فهرست

تقدیر و تشکر

چکیده

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: کلیات و بررسی منابع

۱- ۱ کلیات ٦

۱-۱-۱- فیلم‌ها و پوششهای خوراکی ۷

۱-۱-۱-۱- بیوپلیمرهای مورد استفاده در تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۸

۱-۱-۱-۲- مکانیزم افزایش ماندگاری مواد غذایی توسط پوششهای خوراکی ۱۰

۱-۱-۱-۳- ساختار شیمایی و خواص سلولز و کربوکسی متیل سلولز ۱۱

۱-۱-۲- بسته بندی فعال ۱۲

۱-۱-۲-۱- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی ۱۳

۱-۱-۲-۲- ترکیبات ضد میکروبی مورد استفاده در فیلم‌ها و پوششهای خوراکی ۱۵

۱-۱-۳- تخم مرغ ۱۷

۱-۱-۳-۱- ترکیب، ساختار و ویژگیهای تخم مرغ ۱۷

۱-۱-۳-۲- اهمیت تغذیه‌ای ۱۹

۱-۱-۳-۳- اهمیت میکروبی ۲۰

۱-۱-۳-٤- کیفیت فیزیکوشیمیایی ۲۱

۱-۲- مروری بر پژوهش های اخیر ۲۱

فهرست

۱-۲-۱- موارد کاربرد فیلم‌ها و پوششهای خوراکی در مواد غذایی ۲۱

۱-۲-۲- موارد کاربرد پو ششهای بیوپلیمری در حفظ کیفیت تخم‌مرغ ۲۶

فصل دوم: مواد و روش ها

۲- مواد و روش‌ها ۳۳

۲-۱- مواد شیمیایی و محیط کشت های مورد استفاده ۳۳

۲-۱-۱-کربوکسی متیل سلولز (CMC) ۳۳

۲-۱-۲- سایر ترکیبات ۳٤

۲-۱-۳- محیط کشت های مورد استفاده ۳٤

۲-۱-٤- تجهیزات و مواد آزمایشگاهی مورد استفاده ۳٤

۲-۲- مراحل انجام پژوهش ۳٦

۲-۲-۱-بهینه سازی غلظت ترکیبات سازنده پوشش با استفاده از روش RSM ۳٦

۲-۲-۲- بهینه سازی پوشش CMC با خاصیت ضد میکروبی ۳۷

۲-۲-۳- بهینه سازی پوشش CMC حاوی اسید اولئیک ۳۹

۲-۲-٤- آماده سازی نمونه‌ها ٤۱

۲-۲-۵- پوشش دهی نمونه‌ها ٤۱

۲-۳- آزمونهای میکروبی ٤۳

۲-۳-۱-آماده سازی محیط‌های کشت ٤۳

۲-۳-۱-۱- تهیهٔ محلول رقیق کنندهٔ پپتون واتر ٤۳

۲-۳-۱-۲- تهیه محیط پلیت کانت آگار (PCA) ٤۳

فهرست

۲-۳-۱-۳- تهیه محیط دی کلران رُز بنگال کلرامفنیکال (DRBC)	٤٣
۲-۳-۱-٤- تهیه محیط ویولت رد بایل گلوکز آگار (VRBG)	٤٤
۲-۳-۲-شمارش باکتری های هوازی مزوفیل	٤٤
۲-۳-۳- شمارش انتروباکتر ها	٤٥
۲-۳-٤- شمارش کپک و مخمر	٤٦
۲-٤- آزمونهای شیمیایی و فیزیکی	٤٦
۲-٤-۱- تعیین" واحد یا اندیس هاو " (HU)	٤٦
۲-٤-۲- تعیین درجه تخم مرغ	٤٧
۲-٤-۳- تعیین درصد کاهش وزن	٤٧
۲-٤-٤- تعیین" اندیس زرده "	٤٨
۲-٤-٥- اندازه گیری pH	٤٩
۲-٤-٦- استخراج روغن و عدد پراُکسید	٤٩
۲-٤-٦-۱- اندازه گیری پراُکسید روغن استخراجی	٥٠
۲-٤-۷- اندازه گیری خواص رنگی	٥١
۲-٤-۸- آزمون‌های رئومتری	٥٥
۲-٤-۸- ۲- بررسی خصوصیات ویسکوالاستیک	٥٥
۲-٤-۸- ۳- آزمون‌های نوسانی	٥٧
۲-٤-۸- ٤- آزمون روبش کرنش	٥٧
۲-٤-۸- ٥- آزمون روبش فرکانس	٥٨
۲-٤-۹- آزمون حسی	٥٩
۲-٥-تحلیل آماری	٥٩

فهرست

۲-٦- محل انجام پروژه ٦٠

فصل سوم: نتایج و بحث

۳- نتایج و بحث ٦۲

۳-۱- نتایج بهینه سازی پوشش ضدمیکروبی ٦۲

۳-۱-۲- نمودارهای سطح پاسخ و اثرات متقابل متغیرها روی شمار باکتریهای هوازی مزوفیل ٦۷

