بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده شیلات و محیط زیست

رساله جهت اخذ دکتری تخصصی شیلات

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسایشی میکروکپسولهای حاوی روغن ماهی و اسیدهای چرب امگا–۳

پژوهش و نگارش

پرستو پورعاشوری

اساتید راهنما

دکتر بهاره شعبان پور

دکتر سید هادی رضوی

اساتید مشاور

دکتر سید مهدی جعفری

دکتر علی شعبانی

۱۳۹۱

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشارپایان نامه(رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده ازاعتبارات دانشگاه انجام میشود،بنابراین بمنظور آگاهی ورعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد میشوند:

۱)قبل ازچاپ پایان نامه(رساله) خود،مراتب را قبلا بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع وکسب اجازه نمایند.

۲)در انتشار نتایج پایان نامه(رساله)در قالب مقاله،همایش،اختراع و اکتشاف و سایر موارد،ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳)انتشار نتایج پایان نامه(رساله) باید با اطلاع وکسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **پرستو پورعاشوری** دانشجوی رشته **شیلات** مقطع **دکتری** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آنرا قبول کرده و به آن ملتزم میشوم.

تقدیم به آنان که وجودم جز هدیه وجودشان نیست

پدر و مادر مهربانم

و

تقدیم به همسر عزیزم

سپاس و ستایش مخصوص خدای مهربان، بخشایش، بزرگواری و مقام بلند تو را سزد، که به هر که خواهی عطا کنی و از هر که خواهی منع کنی.

اکنون بر خود وظیفه میدانم تا از تمامی عزیزانی که راهگشای م بوده اند، تشکر و قدردانی نمایم. ابتدا از پدر و مادر عزیزم و سپس خواهرانم کمال تشکر را دارم که از ابتدای تحصیلم همواره یاری دهنده و سنگ صبورم بوده اند. همچنین از همسر مهربانم که همراهم در این راه هستند بیشترین سپاسها را دارم.

بهترین تشکرها و بی نهایت ترین سپاسها را به استاد راهنمای عزیز و گرانقدرم خانم دکتر بهاره شعبانپور تقدیم می نمایم کسی که در طی تمامی مقاطع دانشجویی ام در دانشگاه گرگان بهترین راهنمایم بوده اند و معنای واقعی راهنما را در ایشان یافته ام. در این مسیر از هیچگونه محبت و یاری فروگزاری نکردند و همواره مسئولانه و با محبت یاریم فرمودند و فرای استاد راهنما برایم بوده اند و اگر پیشرفتی در تحصیلاتم داشته ام، قسمت اعظمی از آن را مدیون کمک ها و راهنمائی های گرانقدرشان می دانم. از جناب آقای دکتر سید هادی رضوی استاد راهنمای محترم به سبب راهنماییها و کمکهای فراوان در تمامی مراحل انجام رساله بی نهایت سپاسگذارم. از جناب آقای دکتر جعفری به سبب راهنماییهای که با صبر و دقت از ابتدا مراحل این رساله تا انتها مرا یاری نمودند سپاس فراوان دارم، راهنمایی ها و مشاوره های این استاد بزرگوار راهگشای من در تمامی مراحل نظری و عملی رساله بوده است. از ایشان که راهنماییهای خود را دریغ نفرمودند بسیار سپاسگزارم. از راهنماییها و مشاورتهای جناب آقای دکتر شعبانی که در تمامی مقاطع تحصیلی در دانشگاه گرگان همراه ایجانب بوده اند سپاس بیکران دارم. از اینکه افتخار دانشجویی ایشان را داشته ام به خود می بالم.

از کلیه دوستان عزیزم که در طی دوران تحصیل و اجرای رساله مرا یاری رساندند و در کنارم بودند بی نهایت سپاسگزارم و برای ایشان آرزوی موفقیت و پیشرفت روز افزون مسئلت دارم.

