



مشتقات سلولز به عنوان فیلم و پوشش خوراکی؛ ویژگی‌ها و تأثیر بر کیفیت و ماندگاری فرآورده‌های دام، طیور و آبزیان

داریوش خادمی شورمستی^{*۱}

۱- گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳

کلمات کلیدی:

بسته‌بندی زیستی،

پوشش،

تخم مرغ،

سلولز، فیلم،

گوشت،

مشتقات سلولز.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.28

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.23.7

* مسئول مکاتبات:

Dkhademi@gmail.com

کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از بکارگیری پلیمرهای سنتزی، موجب تنوع و توسعه فناوری‌های نوین جهت بسته‌بندی محصولات مستعد فساد از جمله فرآورده‌های دام، طیور و آبزیان شده است. از پلیمرهای طبیعی به صورت فیلم یا پوشش خوراکی می‌توان جهت تولید بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر استفاده کرد. مشتقات سلولز شامل متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز، از جمله محبوب‌ترین هیدروکلونیدهای پلی‌ساکاریدی مورد استفاده در تولید فیلم و پوشش‌های خوراکی هستند. خواص حسی، تغذیه‌ای و عملکردی فیلم و پوشش‌های خوراکی را می‌توان با مواد و روش‌های مختلف اصلاح کرد. همچنین ترکیبات فعال مختلف برای بهبود کیفیت، پایداری و ایمنی غذاهای بسته‌بندی شده در محلول تشکیل دهنده فیلم و پوشش قرار می‌گیرند. لذا هنگام استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، لازم است که هم خواص فیزیکی مواد زیست‌پلیمر و هم ویژگی‌های عملکردی آنها در نظر گرفته شوند. از مشتقات سلولز در بسته‌بندی فرآورده‌های دامی شامل گوشت خام دام، ماکیان و انواع آبزیان، فرآورده‌های گوشتی حاصل از آنها و تخم مرغ در قالب فیلم و پوشش‌های خوراکی ساده، مرکب و فعال به منظور حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری استفاده شده است. جهت توسعه بکارگیری بسته‌بندی‌های زیستی، باید ملاحظات حقوقی، اقتصادی، فرهنگی و بازاریابی مد نظر قرار گیرد.

۱- مقدمه

فرآورده‌های خوراکی دام، طیور و آبزیان با توجه به ظرفیت رطوبتی و تنوع مواد مغذی و ریز مغذی‌ها در اثر واکنش‌های شیمیایی، آنزیمی و رشد ریززنده‌ها، زمان ماندگاری کوتاهی دارند و به سرعت فاسد می‌شوند که نتیجه آن تغییرات نامطلوب در خصوصیات ظاهری و کیفی آنهاست. از دیرباز روش‌ها و فنون مختلفی برای نگهداری و انبارمانی این دسته از محصولات مورد استفاده قرار گرفته است اما ساده‌ترین روش برای جلوگیری از انواع فساد، بسته‌بندی مناسب آنهاست. به موازات صنعتی‌شدن تولیدات دامی، پیشرفت‌های چشمگیری در فناوری بسته‌بندی این تولیدات نیز ایجاد شد. بدین منظور از روش‌های مختلفی مانند بسته‌بندی تحت خلأ و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و از مواد اولیه مختلفی مانند مواد گیاهی با منشأ سلولزی، سلوفان، ترکیبات پلیمری سنتزی (پلی اتیلن، نایلون، لایمیت، پوشش‌های آلومینیومی و ...) استفاده شده است. از طرفی با توجه به افزایش تقاضا جهت محصولات غذایی آماده برای مصرف، تنوع بخشیدن در تولید و نگهداری محصولات دامی اجتناب ناپذیر است. فرآورده‌های اصلی که بر ماندگاری محصولات دامی ذخیره شده تأثیر می‌گذارند شامل شیوه تولید، ویژگی‌های مواد بسته‌بندی، دمای ذخیره‌سازی، فرآیند بسته‌بندی و دستگاه‌ها و تجهیزاتی است که استفاده می‌شود [۱].

به منظور کنترل رشد ریززنده‌ها در مواد غذایی و افزایش زمان ماندگاری و انبارمانی آنها، عوامل ضد میکروبی مصنوعی و طبیعی مختلفی به فرمول اولیه مواد غذایی افزوده شده یا روی سطح غذا قرار می‌گیرند. به طور کلی افزودن مواد ضد میکروب به فرمول بندی غذا همواره راهکار مؤثری برای جلوگیری از رشد میکروب‌ها نیست، زیرا به موازات تحلیل ساختار اولیه عامل ضد میکروبی طی واکنش با ماده غذایی، کیفیت غذا کاهش می‌یابد. ضمن اینکه امکان تأثیر هدفمند و انتخابی سطح غذا با استفاده مستقیم از این دسته از ترکیبات میسر نیست. بسته‌بندی‌های ضد میکروبی، روش مناسبی برای غلبه بر این مشکلات هستند، زیرا عامل ضد میکروب طی فرآیند ذخیره‌سازی به طور آهسته از روکش بسته‌بندی به سطح غذا نفوذ می‌کند و غلظت لازم را برای جلوگیری از رشد ریززنده‌ها در اختیار ماده غذایی قرار می‌دهد. با توجه به اینکه سرعت رهائش عامل ضد میکروب از پوشش بسته‌بندی، عامل مهم در کنترل کیفیت و امنیت غذا محسوب می‌شود، بنابراین طراحی فیلم‌ها و پوشش‌های پلیمری ضد میکروب که قابلیت کنترل

رهائش عامل ضد میکروب را داراست، مورد توجه واقع شده است [۲].

روند تولید و مصرف سالانه پلیمرهای سنتزی حاصل از مشتقات نفتی که کاربرد بسیار وسیعی در صنایع مختلف از جمله صنعت بسته‌بندی محصولات غذایی دارند در سراسر جهان رو به افزایش است. هرگونه افزایش در تولید این محصولات منجر به آلودگی زیست محیطی جدی ناشی از ضایعات و پلیمرهای تجزیه‌ناپذیر خواهد شد. لذا کاهش مخاطرات زیست محیطی از یک سو و افزایش تمایل به استفاده از محصولات غذایی با کیفیت بالا و آماده مصرف با ماندگاری طولانی از سوی دیگر، منجر به توسعه و گسترش فناوری‌های جدید و یافتن جایگزین‌های زیست تخریب‌پذیر از جمله پلیمرهای طبیعی شده و انتظار می‌رود در سال‌های آینده تأثیر مهمی بر کیفیت محصولات غذایی داشته باشد. بسته‌بندی فرآورده‌های غذایی با پلیمرهای خوراکی ضمن محافظت آنها در برابر اکسیداسیون و آلودگی‌های میکروبی و افزایش قابل توجه کیفیت حسی آنها می‌تواند یک روش مؤثر برای افزودن ارزش و پذیرش بهتر مصرف‌کننده باشد [۳]. پلیمرهای خوراکی را می‌توان در چهار دسته هیدروکلوئیدها، پلی‌پپتیدها، لیپیدها، پلیمرهای خوراکی سنتزی و مرکب قرار داد. از آنجا که پلیمرهای خوراکی به عنوان یک بسته‌بندی و همچنین به عنوان جزئی از غذا در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین باید واجد برخی ویژگی‌ها از جمله بازده مکانیکی با قدرت ممانعتی بالا، پایداری بیوشیمیایی، فیزیکوشیمیایی و میکروبی بوده و در عین حال غیر سمی، بدون آلودگی و کم هزینه باشند [۳، ۴، ۵].

پلیمرهای طبیعی به صورت فیلم یا پوشش به دلیل طعم قابل قبول و تجزیه زیستی می‌توانند منبع جایگزین برای توسعه بسته‌بندی نوین در صنعت غذا و دارو مورد استفاده قرار گیرند. مزیت اصلی پلیمرهای خوراکی نسبت به مواد سنتزی سنتی این است که می‌توان آنها را همراه با محصولات مصرف کرد. پلیمرهای خوراکی به طور انحصاری از مواد تجدید پذیر و خوراکی تولید شده‌اند. این پلیمرهای خوراکی را می‌توان با انواع محصولات طبیعی مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها با افزودن مواد نرم‌کننده و سورفاکتانت تولید کرد. پلیمر خوراکی چنانچه حاوی اجزای مختلفی مانند طعم دهنده‌ها، رنگ دهنده‌ها و شیرین کننده‌ها باشد، می‌تواند خواص حسی غذاهای بسته‌بندی شده را نیز گسترش دهد [۵-۷]. با توجه به گستردگی بکارگیری انواع پلیمرهای طبیعی جهت بسته‌بندی

محصولات زراعی، باغی و دامی، در این مقاله سعی شده است ضمن تعریف و بررسی کارایی و عملکرد انواع پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی زیست تخریب‌پذیر، مروری اجمالی بر اهمیت و کاربرد مشتقات سلولزی به عنوان یکی از انواع پلیمرهای طبیعی مؤثر، ارزان و قابل دسترس هیدروکلوئیدی بر پایه کربوهیدرات در بسته‌بندی محصولات خوراکی دام، طیور و آبزیان ارائه گردد.

