بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

استخراج نانو بلورهای سلولز پوسته یولاف به منظور افزودن به بیو فیلم پروتئین آب‌پنیر جهت افزایش مقاومت مکانیکی آن

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی

زینب غضنفرزاده

استاد راهنما

دکتر مهدی کدیور

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی خانم زینب غضنفرزاده

تحت عنوان

استخراج نانو بلورهای سلولز پوسته یولاف به به منظور افزودن به بیو فیلم پروتئین آب پنیر جهت افزایش مقاومت مکانیکی آن

در تاریخ ۹۳/۵/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای پایان نامه	دکتر مهدی کدیور
۲-استاد مشاور پایان نامه	دکتر جلیل رضوی
۳-استاد داور	دکتر امیرحسین گلی
۴-استاد داور	دکتر عباس همت
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمد مهدی مجیدی

تقدیر و تشکر

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. به پاس نعمات بی حد پروردگار بر خود لازم می دانم سپاس گزار تمام عزیزانی باشم که در برابر سختی ها و ناملایمات این راه، یاریم نمودند.

سپاس گزارم از:

خانواده عزیزم که همواره پشتیبان من هستند و با مهربانی شان به من آرامش و اعتماد می دهند.

استاد راهنمای بزرگوارم ، جناب آقای دکتر مهدی کدیور که در مراحل انجام این پژوهش از راهنمایی های ارزنده ایشان بهره مند بودم.

جناب آقای دکتر جلیل رضوی که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند.

جناب آقای دکتر امیر حسین گلی و دکتر عباس همت که زحمت مطالعه و داوری این مجموعه را بر عهده گرفته اند.

و تمام دوستانم به خاطر کمک و هم فکریشان که بسیاری از سختی ها را برایم آسان تر نمودند.

زینب غصنفرزاده

مرداد ۱۳۹۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این
پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

چکیده

امروزه، اکثر مواد مورد استفاده برای بسته بندی مواد غذایی مواد زیست تخریب ناپذیرند که سبب ایجاد مشکلات محیطی جدی شده‌اند. بنابراین، فیلم‌های خوراکی بر پایه مواد طبیعی به دلیل زیست تخریب پذیر بودنشان که می‌تواند راه حل امیدوارکننده‌ای برای حل مشکلات محیطی ناشی از بسپارهای سنتزی باشد، توجه محققان را به خود جلب نموده است. تولید فیلم‌های زیست تخریب پذیر و خوراکی از پروتئین‌ها می‌تواند نقش مهمی در نگهداری مواد غذایی با توسعه زمان انبارداری و بهبود کیفیت مواد غذایی داشته باشد، اما تولید این فیلم‌ها از بسپارهای زیستی کاربردهای گسترده آن‌ها را به دلیل معایب در ارتباط با عملکرد آن‌ها از جمله شکنندگی، عدم ممانعت کنندگی قابل قبول در برابر بخار آب و ضعف در ویژگی‌های مکانیکی محدود می‌کند. شکنندکی این فیلم‌ها تا حدی با نرم‌کننده قابل جبران است اما برای ویژگی‌های مکانیکی و ممانعتی باید به دنبال راه‌حل های دیگر بود. در این زمیته، الیاف‌های سلولزی در ابعاد نانو ومیکرو به دلیل سختی و خصوصیات مکانیکی خوب، همراه با استحکام خمشی بالای خود می‌تواند به عنوان فیلرهای تقویت کننده در بستر پلیمری مورد استفاده قرار می‌گیرند. یولاف گیاهی است که در بین غلات نسبت به بقیه از درصد پوسته بیشتری برخوردار است و به عنوان ضایعات محصولات کشاورزی عملا مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. پوسته یولاف تقریبا دارای حدود ۳۰-۳۵٪ سلولز در دیواره سلولی خود می‌باشد. بنابراین در این تحقیق سعی شد از این ضایعات کشاورزی استفاده مفیدی در جهت ارتقا کیفیت محصولات غذایی و بسته بندی صورت گیرد. لذا هدف از این پژوهش استخراج و افزودن نانو بلورهای سلولز پوسته یولاف به بیو فیلم پروتئین آب پنیر به منظور افزایش مقاومت مکانیکی آن بود. به همین منظور، از روش شیمیایی و هیدرولیز اسیدی جهت استخراج نانوبلورهای سلولز از پوسته یولاف استفاده شد. در ابتدا به منظور حذف لیگنین و همی سلولز و سیلیکا به ترتیب از محلول ۱/۴ ٪ سدیم کلریت اسیدی شده و محلول ۵٪ پتاسیم هیدروکسید استفاده شد. در ادامه جهت دستیابی به نانوبلورهای سلولز ازاسید سولفوریک ۶۵٪ طی فرایند هیدرولیز اسیدی استفاده شد. روند استخراج سلولز با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز فوریه و مورفولوژی و اندازه قطر نانوبلورهای سلولز با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج اسپکتروسکوپی روند حذف ترکیبات غیر سلولزی از پوسته یولاف را نشان داد. در ادامه فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی بر پایه ایزوله پروتئین آب‌پنیر و نانوبلورهای سلولز با درصدهای(۲/۵، ۵ و ۷/۵) به روش قالب ریزی محلول تهیه شدند و اثرات نانوبلورهای سلولز بر خصوصیات مکانیکی، نفوذپذیری نسبت به بخارآب، ضخامت، شفافیت، رنگ، محتوی رطوبت وانحلال‌پذیری فیلم‌ها مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد همه فیلم‌ها از یکنواختی نسبتا خوبی برخوردار بودند و افزودن نانوبلورهای سلولز در مجموع سبب بهبود خواص مکانیکی و کششی کامپوزیت‌ها شده است که در این رابطه فیلم‌های تهیه شده از کامپوزیت ۵٪ بالاترین استحکام کششی و مدول الاستیسیته و کمترین کشش‌پذیری را نشان دادند. افزودن نانوبلورهای سلولز سبب کاهش تراوایی فیلم‌ها به بخار آب شد که تا ۳۶ درصد توانست نفوذپذیری به بخار آب را کاهش دهد. از نظر خصوصیات ظاهری کدورت و اختلاف رنگ کل فیلم‌ها با افزایش مقدار نانوبلور سلولز افزایش یافت. در مجموع، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که نانوبلورهای سلولز استخراجی از پوسته یولاف می‌تواند اثرات مثبتی بر خصوصیات مکانیکی و ممانعتی فیلم‌ایزوله پروتئین آب‌پنیر داشته باشد و به بهبود خواص آن کمک کند.