۳-۱-۳- نمودارهای سطح پاسخ و اثرات متقابل متغیرها روی شمار کپک/ مخمر ۷۱

۳-۱-٤- نمودارهای سطح پاسخ و اثرات متقابل متغیرها روی تعداد انتروباکترها ۷٦

۳-۲- نتایج بهینه سازی ترکیبات سازنده پوشش ۸۱

۳-۲-۱- نمودارهای سطح پاسخ و اثرات متقابل متغیرها روی درصد کاهش وزن ۸۵

۳-۳- آزمونهای فیزیکوشیمیایی ۸۸

۳-۳-۱- مقایسه پوششهای بهینه شده ۸۸

۳-۳-۱-۱- تاثیر پوشش دهی روی HU و درجه تخم مرغ ۸۸

۳-۳-۱-۲- تاثیر پوشش دهی بر درصد کاهش وزن ۹۲

۳-۳-۱-۳- تاثیر پوشش دهی بر اندیس زرده ۹٤

۳-۳-۱-٤- تاثیر پوشش دهی بر pH ۹۵

۳-۳-۲- آزمون رنگ سنجی ۹۸

۳-۳-۲-۱- اثرات پوشش‌دهی بر پارامترهای رنگی پوسته ۹۸

۳-۳-۲-۲- اثرات پوشش‌دهی بر پارامترهای رنگی آلبومین ۱۰۱

۳-۳-۲-۳- اثرات پوشش‌دهی بر پارامترهای رنگی زرده ۱۰۲

فهرست

۳-۳-۳- اثرات پوشش دهی بر میزان اکسیداسیون زرده تخم‌مرغ ۱۰٤

۳-۳-٤- اثرات پوشش دهی بر خصوصیات رئولوژیکی آلبومین ۱۰۷

۳-۳-٤-۱- آزمون روبش فرکانس ۱۰۸

۳-۳-٤-**۱**-۱- اندازه گیری مُدول های ویسکوالاستیک ۱۰۸

۳-۳-٤-**۱**-۲- اندازه گیری فاکتور اُفت یا تانژانت اتلاف ۱۱۰

۳-۳-٤-۱-۳- اندازه‌گیری ویسکوزیتهٔ کمپلکس ۱۱۱

۳-۳-۵ - اثرات پوشش دهی بر خصوصیات حسی ۱۱٤

نتایج کلی ۱۱۸

پیشنهادات ۱۲۰

فهرست شکل‌ها و نمودارها

فصل اول

شکل ۱-۱- درصد تولید جهانی تخم مرغ در کشورهای مختلف ۳

شکل ۱-۲- طبقه بندی بیوپلیمرها براساس منشأ ۱۰

شکل ۱-۳- ساختار شیمیایی و مکانیسم تولید کربوکسی متیل سلولز ۱۲

شکل ۱-٤- مقایسه بسته بندی‌های سنتی و فعال (آنتی میکروبی) ۱۲

شکل ۱-۵- ساختار شیمیایی باکتریوسین ناتامایسین ۱۵

شکل ۱- ٦- ساختار شیمیایی آنتی اُکسیدانهای فنولی ۱٦

شکل ۱- ۷- ساختار و اجزای تشکیل دهنده تخم مرغ ۱۸

فهرست

فصل دوم

شکل ۲- ۱: پودر کربوکسی متیل سلولز (CMC) ۳۳

شکل ۲- ۲: محلول‌های شفاف پوشش دهی تهیه شده از کربوکسی متیل سلولز ٤۲

شکل ۲–۳: رشد باکتری های هوازی مزوفیل بر روی محیط کشت PCA ٤٥

شکل ۲–٤: رشد انتروباکترها بر روی محیط کشت VRBGA ٤٥

شکل ۲–٥: رشد کپک و مخمر بر روی محیط کشت DRBC ٤٦

شکل ۲–٦: کولیس دیجیتالی مورد استفاده ٤۷

شکل ۲–۷: دستگاه روتاری اواپراتور تحت خلاء مورد استفاده جهت استخراج روغن ٥۰

شکل۲–۸ : طیف رنگ های مختلف هانترلب ٥۲

شکل ۲–۹ : دستگاه هانترلب مورد استفاده برای اندازه گیری خواص رنگی ٥۳

شکل ۲–۱۰ : اسپیندل مورد استفاده برای آزمون رئومتری ٥۸

شکل ۲- ۱۱ : دستگاه رئومتر نوسانی مورد استفاده برای آزمون رئومتری ٥۸

فصل سوم

شکل۳–۱ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و BHA بر روی شمار باکتریهای هوازی مزوفیل ٦۸

شکل۳–۲ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و ناتامایسین بر روی شمار باکتریهای هوازی مزوفیل ٦۹

شکل۳–۳ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف ناتامایسین و BHA بر روی شمار باکتریهای هوازی مزوفیل ۷۰

شکل۳–٤ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و ناتامایسین بر روی شمار کلنی کپک و مخمر ۷۲

شکل۳–٥ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و BHA بر روی شمار کلنی کپک و مخمر(cfu/ml) ۷٤

فهرست

شکل۳-٦ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف ناتامایسین و BHA بر روی شمار کلنی کپک و مخمر ۷۵

شکل ۳-۷ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و BHA بر روی شمار کلنی انتروباکترها ۷۵

شکل ۳-۸ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و ناتامایسین بر روی شمار کلنی انتروباکترها ۷٦

شکل ۳-۹ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و BHA بر روی شمار کلنی انتروباکترها ۷۷

شکل ۳-۱۰ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف اسید اولئیک و گلیسرول بر روی درصد کاهش وزن ۸۵

شکل ۳-۱۱ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف اسید اولئیک و CMC بر روی درصد کاهش وزن ۸٦

شکل ۳-۱۲ : نمودار کانتور تاثیر سطوح مختلف گلیسرول و CMC بر روی درصد کاهش وزن ۸۷

شکل ۳-۱۳ : میزان اندیس هاو تیمارهای پنجگانه طی ۵ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۸۹

شکل **۳-۱٤** : درصد کاهش وزن تیمارهای پنجگانه طی ۵ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۹۳

شکل ۳-۱۵ : میزان اندیس زرده تیمارهای پنجگانه طی ۵ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۹٤

شکل ۳-۱٦ : میزان pH تیمارهای پنجگانه طی ۵ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۹٦

شکل **۳-۱۷ :** عدد پراُکسید روغن استخراج شده از تخم‌مرغ‌های پوشش داده و کنترل، در روزهای ۰، ٤، ۸ و ۱٦ ۱۰٦

شکل ۳-۱۸ : آزمون تعیین ناحیه خطی ویسکوالاستیک نمونه آلبومین در فرکانس ثابت ۱۰۷

شکل ۳-۱۹: تغییرات مدول ذخیره تابع فرکانس برای نمونه های آلبومین تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با پوششهای مختلف بر پایه CMC (دما: ۲۵°C، کرنش: ۰/۱٪) ۱۰۹