۲- هیدروکلوئیدها

هیدروکلوئیدها گروه متنوعی از پلیمرهای با زنجیره بلند هستند که با خاصیت تشکیل دیسپرسیون‌های ویسکوز و یا ژل هنگام پخش شدن در آب مشخص می‌شوند. وجود تعداد زیادی از گروه‌های هیدروکسیل به‌طور محسوسی میل آن‌ها برای اتصال به مولکول‌های آب را افزایش می‌دهد و آن‌ها را به ترکیبات آب‌دوست تبدیل می‌کند. علاوه بر آن، آن‌ها دیسپرسیونی ایجاد می‌کنند که بین یک محلول واقعی و یک سوسپانسیون متوسط است و خواص یک کلوئید را به نمایش می‌گذارد. با در نظر گرفتن این دو ویژگی، آن‌ها تحت عنوان کلوئیدهای آب‌دوست یا هیدروکلوئیدها نامیده می‌شوند. هیدروکلوئیدها علاوه بر دارا بودن خواص عملکردی گسترده‌ای از جمله ضخیم‌سازی، ژل‌سازی، امولسیون‌سازی و تثبیت، به عنوان پوشش یا فیلم خوراکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه هیدروکلوئیدهای تجاری مهم را می‌توان از منابع گیاهی، حیوانی یا ریزنده‌ها به دست آورد. مشتقات سلولز، نشاسته، آلژینات، پکتین، کیتوزان، کاراگینان، پولولان و صمغ‌ها محبوب‌ترین پلی‌ساکاریدهای مورد استفاده در تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی هستند. [۸، ۹]. همان‌طوری‌که گفته شد این مواد ماهیت آب‌دوستی دارند، بنابراین، انواع مختلف روغن و چربی‌ها به‌منظور افزایش خواص ممانعتی در برابر بخار آب در ماتریس هیدروکلوئیدها گنجانیده می‌شوند که مشهورترین آن‌ها موم، تری‌گلیسیرید، مونوگلیسیریدهای استیل، اسیدهای چرب آزاد و روغن‌های گیاهی هستند [۱۰]. در جدول ۱ تعدادی از هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در بسته‌بندی و نگهداری فرآورده‌های خوراکی دام، طیور و آبزیان آمده است.

۳- روش‌های بکارگیری و ویژگی‌های فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به عنوان ماتریس‌های پیوسته‌ای تعریف می‌شوند که می‌توانند از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها تهیه شوند تا خصوصیات سطح مواد غذایی را تغییر دهند. آن‌ها می‌توانند کیفیت مواد غذایی را از طریق محافظت در برابر تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی مانند از دست دادن رطوبت، واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و اکسیداسیون چربی بهبود بخشند [۱۱]. اگرچه اصطلاحات فیلم و پوشش مترادف یکدیگر استفاده می‌شوند، اما فیلم‌ها به‌طور کلی به‌صورت مستقل و جداگانه ساخته می‌شوند در حالی‌که پوشش‌ها مستقیماً روی محصول غذایی تشکیل می‌شوند. مهم‌ترین ویژگی‌های یک فیلم یا پوشش خوراکی شامل کنترل انتقال جرم، محافظت مکانیکی و جذابیت حسی است [۵].

مواد بکار رفته در روکش‌های خوراکی ممکن است به روش‌های مرطوب یا خشک تولید شوند. در فرآوری مرطوب، در نتیجه فعل و انفعال بین مولکولی فیزیکی و شیمیایی، یک ساختار پیوسته شکل گرفته و تثبیت می‌شود. محلول تشکیل فیلم در یک لایه نازک ریخته و خشک شده و سپس از سطح خارج می‌شود. به‌طور معمول فیلم‌ها به‌روش ریخته‌گری (کاستینگ) که از رایج‌ترین روش‌ها در مقیاس آزمایشگاهی و برخی کاربردهای صنعتی است تولید می‌شوند. ساختار فیلم تحت تأثیر شرایط خشک شدن (دما، رطوبت نسبی)، ضخامت لایه محلول تشکیل دهنده فیلم و ترکیب آن است. از طرف دیگر، پوشش‌های خوراکی از طریق روش‌های غوطه‌وری، افشانه و برس‌زدن نیز با خشک‌شدن محلول تشکیل فیلم روی محصولات غذایی، ایجاد می‌شوند [۳]. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را می‌توان با روش اکستروژن نیز تهیه کرد. اکستروژن غالباً به‌عنوان روش ساخت فیلم بر ریخته‌گری ترجیح داده می‌شود زیرا سرعت عمل سریعتر است و انرژی کمتری برای حذف آب مورد نیاز است. در عین حال اگرچه اکستروژن یک رویکرد امیدوار کننده برای تهیه فیلم‌های خوراکی است، مطالعات محدودی در رابطه با آن وجود دارد [۲۵].

خصوصیات و بازده عملکردی فیلم و پوشش به فراسنجه‌های مختلفی از جمله فرمول‌بندی (مشخصات و غلظت اجزای اصلی و ثانویه، pH، شرایط دنا‌توره شدن و غیره)، شرایط تشکیل فیلم و پوشش (نوع سطحی که محلول تشکیل دهنده فیلم روی آن پخش می‌شود، شرایط خشک‌شدن) و شرایط استفاده از فیلم و پوشش (دما، رطوبت نسبی) بستگی دارد [۲۶].

همچنین ویژگی‌های مواد بسته‌بندی زیست‌پلیمری تحت تأثیر عوامل مختلفی چون منبع اصلی زیست‌پلیمر، ساختار زنجیره پلیمری، فناوری فرآیند (روش آماده سازی و شرایط خشک شدن) و میزان پیوند عرضی یا بلورینگی است. بنابراین، هنگام استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، لازم است که هم خواص فیزیکی مواد زیست‌پلیمر و هم ویژگی‌های عملکردی آنها در نظر گرفته شود [۳].

Table 1 An overview of the animal, poultry and aquatic products application of hydrocolloids-based edible films and coatings

Hydrocolloid	Combined component	Herbal extract/essential oil	Product	Ref.
Guar gum	Xanthan gum	<i>Eryngium caucasicum</i>	Chicken fillet	[12]
	Carboxymethyl cellulose (CMC)	<i>Satureja hortensis</i>	Chicken fillet	[13]
Xanthan gum		<i>Mentha piperita</i>	Rainbow trout fillet	[14]
Alginate	Nano-Clay	<i>Satureja hortensis</i>	Chicken fillet	[13]
		<i>Cymbopogon citratus</i>	Chicken fillet	[15]
		<i>Rosmarinus officinalis</i>	Fish-Chicken burger	[16]
Chitosan		<i>Eucalyptus globulus</i>	Silver carp fillet	[17]
		<i>Artemisia fragrans</i>	Chicken fillet	[18]
		<i>epeta pogonosperma</i>	Chicken fillet	[19]
Na- Caseinate		<i>Zataria multiflora</i> and <i>Cuminum cyminum</i>	Chicken fillet	[20]
		<i>Zataria multiflora</i>	Rainbow trout fillet	[21]
		<i>Zataria multiflora</i>	Veal meat	[22]
Pectin			Egg	[23]
		<i>Cinnamomum verum</i>	Egg	[24]

در فیلم‌ها و پوشش‌های دارای فرمول‌بندی‌های چند جزئی (مرکب یا کامپوزیت)، ترکیب شیمیایی و اختلاط پذیری همه اجزاء بسیار مهم بوده و بیشتر خواص فیزیکی مواد زیست‌پلیمر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پوشش‌های مرکب را می‌توان به صورت دولایه یا امولسیون‌های پایدار تولید کرد. در پوشش‌های دو لایه، لایه لایه دوم را روی لایه پلی ساکارید تشکیل می‌دهد. در پوشش‌های امولسیونی، چربی پراکنده شده

و در ماتریس پش‌تیبان پروتئینی یا پلی ساکاریدی گیر افتاده است. در این نوع پوشش‌ها، کارایی مواد لیبیدی به ساختار لیبیدی، آرایش شیمیایی آن، آب‌گریزی، حالت فیزیکی و تعامل آن با سایر اجزای فیلم بستگی دارد [۲۷]. در جدول ۲ تأثیر فرمول‌بندی، ترکیب و روش تهیه فیلم خوراکی بر برخی خصوصیات فیزیکی آمده است [۲۸].

Table 2 Example of formulation where mechanical and barrier parameters are changing as a function of composition

Formulation	Composition	Thickness (μm)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)	WVP 10 ⁻¹⁰ (g/msPa)
Fish gelatin, glycerol, water, extrusion, casting	Extrusion 20% (110°C)	450	2.41	282.6	1.51
	Extrusion 20% (120°C)	580	1.51	256.3	1.97
	Extrusion 25% (110°C)	410	1.92	293.4	2.43
	Extrusion 25% (120°C)	340	1.87	237.2	2.92
	Casting 20%	100	17.8	27.4	1.91
	Casting 25%	100	7.7	49.4	2.50

ضخامت و یکنواختی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از جمله فراسنجه‌هایی هستند که بر خواص زیستی و ماندگاری مواد اولیه پوشش داده شده مؤثر است. این ویژگی‌ها به خواص محلول (چگالی، گرانشی، کشش سطحی) و روش تولید فیلم و پوشش بستگی دارد. روش‌های اندازه‌گیری ضخامت لایه

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دو نوع تماسی و غیر تماسی تقسیم می‌شوند. روش‌های تماسی ساده‌ترین روش‌هاست و شامل جداسازی لایه روکش از محصول و اندازه‌گیری ضخامت آن با استفاده از میکرومتر است. در گروه روش‌های غیر تماسی، از میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ الکترونی

رویشی، میکروسکوپ رaman کانفوکال و طیف سنجی رaman برای اندازه‌گیری ضخامت لایه فیلم استفاده می‌شود [۲۹].