واژه‌های کلیدی: نانوبلورهای سلولز، پوسته یولاف، ایزوله پروتئین آب‌پنیر، بیونانوکامپوزیت، خصوصیات مکانیکی

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فهرست مطالب .....هشت
فهرست اشکال ..... یازده
فهرست جداول ..... دوازده
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع ۲
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- بسته بندی مواد غذایی ٤
۱-۲-۱- هدف از بسته بندی ٥
۱-۲- ۲- تاریخچه بسته بندی ٦
۱-۲-۳- خصوصیات مواد اولیه بسته بندی ٦
۱-۲-۴- انواع بسته بندی‌ها به تفکیک نوع مواد اولیه مصرفی ۷
۱-۳- فیلم ها و پوشش های خوراکی ۹
۱-۳-۱- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه پروتئین ۱۰
۱-۳-۲- پروتئین های آب‌پنیر ۱۱
۱-۳-۳- فیلم‌های خوراکی پروتئین آب‌پنیر ۱۲
۱-۳-٤- ویژگی‌های عاملی فیلم های خوراکی پروتئین آب‌پنیر ۱۳
۱-۳-۵- کاربرد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۱٤
۱-۳-٦- شاخص‌های کیفی فیلم‌های خوراکی ۱۵
۱-۳-۷- روش‌های تولید فیلم‌های خوراکی ۲۰
۱-۳-۸- مزایا و معایب استفاده از پوشش ها و فیلم های خوراکی بر پایه پروتئین ۲۳
۱-۴- فناوری نانو ۲۳
۱-٤-۱- کاربرد فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی ۲۵
۱-٤-۲- معایب بسته بندی نانو ۲٦
۱-٤-۳- نانو کامپوزیت ها ۲٦
۱-۵- یولاف ۲۷
۱-۶- الیاف طبیعی ۲۸
۱-۷- نانوبلور سلولز ۳۰
۱-۷-۱- تاریخچه نانوبلور سلولز ۳۰
۱-۷-۲- ساختار سلولز ۳۱
۱-۷-۳- مزایای نانوبلور سلولز ۳۱

۱-۷-٤- معایب نانو بلور سلولز ۳۲
۱-۷-٥- انواع نانو بلور سلولز ۳۲
۱-۷-٦-کاربردهای نانوبلورسلولز ۳٤
۱-۷-۷-روش‌های تهیه نانوبلور سلولز ۳٦
۱-۷-۸-تاریخچه پژوهش‌های انجام شده ۳۷
۱-۷-۹-اهمیت موضوع و هدف تحقیق ۳۹

فصل دوم: مواد وروش‌ها ٤۱
۲-۱-مواد و دستگاه‌های مورد استفاده ٤۱
۲-۱-۱- مواد مصرفی ٤۱
۲-۱-۲- دستگاه‌های مورد استفاده ٤۱
۲-۲-استخراج فیبرهای سلولز از پوسته یولاف ٤۲
۲-۳-تهیه نانوبلورهای سلولز ٤۳
۲-۴- بررسی مورفولوژی نانوبلورهای سلولز (SEM) ٤٤
۲-۵-طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) ٤٤
۲-۶- تهیه فیلم ٤٤
۲-۶-۱-فیلم پروتئینی شاهد ٤٤
۲-۶-۲- فیلم ایزوله پروتئین آب‌پنیر حاوی نانو بلور سلولز ٤٥
۲-۷- مشروط کردن فیلم‌ها ٤٥
۲-۸- بررسی ویژگی‌های فیلم ٤٦
۲-۸-۱- ضخامت فیلم ٤٦
۲-۸-۲- رنگ سطحی فیلم ٤٦
۲-۸-۳- شفافیت فیلم ٤٦
۲-۸-٤- انحلال پذیری در آب ٤۷
۲-۸-٥- درصد رطوبت ٤۷
۲-۸-٦- خواص مکانیکی ٤۷
۲-۸-۷-نفوذپذیری به بخار آب ٤۸
۲-۸-۸-آزمون طیف سنجی مادون قرمز فوریه(FTIR) ٤۸
۲-۸-۹- آزمون میکروسکوپ الکترونی ٤۹
۲-۹- آنالیز آماری ٤۹

