.

WVP فیلم‌های گلو تن برابر با سایر فیلم‌های پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی است؛ اما در مقایسه با پلیمرهای سنتزی به نسبت بالا است [۳۰].

۴- تفاوت منابع تولید عوامل آهار و مزایای آنها

در ماشین‌های کاغذسازی مدرن، که سیستم کار آنها از نظر pH به صورت خنثی تا اندکی قلیایی بوده و نیز بیشتر از ۲۰٪ از کربنات کلسیم آسیاب شده به عنوان پرکننده استفاده می‌شود، متداول‌ترین عوامل آهارزنی ASA و AKD می‌باشند. در بسیاری از کاربردهای عوامل آهارزنی داخلی، مصرف ASA نسبت به AKD ترجیح داده می‌شود؛ زیرا دارای عملکرد و کارایی بیشتر و زمان گیرایی کم‌تر است. از این جهت، مواد افزایش‌دهنده مقاومت کاغذ، اغلب زیست‌تخریب‌ناپذیر می‌باشند. دیدگاه و هدف کلی برای توسعه مواد شیمیایی آهارزنی بر پایه منابع تجدیدپذیر، جایگزین کردن کامل این مواد با مواد آهارزنی متداول صنعت می‌باشد. در این راستا، لذا استفاده از مواد آهاردهی زیست‌تخریب‌پذیر و بر پایه مواد غیرنفتی به لحاظ جنبه‌های زیست‌محیطی ترجیح داده می‌شود [۲۹].

انتخاب ماده آهارزنی همچنین تأثیر زیادی بر اکسیژن خواهی شیمیایی^۲ (COD) و بیولوژیکی^۳ (BOD) پساب خروجی کارخانه دارد. به عنوان مثال COD و BOD آهار نشاسته به ترتیب در دامنه ۹۰۰-۱۲۰۰ و ۶۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم اکسیژن بر گرم گزارش شده است، در حالی که برای آهار پلی‌وینیل‌الکل به ترتیب ۱۷۰۰ و ۸۰-۳۰ میلی‌گرم اکسیژن بر گرم گزارش شده است. بنابراین

می‌توان با انتخاب مناسب ماده آهارزنی سیستم تصفیه پساب را کنترل و از مشکلات آن کاست [۲۳].

۵- اهمیت انتخاب مواد در صنایع بسته‌بندی

در سال‌های اخیر، بسته‌بندی بخش جدایی‌ناپذیر از محصول تولیدی می‌باشد و در مواردی حتی از محتوای داخل آن مهم‌تر می‌باشد. انتظارات مصرف‌کنندگان برای بسته‌بندی، به ویژه بسته‌بندی غذا شامل جنبه‌های بهداشتی، ایمنی، قیمت مناسب، راحتی، عمر مفید طولانی و زیست‌تخریب‌پذیری آن می‌باشد. امروزه کاربرد مواد طبیعی مثل کاغذ و مقوا در تولیدات بسته‌بندی خطرات کم‌تری را برای محیط‌زیست و به ویژه سلامتی دارد. علی‌رغم اینکه ممکن است کاغذ یا مقوا در بسته‌بندی به صورت خام مصرف شود، ولی در سال‌های اخیر به علت تنوع، بازاریابی، مقاوم‌سازی و جذابیت فرآورده مورد نظر، کاغذ بسته‌بندی در طی عملیات ثانویه به مصرف صنایع بسته‌بندی می‌رسد. به عنوان مثال مواد چاپ ممکن است منجر به آلودگی محصولات بسته‌بندی کاغذی یا مقوایی شود. آلایندگی اصلی کاغذهای بازیافتی آلدئیدها، آلکانها، کتونها، فتالات، هیدروکربن‌ها، مقدار بسیار کم از فلزات سنگین، ترکیبات چاپ، عوامل آهارزنی و پوشش‌دهی می‌باشند. بنابراین ساده‌ترین و در عین حال تنهاترین روش مؤثر برای حفاظت از محصول در برابر اثرات ناشی از عملیات تبدیلی ثانویه، استفاده از مواد کاملاً زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد [۳۲].