خواص مکانیکی خوب از جمله الزامات اساسی برای فیلم‌های خوراکی است، زیرا انعطاف‌پذیری یا استحکام ضعیف ممکن است به خرابی زود هنگام یا ترک خوردگی در حین تولید، حمل، نگهداری یا استفاده منجر شود. همچنین اثربخشی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در محافظت از محصولات در برابر فساد به خواص ممانعتی آنها در برابر اکسیژن، دی‌اکسید کربن، ازت و بخار آب بستگی دارد. نفوذپذیری نسبت به گازها در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به عوامل متعددی مانند یکپارچگی فیلم، نسبت بین مناطق بلوری و آمورف، نسبت آب‌دوست به آب‌گریز و تحرک زنجیره پلیمری بستگی دارد. برهم‌کنش بین پلیمرهای تشکیل دهنده فیلم و وجود نرم‌کننده یا سایر افزودنی‌ها نیز عوامل مهمی در نفوذپذیری فیلم هستند. پلی ساکاریدها معمولاً ماهیت قطبی دارند، بنابراین انتظار می‌رود فیلم‌های حاصله موانع خوبی برای گازهای غیرقطبی از جمله اکسیژن باشند [۳۰، ۳۱].

۴- بهبود خواص فیزیکی و کیفی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

خواص حسی، تغذیه‌ای و عملکردی، از جمله خواص مکانیکی ماتریس پوشش‌های خوراکی را می‌توان با استفاده از نرم‌کننده‌ها (افزایش کشسانی آنها)، امولسیفایرها یا سورفاکتانت‌ها (بهبود پایداری امولسیون) و عوامل اتصال عرضی (بهبود خواص فیزیکی) اصلاح کرد. همچنین ترکیبات فعال مختلف از جمله ضد میکروب‌ها، ضد اکسیدان‌ها، عوامل رنگی، طعم دهنده‌ها، پروبیوتیک‌ها و غذا داروها برای بهبود کیفیت، پایداری و ایمنی غذاهای بسته‌بندی شده در محلول تشکیل دهنده فیلم و پوشش قرار می‌گیرند. نرم‌کننده‌ها با کاهش پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی در زنجیره‌های پلیمری، قدرت انسجام را کاهش می‌دهند [۳۲، ۳۳]. نرم‌کننده‌ها ترکیبات با وزن مولکولی کم و غیر فرار مانند مونوساکاریدها، اولیگوساکاریدها (گلوکز، فروکتوز، ساکارز و عسل)، پلی‌اول‌ها (گلیسرول، سوربیتول، زایلیتول، پلی اتیلن گلیکول)، چربی‌ها و مشتقات آن (فسفولیپیدها، اسیدهای چرب) هستند. گنجاندن این مواد در ساختار برای به دست آوردن پوشش‌های انعطاف‌پذیر ضروری است. نرم‌کننده‌ها با

کاهش پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی بین زنجیره‌های پلیمری، قدرت انسجام را کاهش می‌دهند. آنها باعث افزایش فضاها بین مولکولی شده، بنابراین تحرک مولکول‌ها را افزایش داده و منجر به کاهش درجه تبلور، تغییر در مقاومت کششی و تغییر در مدول یانگ می‌شوند [۳۲]. نرم‌کننده‌ها انعطاف پذیری، قابلیت کارکرد و کشیدگی‌ها را افزایش و سختی و شکنندگی فیلم‌ها و پوشش‌ها را کاهش داده و از ترک خوردن آنها جلوگیری می‌کنند. نرم‌کننده‌ها با کاهش نیروهای بین مولکولی که بین زنجیره‌های مجاور عمل می‌کنند، سختی را کاهش داده و قابلیت بسط و کشش پلیمرها را افزایش می‌دهند. اگرچه آنها ویژگی‌های ساختاری فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را بهبود می‌بخشند، اما ممکن است بر خواص ممانعتی آنها تأثیر منفی گذاشته و نفوذپذیری آنها را در برابر گاز، بخار آب و مواد محلول کاهش دهند [۳۴].

برای بهبود عملکرد، خواص فیزیکی و عملکردی فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی نیز اصلاحاتی انجام می‌شود. خواص عملکردی را می‌توان با حرارت، اشعه ماوراء بنفش و گاما (پیوند عرضی فیزیکی) یا پیوند عرضی با لاکتاز و تیروزیناز بهبود بخشید. پیوند متقابل به معنای تشکیل پیوندهای غیر کووالانسی یا کووالانسی است و هدف آن ایجاد یک شبکه سه بعدی از طریق اتصال مؤثر زنجیره پلیمری است. عوامل فعال سطحی، یعنی سورفاکتانت‌ها، که در غلظت بالاتری بر روی سطح مواد قرار دارند، به نوبه خود بر کشش سطحی و قابلیت مرطوب شدن محلول پوششی محصولات غذایی تأثیر می‌گذارند. آنها با کاهش کشش سطحی، چسبندگی مواد پوششی به سطح محصول را تسهیل می‌کنند. بخش قطبی آنها تمایل زیادی به حلال‌های قطبی دارد و قسمت غیر قطبی (به اصطلاح چربی‌دوست) می‌تواند با حلال‌های غیر قطبی ترکیب شود. این تقارن بین قسمت‌های قطبی و غیر قطبی، عملکرد سورفاکتانت را در سطح اتصال هدایت می‌کند و همچنین بر خواص پوشش تأثیر می‌گذارد. سورفاکتانت‌ها به منظور کاهش چسبندگی کلی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در نظر گرفته شده‌اند. سورفاکتانت‌های غیر یونی که برای استفاده در محصولات غذایی تأیید شده‌اند شامل توئین‌ها (توئین ۲۰، توئین ۸۰ و توئین ۸۵) و اسپن‌ها (اسپن ۸۰) هستند [۳۵]. در جدول ۳ تأثیر روش‌های اصلاح شیمیایی بر برخی خصوصیات مکانیکی فیلم و پوشش خوراکی بر پایه سلولز آمده است.

هنگامی که از پوشش‌های خوراکی به عنوان ماتریس حامل ترکیبات زیست فعال استفاده می‌شود، ضمن محافظت از این ترکیبات زیست فعال، بوها و مزه‌های نامطبوع نیز پوشانده می‌شوند. از طرف دیگر استفاده از ترکیبات زیست فعال ممکن

است با معایبی چون بدطعمی و از دست دادن سریع کارایی نیز همراه باشد. در این حالت ریزپوشانی، یک روش امیدوار کننده است که می‌تواند مضرات استفاده از ترکیبات زیست فعال را به عنوان مواد افزودنی غذایی مرتفع سازد [۴۰].

Table 3 Effect of chemical modification methods on mechanical properties of cellulose-based coating and film

Modification Methods	Edible Packaging Materials	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)	WVP (g/msPa)	Ref.
Methylation	MC	55	36	2.78×10^{-10}	[36]
Carboxymethylation	CMC	10.48	42.37	1.19×10^{-3}	[37]
Hydroxypropylation	HPMC	33	13.4	1.34×10^{-10}	[38]
Cross-linking	Catechins-cross-linked MC	73.7	2.8	2.48×10^{-11}	[39]

پرکننده در مقیاس نانو منجر به تولید نانوکامپوزیت‌های پلیمری شده و جایگزینی بنیادی برای کامپوزیت‌های پلیمری معمولی است [۴۳].

۵- سلولز و مشتقات آن

سلولز فراوان‌ترین پلیمر طبیعی بوده و در ساختمان آن پیوند گلیکوزیدی بتا ۱ و ۴ در میان واحدهای تکرار شونده دی گلوکز قرار گرفته‌اند. آرایش منظم و شکل متبلور مشخص باعث نامحلول شدن آن در محیط آبی می‌شود. فیلم‌ها و پوشش‌های مبتنی بر مشتقات سلولزی (مانند اترها و استرها) از عملکرد تشکیل فیلم بیشتری برخوردار هستند. این نوع فیلم‌ها یا پوشش‌ها معمولاً بی‌مزه، خمیده و بدون بو هستند و دارای انرژي کم، شفاف، مقاوم در برابر روغن و چربی، ماهیت آب‌دوستی، با نفوذپذیری متوسط اکسیژن و رطوبت هستند [۴۴]. با اتریفیکاسیون می‌توان به سلولز قابلیت انحلال در آب اعطا کرد. اترهای سلولز محلول در آب شامل متیل سلولز (MC, E461)، هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC, E463)، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC, E464) و کربوکسی متیل سلولز (CMC, E466)، دارای خواص فیلم‌سازی خوبی هستند (شکل ۱) [۴۳].

