دانشگاه تبریز

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی علوم و صنایع غذایی - گرایش تکنولوژی

عنوان

ارزیابی پوشش خوراکی فعال کیتوزان حاوی ناتامایسین در پنیر سفید فراپالایشی

استادان راهنما

دکتر جواد حصاری - دکتر سید هادی پیغمبردوست

استادان مشاور

دکتر هدا جعفری زاده مالمیری - دکتر رضا رضایی مکرم

پژوهشگر

سحر نطاق

شهریور ۹۳

تقدیم به: تنها بهانه زیستنم

مادر عزیزم

که بی حضورش برداشتن هر گام سخت تر و سخت تر جلوه می کند.

مادر مهربانم: تک ستاره آسمان دلم، عاشقانه ترین کلام زندگیم، فرشته ای که زندگی خود را فدای آسایش و راحتی من کرده و در برابر مشکلات سپر بلای فرزندش بوده است. عزیزترین کلام زندگیم، اگر ایستاده ام شما قامتم بودید.

مادرم اولین ثمره کوچک دستانم را به تو عزیزترینم تقدیم می کنم.

الهی ادای شکر تو را هیچ زبان نیست و دریای فضل تو را هیچ کران نیست و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست.

هدایت کن بر مارهی که بهتر از آن نیست.....

بر خود لازم می دانم قدردان زحمات تمام کسانی باشم که به نحوی در اجرای این پایان نامه مرا یاری نموده اند:

از اساتید راهنما ارجمند و بزرگوارم آقایان دکتر جواد حصاری و دکتر سید هادی پیغمبردوست که در کلیه مراحل انتخاب، اجرا و تدوین پایان نامه با بزرگواری تمام راهنمای اینجانب بوده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. جناب آقای دکتر هدا جعفری زاده مالمیری که در نهایت صبر و شکیبایی راهنمایم بودند و با دقت نظر، پیشنهادهای ارزنده ای در جهت بهبود کیفی این پایان نامه ارائه فرمودند سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر رضا رضایی مکرم که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند و همواره مرا از راهنمایی هایشان بهره مند نموده اند تشکرم. همچنین از جناب آقای دکتر صدیف آزادمرد میرچی که زحمت داوری و باز خوانی این پایان نامه را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

از مدیریت، کارمندان و کارکنان ساختمان جدید دانشکده کشاورزی و کارخانه شیرپاستوریزه بگاه آذربایجان شرقی و به ویژه از آقایان مهندس جدیری، صوتی، موسوی پور، فخیم، شمس و خانم های مهندس شاه محمدی و خندان به خاطر مساعدت های بی دریغشان سپاسگزارم. همچنین از مدیریت پژوهشکده استاندارد شمالغرب کشور جناب آقای دکتر مقدس صمیمانه تشکر مینمایم. از دوستان عزیزم سرکار خانم های مهندس هانیه رسولی و فرناز ممقانی به خاطر کمک های بی دریغشان متشکرم.

از کلیه اساتید و اعضای گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز که در محضرشان کسب علم نموده ام نهایت تشکر و احترام را دارم. در نهایت از تمامی کسانی که به نحوی بنده را در اجرا و تدوین این پایان نامه یاری کردند، سپاسگزارم.

نام خانوادگی: نطاق **نام:** سحر

عنوان پایان‌نامه: ارزیابی پوشش خوراکی فعال کیتوزان حاوی ناتامایسین در پنیر سفید فراپالایشی

استادان راهنما: دکتر جواد حصاری – دکتر سید هادی پیغمبردوست

استادان مشاور: دکتر هدا جعفری‌زاده مالمیری – دکتر رضا رضایی مکرم

مقطع تحصیلی: ارشد **رشته:** مهندسی علوم و صنایع غذایی **گرایش:** تکنولوژی مواد غذایی

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** کشاورزی **تعداد صفحات:** ۹۰

تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۹۳

کلید واژه ها: پوشش فعال خوراکی، مواد ضدمیکروبی، کیتوزان، ناتامایسین، پنیر سفید فراپالایشی

چکیده: در طی سال‌های اخیر تمایل به استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضدمیکروبی باعث افزایش کیفیت، ایمنی و زمان ماندگاری موادغذایی از جمله پنیر شده است. ترکیبات مغذی، میزان رطوبت بالا، pH مناسب در سطح و همچنین شرایط محیطی مناسب در طی حمل و نقل و نگهداری، اغلب باعث شروع وگسترش آلودگی پنیر با میکروارگانیسم‌ها به ویژه کپک و مخمر در سطح می‌گردد و زمان ماندگاری محصول را محدود می‌نماید. لذا هدف از پژوهش حاضر ارائه سیستم بسته‌بندی خوراکی مناسب برای پنیر سفید فراپالایشی می‌باشد که نه تنها مشکلات بسته‌بندی‌های رایج مثل مدت زمان نگهداری کم، از دست رفتن مواد مغذی، تغییر خصوصیات حسی، فساد و به تبع آن کاهش بازده اقتصادی را به همراه نداشته باشد بلکه کیفیت و ایمنی محصول را حتی پس از باز شدن بسته حفظ نماید. برای این منظور پوشش خوراکی کیتوزان به عنوان حامل ناتامایسین برای بسته‌بندی پنیر سفید فراپالایشی شرکت پگاه آذربایجان شرقی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا با استفاده از طرح آزمایش مرکب مرکزی تاثیر میزان غلظت دو متغییر مستقل کیتوزان (۰/۵ الی ۲/۵٪ w/w) و ناتامایسین (۵ الی ۲۰ ppm) بر روی متغییرهای پاسخ (pH، میزان نمک، تعداد کلی باکتری‌ها و جمعیت کپک و مخمر) ارزیابی شد. داده‌های آزمایشی به خوبی توسط معادله‌های چندجمله‌ای درجه دوم برازش شدند و ضریب تبیین برای تمام متغییرهای پاسخ در محدوده ۰/۹۶۷۳ الی ۰/۹۹۹۳ بدست آمد که حاکی از کفایت مدل برای بیان اثر غلظت کیتوزان و ناتامایسین بر روی متغییرهای پاسخ بود. با استفاده از تکنیک سطح پاسخ، فرمولاسیون پوششی بهینه حاوی ۱٪ w/w کیتوزان و ۱۶ ppm ناتامایسین بدست آمد که pH، میزان نمک، تعداد کلی باکتری‌ها و جمعیت کپک و مخمر نمونه‌های پوششی با این فرمولاسیون به ترتیب ۴/۵، ۲/۲٪، ۹ کلونی و ۸ کلونی می‌باشد. عدم اختلاف معنی‌دار ($P > ۰/۰۵$) بین داده‌های آزمایشی و مقادیر پیش بینی شده حاکی از صحت و دقت بالا معادلات می‌باشد. در ادامه اثر فرمولاسیون پوششی بهینه بدست آمده بر پایه کیتوزان (۱٪ w/w) و