شکل ۳-۲۰ : تغییرات مدول اُفت تابع فرکانس برای نمونه های آلبومین تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با پوششهای مختلف بر پایه CMC (دما: ۲۵°C، کرنش: ۰/۱٪) ۱۱۰

شکل ۳-۲۱ : تغییرات تانژانت اُفت تابع فرکانس برای نمونه های آلبومین تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با پوششهای مختلف بر پایه CMC (دما: ۲۵°C، کرنش: ۰/۱٪) ۱۱۱

شکل ۳-۲۲ : تغییرات ویسکوزیته کمپلکس تابع فرکانس برای نمونه های آلبومین تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با ۱۱۲

فهرست

پوششهای مختلف بر پایه CMC (دما: ۲۵°C، کرنش: ۰/۱٪)

فهرست جداول

فصل اول

جدول۱ - ۱ : دسته بندی مواد ضد میکروبی مورد استفاده در بسته بندی های ضد میکروبی ۱۶

فصل دوم

جدول ۲-۱: متغیرها و سطوح بهینه سازی غلظت ترکیبات تشکیل دهنده پوشش ضد میکروبی در طرح مرکب مرکزی ۳۷

جدول ۲-۲: طرح آزمایش مرکب مرکزی مورد استفاده بمنظور بررسی تاثیرغلظت‌های ناتامایسین، سوربات پتاسیم و BHA بر خاصیت ضدمیکروبی پوشش CMC ۳۸

جدول ۲- ۳ : متغیرهای بهینه سازی غلظت ترکیبات ضد سازنده در تولید پوشش و سطوح آنها در طرح مرکب مرکزی ۳۹

جدول ۲-٤: طرح آزمایش مرکب مرکزی مورد استفاده بمنظور بررسی تاثیرغلظت‌های CMC، گلیسرول و اسیداولئیک بر ویژگیهای پوشش CMC ٤۰

فصل سوم

جدول ۳-۱ : متغیرهای بهینه سازی غلظت ترکیبات ضد میکروبی در تولید پوشش ضد میکروبی و سطوح آنها در طرح مرکب مرکزی ٦۲

جدول ۳-۲ : نمایش تاثیر ترکیب‌های مختلف متغییرهای مستقل بر شمارش (cfu/ml) کلی باکتری های هوازی مزوفیل، کپک و مخمر و انتروباکترها در مرحله بهینه سازی (اعداد بصورت میانگین آورده شده‌اند). ٦۳

فهرست

جدول ۳-۳ : نتایج تجزیه واریانس تعداد باکتری‌های هوازی مزوفیل، کپک/ مخمر و انتروباکترهـا در مرحلـه بهینـه سازی ٦٤

جدول ۳-٤ : ضرایب رگرسیون و مقادیر معنی دار بودن آنها ٦٥

جدول ۳-٥ : متغیرهای بهینه سازی غلظت ترکیبات سازنده پوشش و سطوح آنها در طرح مرکب مرکزی ۸۱

جدول ۳-٦ : تاثیر ترکیب‌های مختلف متغییرهای مستقل بر میزان کاهش وزن، در مرحله بهینه سازی ۸۲

جدول ۳- ۷ : ضرایب رگرسیون و مقادیر معنی دار بودن آنها برای ٪ کاهش وزن ۸۳

جدول ۳- ۸ : درجه بندی تخم مرغها براساس اندیس هاو طی ٥ هفته در دمای ۲٥ درجه سانتیگراد ۹۱

جدول ۳-۹: پارامترهای رنگی برای پوسته تخم‌مرغ‌های پوشش داده و کنترل، بعد از ٥ هفته نگهداری ۱۰۰

جدول ۳-۱۰ : پارامترهای رنگی برای آلبومین نمونه‌های پوشش داده و کنترل، بعد از ٥ هفته نگهداری ۱۰۱

جدول ۳-۱۱ : پارامترهای رنگی برای زرده تخم‌مرغ‌های پوشش داده و کنترل، بعد از ٥ هفته نگهداری ۱۰۳

جدول ۳-۱۲ : میانگین امتیازات حسی در تخم‌مرغ‌های پوشش دار و بدون پوشش، بعد از ٥ هفته نگهداری ۱۱٥

مقدمه

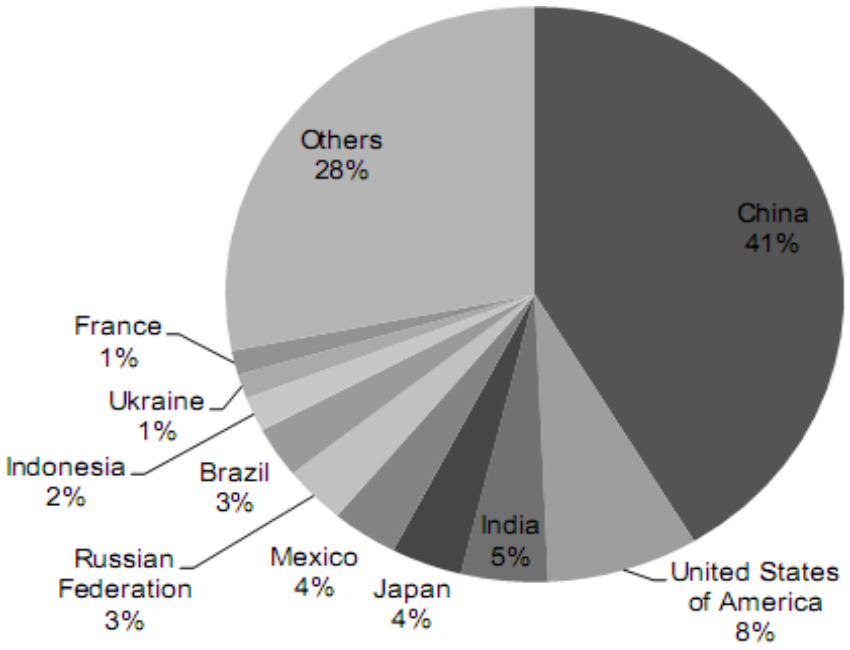
طی سه دهه گذشته، امکان استفاده از پوشش‌ها[1] و فیلم‌های[2] خوراکی بمنظور افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت مواد غذایی بصورت وسیع مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از بسته بندی یا پوششهای خوراکی فعال، روش نوینی برای نگهداری مواد غذایی می باشد و در سالهای اخیر پژوهشهای گسترده‌ای برای تولید و اقتصادی کردن این تکنیک انجام گرفته است [۱].