چکیده

در این پژوهش تاثیر مواد دیواره بر روی ریزپوشانی و پایداری روغن کبد ماهی کاد و روغن امگا-۳ بررسی شد. میکروکپسولهای روغن ماهی توسط دیواره های مختلف : ژلاتین ماهی، کیتوزان، ترکیب ژلاتین ماهی – کیتوزان و ژلاتین به همراه آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی تولید گردیدند. امولسیونهای پایدار با ۴۰٪ ماده جامد و با نسبت ۱: ۴ ، هسته به دیواره، تولید و توسط خشک کن پاششی با دمای ورودی و خروجی به ترتیب ۱۸۰ و۹۰ درجه سانتی گراد ریزپوشانی شدند. بررسی مورفولوژی پودرهای روغن ماهی نشان داد که پودرهای ژلاتین تولیدی دارای فروروفتگی و چروکیدگیهای بیشتری در مقایسه با سایرین بر سطح خود بودند و پودرهای کیتوزانی نیز ترکها و شکافهایی را در سطح نشان دادند. پودرهای تولیدی با ژلاتین کمترین درصد رطوبت (۱/۷۵٪) را داشتند. بررسی حلالیت پودرهای تولیدی نشان داد که نوع دیواره بر میزان حلالیت تاثیر داشته و پودرهای تولیدی با کیتوزان – ژلاتین و پودرهای ژلاتین به ترتیب کمترین و بیشترین درصد حلالیت را داشتند. بررسی شاخصهای رنگ پودرها نشان داد که پودرهای کیتوزان مقدار روشنی (L) کمتر و زردی (b) بیشتری نسبت به سایر پودرها داشتند. مطالعه بر روی روغن سطحی نشان داد که کمترین تا بیشترین مقدار این روغن به ترتیب بر پودرهای ژلاتین ، ژلاتین – ترانس گلوتامنیاز ، ژلاتین – کیتوزان و کیتوزان وجود داشت. پودرهای روغن ماهی ریزپوشانی شده با کیتوزان درصد کارایی ریزپوشانی کمتری (۶۷/۳۵٪) در مقایسه با پودرهای ژلاتین– ترانس گلوتامنیاز (۸۸/۰۱ ٪) نشان دادند. مطالعه بر روی نگهداری و رهایش روغن در طی ۵ ساعت نشان داد که ترتیب رهایش هسته در بین تیمارها به صورت کیتوزان > ژلاتین > ژلاتین – کیتوزان > ژلاتین– ترانس گلوتامیناز بودند. این بررسیها نشان داد که ترکیب دیواره و زمان بر میزان رهایش اثرمعناداری دارد. بررسی ترکیب اسید چرب روغنهای ریزپوشانی شده نشان دهنده اثر حفاظتی ریزپوشانی بر آنها بود. نتایج نشان داد که استفاده از ژلاتین ماهی در ترکیب ماده دیواره پایداری اکسایشی را افزایش داد. بررسی اکسیداسیون روغن ماهی ریزپوشانی شده در طی۲ ماه نگهداری در رطوبت ۳۳٪ و دمای ۲۰درجه سانتی گراد نشان داد که اکسیداسیون در تیمار های ریزپوشانی شده کمتر از نمونه های شاهد بود. مقایسه بین تیمارها مشخص نمود که، تیمار کیتوزان در مقایسه با سه دسته تیمار دیگر ، بیشترین مقدار انیسیدین را داشت. بنابراین، ریزپوشانی توسط این دیواره ها توانست روغنهای ماهی را به خوبی حفظ نماید.

واژه‌های کلیدی: ریزپوشانی، خشک کن پاششی، روغن ماهی، ژلاتین ماهی، کیتوزان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- اهمّیّت کشاورزی و دامپروری در اقتصاد ملّی ۲

۱-۲- مقدار تولید شیر و گوشت ۲

۱-۳- گاوداری صنعتی ۳

۱-۴- تعداد و ظرفیت گاوداری‌های صنعتی کشور ۳

۱-۵- تاریخچه گاوداری درجهان و ایران ۶

۱-۶- دامپروری در استان گلستان ۷

۱-۸- دامپروری سنتی ۹

۱-۹-مقایسه دو نظام دامداری سنتی و صنعتی ۹

۱-۱۵- اعتبارات و انتقال تکنولوژی ۱۰

۱-۱۷- تعاریف مختلف اعتبارات ۱۰

۱-۱۸- اعتبار از نظرمؤسسات بانکی ۱۱

۱-۱۹- اثرات اعتبارات در کوتاه مدت و بلند مدت ۱۳

۱-۲۰- کاربرد تسهیلات در کشاورزی ۱۴

۱-۲۱- منابع مختلف تامین اعتبارات بانکی ۱۵

۱-۲۲- موانع عدم دسترسی به اعتبارات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه ۱۵