ناتامایسین (۱۶ ppm) بر روی افزایش زمان ماندگاری نمونه‌های پوششی در مقایسه با نمونه کنترل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین مقدار نمک، ماده خشک، چربی، چربی در ماده خشک و رطوبت نمونه‌های پوششی و کنترل اختلاف معنی‌دار (P > ۰/۰۵) وجود نداشت اما بین مقادیر pH، اسیدیته، بافت و تمام آنالیزهای میکروبی (شمارش کلی باکتری، جمعیت کپک و مخمر، *کلیفرم* و استارتر) نمونه‌های پوششی و کنترل اختلاف معنی‌دار (P < ۰/۰۵) در طول مدت زمان نگهداری (۶ هفته در دمای ۴ °C) مشاهده گردید. همچنین نتایج آنالیزهای حسی (بو، مزه، بافت، رنگ و مقبولیت کلی) آشکار کرد که فرمولاسیون پوششی بهینه در مقایسه با نمونه کنترل، زمان ماندگاری را ۲ هفته افزایش داد.

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: کلیات

۱- کلیات ۴

۱-۱- پنیر ۴

۱-۱-۱- پنیر سفید فراپالایشی(UF) ۵

۱-۱-۲- تکنولوژی تولید پنیر سفید فراپالایشی ۶

۱-۲- بسته‌بندی ۷

۱-۲-۱- وظایف اصلی بسته‌بندی ۷

۱-۲-۲- بسته‌بندی‌های نوین مورد استفاده در صنایع غذایی ۸

۱-۲-۲-۱- بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) ۸

۱-۲-۲-۲- بسته‌بندی‌های هوشمند و فعال ۹

۱-۲-۲-۲-۱- بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی ۱۰

۱-۲-۲-۲-۱-۱- انواع بسته‌بندی ضدمیکروبی ۱۰

۱-۲-۲-۲-۱-۲- کاربردهای بسته‌بندی ضدمیکروبی در مواد غذایی ۱۲

۱-۲-۲-۲-۱-۳- انواع ترکیبات ضدمیکروبی ۱۳

۱-۲-۲-۲-۱-۴- فاکتورهای مهم در طراحی بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی ۱۳

۱-۲-۲-۲-۱-۵- معیارهای ارزیابی موثر بودن بسته‌بندی ضدمیکروبی ۱۵

۱-۳- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۱۶

۱-۳-۱- تفاوت فیلم، پوشش و ورقه خوراکی ۱۸

۱-۳-۲- بیوپلیمرهای مورد استفاده در تولید فیلم و پوشش ۱۸

۱-۳-۳- مزایا فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۱۹

۱-۳-۴- کاربرد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۱۹

۱-۴- کیتوزان ۲۲

۱-۴-۱- ویژگی‌های کیتین و کیتوزان ۲۳

۱-۴-۲- مقررات قانونی استفاده از کیتوزان ۲۴
۱-۴-۳- استحصال کیتوزان ۲۵
۱-۴-۴- کاربردهای کیتوزان ۲۵
۱-۴-۵- عوامل موثر بر فعالیت ضدمیکروبی کیتوزان ۲۶
۱-۴-۵-۱- فاکتورهای مربوط به کیتوزان ۲۶
۱-۴-۵-۱-۱- وزن مولکولی ۲۶
۱-۴-۵-۱-۲- خاصیت شلاته‌کنندگی ۲۶
۱-۴-۵-۱-۳- خاصیت هیدروفیلی و هیدروفوبی ۲۷
۱-۴-۵-۱-۴- حالت فیزیکی ۲۷
۱-۴-۵-۲- فاکتورهای مربوط به میکروارگانیسم ۲۷
۱-۴-۵-۲-۱- نوع میکروارگانیسم ۲۷
۱-۴-۵-۲-۲- سن میکروارگانیسم ۲۸
۱-۴-۵-۳- عوامل محیطی ۲۸
۱-۴-۵-۳-۱- pH ۲۸
۱-۴-۵-۳-۲- قدرت یونی ۲۸
۱-۴-۵-۳-۳- زمان ۲۸
۱-۴-۵-۳-۴- دما ۲۸
۱-۴-۶- مکانیسم‌های فعالیت ضدمیکروبی کیتوزان ۲۹
۱-۵- ناتامایسین ۳۰
۱-۵-۱- ویژگی‌های ناتامایسین ۳۰
۱-۵-۲- مقررات قانونی استفاده از ناتامایسین ۳۲
۱-۵-۳- تولید ناتامایسین ۳۲
۱-۵-۴- کاربردهای مختلف ناتامایسین در مواد غذایی ۳۳
۱-۵-۵- مکانیسم فعالیت ضدمیکروبی ناتامایسین ۳۳