فصل سوم: نتایج و بحث ٥۰
۳-۱- بررسی ویژگی‌های فیبرها و نانوکریستال سلولز ٥۰
۳-۱-۱- بررسی مورفولوژی فیبرهای سلولزی ٥۰
۳-۱-۲- نتایج بررسی میکروسکوپی نانوبلورهای سلولز ٥۰

۳-۱-۳-طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه انعکاسی(FT-IR) ۵۲
۳-۲- بررسی ویژگی‌های فیلم‌های پروتئینی و بیونانوکامپوزیتی ۵۳
۳-۲-۱- تشکیل فیلم ۵۳
۳-۲-۲- ضخامت ٥٦
۳-۲-۳- رطوبت ۵۷
۳-۲-۴- حلالیت در آب ۵۸
۳-۲-۵- ویژگی‌های مکانیکی ٦۰
۳-۲-۶- بازدارندگی فیلم‌ها در برابر بخار آب ٦۲
۳-۲-۷- ویژگی‌های نوری(رنگ- کدورت- شفافیت) ٦٤
۳-۲-۸- بررسی میکروسکوپی تصاویر فیلم با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM ٦۸

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۷۰
۴-۱-نتیجه گیری ۷۰
۴-۲-پیشنهادات ۷۲
مراجع ۷۳

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

شکل ۱-۱- سلولز از دیواره سلولی گیاه تا پیوند های گلیکوزیدی ۳۱

شکل ۱-۲- انواع نانوسلولز a) MFC، b) NCC و c)BNC ۳٤

شکل ۱-۳- هیدرولیز اسیدی سلولز برای تهیه نانوبلورهای سلولز ۳۷

شکل ۲-۱- رونمای مراحل تولید نانوبلورسلولز از پوسته یولاف ٤۳

شکل ۲-۲- رونمای مراحل تولید فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٤٥

شکل ۳-۱- تصاویر پوسته یولاف: a) پوسته یولاف خام، b) پس از تیمار با سدیم کلریت و c) پس از تیمار با پتاسیم هیدروکسید ٥۱

شکل ۳-۲- تصاویر SEM و میکروسکوپی گرفته شده از سلولزهای استخراج شده از پوسته یولاف a) بعد از استخراج و b) بعد از هیدرولیز اسیدی ٥۱

شکل ۳-۳- نمودار حاصل از تست FT-IR بر روی a) پوسته یولاف خام، b) پس از حذف لیگنین، c) پس از حذف همی-سلولز و d) پس از هیدرولیز اسیدی ٥۲

شکل ۳-٤- نحوه تشکیل فیلم کامپوزیتی ایزوله پروتئین آب‌پنیر و نانوبلورسلولز ٥٤

شکل ۳-٥- نمودار حاصل از تست FT-IR بر روی a) فیلم ایزوله پروتئین آب‌پنیر خالص، b) فیلم ایزوله پروتئین آب‌پنیر دارای ٥ درصد نانوبلور سلولز و c) نانوبلور سلولز ٥٦

شکل ۳-٦- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر میزان انحلال‌پذیری فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۰

شکل ۳-۷- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر کشش‌پذیری فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۱

شکل ۳-۸- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر مدول الاستیسیته فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۲

شکل ۳-۹- نحوه عبور بخار آب از میان فیلم کامپوزیتی حاوی نانوذرات ٦٤

شکل ۳-۱۰- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر روی شفافیت فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦٥

شکل ۳-۱۱- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر میزان روشنی و تیرگی فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦٦

شکل ۳-۱۲- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر فاکتور a رنگ‌سنجی فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦٦

شکل ۳-۱۳- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر فاکتور b رنگ‌سنجی فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦٦

شکل ۳-۱٤- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر اختلاف رنگ فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۷

شکل ۳-۱٥-تصاویر SEM و میکروسکوپی گرفته شده از سطح a) فیلم شاهد و b) فیلم حاوی ٥ درصد نانوبلورسلولز ... ٦۸

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول۱-۱- بررسی مقایسه ای نسبت مولکول های سطحی به تعداد کل مولکول ها ۲۵

جدول۱-۲- مقایسه خواص الیاف طبیعی و مصنوعی ۲۹

جدول۱-۳- ترکیبات شیمیایی برخی منابع دارای سلولز ۳۰

جدول ۱-۵- انواع نانو سلولز ۳٤

جدول۱-٦- کاربرد نانوسلولز ۳۵

جدول۳-۱- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار ضخامت فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٥٦

جدول۳-۲- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار داده‌های رطوبت فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٥۷

جدول۳-۳- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار خصوصیات مکانیکی فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۱

جدول۳- ۴- اثر سطوح مختلف نانوبلور سلولز بر نفوذپذیری به بخارآب فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۳

جدول۳-۵- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار میزان عبور نور از فیلم‌های بیونانوکامپوزیتی ٦۵