4- Aldehyde

5- Alkanes

6- Ketones

7- Fetalate

8- Hydrocarbon

1- Water vapor permeability

2- Chemical oxygen demand (COD)

3- Biological oxygen demand (BOD)

۶- اهمیت آهار در بسته‌بندی محصولات غذایی و

مایعات

عمده‌ترین و اصلی‌ترین تاثیر مواد و سیستم‌های آهارزنی می‌تواند در بخش بسته‌بندی مایعات مورد توجه قرار گیرد. سه تابع حفظ محتویات، توزیع حمل و نقل، اطلاعات و بازاریابی در بسته‌بندی غذا و به ویژه مایعات، نقش‌های کلیدی ایفا می‌کنند. اصلی‌ترین تابع، حفظ محتویات بسته‌بندی و جلوگیری از اتلاف آن است. بنابراین بسته‌بندی باید به طور بهداشتی صورت گیرد و این امر بسیار مهم است که عطر و طعم آن در طول زمان پایدار بماند و خواص عملکردی و مکانیکی آن تحت تاثیر قرار نگیرد. انواع مقوا معمولاً به سه گروه مقوای جعبه‌ای، کنگره‌ای و ویژه تقسیم‌بندی می‌شوند. مقوای متداول دارای گراماژ^۱ ۱۵۰ گرم بر مترمربع می‌باشد و ساختار چندلایه‌ای آن ویژگی‌های مقاومتی خوبی را ارائه می‌دهد. مقوای بسته‌بندی مایعات به منظور ذخیره‌سازی مایعات، تقاضای زیادی در بازار دارد؛ از این جهت فقط الیاف دست اول (بکر) رنگبری شده می‌تواند برای ساخت این مقوا استفاده شود، چون خالص بودن و تمیزی از نیازمندی‌های اساسی این مقوا برای بسته‌بندی مایعات می‌باشد. بسته به اینکه چه نوع مایعاتی برای بسته‌بندی مدنظر باشد، مقوای آن انتخاب و تولید می‌شود [۱۸]. تمایل موجود برای بسته‌بندی منعطف، استفاده از مواد مصنوعی را برای بسته‌بندی افزایش داده است؛ اما به دلیل اینکه کاغذ از لحاظ اکولوژیکی^۲ قابل قبول‌تر است، انتظار می‌رود این روند معکوس شود. انواع مختلفی از مقوا برای بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از معمول‌ترین آن‌ها، بسته‌بندی شیر و آب میوه است. مقوایی که دو رویه آن با پلی‌اتیلن و با دانسیته کم پوشش‌دهی شده باشد، معمولاً برای بسته‌بندی شیر پاستوریزه^۳ استفاده می‌شود. همچنین برای فرآورده‌های

لبنی با زمان ماندگاری طولانی مدت، به مقوای پوشش‌دهی شده بسیار عایق نیاز است [۱۱].

۷- اهمیت آهارزنی در تولید سطوح ویژه به

منظور کاربرد در بسته‌بندی

۷-۱- تولید سطوح ضد میکروبی

محصولات غذایی بسته‌بندی شده نیاز به محافظت در برابر تخریب فیزیکی، بیوشیمیایی (زیست شیمیایی) و میکروبیولوژیکی دارند تا به خوبی در برابر تغییرات (تخریب طبیعی) ارگانیکی، شامل تغییر در طعم، رایحه، بافت، رنگ یا مزه غذا به وسیله فعل و انفعال با شاخص‌های محیط اطراف حفاظت شوند. زمان، دما، رطوبت، نور، گازها و فشار به طور مستقیم بر طول عمر و کیفیت غذاها تأثیر می‌گذارند. تخریب مستقیم غذا می‌تواند به خسارت مکانیکی، در طول نقل و انتقال یا به وسیله حمل میکروارگانیسم^۴ ایجاد شود.

به منظور جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در غذا نیاز به کنترل نفوذ بخار آب در مواد بسته‌بندی است. رطوبت نسبی (RH) ۶۰٪ یا بالاتر در درون بسته‌بندی رشد کپک را افزایش می‌دهد. در حالی که مخمرها و باکتری‌ها به رطوبت نسبی (RH) بالاتر از ۸۰٪ به منظور شروع رشد نیاز دارند. زمانی که مواد مناسب را برای بسته‌بندی مواد غذایی انتخاب می‌کنند، نیاز به بررسی مقدار رطوبت خود غذا، توانایی آن در جذب یا از دست دادن آب بوسیله فعل و انفعالات با رطوبت هوا، رطوبت مورد انتظار رایج در محیط و کارایی مواد ممانعتی نسبت به بخار آب می‌باشد. جذب رطوبت در محصولات خشک می‌تواند سبب کاهش تردی شود در حالی که از دست دادن رطوبت توسط میوه‌ها و سبزیجات سبب چروکیدگی و پلاسیدگی آن‌ها می‌شود [۸].