فصل دوم: مروری بر منابع

۲- مروری بر منابع و پژوهش‌های اخیر ۳۵

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳- مواد و روش‌ها ۴۷

۳-۱- مواد مورد استفاده ۴۷

۳-۱-۱- مواد خام مورد استفاده ۴۷

۳-۱-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۴۸

۳-۱-۳- محیط کشت مورد استفاده ۴۸

۳-۱-۴- میکروارگانیسم مورد استفاده برای تلقیح نمونه‌ها ۴۸

۳-۱-۵- تجهیزات آزمایشگاهی ۴۸

۳-۲- محل انجام پژوهش ۴۹

۳-۳- مراحل انجام پژوهش ۴۹

۳-۳-۱- فاز اول: بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش خوراکی ۴۹

۳-۳-۱-۱- کشت دادن *پنیسیلیوم اکسپانسوم* ۴۹

۳-۳-۱-۲- شمارش اسپور *پنیسیلیوم اکسپانسوم* با رقت 10^3 ..... ۴۹

۳-۳-۱-۳- تهیه محلول‌های پوششی ۵۰

۳-۳-۱-۴- آماده سازی و ذخیره نمونه های پنیربرای آنالیزهای بعدی ۵۰

۳-۳-۲- فاز دوم: تعیین افزایش عمر ماندگاری ۵۱

۳-۳-۲-۱- تهیه فرمولاسیون تیمار پوششی بهینه ۵۱

۳-۳-۲-۲-آماده سازی و ذخیره تیمار پوششی بهینه برای آنالیزهای بعدی ۵۱

۳-۴- آزمایش‌های پنیر ۵۲

۳-۴-۱- آزمایش‌های میکروبی پنیر ۵۲

۳-۴-۱-۱- شمارش *کلیفرم* ۵۲

۳-۴-۱-۲- شمارش کلی باکتری‌ها ۵۲

۳-۴-۱-۳- شمارش کپک و مخمر ۵۲

۳-۴-۱-۴ شمارش استارترها ۵۲
۳-۴-۲- آزمایش‌های شیمیایی پنیر ۵۲
۳-۴-۲-۱- pH ۵۲
۳-۴-۲-۲- اسیدیته ۵۲
۳-۴-۲-۳- نمک ۵۳
۳-۴-۲-۴- چربی ۵۳
۳-۴-۲-۵- ماده خشک ۵۳
۳-۴-۲-۶- درصد رطوبت ۵۳
۳-۴-۲-۷- چربی در ماده خشک ۵۳
۳-۴-۳- بافت ۵۴
۳-۴-۴- ارزیابی حسی پنیر ۵۴
۳-۵- طراحی آزمایش و آنالیز آماری ۵۵
۳-۶- بهینه سازی و اعتبار روش ۵۶

فصل چهارم: بحث و نتایج
۴- بحث و نتایج ۵۸
۴-۱- فاز اول: تعیین فرمولاسیون پوششی بهینه ۵۸
۴-۱-۱- برازش مدل ۵۸
۴-۱-۲- آنالیز متغییرهای پاسخ ۶۱
۴-۱-۲-۱- pH ۶۱
۴-۱-۲-۲- مقدار نمک ۶۲
۴-۱-۲-۳- تعداد کلی باکتری‌ها ۶۳
۴-۱-۲-۴- جمعیت کپک و مخمر ۶۴
۴-۲- فاز دوم: تعیین افزایش عمر ماندگاری ۶۵
۴-۲-۱- ارزیابی فرمولاسیون پوششی بهینه ۶۵
۴-۲-۲- آزمایش‌های میکروبی ۶۶

۴-۲-۲-۱- شمارش کلی باکتری‌ها ۶۶
۴-۲-۲-۲- جمعیت کپک و مخمر ۶۷
۴-۲-۲-۳-*کلیفرم* ۶۸
۴-۲-۲-۴- استارتر ۶۹
۴-۲-۳- آزمایش‌های شیمیایی ۷۰
۴-۲-۳-۱- pH ۷۰
۴-۲-۳-۲- اسیدیته ۷۲
۴-۲-۳-۳- مقدار نمک ۷۳
۴-۲-۳-۴- ماده خشک ۷۴
۴-۲-۳-۵- محتوای رطوبت ۷۵
۴-۲-۳-۶- چربی ۷۶
۴-۲-۳-۷- چربی در ماده خشک ۷۷
۴-۲-۴- ارزیابی بافت ۷۸
۴-۲-۵- ارزیابی حسی ۷۹
۴-۳- نتیجه‌گیری کلی ۸۱
۴-۴- پیشنهادات ۸۲

فصل پنجم: فهرست منابع ۸۲

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- شمای فرایند اولترافیلتراسیون در تولید پنیر فراپالایشی..... ۶

شکل ۱-۲- الف) ساختار کیتین ب) ساختار کیتوزان..... ۲۲

شکل۱-۳- فرمول ساختاری ناتامایسین..... ۳۰

شکل ۳-۱- خط تولید پنیر فراپالایشی کارخانه پگاه آذربایجان شرقی..... ۴۷

شکل۳-۲-دستگاه اینستران..... ۵۴

شکل ۴-۱- نمودار سطح پاسخ نمونه‌های پوششی پنیر برای pH..... ۶۱

شکل ۴-۲- نمودار سطح پاسخ نمونه‌های پوششی پنیر برای نمک..... ۶۲

شکل ۴-۳- نمودار سطح پاسخ نمونه‌های پوششی پنیر برای شمارش کلی باکتری‌ها..... ۶۳

شکل ۴-۴- نمودار سطح پاسخ نمونه‌های پوششی پنیر برای جمعیت کپک و مخمر..... ۶۴

شکل ۴-۵- نمودار کانترپلات(مقطع عرضی دو بعدی) بهینه کیتوزان و ناتامایسین..... ۶۵

شکل ۴-۶- تغییرات pH نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۰

شکل ۴-۷- تغییرات اسیدیته نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۲

شکل ۴-۸- تغییرات نمک نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۳

شکل ۴-۹- تغییرات ماده خشک نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۴