۱-۲۳- اعتبارات بانکی عامل رشد اقتصادی ۱۵

۱-۲۶- انتظار کشاورزان از دولت ها ۱۶

۱-۲۹- عدم رغبت بانک های تجاری به ارائه تسهیلات کشاورزی ۱۶

۱-۳۱- مشکلات ارائه تسهیلات به صورت سنتی ۱۷

۱-۳۲- ضرورت انجام تحقیق ۱۷

۱-۳۳- اهداف تحقیق ۱۸

۱-۳۴-فرضیات و پرسش های اصلی تحقیق ۱۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- مقدمه ۲۲
۲-۲- اهمیت اعتبارات خرد ۲۲
۲-۳- نقش بانک کشاورزی در تامین مالی اعتبارات خرد کشاورزی ۲۳
۲-۴- اثر اعتبارات بر میزان کارایی فنی ۲۵
۲-۵ پذیرش بیمه ۲۶
۲-۶ عوامل مؤثر بر تقاضای اعتبارات ۲۶
۲-۷- اثر اعتبارات بر عملکرد بخش کشاورزی ۲۸
۲-۸- اثر اعتبارات بر سطح زندگی ۳۲
۲-۹- تاثیر اعتبارات بر مقدار سرمایه گذاری بخش کشاورزی ۳۴
۲-۱۰- عوامل موثر بر دسترسی به اعتبارات ۳۶
۲-۱۱- عوامل مؤثر برعدم بازپرداخت اعتبارات کشاورزی ۳۷
۲-۱۲- مصرف اعتبارات در بخش های مختلف اقتصادی ۳۸
۲-۱۳- موارد مصرف از اعتبارات دریافتی ۳۹
۲-۱۴- ارزیابی اقتصادی واحدهای اقتصادی واحدها ۴۰
۲-۱۵- عوامل مؤثر بر سودآوری واحدها ۴۰

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- محل و موقعیت منطقه مورد مطالعه ۴۴
۳-۲- ویژگی های طبیعی ۴۴
۳-۲-۱- ناحیه جلگه‌ای ۴۵
۳-۲-۲- ناحیه کوهپایه‌ای ۴۵
۳-۳ - تهیه پرسشنامه ۴۶
۳-۴- جمع آوری داده‌ها ۴۶
۳-۵- اطلاعات ثانویه از طریق ۴۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۶- رگرسیون خطی چند متغیره ۴۷
۳-۷-اثر اعتبارات نهادی بر مقدار درآمد واحدها ۴۹
۳-۸-وضعیت اقتصادی ظرفیت های مختلف واحدها ۴۹
۳-۹-اثر فاکتورهای مدیریتی بر مقدار سودآوری ۵۰
۳-۱۰- اثر عوامل موثر بر تقاضای اعتبارات کشاورزی ۵۰
۳-۱۱- اثر اعتبارات بر تعداد دام گاوداری های صنعتی ۵۰