اترهای سلولز از جانشینی اتم‌های هیدروژن گروه‌های سه‌گانه OH موجود در ساختار شیمیایی سلولز با رادیکال‌های آلکیل، به صورت نیمه سنتزی توسط واکنش‌گرها تولید می‌شوند. مشتقات سلولز ژل‌سازی حرارتی بروز می‌دهند، بنابراین وقتی سوسپانسیون‌ها گرم می‌شوند ژل تشکیل می‌دهند در حالی که با خنک شدن به قوام اولیه باز می‌گردند. فیلم‌های مبتنی بر مشتقات سلولز به دلیل ذات آب‌دوستی پلی‌ساکاریدها، مانعت ضعیفی در برابر بخار آب داشته و از نظر مکانیکی نیز ضعیف هستند [۴۵].

ریزپوشانی کارایی بیشتری نسبت به کاربرد مستقیم این ترکیبات روی سطح مواد غذایی دارند، زیرا پوشش‌های خوراکی مهاجرت عوامل از سطح را به تأخیر می‌اندازند و به حفظ غلظت بالای ترکیبات فعال در مکان مورد نیاز کمک می‌کنند [۴۱]. در بررسی تأثیر عصاره چای ترش نانوریزپوشانی شده در پوشش کربوکسی متیل سلولز بر ماندگاری ناگت مرغ نشان داده شد که نانوریزپوشانی به‌طور مؤثری کارایی ضد اکسیدانی عصاره را بهبود بخشید [۴۲].

مدت‌ها از زیست‌پلیمرها بیشتر به عنوان یک فرمول فیلم یا پوشش یک‌جزئی (ساده) استفاده شده و این تمایل هنوز هم مشاهده می‌شود. اما در دهه‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای بر روی مواد خوراکی دو یا چند جزئی (مركب یا کامپوزیت) ارائه شده است که با بهبود خواص عملکردی آنها همراه بوده است. پوشش‌های مرکب (کامپوزیتی) را می‌توان به صورت دو لایه یا امولسیون‌های پایدار تولید کرد. در پوشش‌های دو لایه، لایه لایه دوم را روی لایه پلی‌ساکارید تشکیل می‌دهد. در پوشش‌های امولسیونی، چربی پراکنده شده و در ماتریس پشتیبان پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی گیر افتاده است. در این نوع پوشش‌ها، کارایی مواد لیپیدی به ساختار لیپیدی، آرایش شیمیایی آن، آب‌گریزی، حالت فیزیکی و تعامل آن با سایر اجزای فیلم بستگی دارد [۲۷].

استفاده از نانوکامپوزیت‌ها نویدبخش گسترش استفاده از پلیمرهای خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر است. این موضوع به کاهش ضایعات بسته‌بندی غذاهای فرآوری شده، حفظ غذاهای تازه و افزایش ماندگاری آنها کمک خواهد کرد. کامپوزیت‌های پلیمری مخلوطی از پلیمرهایی با مواد افزودنی‌های معدنی یا آلی با اندازه و شکل هندسی خاص (فیبری، پولکی، کروی و ذرات معلق) هستند. استفاده از مواد

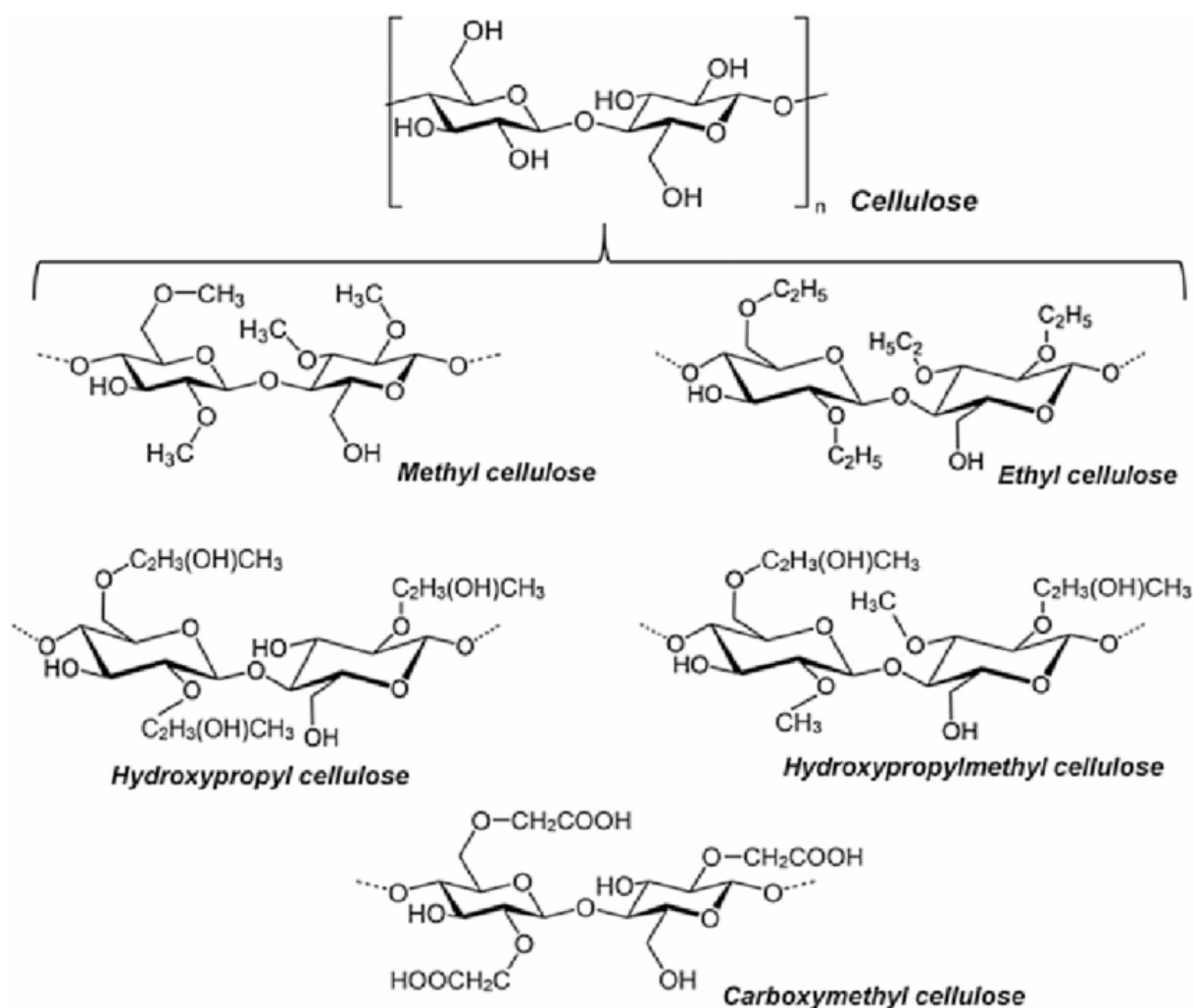


Fig 1 Chemical structure of cellulose and its derivatives

نانو الیاف سلولز¹ (CNF) یکی از مهم‌ترین عوامل تقویت‌کننده خصوصیات فیلم‌ها می‌باشد که ضمن پراکندگی یکنواخت در ماتریس زیست‌پلیمرها منجر به بهبود خصوصیات مکانیکی، شفافیت، پایداری رطوبتی و حرارتی در نانو کامپوزیت‌ها می‌شود. مطالعات متعددی در رابطه با کاربرد نانوالیاف سلولز در نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر زیست‌پلیمرها انجام شده است، در بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم نانوکامپوزیت بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز حاوی اینولین و نانو الیاف سلولز، مشخص شد که افزودن اینولین و نانوالیاف سلولز، ساختاری متراکم ایجاد کرده و باعث حفظ بهتر ساختار بلوری شده است. ضمن اینکه خواص مکانیکی نیز با افزودن نانوالیاف سلولز بهبود یافت [۴۷]. همچنین تشکیل نانوکامپوزیت‌ها با استفاده از سیلیکات‌های لایه‌ای به‌خصوص مونت‌موریلونیت در لفاف‌های زیست‌پلیمری می‌تواند ضمن بهبود خواص این محصولات، کارایی مواد ضد میکروبی طبیعی

استفاده از ترکیبات آب‌گریز مانند اسیدهای چرب در ماتریس اتر سلولز و تولید یک فیلم ترکیبی می‌تواند یکی از راه‌های بهبود خواص کیفی آن‌ها باشد. در بررسی اثر اسید اولئیک و گلیسرول در فیلم مرکب کربوکسی‌متیل سلولز مشخص شد که با افزایش اسید اولئیک تا یک حد معین، میزان جذب رطوبت به‌طور مؤثری کاهش یافت. مطالعه خواص مکانیکی نیز نشان داد که هر دو ترکیب اثر نرم‌کنندگی بر روی فیلم دارند ولی تأثیر گلیسرول در کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش انعطاف پذیری بیشتر از اسید اولئیک بود. [۴۶]. یکی دیگر از روش‌های بهبود خواص کیفی، اختلاط آن‌ها با نانوپرکننده و تولید نانوکامپوزیت‌ها است. نانوپرکننده‌های زیادی به این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به سیلیکات‌های لایه‌ای (نانو رس)، نانو لوله‌های کربن، نانو تیتانیوم دی‌اکسید، نانو ذرات آلی مانند نانو بلورهای سلولز و نشاسته اشاره کرد.