شکل ۴-۱۰- تغییرات محتوای رطوبت نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۵

شکل ۴-۱۱- تغییرات چربی نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۶

شکل ۴-۱۲- تغییرات چربی در ماده خشک نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۷

شکل ۴-۱۳- تغییرات بافت نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدگی..... ۷۸

شکل ۴-۱۴- ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر الف) بعد از سه هفته ب) بعد از شش هفته..... ۷۹

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱- فرم ارزیابی حسی پنیر.....۵۴

جدول ۳-۲- سطح متغییرهای مستقل مورد استفاده در طرح مرکب مرکزی ۵۵

جدول ۳-۳- طرح مرکب مرکزی و مقادیر کیتوزان و ناتامایسین تیمارها.....۵۶

جدول ۴-۱- طرح مرکب مرکزی و مقادیر آزمایشی حاصل از متغییرهای مستقل.....۵۹

جدول ۴-۲- احتمال معنی‌داری ضریب رگرسیون در مدل کاهش یافته نهایی.....۵۹

جدول ۴-۳- مقادیر ضریب رگرسیون، R^2، R^2 (adj) و مقادیر عدم برازش مدل کاهش یافته نهایی.....۶۰

جدول ۴-۴- معادلات کاهش یافته نهایی ۶۰

جدول ۴-۵- شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه پوششی، کنترل (۱) و کنترل (۲).....۶۶

جدول ۴-۶- جمعیت کپک ومخمر در نمونه پوششی، کنترل (۱) و کنترل (۲).....۶۷

جدول ۴-۷- جمعیت *کلیفرم* در نمونه پوششی، کنترل (۱) و کنترل (۲).....۶۸

جدول ۴-۸- شمارش استارتر در نمونه پوششی، کنترل (۱) و کنترل (۲).....۶۹

امروزه فرآوری شیر و تولید فراورده‌های لبنی با کیفیت عالی نیازمند دانش و فناوری پیشرفته است که یکی از روش‌های نوین تولید پنیر، استفاده از سیستم اولترافیلتراسیون است. مزایای قابل ملاحضه آن باعث موفقیت تجاری این محصول شده است. پنیر یک غذای آماده برای خوردن است که به آسانی در سطح توسط میکروارگانیسم‌های ناخواسته آلوده می‌شود. برخی میکروارگانیسم‌های فسادزا مثل *سودوموناس ایروجیونزا*، *یروینیا لیپولیتیکا* و سویه های *پنیسیلیوم* می‌توانند ویژگی‌های ظاهری نامتعارف تولید کنند و باعث کاهش ارزش تجاری پنیر شوند اما برخی پاتوژن هستند مثل *لیستریا مونوسیتوژنز* که عامل بیماری لیستریوزیس است و با مصرف پنیر از راه غذا منتقل می‌شود. این میکروارگانیسم‌ها شامل سویه‌هایی با ویژگی سایکروتروف هستند که می‌تواند منجر به افزایش در طی ذخیره‌سازی سرد شوند (لائوچیلین و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر این عمده مشکل میکروبی در پنیر آلودگی با کپک‌ها و مخمرها است. این محصول به علت دارا بودن pH پایین در سطح توسط میکروارگانیسم‌های نامطلوب به ویژه کپک و مخمر آلوده می‌شود (استپانیاک و سورهاگ، ۱۹۹۷). در پنیر سفید فراپالایشی ایرانی عمده‌ترین میکروارگانیسم‌های آلوده‌کننده *کلیفرم‌ها*، باکتری‌های اسپوردار و مخمرهای تخمیرکننده لاکتوز می‌باشند. آلودگی ثانویه نیز می‌تواند باعث فساد پنیر شود لذا رعایت اصول بهداشتی در تولید و بسته‌بندی محصول حائز اهمیت است. روش رایج بسته‌بندی این محصول فیلم های سخت یا منعطف از مواد چند لایه، جعبه هایی از جنس پلی اتیلن/کاغذ، بسته‌های تتراپک و بسته‌های پلاستیکی با روکش فویل آلومینیومی می‌باشد.

در دنیای صنعتی امروز نیاز به تولید فراوان محصول از یک سو، و تمایل مصرف کنندگان به استفاده از غذاهای سالم و با حداقل فرآوری منجر به ظهور تکنیک‌ها و مواد جدید بسته‌بندی شده است. در این راستا می‌توان به بسته‌بندی فعال اشاره نمود. بسته بندی فعال نوعی بسته بندی است که علاوه بر داشتن خواص بازدارندگی اصلی بسته‌بندی‌های معمول (بازدارندگی در برابر گازها، بخارآب، تنش مکانیکی) با تغییر شرایط بسته‌بندی ایمنی، ماندگاری یا حتی ویژگی‌های حسی ماده غذایی را بهبود می‌بخشد. انواع مختلفی از بسته‌بندی فعال در حال توسعه است که سیستم فعال ضدمیکروبی یکی از مهمترین آنها می‌باشد. بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی نباید فقط به عنوان محافظ محصولات غذایی در مقابل فاکتورهای زیست‌محیطی در نظر گرفته شوند بلکه با مهار یا ممانعت از رشد میکروبی در سطح غذا عمر نگهداری را گسترش می‌دهند. در سالیان اخیر استفاده از ضدمیکروب‌های شیمیایی به عنوان ماده افزودنی و نگه‌دارنده در تولید موادغذایی بسیار گسترش یافته است که اثر سوئی بر سلامت جامعه به ویژه در دراز مدت دارد لذا توجه محققان و صاحبان صنایع بر روی ابداع سیستم‌های جدید بسته‌بندی مثل فیلم و پوشش خوراکی و گنجاندن ضدمیکروب‌های طبیعی در آنها معطوف شده است. در ساخت فیلم و پوشش خوراکی می‌توان یا از ترکیبات ضدمیکروبی به صورت ماده اولیه در پایه پوشش استفاده کرد مثل کیتوزان یا اینکه پوشش می‌توانند به عنوان حامل ترکیبات ضدمیکروبی طبیعی مثل آنتی‌اکسیدان، آنزیم، باکتریوسین، اسیدهای آلی، فلزات و ناتامایسین باشد تا در طی گذر زمان از بسته‌بندی آزاد شوند و نقش موثر خود را ایفا کنند.

