دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهینه سازی شرایط تولید پودر میگو (*Penaeus indicus*) با استفاده از روش خشک کردن کف پوشی

مهران عزیزپور

شهریور ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی
پایان نامه کارشناسی ارشد

بهینه سازی شرایط تولید پودر میگو (*Penaeus indicus*) با استفاده از روش خشک کردن کف پوشی

مهران عزیزپور

استادان راهنما
دکتر محبت محبی
دکتر محمد حسین حداد خداپرست

استاد مشاور
دکتر مهدی وریدی

شهریور ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط **مهران عزیزپور** دانشجوی **کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی** در تاریخ **۹۱/۶/۲۹** در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد **۱۹/۲۷** حروف **نوزده و بیست و هفت صدم** و با درجه ارزشیابی **عالی** مورد تایید قرار داد / نداد.

عنوان پایان نامه :

بهینه سازی شرایط تولید پودر میگو با استفاده از روش خشک کردن کف پوشی

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشگاه	امضاء
استاد راهنما	دکتر محبت محبی	دانشیار	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	
استاد راهنما	دکتر محمد حسین حداد خداپرست	استاد	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	
استاد مشاور	دکتر مهدی وریدی	استادیار	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر فریده طباطبایی یزدی	دانشیار	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	
داور	دکتر محمد جواد وریدی	دانشیار	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	
داور	دکتر محمد الهی	استادیار	علوم و صنایع غذایی	فردوسی مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه:

بهینه سازی شرایط تولید کف و ارزیابی کینتیک انتقال جرم میگو (*Penaeus indicus*) به روش کف پوشی

اینجانب مهران عزیزپور دانشجوی دوره دکتری/ کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر محبت محبی و دکتر محمد حسین حداد خداپرست متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت‌های آن‌ها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

مهران عزیزپور

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

چکیده

خشک کردن کف پوشی فرایندی است که ابتدا ماده غذایی به کف پایدار تبدیل شده سپس در دمای نسبتاً پایین خشک می‌شود. در این پژوهش، شرایط تولید کف میگو با استفاده از روش سطح-پاسخ بهینه‌سازی شد. متغیرهای مستقل شامل غلظت صمغ (۰/۴-۰/۱ ٪) (وزنی/وزنی)، نسبت میگو به آب (۱:۶-۱:۲) (وزنی/وزنی) و زمان هم زدن (۶-۲ دقیقه) و پاسخ‌های اندازه گیری شده (متغیرهای وابسته) شامل دانسیته کف و حجم زهکشی (بیان کننده پایداری کف) بودند. شرایط بهینه برای دست‌یابی به حداقل میزان دانسیته کف و حجم زهکشی شامل؛ ۰/۱۹ درصد (وزنی/وزنی) غلظت صمغ، نسبت میگو به آب ۱:۴/۵ (وزنی/وزنی)، و زمان هم زدن ۵/۸۹ دقیقه و که پاسخ‌های به دست آمده در این شرایط دانسیته کف ۰/۴۴(گرم بر سانتیمتر مکعب) و حجم زهکشی ۱/۵۸ (میلی لیتر) بود. سپس کف تولید شده با شرایط بهینه، در دماهای ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰°C توسط خشک کن هوای داغ خشک شد و تأثیر دما بر شاخص‌های کیفی پودر شامل رطوبت، فعالیت آبی، حلالیت، جذب آب، رنگ و ساختار میکروسکوپی بررسی گردید. نتایج نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن میزان رطوبت، فعالیت آبی، جذب آب پودر به طور معنی داری کاهش می‌یابد (P<۰/۰۵). در مورد حلالیت و تغییرات رنگ کل (ΔE) با افزایش دما روند افزایشی مشاهده شد درحالی‌که دمای ۹۰°C موجب کاهش تغییرات رنگ کل گردید. ارزیابی منحنی‌های خشک کردن نشان داد که با افزایش دما نفوذ موثر رطوبت افزایش می‌یابد، در محدوده دمایی ۴۵ تا ۹۰°C ضریب نفوذ رطوبت از ۱/۱۱۴ × ۱۰$^{-۸}$ تا (m^2/s) ۳/۹۵۱ × ۱۰$^{-۸}$ تغییر کرد. نتایج حاصل از مدل‌سازی کینتیک خشک کردن نشان داد که مدل توزیع ویبال در تمام دماهای مورد آزمایش بهترین انطباق را با داده‌های آزمایشی دارد.