فصل چهارم: نتیجه گیری و بحث

۴-۱- نوع مالکیت ۵۲
۴-۲- تحصیلات و آموزش مدیران و کارگران ۵۲
۴-۳-بررسی وضعیت تحصیلی کارگران ۵۲
۴-۳- سن مدیران و کارگران ۵۳
۴-۴- تجربه مدیران و کارگران ۵۳
۴-۵- نتایج بررسی عوامل موثر بر تقاضای اعتبارات کشاورزی توسط گاوداران صنعتی ۵۴
۴-۶- بررسی عوامل موثر مدیریتی بر مقدار سودآوری گاوداری‌های صنعتی ۵۵
۴-۷- بررسی اقتصادی ظرفیت‌های مختلف گاوداری ها ۵۷
۴-۸- بررسی عوامل موثر بر مقدار درآمد گاوداری‌ها ۵۹
۴-۹- بررسی اثر اعتبارات بر مقدار شیردهی هر دام ۶۰
۴-۱۰- بررسی اثر اعتبارات نهادی بر تعداد دام ۶۱
۴-۱۱- نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- تعداد گاوداری های صنعتی بر حسب وضعیت فعّالیّت و استان:۱۳۸۹-۱۳۸۸ ..... ۴
ادامه جدول ۱-۱- تعداد گاوداری‌های صنعتی بر حسب وضعیت فعّالیّت و استان:۱۳۸۹-۱۳۸۸ .... ۵
جدول ۱-۲- تعداد گاوداری های صنعتی بر حسب نوع فعالیت و استان:۱۳۸۹-۱۳۸۸ ..... ۵
ادامه جدول ۱-۲- تعداد گاوداری های صنعتی بر حسب نوع فعّالیّت و استان:۱۳۸۹-۱۳۸۸ ..... ۶
جدول شماره۱-۳-میزان تولیدات محصولات دامی استان گلستان به تفکیک شهرستان در سال۱۳۸۸..... ۸
جدول ۴-۱- توزیع فراوانی نوع مالکیت..... ۵۲
جدول ۴-۲- توزیع فراوانی تحصیلات مدیران..... ۵۲
جدول ۴-۳- توزیع فراوانی تحصیلات کارگران..... ۵۳
جدول ۴-۴- توزیع فراوانی سن مدیران ۵۳
جدول ۴-۵- توزیع فراوانی سن کارگران..... ۵۳
جدول ۴-۶- توزیع فراوانی تجربه مدیران ۵۴
جدول ۴-۷- توزیع فراوانی تجربه کارگران..... ۵۴
جدول ۴-۸- نتایج حاصل از آنالیز بررسی عوامل موثر بر تقاضای اعتبارات کشاورزی توسط گاوداران صنعتی..... ۵۵
جدول ۴-۹- نتایج حاصل از آنالیز بررسی عوامل موثر مدیریتی بر مقدار سودآوری..... ۵۶
جدول۴-۱۰- تعداد و درصد واحدهای گاوداری صنعتی بر اساس ظرفیت..... ۵۷
جدول ۴-۱۱-توزیع فراوانی ظرفیت‌های مختلف واحدها بر اساس سود و زیان..... ۵۸
جدول ۴-۱۲- نمایش نتایج مقایسه میانگین بر اساس مقدار سود و زیان ۵۸
جدول۴-۱۳- تاثیر اعتبارات نهادی (وام) و دیگر عوامل بر روی مقدار درآمد گاوداری‌ها ۵۹
جدول۴-۱۴- نتایج اثر اعتبارات بر مقدار شیردهی هر دام و اثر آن بر گسترش فعالیت گاوداری‌های صنعتی..... ۶۰
جدول۴-۱۵- اثر اعتبارات بر تعداد دام واحدهای گاوداری صنعتی..... ۶۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- نقشه تقسیمات استان گلستان..... ۴۴
شکل۳-۲- نقشه تقسیمات شهرستان گرگان..... ۴۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

روغن ماهی یکی از منابع اصلی اسیدهای چرب چند غیر اشباع[1] است؛ اسیدهای چرب چند غیر اشباع امگا-۳ مانند[2] EPA و[3] DHA برای سلامت انسان مفید می‌باشند (آلامد و همکاران، ۲۰۰۶؛ آکوه و مین،۲۰۰۲). بدن انسان قادر به سنتز اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا-۳ نبوده و این موضوع سبب گشته تا این دسته از این اسیدهای چرب به عنوان بخشی ضروری از جیره غذایی گردند. از این رو دریافت مستقیم غلظتهای مشخصی از این چربیهای زیست فعال از طریق جیره غذایی خویش ضروری می باشد (هریس، ۱۹۹۷؛ سیموپولوس،۲۰۰۲؛ راکستن و همکاران،۲۰۰۴؛ اسماعیل، ۲۰۰۵؛ شاو و همکاران، ۲۰۰۷). ترکیب اسید چرب روغن ماهی بر طبق گونه متفاوت و در بین گونه های ماهی نیز با توجه به فصل سال و محل زندگی متغیر است. به عنوان نمونه روغن کبد کاد به ترتیب دارای ۱۹، ۵۰ و ۲۵ ٪ اسیدهای چرب اشباع، تک غیر اشباع و چند غیر اشباع می‌باشد.