استفاده از پوشش‌های خوراکی برای نگهداری بهتر محصولات غذایی و افزایش جذابیت ظاهری قدمت زیادی داشته، آنچنان که از دوران باستان چینی‌ها، پرتقال و لیموهای تازه را با لایه نازکی از موم می پوشاندند تا خشک شدن آنها به تعویق بیافتد. پوشش دادن، علاوه بر جلوگیری از خشک شدن، باعث ایجاد ظاهری جذّاب، کاهش تبادل گازهای تنفسی و عدم رشد کپک ها و حشرات بر روی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردد[۳،۲]. استفاده از فیلم‌های خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی اولین بار در سال ۱۸۹۵ توسط Maris و Parker انجام گرفت. آنها از فیلم‌های ژلاتینی برای نگهداری گوشت استفاده کردند. از سال ۱۹۳۰ استفاده از موم‌های پارافینه مذاب برای پوشش دادن مرکبات تجاری شد[٤]. در حال حاضر تحقیقات گسترده‌ای برای استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در صنایع غذایی و دارویی در حال انجام است که موجب بهبود کیفیت و افزایش کاربرد آنها می‌شود. فیلم‌های خوراکی از نظر نحوه تولید متفاوت از پوشش‌های خوراکی هستند.

تخم‌مرغ بدلیل دارا بودن میزان متناسبی از مواد مغذی (پروتئین های با اسیدهای آمینه ضروری بالا و ویتامین های محلول در چربی) از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است [۵]، بطوریکه پروتئین سفیده به منزله یک پروتئین کامل در نظر گرفته می شود، و ارزش زیستی پروتئینهای دیگر نسبت به آن سنجیده می شود **[٦].**

1. Edible coating
2. Edible film

همچنین بدلیل تولید، داد و ستد و مصرف بالای تخم مرغ، در سطح جهانی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در سال ۲۰۰۹ میزان تولید این ماده غذایی در کشور آمریکا حدود ۷۷/٤۸ میلیارد عدد با ارزشی بالغ بر ۵ میلیارد دلار بوده است. حال آنکه تولید جهانی این محصول حدود ٦۷/٤ میلیون تُن می باشد که نشان از تولید بالا و اهمیت این محصول در دنیا می باشد هم اکنون در کشور ما نیز حدود ۷۵۰ هزار تن تخم مرغ تولید می شود که این میزان تولیدی بیش از نیاز بازار داخلی است**[۷].**



شکل ۱- ۱: درصد تولید جهانی تخم مرغ در کشورهای مختلف [۵]

بعد از تخم‌گذاری تغییراتی همچون کاهش وزن، آبکی شدن آلبومین، رقیق شدن و کاهش ارتفاع زرده، تغییرات pH و آلودگی میکروبی در تخم مرغ رخ می دهد، که موجب اُفت کیفیت و تغییر خواص فیزیکی، حسی و میکروبی تخم مرغ می شود. علت عمده این تغییرات، تبادل گازها (عمدتاً دی اکسید کربن) و رطوبت از طریق منافذ و ترک‌های پوسته می باشد**[۹، ۸].**

همچنین فساد از راه پوسته تخم مرغ زمانی پیشرفت می کند که پوسته دارای ترک خوردگی بوده، یا آنرا با یک وسیله زبر مالش دهند و یا اینکه شستشوی تخم مرغ و روش نگهداری آن نامناسب باشد**[۱۰]**. بنابراین با توجه به این موارد، استفاده از روشی که بتواند مانع از بروز مشکلات ذکر شده در تخم مرغ گردد، ضروری خواهد بود. همچنین عوامل موثر بر کیفیت تخم مرغ شامل فاکتورهای زمان، دما، رطوبت، جریان هوا و شرایط حمل و نقل می باشند**[۱۱]** که می‌توان فساد و تنزل کیفیت آن را با نگهداری در دماهای پایین و نزدیک نقطه انجماد به میزان قابل توجهی کاهش داد**[۱۲]**. با این وجود، در برخی از کشورهای در حال توسعه که استفاده از دماهای پایین کمتر امکانپذیر خواهد بود، استفاده از فیلم ها و پوششهای خوراکی فعال و ضدمیکروبی مناسب، می‌تواند بصورت بالقوه موجب کاهش بار میکروبی سطح تخم مرغ، کاهش تغییرات نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری آن گردد. تا کنون مواد متعددی در تولید پوششهای خوراکی با درجه غذایی به منظور بهبود و حفظ کیفیت تخم مرغ مورد استفاده قرا گرفته‌اند، که شامل کیتوزان، پروتئین سرمی آب پنیر، انواع واکسها، روغنهای گیاهی و معدنی می باشند**[۱۲،۱۳،۱٤،۱۵،۱٦]**.