فصل اول
مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- مقدمه

غذای تولیدی توسط انسان در مراحل مختلف کاشت، داشت، برداشت، فرآوری، انبارداری، حمل و نقل و فروش، تماما در معرض جوندگان، حشرات ومیکروارگانیسم‌ها (کپک‌ها، مخمرها، باکتری‌ها) است. بنابراین فراهم نمودن ماده غذایی خوب و سالم و جلوگیری از هدر رفتن آن برای صنعت غذا و اقتصاد ملی ضروری است. بسته بندی در دستیابی به اهداف ایمنی و جلوگیری از ضایعات مواد غذایی نقش مهمی دارد. با توجه به افزایش هشدارهای زیست محیطی، امروزه فیلم‌های بسته بندی زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست که تحت عنوان فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی شناخته می‌شوند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی اساسا به واسطه توانایی بالقوه آن‌ها در ایجاد ترکیبی از سدهای رطوبتی، اکسیژن، طعم و بو، رنگ و روغن برای غذا یا دارو است که منجر به افزایش کیفیت و زمان ماندگاری می شود [۳٤]. این پوشش-ها در واقع یک نوع بسته بندی با اتمسفر تغییریافته برای مواد غذایی به ویژه میوه‌ها فراهم می‌کنند. استفاده از پوشش خوراکی برای میوه‌ها یکی از روش‌های موثر نگهداری میوه‌ها در دمای محیط است [۱]. عمده مواد پلیمری طبیعی مختلفی که در ساخت فیلم‌ها وترکیب پوشش‌ها به کار می‌روند شامل پلی‌ساکاریدها، لیپیدها، پروتئین‌ها و یا ترکیبی از آن‌ها هستند. پروتئین‌های مورد استفاده در ساخت فیلم‌های خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی عبارتند از پروتئین غلات، گلوتن گندم، پروتئین

سویا، پروتئین آب‌پنیر[۱]، کازئین شیر، کلاژن و ژلاتین. روش‌های متداول جهت پوشش‌دهی مواد غذایی شامل غوطه‌وری یا فروبردن درون محلول و اسپری نمودن می‌باشند [۳٤].

آب پنیر یکی از فرآورده‌های جانبی فرآوری و تولید پنیر محسوب می‌گرددکه به عنوان یک فرآورده با ارزش، کاربردهای زیادی در فناوری غذایی و سایر صنایع پیدا کرده است. پروتئین‌های آب‌پنیرترکیباتی هستند که پس از رسوبات کازئین در سرم شیر به واسطه تغییر pH یا افزودن آنزیم رنت طی تولید پنیر و کازئین باقی می‌مانند [٦۹]. ولی بخش قابل توجهی از آن دفع و به عنوان پساب موجب آلودگی محیط زیست می‌شود و مقداری هم پس از خشک شدن در صنایع دیگر تولید مواد غذایی به مصرف می‌رسد. تحقیقات نشان داده است که پروتئین آب‌پنیر، توانایی ایجاد فیلم‌های شفاف و انعطاف پذیر را داشته و چنین فیلم‌هایی دارای مقاومت بسیار عالی در برابر تراوایی اکسیژن، مواد معطر و روغن‌ها نسبت به انواع فیلم‌های پروتئینی، پلی ساکاریدی نشان می‌دهند [۱۱]. ذکر این نکته ضروری است که قابلیت پوشش دهی پودر آب پنیر به دلیل داشتن مقدار بالای لاکتوز (۶۰٪ وزنی/وزنی)، پایین است و به همین دلیل در تهیه این نوع فیلم خوراکی، ابتدا لاکتوز و دیگر مواد موجود در آب پنیر توسط اولترافیلتراسیون[۲] از پروتئین جدا شده وسپس تغلیظ و توسط خشک کن پاششی به پودر تبدیل می‌شود. تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از پروتئین آب‌پنیر علاوه بر افزایش مصرف آب‌پنیر باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای و طولانی شدن عمر ماندگاری غذاها می‌شود [۲۷،٦۹].

استفاده از دانش نانو در صنعت بسته‌بندی می‌تواند سبب بهبود کیفیت و کارائی مواد بسته‌بندی و در نتیجه اطمینان از امنیت غذایی گردد. به کارگیری نانو ذرات در پلیمرها به طور ویژه باعث گستره وسیعی از کاربردهای نوین برای پلیمرها شده است. نانو ذرات می‌توانند باعث بهبود خواص مختلف حرارتی، الکتریکی، مقاومت در برابر عبور ماده در مقایسه با کامپوزیت‌های متداول شوند. این خواص به دلیل نسبت سطح به حجم بالا، نسبت طول به قطر بالا (در اثر برهم‌کنش فیزیکی در جهت تشکیل شبکه)، در نانوذرات مشاهده می‌شود. برخی نانو ذرات در مقایسه با فیلرهای متداول قادرند با درصد فیلر کمتر، کامپوزیت‌هایی با خواص بهتری به وجود آورند. درصد فیلر کمتر باعث می‌شود دانسیته ماده نهایی به مقدار زیادی کاهش یابد، در نتیجه وزن ماده نهایی بسیار کمتر خواهد بود. مواد نانوبلورین در دمای بالا بسیار سخت بوده و مقاومت زیادی در برابر عبور آب، خوردگی و ساییدگی از خود نشان می‌دهند. سلولز یکی از فراوان‌ترین بیوپلیمرهای طبیعی است که طی واکنش با اسید هیدرولیز شده و ذراتی با ابعاد نانو بر جای می‌گذارد که کاملا ساختار بلورین داشته، میله ای شکل و آب‌دوست می‌باشد. در مقایسه با سایر