کیتوزان پلی‌ساکارید کاتیونی طبیعی و یک کوپلیمر زیست تخریب‌پذیر از N-استیلD-گلوکزآمین است. فیلم‌ها و پوشش‌های فعال بر پایه کیتوزان توجه زیادی در نگهداری مواد غذایی و تکنولوژی بسته‌بندی جلب کرده‌اند که عمدتا به دلیل خصوصیات عالی تشکیل فیلم و ممانعت از نفوذ گاز است همچنین فعالیت ضدمیکروبی بالاتری در برابر پاتوژن‌ها و میکروارگانیسم‌های فسادزا دارد (جعفری‌زاده مالمیری وهمکاران، ۲۰۱۱). این ماده فعال با خصوصیات فیزیکوشیمیایی عالی به خوبی در بیوپلیمر پخش می‌شود و این توانایی را دارد که به عنوان حامل مواد ضدمیکروبی در سیستم‌های بسته‌بندی خوراکی یا زیست تخریب‌پذیر استفاده شود. ناتامایسین به عنوان یک ضدقارچ طبیعی موثر در مقابل طیف وسیعی از کپک‌ها و مخمرها می‌باشد که هیچ اثر سمی حتی در غلظت‌های بالا ندارد. مهمترین مزیت آن عدم ایجاد مقاوت در انسان حتی طی مصرف طولانی مدت می‌باشد. این ماده به عنوان نگه‌دارنده طبیعی (E235) توسط اتحادیه اروپا برای تیمار سطح انواع پنیر مجاز اعلام شده است که رشد قارچی را بطور خاص با پیوستن به ارگوسترول که تقریبا بطور انحصاری در غشا سیتوپلاسمی قارچ‌ها حضور دارد بلوکه می‌نماید. کاربرد مستقیم ناتامایسین در سطح غذا توسط اسپری کردن یا غوطه‌وری نتایج مشکوکی بخاطر چسبندگی نامناسب، انتشار سریع مولکول‌های ماده غذایی و در نتیجه کاهش غلظت در سطح را نشان می‌دهد در حالی که استفاده از فیلم و پوشش بر پایه پلیمرهای ضدمیکروبی مثل کیتوزان کارایی بیشتری فراهم می‌کند که ناشی از باقی ماندن غلظت بالاتری از ماده فعال در سطح است.

در پژوهش حاضر تلاش بر تولید پوشش خوراکی دارای خاصیت ضدمیکروبی بر پایه کیتوزان در محدوده ۰/۵ الی ۲/۵ درصد وزنی- وزنی به عنوان حامل ناتامایسین در محدوده ۵ تا ۲۰ ppm است تا به عنوان بسته‌بندی فعال برای پوشش‌دهی پنیر سفید فراپالایشی مورد استفاده قرار گیرد و اثرات مثبت آن بر روی افزایش زمان ماندگاری محصول با انجام آزمایش‌های شیمیایی (pH، اسیدیته، نمک، ماده خشک، چربی و ...)، میکروبی (جمعیت کپک و مخمر، شمارش کلی باکتری‌ها، *کلیفرم* و استارتر)، بافت و حسی ارزیابی گردد.

فصل اول

کلیات

۱- کلیات

۱-۱- پنیر

پنیر نام کلی برای گروهی از فراورده‌های تخمیری شیر است که در نقاط مختلف جهان با طعم، بافت و شکل‌های مختلف یافت می‌شود. بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۴۴ تعریف پنیر عبارت است از فراورده تازه یا رسیده شیر که از انعقادشیر و خروج سرم شیر از آن تولید می‌شود. در تهیه پنیر از شیر کامل، شیر چربی گرفته یا مخلوطی از این دو استفاده می‌شود. انواع پنیر به صورت نرم، نیمه سخت، سخت و خیلی سخت وجود دارد. پنیرهای سفید از دسته آب‌نمکی هستند که اساسا نرم بوده و در آب‌نمک دوره رسیدن را طی کرده و نگهداری می‌شوند. نمک مورد استفاده در تولید پنیرهای آب نمکی با جذب آب اضافی و تکمیل آب‌گیری دلمه باعث افزایش قوام و استحکام دلمه می‌شود. پنیر مهمترین فرآورده صنعتی شیر است و برطبق نظر فدراسیون بین المللی لبنیات (IDF)[1] در سال ۱۹۹۰ بیشترین مقدار شیر تولیدی دنیا (حدود ۳۵ درصد) به پنیر تبدیل شده است. مقدارتولید جهانی این محصول بالغ بر ۱۵ میلیون تن می‌باشد که اروپا بزرگترین تولیدکننده آن به شمار می‌رود (حصاری، ۱۳۸۴). در مورد خاستگاه پنیر، دقیقا معلوم نیست که اولین بار چه کسی آن را ابداع و یا در کجا تهیه شده است، ولی برخی از محققان اظهار می‌دارند که مردم یونان از هزاران سال قبل از میلاد مسیح پنیر مصرف می‌کردند. تولید پنیر در ایران هم از دیرباز مرسوم بوده است. تا چندی پیش این محصول به صورت سنتی از شیر گوسفند و بز تهیه میشد، ولی امروزه کارخانجات متعددی در کشور تولید صنعتی آن را از شیر گاو به عهده دارند (حصاری، ۱۳۸۴).