آهارزنی به عنوان بخشی از عملیات کاغذسازی در پرس آهارزنی یا در بخش اتوزنی تکمیلی قابل انجام

- 1- Basis weight
- 2- Ecological
- 3- Pasteurization

می‌باشد و ضمن مقاوم ساختن کاغذ به نفوذ مایعات باعث بهبود برخی خواص کاغذ نیز می‌شود. البته دستیابی به این خواص باید با انتخاب ماده‌ای که بتواند این ویژگی‌ها را ایجاد کند، عملیاتی شود [۳]. علاوه بر موارد فوق، در مواردی به منظور ایجاد ویژگی‌های خاص در محصول، به طور مستقیم از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر در ترکیب با پلیمرهای سنتزی^۱ برای کاربردهای بسته‌بندی زیستی استفاده می‌شود [۱۲].

یکی از مهم‌ترین موارد در کاغذهای بهداشتی، استریل^۲ و عاری بودن آن از میکروب‌های بیماری‌زا می‌باشد. از طرفی کاغذهای تیشو^۳ کاربرد گسترده‌ای در تولید پوشک بچه و دستمال توالت دارند. این محصولات به طور مداوم در تماس با اعضای حساس بدن و انواع باکتری‌های بیماری‌زا می‌باشند، لذا در تولید این دسته از کاغذها، جدای از اهمیت استریل بودن، ایجاد خواص ضد باکتریایی نیز بسیار حائز اهمیت است که در فرآیندهای تولید کاغذ بهداشتی به دلیل هزینه و تجهیزات آن توجه نمی‌شود. نیاز به کنترل میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا در آلاینده‌های زیست‌محیطی موجب گسترش فرآورده‌های ضدباکتریایی شده است. عوامل ضد میکروبی به منظور جلوگیری از رشد باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو مواد شیمیایی زیادی بدین منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۱]. از جمله مواد پرکاربرد به منظور تولید کاغذهای آنتی‌باکتریال^۴ می‌توان به نانونقره به دلیل خواص ضد میکروبی اشاره کرد [۱۳]. نقره کلوئیدی به دلیل کاربرد با ارزش آن در علم به عنوان زیست‌حسگرها، برچسب‌ها برای سلول‌ها و زیست‌مولکول‌ها، پروب^۵ یا کاوشگرهای پپتیدی^۶، عوامل ضد میکروبی، عامل درمان زخم و درمان‌شناسی سرطان، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. بیشترین

و مهیج‌ترین کاربرد نانوذرات نقره، فعالیت ضد میکروبی چشمگیر آن می‌باشد [۱۴]. از نانورس نیز می‌توان برای تولید فرآورده‌های آنتی‌باکتریال (کاغذ برای بسته‌بندی مواد غذایی) بهره گرفت. کاغذ معمولاً می‌تواند توسط ترکیبات آنتی‌باکتریال از طریق پوشش‌دهی ساخته شود. در تحقیقات اخیر ساخت کاغذ با نانورس ضمن تقویت خواص آن، از نظر خاصیت آنتی‌باکتریال بودن با موفقیت همراه بوده و در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی استفاده شده است [۳۳].

۷-۲- تولید سطوحی با خواص الکتریکی

کاغذهای رسانا متشکل از خمیرهای کاغذ رنگبری یا رنگبری نشده (بسته به کاربرد) است که در آن الیاف سلولزی توسط پلیمرهای رسانا اصلاح می‌شوند. نتیجه این اصلاح، یک ماده رسانا است که بسیار شبیه به کاغذ معمولی است. به عنوان مثال، مقاومت کششی کاغذ رسانا، مشابه کاغذ معمولی است. کاغذهای رسانا قابل بازیافت بوده و زیست‌تخریب پذیر می‌باشند [۳۴]. برای تهیه سطوحی با خواص الکتریکی از چندین نوع پلیمر رسانا استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: پلی‌پیرول^۷ (PPY)، پلی‌آنیلین^۸ (PANI)، پلی‌تیوفن^۹ (PTH)، پلی‌۴ و ۳ اتیلن دی اکسن تیوفن^{۱۰} (PEDOT)، پلی‌پارافنیلین^{۱۱}، پلی‌پارا فنیلن وینیلن^{۱۲}، که این پلیمرها دارای خاصیت رسانایی ذاتی هستند [۱۵]. امروزه کاغذهای پوشش‌دهی شده با پلیمرهای رسانا توجه زیادی را به عنوان کاغذهای اساسی و اصلی در کاربردهای بسته‌بندی مثل کاغذهای بسته‌بندی ضد الکتریسیته ساکن، الکترومغناطیسی، ضد میکروبی و همچنین کاغذهایی با مقاومت الکتریکی و حرارتی جلب کرده است. در میان پلیمرهای رسانای مورد