مقدار پیشنهادی برای مصرف این اسیدهای چرب ضروری هنوز کاملا مشخص نشده و مورد بحث می باشد و سازمانهای بهداشتی مختلف طبق بیماری مورد نظر هریک میزان مصرفی را پیشنهاد نموده‌اند. برای مثال روزانه مصرف ۱۸۰ تا ۵۰۰ میلی گرم از EPA و DHA برای پیشگیری از بیماریهای قلبی و ۱۰۰۰میلی گرم از این اسیدهای چرب برای پیشگیری از بیماریهای مغزی پیشنهاد شده است (بیندورف و زودیام،۲۰۱۰). توصیه انجمن قلب آمریکا (AHA)[4] در این زمینه، مصرف روزانه یک گرم اسیدهای چرب امگا-۳، برای اطمینان از داشتن قلبی سالم است (دوئان و همکاران،۲۰۱۰). مطالعات نشان داده اند که مقادیر نسبتاً کمی (۴/۲ گرم در هفته) از اسیدهای چرب چند غیر اشباع امگا-۳ (EPA) احتمال ابتلا به بیماریهای ثانویه عروق کرونر را در مردان کاهش می دهد. نتایج مشابهی نیز با مصرف ۱/۷۴ گرم در روز، α-لینولئیک اسید (ALA)[5] مشاهده گردید (هینزلمن و فرانک،۱۹۹۹). اما بر طبق نظر انجمن غذا و دارو آمریکا مصرف این اسیدهای چرب روزانه نباید از مرز ۳ گرم تجاوز نماید (بیندورف و زودیام،۲۰۱۰).

یکی از متداول ترین راه‌های افزایش مصرف این اسیدهای چرب، افزایش مصرف ماهی یا مصرف کپسول روغن ماهی است. راه دیگر افزایش مصرف، به کار بردن روغن ماهی در محصولات غذایی به

1 Poly Unsaturated Fatty Acids
2 Eicosapentaenoic Acid
3 Docosahexaenoic Acid
4 American Heart Association
5 α-Linoleic Acid

جای روغنهای حیوانی و گیاهی در غذاهایی مانند سس سالاد، شیر و ماست است (گان و همکاران، ۲۰۰۹؛ کولانسکی و همکاران، ۲۰۰۶).

افزودن موفق روغن ماهی در مواد غذایی معمول و روزمره، به جذب مقدار پیشنهادی DHA وEPA کمک می‌نماید. علیرغم وجود شواهد بسیار که همگی تائید کننده، تاثیر مثبت مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ بر سلامت می‌باشند، متوسط جذب این اسیدهای چرب از طریق رژیم غذایی در اغلب مصرف کنندگان به حد کافی نمی‌باشد تا به نهایت اثرات مثبت آنها بر سلامت دست یافت. منابع اصلی خوراکی EPA و DHA غذاهای دریایی همانند روغنهای تصفیه شده دریایی و جلبکها می باشند (شاو و همکاران، ۲۰۰۷).

علیرغم تمامی فواید ذکر شده اسیدهای چرب امگا-۳، به دلیل غیراشباع بودن نسبت به اکسیداسیون بسیار حساس هستند (کوساراجو و همکاران،۲۰۰۹ ؛ هینزلمن و فرانک،۱۹۹۹؛ آلامد و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آن طعم و بوی نامطبوع روغن ماهی سبب کاهش و از بین رفتن کیفیت محصولات خوراکی می گردد (چو و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از روش‌های مناسب برای حفاظت از روغن ماهی، ریزپوشانی[1] می‌باشد (هینزلمن و فرانک،۱۹۹۹؛ گان و همکاران،۲۰۰۸؛ اورتیز و همکاران، ۲۰۰۹). ریز پوشانی فرآیندی است که در آن ترکیبات فعال (مواد هسته) مانند روغنها و مواد بو و طعم دار در ماده ثانویه (دیواره) بسته‌بندی می‌شوند (جعفری و همکاران،۲۰۰۸؛ کاگامی و همکاران،۲۰۰۳؛ ولاسکو و همکاران،۲۰۰۳) روغنهای تبدیل شده به پودر، ترکیباتی هستند که برای غنی سازی مواد غذایی با چربی‌هایی که از نظر تغذیه‌ای اهمیت دارند، مانند اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیر اشباعی به کار می روند (ولاسکو و همکاران،۲۰۰۹).