کلید واژه: خشک کردن کف پوشی، روش سطح- پاسخ، مدل‌سازی کینتیک خشک کردن، میگو، نفوذ موثر رطوبت.

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه ۱

فصل دوم- بررسی منابع ۵

۲-۱ کلیاتی در مورد میگو ۵

۲-۱-۱ مقدمه ۵

۲-۱-۲ ارزش تغذیه ای میگو ۶

۲-۱-۳ سرانه مصرف ۷

۲-۱-۴ فرآورده های میگو ۸

۲-۲ خشک کردن ۸

۲-۲-۱ خشک کردن مواد غذایی ۸

۲-۲-۲ خشک کردن کفی ۹

۲-۳ خشک کردن کف پوشی ۱۰

۲-۳-۱ کف ۱۱

۲-۳-۲ تئوری تشکیل کف ۱۱

۲-۳-۳ روش‌های مختلف تشکیل کف ۱۴

۲-۳-۳-۱ ارتعاش ۱۵

۲-۳-۳-۲ هم زدن ۱۵

۲-۳-۳-۳ پاشیدن ۱۶

۲-۳-۴ پایداری کف ۱۶

۲-۳-۵ پایدار کننده کف ۱۷

۲-۳-۵-۱ صمغ‌ها ۱۸

۲-۳-۵-۱-۱ صمغ زانتان ۱۹
۲-۳-۶ عوامل ایجاد کننده کف ۲۰
۲-۳-۷ اندازه گیری خصوصیات کف ۲۱
۲-۳-۸ فاکتورهای تأثیر گذار روی خصوصیات کف ۲۱
۲-۳-۹ خشک کردن کف ۲۲
۲-۳-۹-۱ خشک کن کف پوشی تسمه ای ۲۲
۲-۳-۹-۲ خشک کن کف پوشی سینی دار ۲۳
۲-۴ ویژگی‌های کیفی فرآورده‌های خشک شده ۲۳
۲-۴-۱ رنگ ۲۴
۲-۴-۲ فعالیت آب ۲۴
۲-۴-۳ جذب آب ۲۵
۲-۴-۴ حلالیت ۲۵
۲-۴-۵ ساختار میکروسکوپی ۲۶
۲-۵ مدل سازی ریاضی فرآیند خشک کردن ۲۶
۲-۵-۱ مکانیسم و سرعت خشک کردن ۲۶
۲-۵-۲ تئوری خشک کردن ۲۷
۲-۵-۳ کینتیک خشک کردن ۲۸
۲-۶ پیشینه پژوهش ۲۹