- 7- Polypyrrole
- 8- Polyaniline
- 9- Polytuphen
- 10- Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)
- 11- Polyparaphenylene
- 12- Polyphenylene vinylene

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون
بسته‌بندی

- 1- Synthetic polymers
- 2- Sterile
- 3- Tissue paper
- 4- Anitibacteria
- 5- Prob
- 6- Peptide

در صنعت بسته‌بندی با افزودن این مواد به پلیمرهای بسته‌بندی، پوشش‌های ضد میکروبی تولید کرد و کیفیت مواد غذایی و سایر محصولات که نیاز به بسته‌بندی سالم دارند را افزایش داد. بنابراین فرآیندهای آهارزنی می‌تواند با توجه به انتخاب مواد مناسب، جهت تولید کاغذهای بسته‌بندی با اهداف کاربردی خاص بسیار مهم محسوب شوند و نیاز صنعت بسته‌بندی را تأمین نمایند.

۹- منابع

۱. غفاری، م.، قاسمیان، ع.، رسالتی، ح.، اسدپور اتوئی، ق.، (۱۳۹۰). تعیین میزان مصرف بهینه نشاسته کاتیونی بر پایه مقاومت‌های مکانیکی خمیر کاغذهای حاصل از ترکیب خمیر کارتن بازیافتی و خمیر NSSC دست اول، مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، ۲(۲): ۱۳۳-۱۲۱.
۲. قاسمیان، ع.، خلیلی، ع.، (۱۳۹۰). مبانی و روش‌های بازیافت کاغذ، تهران: انتشارات آبیژ، ۱۸۴ صفحه.
۳. میرشکرایی، س.ا.، (۱۳۸۷). فن آوری خمیر و کاغذ (ترجمه)، چاپ دوم، تهران: انتشارات آبیژ، ۵۰۳ صفحه.
۴. شوب چاری، ح.، اکبرپور، ا.، سلیمانی، ع.، (۱۳۸۸). تولید و کاربرد نشاسته در آهار زنی سطحی کاغذ، ماهنامه تخصصی صنایع چوب، مبلمان و کاغذ ایران، ۸(۴۴): ۶۹-۶۴.
۵. روحانی، م.، کرد، ب.، مطیع، ن.، بهزادی، ف.، (۱۳۹۳). خواص بازدارندگی نانوکامپوزیت‌های نانوکریستال سلولز-پلی‌وینیل الکل، مجله جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۷(۳): ۵۲۸-۵۱۷.
۶. یدالهی، ر. (۱۳۹۱). تعیین شرایط بهینه سنتز و کاربرد رزین مقاومت تر بر پایه پلی‌آکریل آمید گلی اکسال شده. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۹۵ ص.
۷. ابوالقاسمی فخری، ل.، قنبرزاده، ب.، دهقان نیا، ج.، انتظامی، ع.، (۱۳۹۰). اثر مونت موریلونیت و نانو بلور سلولوز بر خواص فیزیکی فیلم‌های

استفاده برای پوشش‌دهی الیاف، پلی‌پیرول^۱ (PPy) یک پلیمر ارجح شناخته شده است؛ زیرا دارای سمیت کم و پایداری شیمیایی بوده و به صورت تجاری در دسترس است. به علاوه، پلی‌آنیلین^۲ (PANI) نوع دیگری از پلیمرهای رسانا است که از نظر شیمیایی برگشت‌پذیر بوده و دارای ریخت‌شناسی متفاوت می‌باشد [۳۵].