1. Cellulose nanofiber (CNF)

نانوکامپوزیت شد [۴۸]. در جدول ۴ تأثیر استفاده از نانوسلولز در فیلم‌های پلی ساکاریدی بر استحکام کششی و ازدیاد طول تا نقطه پارگی آمده است [۴۹].

مانند عصاره‌های گیاهی در بسته‌بندی‌های نانوکامپوزیت را از طریق کاهش دسترسی به اکسیژن و رطوبت، افزایش دهند. ضمن اینکه مشخص شد استفاده از سطوح افزایشی نانورس با بهبود خصوصیات ممانعتی، موجب افزایش کارایی پوشش

Table 4 Effect of nanocellulose (NC) on mechanical properties of edible coatings and films

Film-Forming Material	Cellulose		Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
	Type	Concentration (%)		
Chitosan	CNF	1.5	-	-
		0	21.07	33.84
		2	27.03	29.71
Chitosan	BNC	4	41.32	41.32
		6	34.75	34.75
		0	2.30	46.07
		2	3.41	20.82
Whey protein	CNC	5	3.49	26.54
		8	4.93	17.63
Okara soluble dietary fiber and pectin	Sodium carboxymethyl cellulose	0.5	6.567	16.67
		0	7.15	22.75
Cassava starch	Microcrystalline cellulose	0.14	8.19	19.23
		0.3	9.91	5.58
		0.6	10.99	1.31

حسی استفاده کرد [۵۲]. همچنین Merrikhi Ardebili و Mohsenzadeh گزارش کردند می‌توان از پوشش خوراکی متیل سلولز حاوی اسانس زنیان و عصاره زردچوبه به منظور کنترل رشد لیستریا مونوسیترنز در گوشت مرغ استفاده کرد [۵۳].

۵-۲- هیدروکسی پروپیل سلولز

هیدروکسی پروپیل سلولز^۳ (HPC) دارای ساختار بلوری و گروه‌های آب‌گریز است. این ترکیب به علت تراکم بین مولکولی بیشتر در بین زنجیرهای آن، نسبت به سایر مشتقات سلولز دارای حجم آزاد کمتری بوده و بنابراین نفوذپذیری به بخار آب را کاهش می‌دهد [۵۴]. در عین حال مشکل مقاومت ضعیف فیلم‌های تهیه شده از هیدروکسی پروپیل سلولز در برابر بخار آب وجود داشته که موجب محدودیت استفاده آنها در بسته‌بندی مواد غذایی شده است. راهکارهای مختلفی برای غلبه بر محدودیت‌های این فیلم‌ها پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به ایجاد اتصالات عرضی در ساختار آنها، بکاربردن حلال‌های غیر آبی مانند الکل و اختلاط آن با سایر پلیمرها اشاره کرد. به عنوان مثال برقراری اتصالات عرضی در فیلم‌های هیدروکسی پروپیل سلولز توسط گلی‌اکسال و استفاده از اسید سیتریک در فیلم‌های مرکب کیتوزان- هیدروکسی

۵-۱- متیل سلولز

متیل سلولز^۲ (MC) مقاوم‌ترین مشتقات سلولز در برابر آب است و کمترین آب‌دوستی را دارد. ضمن اینکه متیل سلولز یکی از مهم‌ترین سلولزهای اتری تجاری موجود بوده و به عنوان ساده‌ترین مشتق سلولزی شناخته می‌شود که در آن گروه‌های متوکسی جایگزین گروه‌های هیدروکسیل شده‌اند. درجه جانشینی (تعداد گروه‌های جانشین شده به ازاء هر واحد گلوکز) در متیل سلولز ۱/۶ تا ۱/۹ است. این ترکیب در آب محلول است و می‌تواند در تولید فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر مورد استفاده قرار گیرد. فیلم‌های تهیه شده از متیل سلولز، شفاف، محلول در آب، مقاوم به نفوذ روغن، دارای مقاومت مکانیکی بالا و نفوذپذیری کم به بخار آب و اکسیژن هستند و در صنایع غذایی و دارویی به صورت گسترده‌ای استفاده می‌شوند [۵۰]. گزارش شد که استفاده از پوشش متیل سلولز غنی شده با اسانس انارچه توانست رشد باکتری‌های کل و سرمادوست سطح فیله ماهی فیتوفاگ را کاهش داده و در نهایت موجب افزایش زمان ماندگاری گردد [۵۱]. همچنین نشان داده شد که پوشش ترکیبی مذکور دارای فعالیت ضد اکسیدانی خوب بوده و می‌توان از آن برای حفظ گوشت ماهی بدون تغییر نامطلوب در ویژگی‌های ضد میکروبی و

3. Hydroxypropyl cellulose (HPC)

2. Methyl cellulose (MC)

پروپیل سلولز موجب کاهش جذب رطوبت و یا بهبود خواص مکانیکی فیلم‌های مرکب شده است [۵۵]. در بررسی اثر افزودن اسید سیتریک، پتاسیم سدیم تارتارات یا کلسیم کلرید روی نفوذپذیری به بخار آب، سرعت عبور اکسیژن و خواص مکانیکی فیلم‌های هیدروکسی پروپیل سلولز نشان داده شده که فیلم‌های هیدروکسی پروپیل سلولز حاوی اسید سیتریک نسبت به سایر فیلم‌ها موانع بهتری در مقابل رطوبت و اکسیژن به وجود می‌آورند. ضمن اینکه مجموعه خواصی که فیلم هیدروکسی پروپیل سلولز حاوی اسید سیتریک داراست آن را برای بسته‌بندی مواد غذایی حاوی لیپید بالا و رطوبت نسبی پایین (مانند خشکبار) مناسب می‌سازد [۵۶]. همچنین افزودن هیدروکسی پروپیل سلولز به فیلم‌های گلو تن - گلیسرول موجب کاهش نفوذپذیری به بخار آب و افزایش مقاومت به کشش شد [۵۷].

۵-۳- هیدروکسی پروپیل متیل سلولز

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز^۴ (HPMC) از واکنش سلولز قلیایی با مخلوط متیل کلراید و پروپیلن اکساید به دست می‌آید و یکی از ترکیباتی است که به علت ساختار خطی آن ظرفیت عالی برای تشکیل فیلم دارد. این پلیمر فاقد سمیت بوده، بی‌بو، بی‌مزه و ارزان بوده و ممانعت خوبی در برابر اکسیژن، دی‌اکسید کربن و لیپید ایجاد می‌کند ولی به دلیل ذات آبدوستی همانند سایر پلیمرهای مشابه خود در این دسته، مشکل نفوذپذیری بالا نسبت به بخار آب را دارد [۵۸].

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در آب متورم شده و ساختاری معادل شبکه گلو تنی در خمیر گندم ایجاد می‌کنند. به همین دلیل به طور گسترده در محصولات فاقد گلو تن مورد استفاده قرار گرفته است. ضمن اینکه در به تعویق انداختن رتروگراداسیون و جلوگیری از بیاتی محصولات نانوائی نقش دارد [۵۹]. از سوی دیگر متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تنها صمغ‌هایی هستند که در اثر حرارت تشکیل ژل می‌دهند و هنگامی که سرد می‌شوند، به ویسکوزیته اولیه خود باز می‌گردند. این خصوصیات باعث شده که این صمغ‌ها برای استفاده در غذاهای سرخ شده مناسب باشند، زیرا به عنوان سدی در برابر جذب روغن عمل می‌کنند. آنها اتلاف رطوبت طبیعی محصول را کند کرده و موجب بهبود چسبندگی لعاب به محصول می‌شوند. نشان داده شد که هیدروکسی پروپیل متیل

سلولز با ژلاتینه شدن در اثر حرارت ناشی از فرآیند سرخ کردن، سد مناسبی را در برابر کاهش رطوبت ایجاد می‌کند [۶۰]. اثر بکارگیری هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به تنهایی یا همراه با عصاره‌های گیاهی بر کاهش جذب روغن، حفظ رطوبت و ماندگاری گوشت مورد بررسی قرار گرفته است. نشان داده شد که هیدروکسی پروپیل متیل سلولز همراه با عصاره شاهی سبب افزایش رطوبت و کاهش جذب روغن شد و توانست به طور مؤثرتری اکسیداسیون لیپیدی در فیله ماهی کپور معمولی سرخ شده را از طریق کاهش پراکسید و مقادیر تیوباریتوریک اسید به تعویق بیندازد [۶۱]. نتایج مشابهی با بکارگیری هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در مراحل مختلف روکش‌دار کردن محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده در کاهش جذب روغن و حفظ رطوبت در محصول نهایی ناگت ماهی سارم گزارش شد [۶۲].