از مهمترین تغییرات بیوشیمیایی که در طول رسیدن پنیر رخ می‌دهد، می‌توان به پروتئولیز، لیپولیز و گلیکولیز اشاره کرد. پروتئولیز روندی بسیار پیچیده و مهم است، که وقوع آن در طی رسیدن طیف وسیعی از پنیرها ضروری است چرا که خواص حسی پنیرهای رسیده را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. عوامل متعددی بر روی خواص ارگانولپتیک پنیر موثر هستند، که از مهمترین آنها می‌توان به نوع شیر، کیفیت میکروبی آن، تکنولوژی مورد استفاده در تولید پنیر و شرایط رسیدن پنیر اشاره کرد. همین طور *باکتری‌های لاکتیک* نقش عمده و مهمی در ایجاد ترکیبات مولد عطر و طعم در پنیر دارند. تولید پنیر به طور عمده به تخمیر لاکتوز به وسیله *باکتری‌های لاکتیکی* برای تشکیل اسید لاکتیک وابسته است. اسید لاکتیک برای ایجاد طعم اسیدی در لخته پنیر، تشکیل لخته رنتی از طریق دفع آب و آبگیری لخته و گسترش ویژگی‌های بافتی طی ساخت پنیر لازم است. علاوه بر این، آغازگرها نقش اساسی در تولید ترکیبات طعمی فرار مثل دی‌استیل و آلدهیدها، تولید آنزیم‌های لیپولیتیک و پروتئولیتیک طی رسیدن پنیر و کاهش pH لخته پنیر تازه دارند و از این طریق به جلوگیری از رشد باکتری‌های مولد فساد و پاتوژن و بنابراین نگهداری محصول کمک می‌کنند (فاکس و همکاران، ۲۰۰۰).

[1] International Dairy Federation

۱-۱-۱- پنیر سفید فراپالایشی(UF)[1]

کاربرد فراپالایش برای فراوری شیر به منظور تولید پنیر، نخستین بار توسط موبوا و همکاران تحقق پیدا کرد. در واقع Moubois، Mocgout و Vassal اولین بار در سال ۱۹۶۹ استفاده از فرایند اولترافیلتراسیون را در پنیرسازی ابداع نمودند که این فرایند به افتخار مبتکرینش فرایند MMV نامیده شد. اولترافیلتراسیون یک فرایند جداسازی و تغلیظ غشایی محسوب می‌شود و دارای اندازه منافذی بین $۱۰^{-۳}$-$۱۰^{-۱}$ میکرون است به طوری که به آب و مواد محلول با وزن مولکولی کم اجازه عبور می‌دهد اما چربی و پروتئین‌ها قادر به عبور از آن نمی باشند و در داخل غشا تغلیظ می‌گردند. در این نوع غشاها فشار کاربردی ۱ـ۰/۱ مگاپاسکال می‌باشد. فیلترهای مورد استفاده برای تولید پنیر معمولا مارپیچی بوده و در فشار ۱۰-۲ بار و pH در محدوده ۱۲-۲ قابل استفاده می‌باشند.

با به کارگیری این سیستم در تولید پنیر به دلیل باقی ماندن پروتئین‌های آب‌پنیر و چربی شیر در دلمه، بازدهی و ارزش غذایی محصول افزایش می‌یابد. البته میزان پروتئین‌های آب‌پنیر نگهداری شده در رتنتیت بستگی به تکنولوژی بکار رفته در UF و نیز فاکتور تغلیظ UF دارد (هانون و همکاران، ۲۰۰۶). از دیگر مزایای این روش افزایش راندمان تولید، صرفه جویی در میزان مایه کشت میکروبی، مصرف کمتر مایه پنیر، کاهش ضایعات چربی در آب‌پنیر، کاهش در تغییرات وزن پنیر، تسهیل فرایند تولید پنیر و کاهش BOD[2](اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی) آب‌پنیر تولیدی است. با این وجود گزارش‌ها حاکی از آن است که باقی ماندن مقدار زیادی پروتئین آب‌پنیر در دلمه موجب بروز صفات و رفتار غیرعادی در این محصول می‌گردد. یکی از این موارد تاخیر زیاد در رسیدن پنیر فراپالایشی حاصل از شیر پنج بار تغلیظ شده یا بیشتر در مقایسه با پنیرهای سنتی است. این بدان معناست که شکسته شدن پروتئین‌ها و توسعه عطر و طعم نسبت به پنیرهای سنتی بسیار کندتر صورت می‌گیرد، اگرچه ترکیب کلی پنیر از جمله ماده خشک کل و چربی مشابه است. بنابر نظریه محققان حضور مقادیر زیادی از پروتئین‌های آب‌پنیر در داخل دلمه موجب مهار فعالیت پروتئولیتیکی رنت و پلاسمین می‌شود. تجمع پروتئین‌های دناتوره شده آب‌پنیر فعالیت پلاسمینوژن را مهار می‌کند. حضور پروتئین‌های دناتوره نشده آب پنیر نیز که در مقابل پروتئولیز مقاوم هستند و نیز افزایش ظرفیت بافری منجر به مهار لیز شدن سلول‌های استارتری می‌گردد (هانون و همکاران، ۲۰۰۶). البته می‌توان با کمک کشت‌های استارتری الحاقی و تضعیف شده، دما بالا، آنزیم‌های آزاد و کپسوله و سایر تکنیک‌ها مثل فناوری فشار بالا فرایند رسیدن پنیر فراپالایشی را بهبود بخشید. عطر و طعم ضعیف (نداشتن طعم محسوس پنیرهای رسیده)، ماندگاری نسبتا پایین(به طور معمول کمتر از ۳ ماه) و مشکلات بافتی (بافت نرم) از دیگر معایب پنیر فراپالایشی است که از بازارپسندی این فراورده به شدت می‌کاهند. همچنین مواردی نظیر استهلاک فیلترها و نیاز به تعویض مستمر آنها، نیاز به کادر فنی متخصص و ماهر، ارزبری بالا و تکنولوژی وابسته نامطلوب است (حصاری، ۱۳۸۴).