فصل سوم- مواد و روش‌ها ۳۷

۳-۱ مواد ۳۷
۳-۲ روش‌ها ۳۷
۳-۲-۱ آماده سازی نمونه‌ها ۳۷

۳-۲-۲ تولید کف ۳۸
۳-۲-۳ خشک کردن کف ۳۹
۳-۲-۴ بررسی کینتیک خشک شدن ۳۹
۳-۳ آزمایش‌ها ۴۱
۳-۳-۱ اندازه گیری خصوصیات کف ۴۱
۳-۳-۱-۱ اندازه گیری دانسیته کف ۴۱
۳-۳-۱-۲ اندازه گیری پایداری کف ۴۱
۳-۳-۲ اندازه گیری خصوصیات پودر میگو ۴۲
۳-۳-۲-۱ اندازه گیری میزان رطوبت ۴۲
۳-۳-۲-۲ اندازه گیری حلالیت ۴۲
۳-۳-۲-۳ اندازه گیری ظرفیت جذب آب ۴۲
۳-۳-۲-۴ بررسی رنگ ۴۳
۳-۳-۲-۵ اندازه گیری فعالیت آب (a_w) ۴۳
۳-۳-۲-۶ تصویر برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی و بررسی ریز ساختار ۴۴
۳-۴ آنالیز آماری ۴۴
۳-۴-۱ طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت بهینه سازی شرایط تولید کف ۴۴
۳-۴-۲ طرح آماری مورد استفاده و روش آنالیز ویژگی‌های کیفی پودر ۴۵
۳-۵ کینتیک خشک شدن ۴۶
۳-۵-۱ محاسبه نسبت رطوبت ۴۶
۳-۵-۲ محاسبه ضریب نفوذ موثر ۴۶
۳-۵-۳ محاسبه انرژی فعال سازی ۴۸

۳-۵-۴ برازش منحنی‌های خشک کردن، برآورد ضرایب ثابت و انتخاب مدل مناسب برای توصیف کینتیک خشک کردن ۴۸