۸- نتیجه‌گیری

بیوفناوری از جمله زمینه‌هایی است که در وضعیت معرفی به دنیا می‌باشد. با نگاهی جامع و بلند مدت به صنعت بسته‌بندی در کشور و با توجه به مشکلات و موانع فعلی برای رشد و توسعه صنعت جدید پلیمرهای زیستی، نیازمند سرمایه‌گذاری بخش‌های دانشگاهی و تحقیقاتی می‌باشد. تولید و استفاده از پلیمرهای بر پایه نفت، علاوه بر منبع قابل توجه آلودگی‌های زیست محیطی، جزو شاخص‌های اساسی در اقتصاد کشورها می‌باشد. براساس تحقیقات انجام‌شده، آهار کاغذ با روغن‌های گیاهی طبیعی مالئیک‌دار شده امکان‌پذیر است. این محصولات نوید جایگزینی برای عوامل شیمیایی آهارزنی به منظور ایجاد مقاومت در کاغذ و محصولات بر پایه کاغذ را می‌دهد؛ این مواد با سلولز الیاف و همچنین با بخش قطبی مولکول واکنش می‌دهند. اولفین‌های^۳ مبتنی بر عوامل ASA از مواد پتروشیمی می‌باشند. روغن‌های گیاهی مواد خام تجدیدپذیر بوده، در واقع استفاده از این مواد به معنی کاهش منطقی تلاش و هزینه‌های حمل و نقل است. علاوه بر این، ایزومریزاسیون^۴ قبل از مرحله تولید همانند اولفین‌های متعارف که مورد توجه است، مورد نیاز نیست. تولید کاغذهای بسته‌بندی با ویژگی‌های الکتریکی و ضد میکروبی به علت پیچیده بودن فرآیند تولید، از استقبال کم‌تری نسبت به کاغذهای بسته‌بندی برخوردارند. با عنایت به توسعه مواد ضد میکروبی با خواص عالی مثل نانونقره، نانورس، نانو روی و نانوکیتوزان^۵ می‌توان

- 1- Polypyrrole
- 2- Polyaniline
- 3- Olefines
- 4- Isomerization
- 5- Nano chitosan

- Rosenau, T., (2011^a). Novel paper sizing agents from renewables. Part 1: Preparation of a paper sizing agent derived from natural plant oils. *Holzforschung*, Vol. 65: 3–11.
17. Hamed, O.A., Fouad, Y., Hamed, E.M., and Al-Haji, N., (2012). Cellulose powder from olive industry solid waste, *Bioresources*, 7(3):4190-4201.
18. Gunnarsson, M., (2012). Decreased wet strength in retorted liquid packaging board, M.Sc. Thesis, Department of chemical and biological engineering, chalmers university of technology, Sweden.
19. Hundhausen, U., Militz, H., and Mai, (2009). "Use of alkyl ketene dimer (AKD) for surface modification of particleboard chips". *European journal of wood and paper*, 67:37-45.
20. Varshoei, a., Javid, e., Rahmaninia, m., Rahmany, f., (2013). The performance of alkylketene dimer (AKD) for the internal sizing of recycled OCC pulp. *Lignocellulose*, 2(1), 316-326.
21. Lu, P., Liu, W., Wang, H., and Wang, Z., (2013). Using chitosan as sizing promoter of ASA emulsion stabilized by montmorillonite, *BioResources*, 8(4):4923-4936.
22. Hubbe, M., (2004). Acidic and alkaline sizings for printing, writing, and drawing papers. *The book and paper group annual 23*, 139-152.
23. Chen, L., Reddy, N., and Yang, Y., (2013). Soy proteins as environmentally friendly sizing agents to replace poly (vinyl alcohol), *Environmental science and pollution research*, 20:6085-6095.
24. Sousa, S., De Sousa, A.M., Reis, B., and Ramos, A., 2014. Influence of binders on inkjet print quality, *Material science*, 20(1):55-60.
25. Battista, F., Fino, D., and Ruggeri, B., (2014). Polyphenols concentration's effect on the biogas production by wastes derived from olive oil production, *chemical*
- آمیخته کربوکسی متیل سلولوز - پلی‌وینیل الکل، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۴(۶): ۴۶۶-۴۵۵.
۸. عباسی، م. ج.، فرید، م.، دهقانی فیروزآبادی، م.، رسالتی، ح. (۱۳۹۲). کاربرد پوشش‌های زیستی بر روی مقوای بسته‌بندی، سال چهارم، شماره پانزدهم، ۲۷-۱۴.
۹. اکبری امری، م.، سرائیان، ا.، یداللهی، ر. (۱۳۹۳). مروری بر استفاده از افزودنی‌های مقاومت خشک برای بهبود مقاومت‌های مقوای بسته‌بندی. مجله علوم و فنون بسته‌بندی. سال پنجم. شماره نوزدهم. ۳۲-۴۱.
۱۰. قنبرزاده، ب.، الماسی، ه. (۱۳۸۸). مروری بر ویژگی‌های کاربردی فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر خوراکی حاصل از پروتئین گلوتن گندم، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ۲۸(۳): ۱۰-۱.
۱۱. حمصی، ا.ه.، همزه، ی.، اختراع، م. (۱۳۸۶). انواع کاغذ و مقوا. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۶۰ صفحه.
۱۲. تاتاری، ع.، شکاریان، ا. (۱۳۹۳). اهمیت مشتقات سلولزی در تولید فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی، مجله علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی، ۵(۱۹): ۳۱-۲۲.
۱۳. محمدی کمرودی، م. (۱۳۹۱). فرآوری نانو ذرات نقره و ارزیابی عملکرد آن بر خواص ضد میکروبی خمیر و کاغذهای بهداشتی. گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد.
۱۴. هاشمی، م. (۱۳۹۳). اثر ضدباکتری نانوالیاف کربن حاوی نانوذرات نقره، مجله نساجی امروز، ۸۹: ۱۴۲-۸۳.
۱۵. تاتاری، ع.، شکاریان، ا.، غفاری، م. (۱۳۹۳). بررسی کاربردهای کامپوزیت کاغذ-پلیمر رسانا (کاغذهای رسانا) در صنایع الکترونیک، سومین همایش ملی فن‌آوری‌های نوین شیمی و مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.
16. Lackinger, E, Schmid, L., Sartori, J., Isogai, A., Potthast, A. and