۵-۴- کربوکسی متیل سلولز

کربوکسی متیل سلولز^۵ (CMC) یکی از مهم‌ترین مشتقات سلولز می‌باشد که از استخلاف شدن گروه‌های کربوکسی متیل به جای برخی از گروه‌های هیدروکسیل به دست می‌آید. سلولز به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، بسیار کریستالی و نامحلول است، اما کربوکسی متیل سلولز محلول در آب بوده و به تنهایی فیلم‌های انعطاف‌پذیر و مستحکمی را تشکیل می‌دهد. علاوه بر آن این ماده از خصوصیات مطلوبی نظیر بدون بو، بدون طعم، چگالی بالا، غیرسمی، غیر حساسیت‌زا، قابل انعطاف، استحکام متوسط، شفاف، مقاوم در برابر لیپیدها و قابلیت متوسط در عبور دادن رطوبت و اکسیژن برخوردار است. پوشش‌های حاصل از کربوکسی متیل سلولز در قالب بسته‌بندی فعال، می‌توانند به عنوان حاملی برای افزودنی‌ها و ترکیبات مختلف مانند مواد ضد میکروبی و ضد اکسیدان‌ها عمل کنند [۶۳]. پوشش‌ها و فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز با افزودن اسانس‌های گشنیز و لیموترش در کاهش بار میکروبی گوشت گوسفند [۶۴]. عصاره گیاه مرزه در افزایش ماندگاری فیله ماهی شعری معمولی [۶۳] عصاره نعنا در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی [۶۵]، اسانس‌های دارچین و میخک در کاهش عوامل مهم مؤثر در فساد شیمیایی گوشت گوساله [۶۶] مورد استفاده قرار گرفت.

5. Carboxymethyl cellulose (CMC)

4. Hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC)

همچنین با توجه به قیمت مناسب و ویژگی‌های مطلوب، از کربوکسی‌متیل سلولز، به‌طور گسترده‌ای برای تولید و اقتصادی کردن لفاف‌های مرکب استفاده شده است. حفظ کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ طی دوره انبارمانی با استفاده از پوشش‌های خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز- صمغ تراگاکانت غنی شده با عصاره میخک [۶۷]، کربوکسی‌متیل سلولز- نانورس غنی‌شده با اسانس نعنا [۶۸] و عصاره مرزنجوش [۶۹] مورد بررسی قرار گرفته و منجر به نتایج مطلوب شد. استفاده از پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز - نشاسته حاوی اسید سیتریک و افشره لیمو ترش نیز موجب افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی در دمای یخچال شد [۷۰]. همچنین تهیه فیلم‌های ترکیبی از کربوکسی‌متیل سلولز - صمغ عربی باعث بهبود برخی از ویژگی‌های فیلم‌های تولید شده از قبیل خواص فیزیکی، حرارتی و میزان عبور نور گردید [۷۱]. ضمن اینکه فیلم کربوکسی‌متیل سلولز-کیتوزان- اسید اولئیک حاوی اسانس زنجبیل [۷۲] و اسانس دارچین [۷۳] به دلیل نشان دادن ویژگی‌های ضد کپکی و ضد اکسایشی، گزینه مناسبی در تولید بسته‌بندی مواد غذایی معرفی شدند.

۶- اثرات اقتصادی استفاده از فیلم‌ها و

پوشش‌های پلی ساکاریدی خوراکی

در کشورهای توسعه یافته، بازار بسته‌بندی توسط کمسیون اروپا^۶ (EC) با سازمان غذا و دارو^۷ (FDA) تنظیم می‌شود و بر کاهش بکارگیری بسته‌بندی پلاستیکی سستی و جایگزینی آن با بسته‌بندی‌های پایدارتر شامل فیلم و پوشش‌های خوراکی تأکید شده است.

بسته‌بندی علاوه بر نقش سستی، به عنوان یک واسطه ارتباطی و برند تجاری نیز عمل می‌کند. ضمن اینکه به عنوان یک ابزار بازاریابی، می‌تواند شیوه زندگی سالم‌تری را ترویج کرده و بنابراین بر تغییر عادات مصرف‌کننده تأثیر بگذارد. با این حال، نشان داده شده است که هزینه تولید بسته‌بندی‌های زیستی می‌تواند سه تا پنج برابر بیشتر از بسته‌بندی ساخته شده از مواد پایه فسیلی باشد. افزایش این هزینه‌ها با موضوعات

زیست‌توده، عدم وجود نوآوری‌های فناورانه و مقرون به صرفه بودن مقیاس در ارتباط است. علاوه بر این، مقررات سازمان غذا و دارو و اتحادیه اروپا با محدودیت‌هایی در اجرای استانداردها، از جمله حمایت لازم برای مواد بسته‌بندی پسماند زیستی مواد غذایی، تخصیص استانداردهای محصولات زیستی و تماس با غذا و در دسترس بودن امکانات مناسب برای مدیریت پسماند، که مانعی برای تولید بسته‌بندی بر اساس مواد زیستی، از جمله پلی ساکاریدهاست، همراه است [۷۴]. علاوه بر این، برای پذیرش مصرف کنندگان، فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی باید غیر سمی، دارای ظاهر خوب، فاقد بو و طعم نامطلوب و دارای خواص ممانعتی خوب بوده و در طول زمان ثبات خوبی داشته باشد و مهمتر از همه، باید از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. با این حال، عملکرد کلی و هزینه تولید فیلم‌های خوراکی همیشه به عنوان یک چالش مطرح بوده است. در عین حال، سودآوری استفاده از فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی به نوع موادی که از آنها ساخته شده و فناوری تولید مورد استفاده وابسته است [۷۵].

همچنین مشکلاتی در تولید فیلم‌های خوراکی در مقیاس صنعتی و تجاری‌سازی آنها برای بسته‌بندی موفق محصولات وجود دارد. مشخص شده است که تولید فیلم‌های خوراکی در مقیاس آزمایشگاهی ممکن است مناسب تطبیق در مقیاس صنعتی نباشد زیرا احتمالاً مشکلات مربوط به ناتوانی در تولید فیلم‌های پیوسته، زمان طولانی خشک شدن، کنترل نادرست ضخامت، مصرف بالای انرژی و هزینه‌های بالا وجود داشته باشد. علاوه بر این، ملاحظات حقوقی ناکافی، ترس از اثرات سمی و بهداشتی، بازاریابی ناکافی، آگاهی اجتماعی و مسائل فرهنگی نیز ممکن است به استقبال کمتر مصرف‌کنندگان از فیلم‌های خوراکی کمک کند. بنابراین، این جنبه‌ها باید بهبود یابد تا تجاری‌سازی این فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر تسهیل شود [۷۶].

۷- نتیجه گیری

با توجه به افزایش آگاهی‌ها و تمایل فزاینده مصرف‌کنندگان به استفاده از پلیمرهای طبیعی در قالب فیلم و پوشش‌های خوراکی به جای مشتقات نفتی در بسته‌بندی مواد غذایی، تنوع در مواد اصلی، افزودنی‌ها و نیز روش‌ها و فناوری نوین در طراحی و تولید انواع لفاف‌های خوراکی مبتنی بر پلیمرهای

6. European commission (EC)

7. Food and drug administration

- International Food Research Journal, 15(3): 237-248.
- [8] Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenez, A., Munoz, A. and Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science & Technology, 22: 291-303.
- [9] Milani, J. and Maleki, G. 2012. Hydrocolloids in food industry. In: Valdez, B. (ed). Food industrial processes: methods and equipment. In Tech, ISBN: 978-953-307-905-9, Pp: 17-38.
- [10] Galus, S. and Kadzinska, J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. Trends in Food Science & Technology, 45: 273-283.
- [11] Erkmén, O. and Barazi, A.O. 2018. General characteristics of edible films. Journal of Food Biotechnology Research, 2: 1-4.
- [12] Golmohammadi, M. and Khademi Shurmasti, D. 2019. The effect of *Eryngium caucasicum* extract on chicken fillet shelf life coated with xanthan and guar gums during cold storage (4 ± 1 °C). Journal of Food Sciences and Technology, 87(16):253-261 [in Persian].
- [13] Khademi Shurmasti, D., Yamini, F. and Badakhshan, N. 2021. Effect of *Satureja hortensis* extract and polysaccharide-based active bio-composite coating on broiler fillet shelf life during refrigerated storage (4 ± 1 °C). Iranian Journal of Food Science and Technology, 115(18): 271-281 [in Persian].
- [14] Arabshahi-Delouee, S., Tajari Balajadeh, M., Mahghani, G. A. and Mohammadi, A. 2018. Effect of xanthan coating containing peppermint (*Mentha piperita*) essential oil on the chemical, microbial and sensory characteristics of *Onchorhynchus mykiss* at refrigerated temperature. Journal of Food Sciences and Technology, 73(14): 210-212 [in Persian].
- [15] Mardani Kiasari, M. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets during refrigerated storage. Iranian Journal of Food Sciences and Technology, 106(17):13-21. Doi: 10.29252/fsct.17.09.02 [in Persian].