..... ۵۲

فصل چهارم- نتایج و بحث ۵۳

۴-۱ تجزیه و تحلیل آماری ۵۳

۴-۱-۱ بهینه‌سازی فرایند با استفاده از روش سطح- پاسخ ۵۳

۴-۱-۲ تجزیه مدل برازش یافته ۵۶

۴-۱-۳ تأثیر متغیرهای مستقل بر پاسخ‌ها ۵۸

۴-۱-۳-۱ تأثیر متغیرهای مستقل بر دانسیته کف ۵۸

۴-۱-۳-۲ تأثیر متغیرهای مستقل بر حجم زهکشی (پایداری کف) ۶۰

۴-۱-۴ بهینه‌سازی ۶۲

۴-۱-۵ آزمون صحت مدل ۶۳

۴-۲- بررسی ویژگی‌های کیفی پودر ۶۴

۴-۲-۱ تأثیر دمای خشک کردن بر فعالیت آب (a_w) و میزان رطوبت ۶۴

۴-۲-۲ تأثیر دمای خشک کردن بر حلالیت ۶۵

۴-۲-۳ تأثیر دمای خشک کردن بر میزان جذب آب ۶۶

۴-۲-۴ تأثیر دمای خشک کردن بر رنگ ۶۷

۴-۲-۵ تأثیر دمای خشک کردن بر ریز ساختار ۶۸

۴-۳ کینتیک خشک کردن ۷۴

۴-۳-۱ بررسی منحنی خشک کردن ۷۴

۴-۳-۲ محاسبه ضریب نفوذ موثر و انرژی فعال سازی ۷۵

۴-۳-۳ مدل سازی کینتیک خشک کردن ۷۷

۵-۱ نتیجه گیری نهایی ۸۳
۵-۲ پیشنهادات ۸۴
منابع ۸۶
فهرست اسامی لاتین ۹۲

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۲-۱. سیستم عمومی کف	۱۲
شکل ۲-۲. نقش گروه های آبگریز در احتمال جذب پروتئین در سطح مشترک هوا- مایع	۱۴
شکل ۲-۳. خشک کن کف پوشی نوع تسمه ای، چپ: نمای نیم‌رخ؛ راست: نمای انتهایی	۲۲
شکل ۲-۴. منحنی سرعت خشک کردن تحت شرایط پایدار	۲۸
شکل ۳-۱. شمای عملیات تولید پودر میگو به روش کف پوشی	۴۰
شکل ۴-۱. نمودار سطح- پاسخ دانسیته کف؛ الف- تأثیر صمغ- زمان هم زدن، ب- تأثیر صمغ- نسبت آب به میگو	۶۰
شکل ۴-۲. نمودار سطح- پاسخ حجم زهکشی کف؛ الف- تأثیر زمان هم زدن- صمغ، ب- تأثیر صمغ- نسبت آب به میگو	۶۲
شکل ۴-۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روب شی (SEM) میگو خشک شده به روش کف پوشی در دمای $^{\circ}C$ ۴۵	۷۰
(B و A به ترتیب بزرگنمایی ۱۰۰ و ۲۰۰)	۷۰
شکل ۴-۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روب شی (SEM) میگو خشک شده به روش کف پوشی در دمای $^{\circ}C$ ۶۰	۷۱
(B و A به ترتیب بزرگنمایی ۱۰۰ و ۲۰۰)	۷۱
شکل ۴-۵. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روب شی (SEM) میگو خشک شده به روش کف پوشی در دمای $^{\circ}C$ ۷۵	۷۲
(B و A به ترتیب بزرگنمایی ۱۰۰ و ۲۰۰)	۷۲
شکل ۴-۶. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روب شی (SEM) میگو خشک شده به روش کف پوشی در دمای $^{\circ}C$ ۹۰	۷۳
(B و A به ترتیب بزرگنمایی ۱۰۰ و ۲۰۰)	۷۳
شکل ۴-۷. تغییرات نسبت رطوبت با زمان خشک کردن در دماهای مختلف	۷۴
شکل ۴-۸. تغییرات شدت خشک شدن با محتوی رطوبت در دماهای مختلف	۷۵
شکل ۴-۹. رابطه بین (نسبت رطوبت)LN و زمان خشک کردن (دقیقه) کف در دماهای مختلف آزمون	۷۶
شکل ۴- ۱۰. مقایسهٔ نسبت رطوبت تجربی و پیش بینی شده مدل توزیع ویبال در چهار دمای خشک کردن	۷۸

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول	صفحه
جدول ۲-۱. مواد تشکیل دهنده میگو	۶
جدول ۲-۲. خصوصیات فیزیکی صمغ زانتان تجاری	۲۰
جدول ۳-۱. سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه	۴۵
جدول ۳-۲. مدل‌های ریاضی مورد استفاده برای ارزیابی کینتیک خشک کردن	۵۰
جدول ۳-۳. طرح آزمایش مورد استفاده جهت بهینه سازی پارامترهای تولید کف	۵۱
جدول ۴-۱. نتایج طرح آزمایش مورد استفاده برای بهینه سازی شرایط تولید کف	۵۴
جدول ۴-۲. خلاصه نتایج تجزیه مدل‌ها به منظور انتخاب مدل مناسب برای پاسخ‌های اندازه گیری شده	۵۵
جدول ۴-۳. نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ خطی برای میزان دانسیته کف	۵۶
جدول ۴-۴. نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای میزان حجم زهکشی (پایداری کف)	۵۷
جدول ۴-۵. نتایج آماری مدل برازش یافته برای تولید کف	۵۷
جدول ۴-۶. شاخص‌ها و اهداف بهینه‌سازی تولید کف	۶۳
جدول ۴-۷. نتایج به دست آمده برای بهینه سازی تولید کف	۶۳
جدول ۴-۸. مقادیر پیش بینی شده و واقعی پاسخ‌ها در شرایط بهینه تولید کف	۶۴
جدول ۴-۹. مقایسه میانگین میزان رطوبت و فعالیت آبی در دمای هوای خشک کن بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن ($P<۰/۰۵$)	۶۵
جدول ۴-۱۰. مقایسه میانگین درصد حلالیت و جذب آب در دماهای خشک کردن مختلف بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن ($P<۰/۰۵$)	۶۶
جدول ۴-۱۱. نتایج مربوط به اثر دمای خشک کردن روی شاخص‌های رنگ پودر (مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن ($P<۰/۰۵$))	۶۸
جدول ۴-۱۲. معادله رگرسیون و ضریب نفوذ مؤثر رطوبت در تیمارهای آزمایش	۷۶
جدول ۴-۱۳. نتایج برازش داده‌های آزمایشگاهی، مقادیر ثابت و ضرایب مدل‌های رگرسیونی در دمای ۴۵ °C	۷۹
جدول ۴-۱۴. نتایج برازش داده‌های آزمایشگاهی، مقادیر ثابت و ضرایب مدل‌های رگرسیونی در دمای ۶۰°C	۸۰
جدول ۴-۱۵. نتایج برازش داده‌های آزمایشگاهی، مقادیر ثابت و ضرایب مدل‌های رگرسیونی در دمای ۷۵ °C	۸۱
جدول ۴-۱۶. نتایج برازش داده‌های آزمایشگاهی، مقادیر ثابت و ضرایب مدل‌های رگرسیونی در دمای ۹۰ °C	۸۲