در این بین، کربوکسی متیل سلولز (CMC) از جمله پلی ساکاریدهای مهم در تولید فیلم و پوششهای خوراکی می‌باشد و پس از حل شدن در آب حالتی کاملا شفاف پیدا می کند. لازم به ذکر است که از جمله شرایط لازم و ضروری برای استفاده از یک بیوپلیمر در تولید فیلم و پوشش‌های خوراکی خنثی بودن (بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه بودن) آن می باشد. که این شرایط در پوشش‌های تولید شده از کربوکسی متیل سلولز کاملاً مشهود می باشد. همچنین پوشش‌های حاصل از آن، شفافیت و درخشندگی منحصر به فردی داشته و با توجه به اینکه از لحاظ اقتصادی و در دسترس بودن نسبت به سایر بیوپلیمرهای موجود در بازار بسیار ارزان و مقرون به صرفه می‌باشد[۱]، در این پژوهش از کربوکسی متیل سلولز در تولید پوشش استفاده گردید. بنابراین هدف از این تحقیق، بهینه‌سازی فرمولاسیون پوششهای خوراکی فعال بر پایه CMC، اسید اولئیک و

ترکیبات ضدمیکروبی و آنتی اُکسیدانی (ناتامایسین، سوربات پتاسیم و بوتیل‌هیدروکسی‌آنیزول (BHA)، به منظور بهبود خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی و استحکام ساختاری تخم‌مرغ در برابر شکستگی و بطورکلی افزایش کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ می‌باشد. CMC دارای فعالیت سطحی، خواص ترموپلاستیکی و قوام دهندگی می باشد و در برابر گرما، هیدرولیز و اُکسایش پایدار است **[۱].**

۱-۱ کلیات و مروری بر منابع

۱-۱-۱ فیلم‌ها و پوششهای خوراکی

فیلم‌ها و ورقه‌های خوراکی قبل از کاربرد در بسته‌بندی ماده غذایی به‌صورت لایه‌ای نازک تولید می‌شوند و بعد همانند پلیمرهای سنتزی برای بسته‌بندی بکار می‌روند. تفاوت فیلم و ورقه در ضخامت آنهاست. معمولاً به ضخامت‌های بالاتر از ۲۵۰μm ورقه و کمتر از آن فیلم می‌گویند[۱]. فیلم‌ها می توانند به شکل لفاف، کپسول، پاچ و کیسه تولید شوند که این محصولات با ضخامت زیاد قالب گیری می شوند.

پوشش‌های خوراکی برخلاف فیلم‌ها و ورقه‌ها بر روی ماده غذایی تشکیل می‌شوند. بنابراین پوشش بعنوان بخشی از محصول بوده و موقع استفاده روی محصول باقی می ماند. این‌کار توسط روش‌هایی نظیر واکس زدن، اسپری کردن و غوطه ور کردن صورت می‌گیرد[۱].

برای تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی معمولاً بیوپلیمر را در یک حلال با یک شکل دهنده (پلاستی سایزر) مخلوط می‌کنند. پلاستی سایزرها معمولاً ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین و غیرفرّار هستند. البته آب نیز به عنوان پلاستی سایزر عمل می‌کند. این مواد باعث کاهش برهم‌کنش‌های زنجیر به زنجیر و جدا شدن نسبی زنجیرها از همدیگر و کاهش اصطکاک بین آنها و تسریع حرکت مولکولی زنجیرهای پلیمر می‌شوند و در حقیقت به عنوان یک لیزکننده داخلی[۳] عمل می‌کنند. پلاستی سایزرها با تغییر شبکه سه بعدی باعث افزایش انعطاف پذیری و کشش پذیری و کاهش پیوستگی الاستیسیتی و مقاومت مکانیکی می‌گردند[۱۸].

پلاستی سایزرها شامل دسته‌های وسیعی از مواد هستند و شامل آب، اسیدهای چرب، الکل‌های گلیسرول، گلیکول‌ها (مانند پروپیلن گلیکول، استیل گلیکول)، استون‌ها، فنول ها، اترها، هیدروکسی اسیدها (مانند اسید لاکتیک)، قندهای الکلی (مانند سوربیتول، مانیتول) و غیره می‌باشند. در تولید پوشش‌های خوراکی باید به این

1. Internal lubricant

نکته توجه شود که پلاستی سایزرها علاوه بر کارایی بالا باید غیرسمّی بوده و خوراکی باشند[۱۷، ۱۹]. برای بهبود خواص فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی علاوه بر پلاستی سایزرها، گاهی از اتصال دهنده‌های عرضی[۴] نیز استفاده می‌شود[۲،۱۰]. این مواد با افزایش پیوندهای عرضی بین زنجیره‌های ماکرومولکول‌ها باعث افزایش مقاومت مکانیکی، کاهش نفوذپذیری نسبت به گازها و بخار آب می‌شوند. بسته به نوع بیوپلیمر، از ترکیبات مختلفی برای این منظور استفاده می‌شود. برای مثال برای بهبود خواص فیلم‌ها و پوشش‌های کازئینی از کلسیم استفاده می‌شود. از ترکیبات دیگر می‌توان از فرمالدئید، گلوتارآلدئید، اپی‌کلروهیدرین، اسیداستیک، اسید تانیک و اسید لاکتیک نام برد. برخی از این اتصال دهنده ها مانند فرمالدئید سمّی هستند. بنابراین در کابرد آنها برای تولید فیلم‌های خوراکی باید این موضوع مورد توجه قرار گیرد. از آنزیم‌هایی مانند ترانس گلوتامیناز و پراُکسیداز نیز برای افزایش اتصالات عرضی در برخی از فیلم‌های پروتئینی استفاده می‌شود[۲].

۱-۱-۱-۱ بیوپلیمرهای مورد استفاده در تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

بیوپلیمرهای مورد استفاده در در تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را می توان بر اساس ساختار شیمیایی به چهار دسته پروتئین ها، پلی ساکاریدها، لیپیدها و پلی استرها تقسیم کرد[۲].

۱. **پروتئین ها :** مانند زئین ذرت، گلوتنین و گلیادین گندم، پروتئین های سویا، ژلاتین، کلاژن، میوفیبریل گوشت، کازئین شیر، پروتئین های آب پنیر شیر، پروتئین های تخم مرغ.

۲. **کربوهیدرات ها :** مانند سلولز و مشتقات سلولز (متیل سلولز، کربوکسی متیل سلولز یا CMC، هیدروکسی پروپیل سلولز)، نشاسته و مشتقات آن، ترکیبات پکتیکی، کیتین و کیتوزان، صمغ‌هایی مانند آلژینات، کاراگینان، پولولان و لوان، گزانتان، خرنوب و گوار.