زیست تخریب پذیر الزامی و اجتناب ناپذیر است. همچنین جهت رفع برخی ضعف های فیزیکی و نیز بهبود کیفی و عملکردی لفاف های هیدروکلوئیدی از جمله مشتقات سلولز، می توان از ترکیبات آب گریز، تولید فیلم و پوشش خوراکی مرکب (کامپوزیت) و فعال، اختلاط آنها با نانوپرکننده و تولید نانوکامپوزیت ها استفاده کرد. نتایج مثبت حاصل از بکارگیری فیلم و پوشش های بر پایه مشتقات سلولز در بسته بندی زیستی شامل کاهش بار میکروبی، کاهش عوامل مؤثر بر فساد شیمیایی، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری و انبارمانی فرآورده های دامی نشان داد که می توان با در نظر گرفتن ملاحظات حقوقی، کاهش هزینه ها و رفع سایر مشکلات تولید انبوه و تجاری سازی، تدوین استانداردها و مقررات تولید، افزایش آگاهی، فرهنگ سازی و بازاریابی، استفاده از بسته بندی های زیست تخریب پذیر را توصیه و گسترش داد.

۸- منابع

- [1] Baygar, T., Erkan, N., Mol, S., Ozden, O., Ucok, D. and Yildirim, Y. 2008. Determination of the shelf-life of trout (*Oncorhynchus mykiss*) raw meat ball that packed under modified atmosphere. Pakistan Journal of Nutrition, 7(3):412-417.
- [2] Nasrollahzadeh, M. and Ganji, F. 2014. A review on controlled release antimicrobial food packaging. Polymerization, 4(1): 56-66 [in Persian].
- [3] Galus, S., Kibar, E.A.A., Gniewosz, M. and Kra sniewska, K. 2020. Novel materials in the preparation of edible films and coatings, a review. Coatings, 10, 674; doi:10.3390/coatings10070674.
- [4] Bergo, P., Sobral, P.J.A. and Prison, J.M. 2010. Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. Journal of Food Processing and Preservation, 34(2): 401-410.
- [5] Shit, S.C. and Shah, P.M. 2014. Edible polymers: challenges and opportunities. Journal of Polymers. Doi: 10.1155/2014/427259.
- [6] Dhanapal, A., Sasikala, P. Rajamani, L. Kavitha, V. Yazhini, G. and Banu, M.S. 2012. Edible films from polysaccharides. Food Science and Quality Management, 3: 9-18.
- [7] Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties.

- Science, 99:7207–7213. Doi: 10.1016/j.psj.2020.09.057.
- [24] Didar, Z. 2019. Effects of coatings with pectin and *Cinnamomum verum* hydrosol included pectin on physical characteristics and shelf life of chicken eggs stored at 30°C. Nutrition and Food Sciences Research, 6(4): 39-45 [in Persian].
- [25] Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E. and Hortynska, P. 2021. Polysaccharides as edible films and coatings: characteristics and influence on fruit and vegetable quality, a review. Agronomy, 11, 813. Doi:10.3390/agronomy11050813.
- [26] Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. International Food Research Journal, 15(3): 237–248.
- [27] Pérez-Gago, M.B. and Rhim, J.W. 2014. Edible coating and film materials: lipid bilayers and lipid emulsions. In: Innovations in Food Packaging, 2nd ed.; Elsevier: London, UK, pp. 325–350.
- [28] Avramescu, S.M., Butean, C., Valentina Popa, C., Ortan, A., Moraru, I. and Temocico, G. 2020. Edible and functionalized films/coatings-performances and perspectives. Coating. 10, 687: Doi:10.3390/coatings10070687.
- [29] Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. and Aguilera, J.M. 2010. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, Nova Science Publishers Inc.: New York, NY, USA.
- [30] Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M. and Chiralt, A. 2012. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. Journal of Food Engineering, 110: 208–213.
- [31] Pajak, P., Fortuna, T. and Przetaczek-Roznowska, I. 2013. Protein and polysaccharide-based edible packagings: Profile and applications. Food Science Technology Quality, 2(87): 5–18.
- [32] Rhim, J.W. 2004. Increase in water vapor barrier property of biopolymer-based edible films and coatings by compositing with lipid materials. Food Science and Biotechnology, 13: 528–535.
- [33] Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Di Giorgio, L., Mauri, A.N. 2015. Edible films and coatings containing bioactives. Current Opinion in Food Science, 5: 86–92.
- [16] Taherin, F. and Khademi Shurmasti, D. 2021. Survey of physical, chemical and microbial properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and chicken fillet mixed burgers containing active edible coating of sodium alginate and rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*). Journal of Fisheries Science and Technology, 10(1): 11-20 [in Persian].
- [17] Valipour Kootenaiei, F., Ariaii, P., Khademi shurmasti, D. and Nemati, M. 2016. Effect of chitosan edible coating enriched with eucalytus essential oil and α -tocopherol on silver carp fillets quality during refrigerated storage. Journal of Food Safety, 00:1–8. Doi: 10.1111/jfs.12295.
- [18] Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M. and Lorenzo, J. M. 2021. Effect of chitosan coating incorporated with *Artemisia fragrans* essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. Polymers, 13(5): 716. Doi:10.3390/polym13050716.
- [19] Afshar Mehrabi, F., Sharifi, A. and Ahvazi, M. 2021. Effect of chitosan coating containing Nepeta pogonosperma extract on shelf life of chicken fillets during chilled storage. Food Science & Nutrition, 9:4518–4529. Doi: 10.1002/fsn3.2429.
- [20] Zafarmand Kashani, F. and Khademi Shurmasti, D. 2021. Antioxidant and antimicrobial effects of *Zataria multiflora* Boiss and *Cuminum cyminum* L. alcoholic extracts in bioactive coatings on chicken meat shelf life. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 37(3): 424-433 [in Persian].
- [21] Pahlavanzadeh, S. and Khademi Shurmasti, D. 2021. Effect of *Zataria multiflora* Boiss irradiated with moderate dose of gamma rays on the shelf life of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) containing active coating based on sodium caseinate. Iranian Journal of Food Science and Technology, 116(18): 29-37 [in Persian].
- [22] Lashkari, H., Halabinejad, M., Rafati, A. and Namdar, A., 2020. Shelf life extension of veal meat by edible coating incorporated with *Zataria multiflora* essential oil. Journal of Food Quality, ID: 8871857: 8p.
- [23] Oliveira, G. S., dos Santos, V. M., Rodrigues, J. C. and Santana, A. P. 2020. Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. Poultry

- carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget. Food Science & Nutrition, 00:1–12. Doi: 10.1002/fsn3.1656.
- [43] Janjarasskul, T. and Krochta, J.M. 2010. Edible packaging materials. Annual Review of Food Science and Technology, 1: 415–448.
- [44] Hassan, B., Shahid Chatha, S.A. Ijaz Hussain, A., Mahmood Zia, K. and Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 109: 1095–1107.
- [45] Turhan, K. and Sahbaz, F. 2004. Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. Journal of Food Engineering, 61:459–466. Doi: 10.1016/S0260-8774(03)00155-9.
- [46] Ghanbarzadeh, B. and Almasi, H. 2009. Investigating of physical properties of carboxymethyl cellulose-oleic acid composite biodegradable edible films. Journal of Food Sciences and Technology, 6(2): 35-42 [in Persian].
- [47] Zabiholahi, N., Alizadeh, A., Almasi, H., Hanifian, Sh. and Hamishehkar, H. 2020. Development and characterization of Carboxymethyl cellulose based nanocomposite film containing inulin and cellulose nanofiber. Journal of Food Sciences and Technology, 100(17): 139-149. Doi: 10.29252/fsct.17.03.11 [in Persian].
- [48] Mardani Kiasari, M. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology, 106(17): 13-21 [in Persian].
- [49] Pirozzi, A., Ferrari, G. and Donsi, F. 2021. The use of nanocellulose in edible coatings for the preservation of perishable fruits and vegetables. Coatings, 11: 990. Doi:10.3390/coatings11080990.
- [50] Simon, J.H.P., Muller, R., Kochand Muller, V. 1998. Thermoplastic and biodegradable polymers of cellulose. Polymer Degradation and Stability, 59:107-115.
- [51] Ariaei, P., Tavakolipour, H., Rezaei, M. and Elhamirad, A. 2014. Antimicrobial activity of methyl cellulose based edible film enriched with *pimpinella affinis* oil on the
- [34] Edhirej, A., Sapuan, S.M., Jawaid, M. and Zahari, N.I. 2017. Effect of various plasticizers and concentration on the physical, thermal, mechanical, and structural properties of cassava-starch-based films. Starch-Starke, 69, 1500366.
- [35] Parreidt, T.S., Schott, M., Schmid, M. and Muller, K. 2018. Effect of presence and concentration of plasticizers, vegetable oils, and surfactants on the properties of sodium-alginate based edible coatings. International Journal of Scientific Research, 19(3):742. Doi: 10.3390/ijms19030742.
- [36] Tan, W., Zhang, J., Zhao, X., Li, Q., Dong, F. and Guo, Z. 2020. Preparation and physicochemical properties of antioxidant chitosan ascorbate/methylcellulose composite films. International Journal of Biological Macromolecules. 146: 53-61.
- [37] Zheng, H., Zhang, G., Zhuang, C., Yang, T., Zheng, Y., Zheng, C. and Zhong, Y. 2018. Effects of different substrates on the properties of edible films for oily foods. Food Research and Development. 39: 18-23.
- [38] Zhai, X., Qin, Y., Lu, H., Dai, Y., Zhang, H., Wang, W., Hou, H. and Chen, N. 2019. Preparation and properties of edible films of high-amylose corn starch/HPMC (Hydroxypropyl Methylcellulose). Journal of the Chinese Cereals and Oils Association. 34: 33-38.
- [39] Yu, S.-H., Tsai, M.L., Lin, B.X., Lin, C.W. and Mi, F.L. 2015. Tea catechins-cross-linked methylcellulose active films for inhibition of light irradiation and lipid peroxidation induced β -carotene degradation. Food Hydrocolloids. 44: 491-505.
- [40] Silva-Weiss, A., Ihl, M., Sobral, P., Gomez-Guillen, M. and Bifani, V. 2013. Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in foods. Food Engineering Reviews, 5(4):200-216.
- [41] Quirós-Sauceda, A.E., Ayala-Zavala, J.F., Olivas, G.I. and González-Aguilar, G.A. 2014. Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: A review. Journal of Food Science and Technology, 51(9):1674–1685. Doi: 10.1007/s13197-013-1246-x.
- [42] Bahrami Feridoni, S. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with