فهرست علائم و اختصارات

معادل فارسی	معادل انگلیسی	علامت
تغییر رنگ کل	Total color change	ΔE
ثابت‌های خشک کردن	Drying constant	$a, b, c, d, g, h, k, l, n$
فعالیت آبی	Water activity	aw
نفوذ موثر	Effective Diffusivity	D_{eff}
فاکتور آرنیوس	Arrhenius factor	D_0
انرژی فعال سازی	Activation Energy	Ea
طرح مرکب مرکزی متمرکز شده	Face-Centered Centeral Composite Design	$FCCD$
ضخامت تیغه	Thickness of the slab	L
میزان رطوبت (بر مبنای وزن‌تر)	Moisture Content (wet basis)	$MC\ (w.b)$
نسبت رطوبت	Moisture Ratio	MR
رطوبت نمونه در هر زمان	Moisture content in time	M_d
رطوبت اولیه نمونه	Initial moisture content	M_0
رطوبت تعادلی نمونه	Equilibrium moisture content	M_e
تعداد ضرایب ثابت	Number of constants	n
تعداد مشاهدات (داده‌ها)	Number of observations	N
ضریب تعیین	Coefficient of determination	R^2
ریشه میانگین مربعات خطا	Root Mean Square Error	$RMSE$
متدولوژی رویه پاسخ	Response surface methodology	RSM
میکروسکوپ الکترونی روب شی	Scanning Electron Microscopy	SEM
مجموع مربعات خطا	Sum Squared Errors	SSE
دمای مطلق	Absolute Temperature	T
حجم اولیه	Initial volume	V_0
حجم نهایی	Final volume	V_1
وزن نمونه خشک	Weight of dried sample	W_d
وزن اولیه	Initial weight	W_{in}
وزن بعد از آون	Weight of after oven	W_{ov}
مربع کای	Chi square	χ^2

فصل اول- مقدمه

فرآیندهای زیادی برای حفظ و نگهداری محصولات دریایی در مقیاس صنعتی به کار برده می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کنسرو کردن، منجمد کردن و عمل آوری اشاره کرد. عمل آوری یکی از قدیمی‌ترین تکنیک‌های مورد استفاده برای فراوری محصولات دریایی، شامل خشک کردن، نمک سود کردن، دودی کردن می‌باشد (حال، ۲۰۱۱).

میگو (*Penaeus* indicus) منبع غنی از اسیدهای آمینه، پپتیدها، پروتئین و مواد معدنی می‌باشد که می‌تواند به عنوان جز ترکیبی در مواد غذایی مختلف مورد استفاده قرار گیرد (سیمپسون و همکاران، ۱۹۹۸).

تلاش برای تنوع بخشی به فرآورده های میگو و تولید محصولات با ارزش افزوده به عنوان سیاست استراتژیک واحد های فراوری میگو تلقی می‌شود. از جمله این فرآورده‌ها می‌توان به میگوی منجمد، کنسرو میگو، میگوی خشک، پودر میگو، میگوی شور، فرآورده های تخمیری میگو (ترشی میگو، سس میگو) و نیز فرآورده های ترکیبی نظیر برگر میگو، کوفته میگو و ناگت میگو اشاره کرد.