2. Cross linking agents

۳. لیپیدها : مانند چربی ها و روغن های گیاهی و حیوانی، موم ها (مانند موم زنبور عسل)، مشتقات گلیسریدی مانند گلیسرول مونواستئارات و سورفاکتانت ها (امولسیفایرها).چون مواد لیپیدی به صورت پلیمر نیستند فیلم های پیوسته و مستقلی تولید نمی کنند. این مواد علاوه بر ایجاد جلای مطلوب، برای پوشاندن سطح دارو یا غذا استفاده می شوند تا جلوی نفوذ رطوبت را بگیرند . لیپیدها بخاطر بازدارندگی در مقابل نفوذ رطوبت در ساختار فیلم مرکب استفاده می شوند.

٤. پلی استرها : مانند پلی هیدروکسی بوتیرات(PHB) پلی گلیکولیک اسید، پلی لاکتیک اسید(PLA) ، پلی هیدروکسی والرات (PHV). این دسته بیشتر حالت زیست تخریب پذیر غیر خوراکی دارند. همان طور که در بالا مشاهده می شود تنوع دو دسته پروتئینی و کربوهیدراتی بیشتر از لیپیدها و پلی استرهاست. براساس منشاء و روش تولید، می توان بیوپلیمرها را به سه دسته زیر تقسیم کرد[٤٥]:

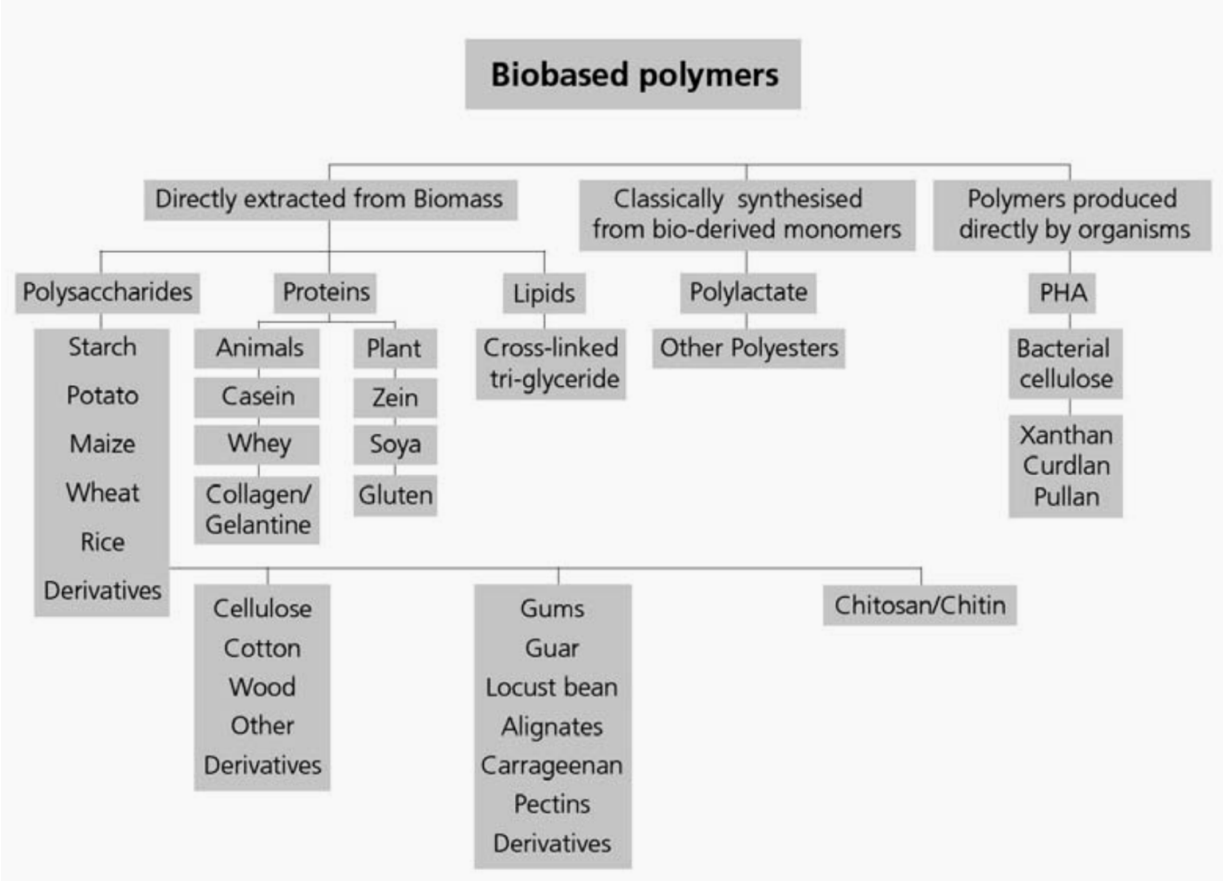
۱. آنهایی که مستقیما از بیومس استخراج و یا جدا می شوند مانند نشاسته و سلولز و پروتئینهای کازئین و گلوتن. این دسته وسیع ترین و رایج ترین بیوپلیمرها بوده و از گیاهان و حیوانات خشکی زی و دریایی به دست می آیند.

۲. بیوپلیمرهایی که توسط روش های شیمیایی از مونومرهای زیستی سنتز می شوند. بهترین مثال برای این دسته، پلی لاکتیک اسید می باشد که از پلیمریزاسیون مونومر اسیدلاکتیک به دست می آید. خود مونومرها (اسید لاکتیک) ممکن است در طی تخمیر کربوهیدرات ها (برای مثال نشاسته) تولید شوند.

۳. بیوپلیمرهایی که توسط میکروارگانیسم‌های طبیعی یا اصلاح ژنتیکی شده به وجود می آیند تا به امروز مهمترین بیوپلیمرهای مربوط به این دسته، پلی هیدروکسی آلکونوئات ها [5] بوده اند ولی تحقیقات زیادی بر روی

[5] . Polyhydroxy alkonoates

تولید سلولز باکتریایی در حال انجام است. به صورت شماتیک انواع بیوپلیمرهای قرار گرفته در سه دسته فوق نمایش داده شده اند.