تولید میکروکپسول سبب محافظت ماده هسته در برابر نور و اکسیژن می‌گردد و اکسایش چربی را کاهش می‌دهد، اما بعضی از محققان پیشنهاد می‌کنند که جهت اطمینان هر چه بیشتر در محافظت از ترکیبات زیستی ریز پوشانی شده در طی مراحل تولید و نگهداری بعدی، از آنتی اکسیدانها نیز استفاده گردد (سرفرت و همکاران،۲۰۰۹). یک ماده دیواره مناسب باید قادر باشد که مواد هسته را در ساختاری کروی ریزپوشانی نموده و به صورت دیواره ای حفاظتی از اکسیداسیون هسته در مقابل اکسیژن، ممانعت نماید. این امر سبب افزایش مدت ماندگاری مواد هسته می گردد (لیم و

1 Encapsulation

همکاران،۲۰۱۱ ؛ قرسالویی و همکاران، ۲۰۰۷). مواد مورد استفاده به عنوان دیواره در ریزپوشانی[1] به چند دسته تقسیم می شوند (لیم و همکاران،۲۰۱۱ ؛ولاسکو و همکاران، ۲۰۰۳):

- صمغها (صمغ گوار، صمغ عربی،آگار، صمغ دانه اقاقیا)
- چربیها (واکس)
- پروتئین‌ها (آلبومین،کازئین،گلوتین، ژلاتین، پروتئینهای شیر، پروتئین سویا)
- کربوهیدارت‌ها (مالتودکسترین، لاکتوز، ساکاروز، مالتوز، نشاسته، گزانتان، پولولان)

برای تولید میکروکپسول تکنیک‌های مختلفی وجود دارد که در صنایع غذایی، داروسازی، شیمیایی و آرایشی بکار می‌رود (کلی پردیت و همکاران، ۲۰۰۸). خشک کردن پاششی[2] رایجترین و یکی از قدیمیترین تکنیک‌های ریزپوشانی در صنایع غذایی است که در دهه ۱۹۳۰ برای تولید نخستین میکروکپسولها از مواد طعم دهنده با صمغ عربی استفاده شد. خشک کردن پاششی روشی اقتصادی و قابل انعطاف می باشد و پودری با کیفیت تولید می‌کند (ولاسکو و همکاران،۲۰۰۳ ؛کومار گش،۲۰۰۶؛ دروش،۲۰۰۷). هزینه خشک کردن پاششی بسیار کمتر از سایر روشها است و در مقایسه با خشک کردن تصعیدی[3] ۳۰ تا ۵۰ بار ارزانتر است. اما در این روش مقداری انرژی به هدر می رود زیرا از تمام حرارت و گرمای موجود در بخش خشک کننده استفاده نمی‌گردد (قرسالاویی و همکاران، ۲۰۰۷). در این روش، امولسیونهای دو فازی هموژنیزه شده و بر روی ناحیه داغ اسپری می شوند . در این بخش ذرات کوچک حاصل در مجاورت جریان هوای داغ خشک می‌شوند.

ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTGase)[4] آنزیمی است که از باکتری ***Streptoverticillium mobaraense*** ترشح می شود و واکنشهای آسیل- ترانسفر را کاتالیز می کند و در نتیجه پیوندهای عرضی درون و برون ε- (ϒ- گلوتامینل) لیزین در پروتئینها تشکیل می شود. چندین مطالعه بر روی پیوندهای متقابل[5] پروتئینهای مختلف به کمک این آنزیم انجام شده است و فیلمهای بیوپلیمری تولید شده اند. تلاشهای جدید بر روی استفاده از پروتئینهای دارای پیوندهای متقابل، با ترانس گلوتامیناز به عنوان مواد دیواره در پروسه ریزپوشانی تمرکز نموده اند (چو و همکاران، ۲۰۰۳).

---

1 Microencapsulation
2 Spray-drying
3 Freeze-drying
4 Microbial transglutaminase
5 Cross-linking