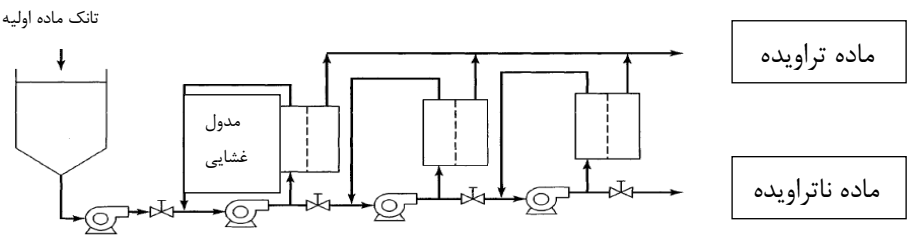
---

[1] Ultrafiltration
[2] Biological Oxygen Demand

۱-۱-۲- تکنولوژی تولید پنیر سفید فراپالایشی

تولید پنیر سفید با استفاده از تکنولوژی پیشرفته اولترافیلتراسیون از سال ۱۹۷۶ در دانمارک آغاز و عمده محصولات تولیدی به کشورهای خاورمیانه صادر گردید. تولید پنیر از شیر غلیظ شده به روش اولترافیلتراسیون از سال ۱۳۷۶ در کارخانه‌های صنعتی مدرن لبنیات ایران نیز آغاز شد، تا آنجا که امروزه بخش عمده پنیر تولیدی در کارخانه‌های لبنی، پنیر سفید فراپالایشی است. در این روش شیر تحت فشار و حرارت مشخص از صافی عبور داده می‌شود. چربی و پروتئین که عموما از مولکول‌های بزرگتر تشکیل یافته‌اند نمی‌توانند از آن عبور نمایند (رتنتیت یا ناتراویده) اما آب، لاکتوز و املاح که از مولکول‌های کوچک تشکیل شده‌اند از صافی عبور می‌کنند (پرمیت یا تراویده) به عبارت دیگر شیر پس از عبور از صافی‌ها به دو فاز تغلیظ شده و فاز نفوذپذیر تقسیم می‌شود. از خصوصیات عمده این نوع پنیر می‌توان به حداقل ۳۴٪ وزنی- وزنی مواد جامد، مقدار پروتئین ۱۱٪، مقدار چربی ۱۵٪، حداکثر اسیدیته ۴۲ و pH در محدوده ۶/۶۵-۶/۲۰ اشاره کرد (کرمی و همکاران، ۲۰۰۹).

اصول تولید پنیر با تکنیک اولترافیلتراسیون مشابه با اصول کلی تولید پنیر معمولی است. با این تفاوت که در این روش ابتدا شیر با عبور از فیلتر تغلیظ می‌شود و آب و مواد محلول خود را تا حد لازم (۴۰٪ ماده خشک) از دست می‌دهد. سپس با افزودن استارتر و آنزیم به رتنتیت، دلمه پنیر بدون نیاز به مرحله عمل‌آوری و خروج آب‌پنیر به دست می‌آید. رتنتیت حاصل دارای حدود ۳۷٪ ماده خشک، ۱۵/۶٪ پروتئین، ۳/۴٪ لاکتوز، ۱/۷۵٪ املاح و ۱۶/۴٪ چربی می‌باشد. در حالی که پرمیت حاصل حاوی ۵/۸٪ ماده خشک، ۰/۲٪ پروتئین، ۴/۹٪ لاکتوز، ۰/۵٪ املاح و بدون چربی می‌باشد. رتنتیت ابتدا در مبدل حرارتی صفحه‌ای تا $60^{\circ}C$ گرم شده و سپس وارد هموژنایزر می‌گردد. هموژناسیون رتنتیت در فشار ۵۰ بار انجام می‌شود. بعد از هموژناسیون رتنتیت وارد پاستوریزاتور شده و در دمای $78^{\circ}C$ به مدت یک دقیقه پاستوریزه می‌گردد. سپس تا دمای $35^{\circ}C$-۳۲ خنک شده و در تانک‌های کوچک ذخیره می‌شود. نیم ساعت قبل از تولید پنیر ۳٪ وزنی استارتر مزوفیل- ترموفیل در این تانک‌ها با رتنتیت مخلوط شده و بعد از گذشت چند دقیقه و اندکی افت pH تا حدود ۶/۴، رتنتیت توسط دستگاه پرکن با مایه پنیر که قبلا در مخزن مخصوص در آب حل شده، مخلوط و در داخل لیوان‌ها پر می‌شوند. این لیوان‌ها وارد تونل انعقاد با دمای حدود $27^{\circ}C$ شده و در عرض ۲۰ دقیقه طول تونل را می‌پیمایند. سپس وارد قسمت بسته‌بندی شده و پس از قرار گرفتن کاغذ پارچمنت و افزودن حدود ۳٪ نمک به آن، دربندی می‌گردند. پنیرهای تولیدی به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه $28^{\circ}C$ نگهداری شده و پس از آن به سردخانه $8^{\circ}C$-۶ انتقال می‌یابند (حصاری، ۱۳۸۴).



شکل ۱-۱- شمای فرایند اولترافیلتراسیون در تولید پنیر فراپالایشی

۱-۲- بسته‌بندی

بسته‌بندی ماده غذایی امری ضروری و فراگیر است، ضروری است زیرا بدون بسته‌بندی ایمنی و کیفیت غذا به خطر می‌افتد و فراگیر است زیرا تقریبا تمام مواد غذایی حداقل تا حدودی بسته‌بندی می‌شوند. بسته‌بندی ماده غذایی دارای برخی وظایف نامتجانس است. مثلا ماده غذایی را از آلودگی و فساد محافظت می‌کند، حمل و نقل و انبارداری ماده غذایی را آسان‌تر کرده و امکان اندازه‌گیری یکنواخت آن را فراهم می‌کند. فرایند بسته‌بندی موقعیت خاصی را در صنایع غذایی به خود اختصاص داده است. انتخاب مواد و سیستم بسته‌بندی مناسب بخش جدایی‌ناپذیر در فراوری غذا و طراحی محصول است (آونین، ۲۰۰۳).