۱-Whey Protein
۲-Ultra Filtration

نانوذرات، نانو بلور سلولز ارزان و سازگار با طبیعت بوده و چگالی آن پائین است. نسبت طول به دیگر ابعاد در آن بالا بوده و بسته به ماده اولیه‌ای که از آن به دست آمده، این نسبت از ۳۰ تا ۱۵۰ تغییر می‌کند [۳]. در دهه اخیر محققان به استفاده از مواد زائد سلولزی به عنوان پرکننده روی آورده‌اند و استفاده از نانو مواد سلولزی در چند سال اخیر توجه بسیاری را برای تقویت پلیمرهای مختلف به خود جلب نموده است. تاکنون مواد زائد کشاورزی مانند فیبرهای پوسته نارگیل[۱]، کاه برنج، تفاله کاساوا[۲]، ساقه موز[۳]، پوست درخت شاه توت[۴]، غلاف لوبیای سویا[۵]، گندم، کاه و پوسته سویا[۶] و ساقه ذرت[۷] به عنوان منابعی برای تولید فیبرهای سلولزی و نانوبلورهای سلولز مورد مطاله قرار گرفته‌اند [۴۵].

یولاف[۸] گیاهی از خانواده غلات با نام علمی *Avena satua* می باشد [۵۸]. دانه کامل یولاف به طور طبیعی در درون پوسته[۹] قرار گرفته است. در بین غلات دانه‌های یولاف نسبت به بقیه از درصد پوسته بیشتری برخوردارابوده اما در آن پوسته به طور سفت به دانه نچسبیده و در هنگام پوست گیری به آسانی جدا می شود [۲]. پوسته یولاف اساسا شامل دیواره سلولی (<۸۳٪) همراه با مقادیری در حدود (٪۳۵-۳۰) سلولز و همی سلولز[۱۰] می‌باشند. مقادیر لیگنین[۱۱] و خاکستر[۱۲] آن ها به ترتیب ٪۱۰-۲ و ٪۹-۳/۵ می‌باشد. مقدار پروتئین و روغن آن بسیار کم می‌باشد (٪۵-۱/۶ و٪۲/۲-۱) و فقط بخشی از پروتئین (٪۶۰-۴۰) و روغن کل آن (٪۳۰-۵) دارای ارزش تغذیه‌ای می‌باشد. مقدار نشاسته و کربوهیدرات‌های محلول در آب آن بسیار کم می‌باشند (<٪۲ و <٪۱) [۸۶]. پوسته یولاف به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجه سلولز در ترکیب خود می‌تواند به عنوان یک منبع سلولزی زائد با ارزش افزوده بالا برای استخراج سلولز مورد استفاده قرار گیرد. به همین منظور در این تحقیق از پوسته یولاف به عنوان یکی از ضایعات محصولات کشاورزی به عنوان یک منبع سلولزی برای تولید فیلم زیست تخریب پذیر استفاده شد.

۱-۲- بسته بندی مواد غذایی

بسته بندی ابتدایی‌ترین نیاز هر محصول پیش از عرضه به بازار می‌باشد، چرا که تولیدکنندگان برای شناساندن خود و محصولاتشان و البته محافظت از محصول در حین حمل ونقل و نگهداری پیش از فروش به این فناوری نیاز مبرم دارند. بسته می‌تواند ضمن ثبت نام، خواص، مشخصات فنی و شیمیایی،

۱-Coconut husk fiber
۲-Cassava bagasse
۳-Banana rachis
۴-Mulberry bark
۵-Sorbean ponds
۶-Soy hulls
۷-Cornstalks
۸-Oat
۹-Husk
۱۰-Hemicellulose
۱۱-Lignin
۱۲-Ash