یکی از متداول‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی، فرایند خشک کردن یا آب زدایی است. هدف از خشک کردن مواد غذایی، ذخیره سازی طولانی مدت مواد غذایی، حداقل کردن نیازهای انبار داری و بسته بندی و کاهش هزینه های حمل و نقل می‌باشد. روش‌های متعددی برای خشک کردن محصولات دریایی وجود دارد، اما در عین حال کیفیت محصولات خشک شده و کارایی

فرایند خشک کردن دارای اهمیت می‌باشند. درجه حرارت، زمان و فعالیت آبی در حین فرایند خشک کردن بر روی کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارد. بسیاری از غذاهای خشک شده قبل از مصرف بازآبپوشی[1] می‌شود. ساختار، میزان تخلخل، چگالی و اندازه ذره یک ماده غذایی خشک شده، در حلالیت آن در آب یا بازآبپوشی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. برای به دست آوردن محصولاتی با کیفیت بالاتر و نیز کاهش زمان خشک کردن، روش‌هایی مانند خشک کردن کفی تحت خلأ[2]، خشک کردن پاششی کفی[3] و خشک کردن کف پوشی[4] توسعه یافته‌اند.

کف کردن مواد مایع و نیمه مایع از زمان‌های قدیم به عنوان یک روش موثر در کاهش زمان خشک کردن و افزایش کیفیت محصول شناخته شده است. خشک کردن کف پوشی فرایندی است که طی آن غذاهای مایع و نیمه مایع (خمیری شکل) به کف پایدار تبدیل شده، سپس خشک می‌شوند. این روش نوید دهنده توسعه در زمینه خشک کردن غذاهای مایع و نیمه مایع می‌باشد. در سال‌های اخیر، تکنولوژی خشک کردن کف پوشی مجدداً مورد توجه قرار گرفته است چرا که منجر به تولید محصولاتی با خصوصیات مطلوب همچون کیفیت بهتر، تخلخل و بازسازی آسان‌تر می‌شود. از جمله مزایای فرایند خشک کردن کف پوشی سادگی، سرعت خشک شدن سریع در دماهای پایین، اقتصادی بودن در مقایسه با خشک کردن مواد با هوای داغ، حفظ کیفیت تغذیه ای و حسی می‌باشد. از دیگر مزایای این روش می‌توان به مناسب بودن جهت انواع مواد غذایی مایع و نیمه مایع، مواد حساس به حرارت، چسبنده و ویسکوز اشاره کرد. همچنین در محصول تولید شده با این روش به دلیل حداقل صدمه حرارتی به محصول هیچ طعم سوختگی وجود ندارد پایداری زیاد در مقابل تخریب میکروبی، واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی و حداقل انرژی مورد نیاز طی نگهداری از دیگر مزایای این روش می‌باشد (راتی و کدرا، ۲۰۰۶؛ کادام و همکاران، ۲۰۱۰). سرعت خشک کردن بالا به دلیل افزایش سطح مواد توسط ترکیب هوا/ گاز و تشکیل ساختار متخلخل می‌باشد که منجر به کیفیت بالا و خصوصیات فوری در محصول خشک

1. Rehydration
2. Foam drying under vacuum
3. Foam spray drying
4. Foam-mat drying

شده می‌شود. پودرهای حاصل به راحتی جذب آب کرده، بازسازی می‌شوند. پودر تولید شده در فرمولاسیون محصولات غذایی نظیر انواع سوپ، چاشنی غذا، سس، اسنک و محصولات مشابه قابل استفاده است.