شکل ۱- ۳: طبقه بندی بیوپلیمرها براساس منشأ [۴۵].

۱-۱-۱-۲ مکانیزم افزایش ماندگاری مواد غذایی توسط پوشش‌های خوراکی

۱) به تاخیر انداختن تبادل رطوبت بین مادهٔ غذایی و محیط و همچنین بین اجزاء تشکیل دهندهٔ مادهٔ غذایی هتروژن [۹،۱۰،۸]

۲) کاهش تبادل گازهای تنفسی یعنی اُکسیژن و دی اُکسیدکربن [٤٥]

۳) به تاخیر انداختن جذب و مهاجرت چربیها [٤٦]

پوششهای خوراکی بویژه انواع آبدوست، میتوانند از جذب روغنها و چربیهای سرخ کردنی جلوگیری کنند، لذا برای پوشش غذاهای رژیمی مناسب هستند.

٤) حامل آنتی اکسیدان ها، ترکیبات ضد میکروبی، بهبود دهنده، مواد طعم زا، مواد رنگی [٤٦، ٤٧]

٥) جلوگیری از مهاجرت آروما، مواد طعمی و رنگی مادۀ غذایی به محیط و به اجزاء مادۀ غذایی هتروژن

٦) جلوگیری از نفوذ میکروارگانیسمها به مادۀ غذایی

٧) افزایش ارزش غذایی : غنی کردن فیلمها با ویتامینها و مواد معدنی

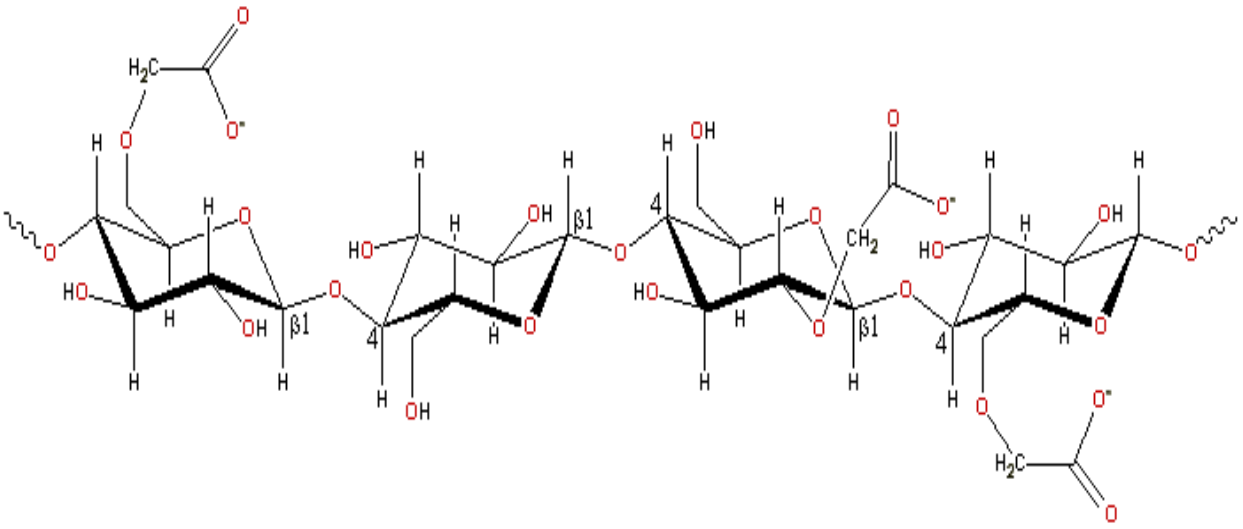
٨) استفاده برای میکروانکپسولاسیون افزودنیهای غذایی نظیر مواد طعمی و عوامل وَر آورنده

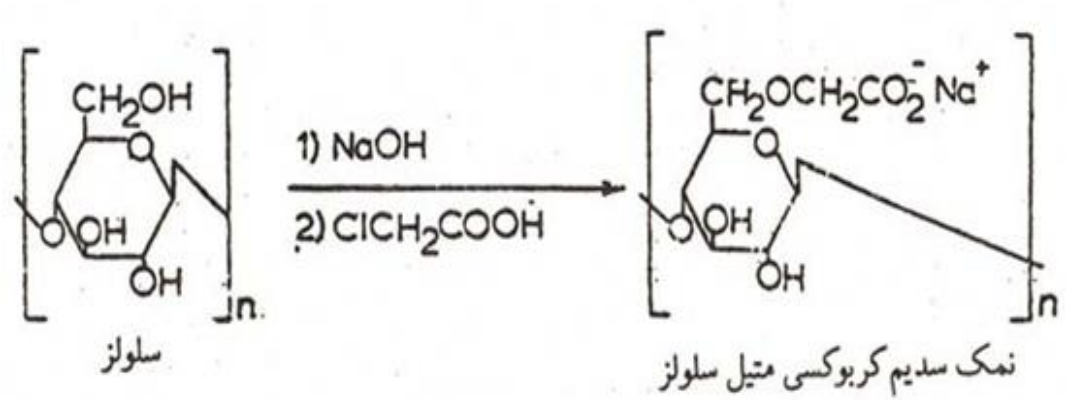
لازم به ذکر است که خواص مفید فیلمهای خوراکی به ویژگیهای مادۀ غذایی (pH، محتوای رطوبت، بار سطحی) و ماهیت فسادپذیری مادۀ غذایی (از دست دادن رطوبت یا بدست آوردن رطوبت، واکنشهای شیمیایی و آنزیمی، حساسیت پذیری میکروبی، نفوذپذیری به گازها، اکسیداسیون، تخریب فیزیکی) بستگی دارد [٤٥].