تاریخ مصرف، قیمت، طریقه مصرف و نگهداری صحیح، محافظت آن کالا را تا زمان مصرف به عهده گیرد و در عین حال یک بسته مطلوب قادر است موجب افزایش زمان حفظ و نگهداری کالای فاسد شدنی باشد. بسته عبارت است از محافظی که سلامت کالای محتوی خود را از مرحله تولید تا مرحله مصرف (مرحله نگهداری) حفظ می‌کند. با بسته بندی نمودن مواد غذایی می‌توان از ضایعات مواد غذایی جلوگیری نمود و طول عمر نگهداری مواد غذایی را افزایش داد و نیز مواد غذایی سالم را به مصرف کننده عرضه نمود، در ضمن از لحاظ زمانی و مکانی در مصرف مواد غذایی یک ارتباط مناسب برقرار می‌شود. به عبارتی دیگر محصولات تولید شده در بهار و تابستان را می توان در فصل‌های دیگر استفاده نمود و محصولات کشاورزان را بدون اینکه تغییری در کیفیت آن‌ها به وجود آید از محلی به محل دیگر انتقال داد. مواد غذایی بسته بندی شده، از صدمه عوامل مخرب مکانیکی مانند بارگیری، تخلیه بار، حمل و نقل و ... حفاظت شده و از تاثیر عوامل خارجی (حشرات و غیره) مصون می‌مانند. بسته بندی نمودن ماده غذایی از آسیب تغییرات جوی (افزایش رطوبت، نرم شدن وبه هم چسبیدن مواد غذایی) به این مواد، جلوگیری می‌نماید. این روش از نظر بهداشتی نیز برای برای مصرف کننده اهمیت به سزایی دارد. با بسته بندی نمودن می‌توان مواد غذایی را به صورت خشک یا آماده (غذای کودکان، محصولات استریلیزه شده، پاستوریزه شده، خشک شده و یا خشکبار) به مصرف کننده عرضه نمود. اگر چنانچه مواد اولیه بسته بندی از نوعی انتخاب شود که مواد غذایی، قابل رویت باشد، مصرف کننده بهتر می‌تواند به کیفیت آن پی ببرد. مانند نان‌های تکه‌ای که در کیسه‌های پلاستیکی بسته بندی شده و قابل رویت بودن این محصول برای مصرف کننده حائز اهمیت است. چنانچه محصول کپک زده باشد مصرف کننده از خرید آن پرهیز می‌کند. از نظر تولیدکننده، مواد غذایی بسته‌بندی شده در سیستم‌های سوپرمارکت بهتر عرضه می‌شود. با این روش هزینه پرسنل تقلیل یافته و در ضمن مصرف‌کننده نیز وقت کمتری برای خرید مواد غدایی صرف می‌کند. همچنین سیستم بسته‌بندی برای کارخانجات هزینه کمتری در انبارداری مواد غذایی در بر خواهد داشت. هزینه کل حمل و نقل و انبارداری برای موادغذایی بسته بندی شده در مقایسه با مواد غذایی به صورت فله، متفاوت است. با استفاده از سیستم‌های بسته بندی می‌توان هزینه کل حمل‌ونقل مواد غذایی را در حدود ٤/٢ درصد کاهش داد [۱۲].

۱-۲-۱- هدف از بسته بندی

هدف از انجام بسته‌بندی حفاظت فیزیکی، انبار کردن، بازاریابی و فروش و حفاظت از کیفیت محصول می‌باشد. به این ترتیب هم زمان نگهداری آن‌ها افزایش یابد و هم به طور کلی از خطر عوامل فساد درونی و بیرونی حفظ شود. همچنین حمل و نقل مواد غذایی بهتر و آسانتر انجام می‌گردد. در واقع می‌توان گفت بسته بندی به عنوان یک فروشنده خاموش قلمداد می‌شود، زیرا کالاها مستقیما خود را به خریدار نمایش نمی‌دهند و این پوشش آن‌هاست که با اشکال مختلف و جملاتی کوتاه، معرف جنس

داخل آن‌ها می‌باشد و اطلاعات لازم را به مخاطب (خریدار) ارائه می‌دهد. بسته بندی به عنوان اولین وسیله ارتباط بصری با مخاطب محسوب می‌شود. به تعبیری بسته بندی، چراغ قرمزی است در برابر توقف عابران جلوی ویترین خرده فروشی‌ها و به حق آن را به عنوان فروشنده خاموش می‌شناسند. بسته بندی، چهره کالاست، چون مشتری از طریق بسته بندی محصول را شناسایی می‌کند. بسته بندی پیام تولید کننده را به خریدار می‌رساند و بین آن‌ها ارتباط بر قرار می‌کند. بسته بندی عاملی است که نخستین اثر و نقش را به وجود می‌آورد و باید مراقب باشد که در این اولین برخورد، تا آنجا که توان دارد، خریدار را جذب کند، به همین منظور باید به عواملی که مربوط به ارتباطات است بها داد و نیز بسته بندی نا مناسب، بر روحیه جامعه مصرف کننده تاثیر نا مطلوبی بر جای می‌گذارد [۸].

۱-۲- ۲- تاریخچه بسته بندی

تاریخچه نگهداری (و بسته بندی به عنوان یک روش نگهداری) مواد غذایی به ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد. چنانچه در سواحل خلیج فارس از روش نمک زدن و خشک کردن استفاده می‌کردند. در ابتدای تمدن بشری نیازی به بسته بندی مواد غذایی نبوده، بلکه مردم برای به دست آوردن غذا از محلی به محل دیگر می‌رفتند، اما زمانی که پناهگاه‌های دائمی برای خود پیدا کردند، در چنین شرایطی غذا را از محل‌های مختلف جمع آوری می‌کردند و به محل سکونت خود می‌بردند. این نیاز باعث شد که اولین انواع بسته بندی نظیر کدوهای خشک شده، صدف‌ها، برگ‌ها، پوست حیوانات و دیگر مواد طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند. برای انتقال آب، شیر، ماست، روغن یا دوغ از پوست حیوانات استفاده می‌شد. از شاخ حیوانات برای حمل و نقل و ذخیره غذا و محصولات کشاورزی استفاده کردند. در دوره پیش از صنعتی شدن جوامع نیز، بسته بندی مواد و محصولات برای مدت‌های طولانی مورد استفاده قرار داده شده است و از این روش برای نگهداری مواد و محصولات غذایی در خانه یا حمل ونقل آنها از مزرعه یا محل تولید به مغازه‌ها یا بازارهای محلی استفاده شده است. نمونه‌ای از این موارد بسته بندی غلات و آرد در کیسه یا ظرف‌ها و جعبه‌های چوبی و یا بسته بندی مواد روغنی در شیشه‌ها بوده است. منشا بسته بندی و کنسروهای مدرن، روش‌های اولیه بسته بندی شامل استفاده از کاغذ موم، چرم، پوست و یا چوب پنبه بوده‌اند [۸].