اهداف

با توجه به این که تاکنون مطالعه ای در زمینه‌ی تولید پودر فرآورده های دریایی به روش کف پوشی و بررسی کینتیک انتقال جرم طی خشک کردن این محصولات انجام نشده است، اهداف این تحقیق شامل:

۱- بهینه‌سازی شرایط تولید کف میگو (*Penaeus* indicus) با استفاده از روش سطح- پاسخ

۲- بررسی تأثیر دماهای خشک کردن بر ویژگی‌های کیفی پودر تولید شده (رطوبت، حلالیت، فعالیت آبی، جذب آب، رنگ و ساختار میکروسکوپی)

۳- ارزیابی کینتیک خشک کردن کف و مدل سازی با استفاده از مدل‌های تجربی

فصل دوم- بررسی منابع

۲-۱ کلیاتی در مورد میگو

۲-۱-۱ مقدمه

میگو (*Penaeus* indicus) جانداری است از شاخه بندپایان، از رده سخت پوستان و از دسته خرچنگ‌های دراز که دارای جثه کوچکی می‌باشد. از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰۴ میزان صید میگو از دریا ۲/۳ برابر شده است در حالی که پرورش میگو در همین مدت ۳۴ برابر گردیده است. آمار فائو نشان می‌دهد که تولید میگوی پرورشی از ۹۱۷۳۱۵ تن در سال ۱۹۹۶ به ۳۱۴۶۹۱۸ تن در سال ۲۰۰۶ رسیده است. عمده‌ترین کشورهای تولید کننده میگوی پرورشی در جهان و درصد تولید آن‌ها در سال ۲۰۰۶ به ترتیب عبارتند از چین ۳۹٪، تایلند ۱۶٪، ویتنام ۱۱٪، اندونزی ۱۱٪، هند ۴٪، مکزیک ۴٪ و برزیل ۲٪. میزان تولید میگو در کشور از ۵۴ تن در سال ۱۳۷۳ به ۴۳۷۲ تن در سال ۱۳۸۷ رسیده است. حد اکثر میزان تولید میگوی پرورشی در کشور در اوج فعالیت صنعت پرورش میگو در سال ۱۳۸۳ به ۸۹۳۰ تن رسیده که استان بوشهر با ۵۶۰۰ تن (۶۳٪ کل کشور) در این امر پیشرو بوده است (نگاهی اجمالی به پرورش میگو در ایران و جهان، ۱۳۸۷؛ سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۷۹-۱۳۸۷).

۲-۱-۲ ارزش تغذیه ای میگو

میگو یکی از مغذی‌ترین غذاهای دریایی است که در مقایسه با سایر غذاهایی که پروتئین زیادی دارند **(**نظیر گوشت ماهی و گروه ماکیان**)** ، کالری کم‌تری دارد. میزان ترکیبات اصلی میگو در ۱۰۰ گرم به طور متوسط در جدول ۲-۱ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱. مواد تشکیل دهنده میگو

ترکیبات غذایی در ۱۰۰ گرم میگو	
رطوبت	۷۷/۳ گرم
پروتئین	۱۶/۷ گرم
چربی	۱/۴ گرم
خاکستر	۳/۶۳ گرم
قند	۹۱ میلی گرم
انرژی	۹۹ کالری
کلسترول	۱۶۰ میلی گرم

میگو منبع غنی از ویتامین B12، A،B6، C،E، D و املاحی چون کلسیم، پتاسیم، روی، مس، منگنز و سلنیوم است. علاوه بر این کلسیم، روی، آهن، منیزیم و فسفر میگو نسبت به سایر آبزیان بیشتر است همچنین پروتئین موجود در میگو کیفیت بالایی داشته و حاوی تمام اسید آمینه های لازم جهت رشد می‌باشد. (محبَی و همکاران، ۲۰۰۹). از دیگر مزایای آن می‌توان به میزان پایین جیوه در گوشت میگو در مقایسه با سایر مواد غذایی دریایی اشاره کرد (نورهانا و همکاران، ۲۰۱۰).

میگو منبع مهم سلنیوم است که مصرف هر ۱۲۰ گرم آن ۸۱/۷ درصد از نیاز روزانه بدن به این عنصر را تأمین می‌کند. به دلیل دارا بودن عنصر سلنیوم دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بوده، مانع از صدمه دیدن سلول‌ها توسط رادیکال آزاد می‌گردد و دستگاه ایمنی بدن را برای حذف سلول‌های فرسوده