- [60] Avaz Khajeh, H. and Jorjani, S. 2016. Effect of adding hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) in breaded shrimp on oil uptake and sensory characteristics during deep oil frying. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(4): 75-82 [in Persian].
- [61] Latifi, Z., Ghafouri, Z., Manouchehri, Sh., Khaki Arani, S., Daneshnia, M., Roozbeh Nasiraei, L. and Jafarian, S. 2021. Investigation of the effect of using hydroxypropyl methylcellulose with watercress extract (*Lepidium sativum*) on reducing oil absorption and quality of fried fillet of common carp (*Cyprinus carpio*). *Food Science and Nutrition*, 18(3): 140-125.
- [62] Jamshidi, A. and Shabanpour, B. 2015. The effect of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) added to flour and glaze of *Scomberoides commersonnianus* on oil absorption and its quality during storage in the freezer (-18 ° C). *Journal of Fisheries*, 9(3): 79-90 [in Persian].
- [63] Baghlani, N., Hosseini, S.M., Jafarpour, S.A., Mousavi, S.M., Khodanazary, A. 2018. Effect of carboxymethyl cellulose edible coating enriched with *Satureja hortensis* extract on the biochemical, microbial and sensory characteristics of refrigerated *Lethrinus nebulosus* fillets, *Journal of Food Science and Technology*, 78(15): 191-203 [in Persian].
- [64] Sedaghat, N., Mohammad-Hosseini, M., Khoshnoudi-nia, S., Habibi, M.B. and Koocheki, A. 2015. Antimicrobial properties of CMC-based edible films incorporated with coriander and citrus lemon essential oils on the shelf-life of fresh lamb-meat at refrigerator temperature. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(4): 53-62 [in Persian].
- [65] Ahmadi, Z. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effects of *Mentha spicata* L. extract in carboxymethyl cellulose-oleic acid composite coating on the shelf life of fish fillets during cold storage. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36(5): 724-733 [in Persian].
- [66] Mahjoob, R. and Ataye Salehi, E. 2019. The effect of carboxymethyl cellulose film containing essential oils of cinnamon and cloves on the shelf life of refrigerated beef. *Food Technology & Nutrition*, 16(3): 103-110 [in Persian].
- Hypophthalmichthys molitrix* fillet under refrigerator storage condition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5(1): 13-26 [in Persian].
- [52] Ariaei, P., Tavakolipour, H., Rezaei, M., Elhamirad, A. and Bahram, S. 2015. Effect of methylcellulose coating enriched with *Pimpinella affinis* oil on the quality of silver carp fillet during refrigerator storage condition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 1647- 1655 [in Persian].
- [53] Merrikhi Ardebili, E. and Mohsenzadeh, M. 2018. Evaluation of methyl cellulose edible coating incorporated with *Carum copticum* L. essential oil and Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on growth control of *Listeria monocytogenes* inoculated to chicken meat portions stored at 4°C. *Journal of Food Science and Technology*, 83(15): 315-328 [in Persian].
- [54] Yakimets I, Wellner N, Smith AC, Wilson RH, Farhat I and Mitchell J, 2007. Effect of water content on the fracture behaviour of hydroxypropyl cellulose films studied by the essential work of fracture method. *Mechanics of Materials* 39: 500–512.
- [55] Yanagida, N. and Matsuo, M. 1992. Morphology and mechanical properties of hydroxypropyl cellulose cast films crosslinked in solution. *Polymer* 33: 997-1005.
- [56] Heshmati, V. and Kasaei, M. 2015. Effect of addition of citric acid, potassium sodium tartrate or calcium chloride on various properties of hydroxypropyl cellulose film. *Journal of Food Industry Research*, 52(4): 51-63 [in Persian].
- [57] Heshmati, V. and Kasaei, M. 2016. The effect of hydroxypropyl cellulose on different properties of gluten thin films. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry*, 5(4): 405-416 [in Persian].
- [58] Akhtar, M.J., Jacquot, M., Jamshidian, M., Imran, M., Arab-Tehrany, E. and Desobry, S. 2013. Fabrication and physicochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. *Food hydrocolloids*, 31: 420-427.
- [59] Rosell, C. M. and Barcenas, M. E., 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19: 1037-1043.

- [72] Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Rezaei Mokarram, R. and Hashemi, M. 2018a. Preparation of active films based on carboxymethyl cellulose-chitosan-oleic acid containing ginger essential oils and investigation of physical, antifungal and antioxidant properties. *Journal of Food Industry Research*, 27(2): 135-148 [in Persian].
- [73] Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Rezaei Mokarram, R. and Hashemi, M. 2018b. Antimicrobial, antioxidant and physical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose-oleic acid based films incorporated with cinnamon essential oil. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(1): 41-52 [in Persian].
- [74] Chawla, R., Sivakumar, S. and Kaur, H. 2021. Antimicrobial edible films in food packaging: Current scenario and recent nanotechnological advancements, a review. *Carbohydrate Polymer Technologies Applications*, 2: 100024.
- [75] Motelica, L., Fikai, D., Fikai, A., Oprea, O.C., Kaya, D.A. and Andronescu, E. 2020. Biodegradable antimicrobial food packaging: Trends and Perspectives. *Foods*, 9: 1438.
- [76] Jeya, J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S.P., Sriram, V., Britto, J.G., Mageshwaran, G. and Durairaj, R.B. 2020. Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: a review. *Trends Food Science & Technology*, 100: 210–222.
- [67] Roudashtian, R., Shabani, Sh. And Asadi, G.H. 2021. Effect of active coating with carboxymethyl cellulose and tragacanth containing cloves extract on some quality and shelf life of eggs during storage. *Food Technology & Nutrition*, 18(2): 121-131 [in Persian].
- [68] Nasehi, B., Barzegar, H., Nouri, M. and Jeldani, Sh. 2016. The effect of carboxymethylcellulose coating containing nanoclay and peppermint essential oil on egg storage properties. *Iranian Biosystem Engineering*, 48 (2): 229-239 [in Persian].
- [69] Ehsan, M. and Khademi Shurmasti, D. 2021. Effect of washing and active nanocomposite coating of carboxymethyl cellulose-nanoclay containing marjoram extract (*Origanum vulgare* L) on egg quality during storage at ambient temperature. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 118(18): 107-118 [in Persian].
- [70] Mohammadi tazeabadi, Sh. and Khademi Shurmasti, D. 2018. Edible coating technology in marine products. 1st ed. Lambert Academic Publishing (LAP), Germany, ISBN: 978-613-9-97027-8. 41p.
- [71] Rezaei, A., Rezaei, M. and Alboofetileh, M. 2021. Preparation of biodegradable carboxymethyl cellulose-Arabic gum composite film and evaluation of the physical, mechanical and thermal properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(2): 287- 297 [in Persian].



Cellulose derivatives as edible film and coating; Characteristics and effect on the quality and shelf life of animal, poultry and aquatic products

Khademi Shurmasti, D. ^{1*}

1. Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

ABSTRACT

Reducing environmental hazards from the use of synthetic polymers has led to the diversity and development of new technologies for packaging perishable products, including animal, poultry and aquatic products. Natural polymers in the form of edible films or coatings can be used to produce biodegradable packaging. Cellulose derivatives including methylcellulose, hydroxypropyl cellulose, hydroxypropyl methylcellulose and carboxymethylcellulose are among the most popular polysaccharide hydrocolloids used in the production of films and coatings. The sensory, nutritional and functional properties of edible film and coatings can be modified by various materials and methods. Also, various active compounds are placed in the film and coating solution to improve the quality, stability and safety of packaged foods. Therefore, when using edible films and coatings, it is necessary to consider both the physical properties of biopolymer materials and their functional properties. Cellulose derivatives have been used in the packaging of animal products including raw animal meat, poultry and aquatic products, meat products derived from them and eggs in the form of simple, composite and active edible films and coatings in order to maintain quality and increase shelf life. Legal, economic, cultural and marketing considerations must be considered in order to develop the use of biopackaging.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 09/ 17
Accepted 2021/ 01/ 02

Keywords:

Bio-packaging,
Coating,
Egg,
Cellulose,
Film,
Meat,
Cellulose derivatives.

DOI: 10.52547/fsc.t.18.121.28

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.23.7

*Corresponding Author E-Mail:
Dkhademi@gmail.com