۱-۲-۳- خصوصیات مواد اولیه بسته بندی

مواد اولیه بسته بندی باید خصوصیات زیر را داشته باشد:

۱. برای مواد غذایی سمی نباشد.
۲. از نظر شکل ظاهری قابل توجه مصرف‌کننده باشد که بتواند کمک به فروش محصول نماید.
۳. در مقابل نور، رطوبت، چربی،گاز و بو مقاوم باشد.

۴. از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، به طوری که کارخانجات تولید کننده بتوانند محصول بسته بندی شده را در بازار رقابت نگه دارند.
۵. در برابر عوامل خارجی مانند ضربات مکانیکی مقاوم باشد.
۶. درب این مواد به سهولت باز شود و دوخت و چاپ پذیری آن به سهولت انجام گیرد.
۷. بازیافت زباله آن‌ها آسان وکمترین ضرر را به محیط زیست برساند [۱۲].

۱-۲-۴- انواع بسته بندی‌ها به تفکیک نوع مواد اولیه مصرفی

اکثر موادی که برای بسته بندی فرآورده های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، متعلق به یکی از طبقات زیر و یا ترکیبی از دو یا تعداد بیشتری از این مواد هستند [۹]:

الف – فلزات

بازار جهانی برای ظروف فلزی در بسته بندی فرآورده‌های غذایی حدود ۴۱۰ میلیارد واحد در سال تخمین زده شده است. بسته بندی‌های فلزی برای محصولات غذایی جهت تحویل ایمن محصول سالم باید یکسری خصوصیات داشته باشند، که از آن جمله می‌توان به مقاومت فلز در برابر محیط شیمیایی فراورده غذایی، مقاومت در برابر شرایط محیط خارجی، شکل پذیری ساده، قابلیت بازیافت و غیره اشاره کرد. از مزایای ظزوف فلزی تحمل حرارت‌های بالا، تحمل فشار و مقاومت در برابر ضربات مکانیکی است. استیل، قلع و آلومینیوم از فلزات اصلی هستند که به صورت صفحات نازک در بسته بندی مواد غذایی به شکل قوطی‌هایی با ابعاد استاندارد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تغییر شکل قوطی ها بر اثر ضربات مکانیکی و خوردگی، علل اصلی نگرانی در خصوص استفاده از این مواد در صنعت بسته بندی است [۹].

ب- شیشه

شیشه یک ماده آلی و غیر متبلور است و حاصل خنک شدن مخلوط مذاب سیلیکات، آهک و سود است. مولکول‌ها در شیشه به صورت تصادفی توزیع شده و ساختار آمورف ایجاد می‌کنند. ظاهر شیشه معمولا شفاف است که البته با تغییر اجزا قابل تغییر است. مزایای استفاده از ظروف شیشه‌ای در بسته بندی مواد غذایی شامل شفافیت، عدم تاثیر بر مواد غذایی و اثر ناپذیری از pH ماده غذایی و سایر ترکیبات موجود در آن، نفوذناپذیری، قابلیت رویت مواد غذایی محتوی آن توسط مصرف کننده، شکل پذیری و تحمل محدوده خاصی از درجه حرارت است، اما سختی و شکنندگی و وزن بالای شیشه حمل و نقل آن را سخت و مصرف آن در بسته‌بندی را تا حدودی محدود می‌کند [۹].

ج- کاغذ

طیف گسترده‌ای از کاغذ و مقوا در صنعت بسته بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از لایه‌های بسیار نازک نامحلول برای کیسه‌های چای و قهوه تا مقواهای بسیار ضخیم و محکم برای جابجایی. بسته-های کاغذی و مقوایی حدود یک سوم از بازار بسته‌بندی را به خود اختصاص داده‌اند که بیش از ۵۰٪ آن در صنایع غذایی استفاده می‌شود. بسته‌های کاغذی و مقوایی در بسته بندی اولیه، زمان انبارداری و در بسته بندی‌های نهایی جهت توزیع و جابجایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مزایای استفاده از کاغذ، هزینه پایین، فراوانی و در دسترس بودن، وزن کم، سهولت چاپ و مقاومت مکانیکی مطلوب و عدم آزاد کردن مونومرهای مضر به درون فرآورده غذایی است. از معایب استفاده از کاغذ حساسیت بالای آن به رطوبت، نفوذپذیری بالا به بخار آب و گازها و عطر و طعم فراورده غذایی، حساسیت نسبت به حلال‌های آلی و مواد شیمیایی و عدم تحمل حرارت‌های بالا است، علاوه بر این در موارد مصرف خاص، قرار دادن لایه‌ای دیگر از مواد غیر قابل نفوذ بر روی سطح داخلی یا خارجی بسته‌های کاغذی یا مقوایی الزامی است [۹].