Transactions on antennas and propagation, 61(3):1427-1430.

35. Youssef, A.M., Ali El-Samahy, M., and Abdel Rehim, M.H., (2012). Preparation of conductive paper composites based on natural cellulosic fibers for packaging applications, Carbohydrate polymers, 89:1027-1032.

آدرس نویسندگان

گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
گرگان، دانشکده مهندسی صنایع چوب و کاغذ،
گروه صنایع خمیر و کاغذ.

engineering transactions, 38, 373-378.

26. Lackinger, E., Sartori, J., Potthast, A., and Rosenau, T., (2012^a). Novel paper sizing agents based on renewables. Part 5: characterization of maleated oleates by ozonolysis, Holzforschung, 66: 1-8.

27. Saglik, S., Ersoy, L., and imre, S., (2002). Oil recovery from lime-treated wastewater of olive mills, Eur.J.Lipid Sci. Technol, 104:212-215.

28. Lackinger, E., Fallmann, J., Sartori, J., Potthast, A., and Rosenau, T., (2012^b). "Novel paper sizing agents based on renewables". Part 6: sizing properties of maleated high oleic sunflower oil, Journal of wood chemistry and technology, 32:51-65.

29. Lackinger, E., Schmid, L., Sartori, J., Isogai, A., Potthast, A. and Rosenau, T., (2011^b). Novel paper sizing agents from renewables. Part 2: Characterization of maleated high oleic sunflower oil (MSOHO). Holzforschung, Vol. 65:13-19.

30. Lackinger, E., Schmid, L., Sartori, J., Isogai, A., Potthast, A. and Rosenau, T., (2011^d). Novel paper sizing agents based on renewables. Part 4: Application properties in comparison to conventional ASA sizes, Holzforschung, 65: 171-176.

31. Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L., (1992). "Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using respons surface methodology". J. Food Sci., 57, p. 190

32. Stepien, J.L., (2010). Paper packaging materials and food safety, science & technology, 2 pages.

33. Soares, N.F.F., Moreira, F.K.V., Fialho, T.L., and Melo, N.R., (2012). Triclosan - based antibacterial paper reinforced with nano - montmorillonite: a model nanocomposite for the development of new active packaging, polym.Adv. Technol., 23:901-908.

34. Rouse, C.D., Kurz, M.R., Petesen, B.R., and Colpitts, B.G., (2013), Performance evaluation of conductive-paper dipole antennas, IEEE