۱-۱-۱-۳ ساختار شمیایی و خواص سلولز و کربوکسی متیل سلولز

سلولز پلیمری از مولکول های گلوکز است که با اتصال (٤ - ١) β به یکدیگر متصل شده اند. به این ترتیب واحد تکرار شونده در ساختمان سلولز یک دی ساکارید خواهد بود که سلوبیوز نامیده می شود. سلولز در برابر مواد شیمیایی و عوامل طبیعی (غیر از زمانی که مورد حملۀ قارچ ها گیرد) مقاوم می باشد. سلولز فراوانترین مادۀ آلی در طبیعت است و تقریبا ۳۰٪ وزن تمام مواد گیاهی را تشکیل می‌دهد. زنجیره‌های سلولز نظیر آمیلوز نشاسته فاقد انشعاب است اما بر خلاف آن دارای حالت پیچ خورده یا مارپیچ نمی‌باشد [۱].

یکی از مشتقات مهم سلولز، کربوکسی متیل سلولز (CMC) است که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید می‌شود. نقش هیدروکسید سدیم، باز کردن ساختمان کریستالی جهت اثر اسید کلرواستیک است. از این ماده در صنایع غذایی به عنوان قوام دهنده، سوسپانسیون کننده و پایدار کننده به صورت گسترده استفاده می‌شود. [۱]





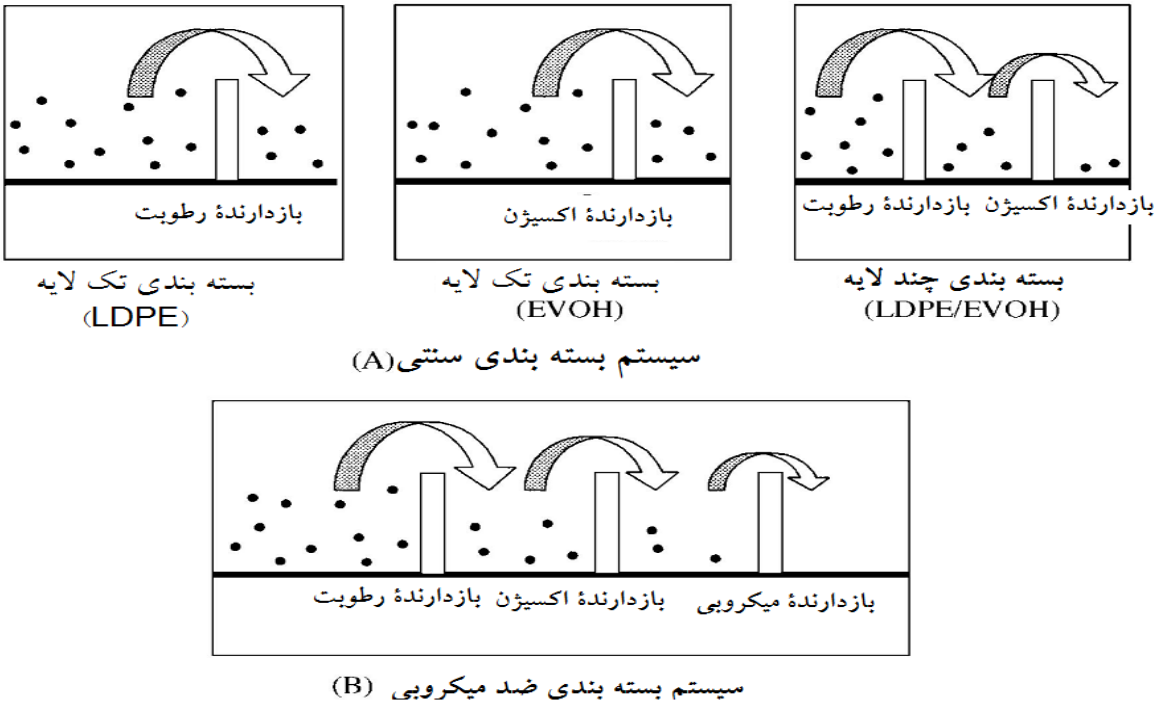
شکل ۱- ۴: ساختار شیمیایی کربوکسی متیل سلولز و مکانیسم تولید آن

کربوکسی متیل سلولز یا CMC به صورت یک گرد سفید رنگ، بی‌بو، بدون رنگ، قابل پخش در آب می باشد و معمولاً از آن به جای نشاسته و مواد طبیعی محلول در آب که نسبتا گران قیمت هستند مانند آلژینات سدیم، صمغ تراگاکانت و ژلاتین استفاده می گردد .کربوکسی متیل سلولز به دلیل اقتصادی بودن در سالهای اخیر مورد توجه خاصی قرار گرفته است. CMC به سرعت در آب سرد و گرم حل می شود و اساساً در مواردی که هدف افزایش ویسکوزیته باشد، از این ماده استفاده می گردد [۱].

۱-۱-۲ بسته بندی فعال

به نوعی از بسته بندی که علاوه بر داشتن خواص بازدارندگی اصلی بسته بندی های معمول) مانند خواص بازدارندگی در برابر گازها، بخار آب و تنشهای مکانیکی (با تغییر شرایط بسته بندی، ایمنی، ماندگاری و یا

ویژگیهای حسی مادهٔ غذایی را بهبود می‌بخشد و در عین حال کیفیت مادهٔ غذایی حفظ میگردد بسته بندی فعال گویند [۲۰].



شکل ۱- ۵: مقایسه بسته بندی‌های سنتی و فعال (آنتی میکروبی)

۱-۱-۲-۱ فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی

آلودگی‌های میکروبی مواد غذایی موجب کاهش عمر نگهداری آنها می‌گردد. همچنین برخی از میکروب‌ها بیماری‌زا هستند و موجب ایجاد مسمومیت های غذایی و بیماری‌های دیگر می‌گردند. همانطور که عنوان شد، برای حفظ کیفیت غذاهای تازه، امکان استفاده از برخی روش‌های رایج نگهداری مانند استریلزاسیون و خشک کردن وجود ندارد. درمقابل، بسته بندی‌های ضدمیکروبی می‌توانند روش مناسبی برای این منظور باشند. برای مثال این روش می‌تواند در مورد گوشت تازه موفقیت آمیز باشد. چون به علت تماس با سطوح مختلف طی حمل و نقل، ممکن است آلودگی سطحی در آن بوجود آید.