د- بسپارها

با توجه به مصارف چند منظوره و هزینه پایین، بسپارها مهمترین مواد بسته‌بندی فرآورده‌های غذایی به شمار می‌آیند. نفوذپذیری آن‌ها نسبت به آب و اکسیژن یک معیار مهم برای انتخاب فیلم‌های پلیمری به عنوا ن مواد بسته بندی می‌باشد. بسپارها به دو دسته بسپارهای مصنوعی یا سنتزی[۱] و طبیعی[۲] تقسیم بندی می‌شوند.

- بسپارهای مصنوعی

بسپارهای مصنوعی یا سنتزی یا پلاستیک‌ها، ترکیبات ماکرومولکول آلی به دست آمده با استفاده از بسپارش، بسپارش تراکمی یا فرآیندهای مشابه از مولکول‌هایی با وزن مولکولی پایین‌تر یا با تغییرات شیمیایی ترکیبات ماکرومولکول‌های طبیعی تولید می‌شوند. مزایای استفاده از پلاستیک‌ها، شکل پذیری ساده آن‌ها، دارا بودن مقاومت و چغرمگی و مقاوم بودن در برابر شکستگی، خنثی بودن از نظر شیمیایی، وزن سبک، هزینه پایین، قابلیت تغییر رنگ، شفافیت و ممانعت نسبتا مناسب در برابر ترکیبات فرار فرآورده های غذایی است. اما پلاستیک‌ها ممکن است برخی ترکیبات فرآورده غذایی مانند روغن‌ها و چربی‌ها را جذب کنند و مونومرهای آن‌ها به درون ماده غذایی مهاجرت کند. از طرفی گازها از جمله اکسیژن و در اکسید کربن به همراه بخار آب و حلال‌های آلی از پلاستیک‌ها نفوذ می‌کنند. بنابراین برای

۱-Synthetic polymer
۲-Biopolymer

موارد خاص در بسته بندی موادغذایی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، از طرف دیگر به دلیل عدم تجزیه زیستی آن‌ها و مشکلات زیست محیطی که ایجاد می‌کنند، بهتر است که مصرف آن‌ها محدودتر شود. پلاستیک‌های مورد استفاده در صنایع غذایی انواع مختلفی دارند، از جمله:پلی اتیلن(PE)، پلی-پروپیلن(PP)، پلی‌استر(PET,PEN,PC)، اتیلن وینیل استات(EVA)، پلی‌آمید(PA)، پلی‌وینیل-کلرید(PVC)، پلی‌استایرن(PS)، استایرن‌بوتادین(SB)، اکریلونیتریل بوتادین استایرن(ABS) و اتیلن-وینیل‌الکل(EVOH).

- زیست بسپارها

زیست بسپارها یا پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر، مواد پلیمری هستند که حداقل یک مرحله از فرآیند تجزیه آن‌ها به صورت طبیعی توسط موجودات زنده انجام می‌شود. این مواد تحت شرایط رطوبتی و دمایی مناسب و وجود اکسیژن کافی، تجزیه شده و بدون اینکه باقی مانده سمی یا مضری از خود به جا گذارند، به مونرهای سازنده خود تبدیل می‌شوند. بسپارهای زیست تجزیه پذیر بر اساس منبعشان به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- بسپارهای طبیعی(پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، پلی‌پپتیدها، پلی‌نوکلئوتیدها)
- بسپارهای تولید شده به روش شیمیایی با به کارگیری مونومرهای قابل تجدید
- بسپارهای تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها یا باکتری‌های تغییر یافته ژنتیکی(پلی هیدروکسی بوتیرات، سلولزهای باکتریایی، زانتان)

زیست بسپارهای طبیعی را بر اساس منشاء مواد خامی که از آن به دست می‌آیند به دو گروه زیست بسپارهای گیاهی و حیوانی تقسیم بندی می‌کنند. زیست بسپارهای گیاهی شامل دو دسته زیست بسپارهایی با منشاء کربوهیدراتی مانند نشاسته، سلولز، کیتوزان، آلژینات، آگار، کاراگینان وغیره و زیست بسپارهای گیاهی با منشاء پروتئینی مانند زئین ذرت، گلوتن گندم و غیره هستند. زیست بسپارهای حیوانی نیز شامل دوگروه زیست بسپارهای پروتئینی مانند ژلاتین، کلاژن، کازئین، پروتئین آب‌پنیر و لیپیدها مانند تری‌گلیسریدها، موم‌ها و اسیدهای چرب وغیره می‌باشند [۹].

۱-۳- فیلم ها و پوشش های خوراکی

امروزه آلودگی‌های ناشی از پلیمرهای سنتزی، توجه همگان را به استفاده از مواد زیست تخریب پذیر معطوف کرده است و در طی دو دهه اخیر، مطالعه بر روی مواد زیست تخریب پذیر حاصل از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها گسترش وسیعی یافته است که می‌توانند جایگزینی مناسب برای پلیمرهای سنتزی حاصل از مشتقات نفتی به شمار روند. بسته بندی‌های زیست تخریب‌پذیر که قابلیت خوراکی بودن و مصرف به همراه ماده غذایی را دارند، به دو دسته فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی تقسیم می‌شوند.