۱-۲-۱- وظایف اصلی بسته‌بندی

رابرتسن در سال ۲۰۰۵، چهار وظیفه اصلی برای بسته‌بندی بیان کرده است که در واقع هریک از این وظایف شامل اهداف مختلف فنی، مهندسی و تجاری می‌باشند.

- ✓ دربرگیری غذا
- ✓ حفاظت ماده غذایی
- ✓ راحتی مصرف
- ✓ ارتباطات

در برگیری غذا یکی از اهداف اصلی و بارز بسته‌بندی است که محصول را دربرمی‌گیرد. این مورد در حمل و نقل، ذخیره‌سازی و توزیع محصول ضروری است. علاوه بر این بسته‌بندی، انبارداری و فراوری را تسهیل می‌کند. شکل و ابعاد بسته‌بندی تا حد زیادی فضای مورد نیاز برای ذخیره‌سازی، حمل و نقل و ویترین را مشخص می‌کند.

بدون شک حفظ و نگهداری ماده غذایی مهمترین وظیفه بسته‌بندی است. با قرار دادن یک یا چند مانع موثر بین غذا و محیطزیست، بسته‌بندی می‌تواند ماده غذایی را از صدمات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و خارجی حفاظت کرده و در نتیجه دارای اثر تعیین کننده‌ای در ماندگاری محصول است. نکته قابل توجه این است که در عین حال بسته‌بندی محیطزیست را با جلوگیری از نشت و رهایش بو، عطر و طعم و غیره از غذا محافظت می‌کند. بسته‌بندی حتی می‌تواند نوع فرایند اعمال شده برای نگهداری طولانی مدت را تعیین کند. در سال‌های اخیر مواد بسته‌بندی حاوی مواد محافظتی توسعه یافته که موجب ظهور یک ایده جدید و امیدوارکننده به نام بسته‌بندی فعال شده است.

راحتی مصرف وظیفه دیگر بسته‌بندی می‌باشد که مدت طولانی است جز ویژگی اساسی خرده فروشی مواد غذایی به حساب می‌آید. بسته‌بندی از بسیاری جهات بطور قابل ملاحضه در راحتی مصرف دخیل است به طوری که تطبیق اندازه بسته‌بندی با نیازهای مصرف‌کنندگان یکی از اقدامات انجام شده اخیر در صنعت بسته‌بندی به منظور افزایش راحتی مصرف است. بسته‌بندی تحت فشار

برای خامه، بسته‌بندی ائروسل[1] برای مواد معطر، بسته‌بندی آسان بازشونده[2]، بسته‌بندی‌هایی که قابلیت دربندی مجدد دارند[3] و بسته‌بندی‌هایی که می‌توانند به عنوان وسیله‌ای جهت حرارت‌دهی به عنوان بشقاب یا فنجان عمل کنند که از تحولات صنعت بسته‌بندی در جهت راحتی مصرف است.

بسته‌بندی قادر به ایجاد ارتباط با مصرف کننده است. اطلاعات چاپ شده روی بسته‌بندی به طور مداوم در حال افزایش است. علاوه بر شکل که هدف محصول را نشان می‌دهد، برای تشخیص نام تجاری و معرفی محصول نیز به کار می‌رود. معمولا چاپ بسته‌بندی شامل اطلاعاتی مانند لیستی از مواد تشکیل دهنده، اطلاعات تغذیه‌ای، تاریخ تولید، تاریخ انقضا، بارکد، قیمت و اطلاعات مورد نیاز برای ردیابی محصول می‌باشد.

۱-۲-۲- بسته‌بندی های نوین مورد استفاده در صنایع غذایی

از چند دهه قبل بسته‌بندی مواد غذایی شاهد دستاوردهای چشمگیری بوده است. این پیشرفت‌ها منجر به تدوین قوانین و استانداردهای جدید، توجه به ایمنی و حفظ کیفیت محصول گردیده است.

۱-۲-۲-۱- بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP)[4]

از دودهه قبل بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده توجه فزاینده ای به دلیل افزایش عمر ماندگاری و کیفیت محصولات غذایی و کشاورزی جلب کرده است. روال کلی در این روش به این شکل است که هوای بسته‌بندی را تخلیه می‌کنند و سپس اتمسفر از قبل آماده شده (ترکیبی از گازهای نیتروژن، دی اکسید کربن و ...) را به جای آن به بسته‌بندی تزریق می‌نمایند و بسته ها در لفاف های مقاوم به ورود اکسیژن بسته‌بندی می شوند لذا بایستی در ابتدا گاز مورد نظر با ترکیب مورد نظر ساخته شود. برای این منظور می توان اتمسفر با ترکیب مورد نظر را به طور آماده از کارخانجات تفکیک کننده هوا در کپسول‌های تحت فشار خرید اما برای صرفه جویی در هزینه می‌توان گازهای سه گانه نیتروژن، اکسیژن و دی اکسیدکربن را به صورت خالص تهیه کرد و به وسیله یک دستگاه میکسر گاز با نسبت مورد نظر مخلوط نمود. در این روش نیاز به ذخیره اتمسفر اصلاح شده در مخزن جداگانه نیست و می‌توان گاز مخلوط بدست آمده را به طور مستقیم در بسته‌بندی تزریق کرد. معمولا در این روش هوا را از درون بسته خارج کرده و با گازهایی که مخلوط آنها مشخص است مجددا پر می‌کنند و درب آن را می‌دوزند. در این روش نگهداری مواد غذایی دو نکته بسیار مهم است یکی درجه حرارت و دیگری خود فرایند MAP. کاهش دما به همراه استفاده از این روش باعث کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود.

---

[1] Aerosol
[2] Easy open
[3] Resealable
[4] Modified Atmosphere Packaging