

تولید و بهینه سازی پوشش ترکیبی کنسانتره پروتئین آب پنیر، مالتودکستروزین و اسانس رزماری و بررسی اثر آن بر شمارش کلی باکتریایی فیله ماهی تیلاپیا در طول نگهداری در سرما

سادات میرباقری، س. ۱، سلیمی، آ. ۲، جلی جوان، ا. ۳، مهدی زاده مود، س. ۴.

پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶

خلاصه

در این پژوهش، اثر ترکیبی کنسانتره پروتئین آب پنیر، مالتودکستروزین و اسانس رزماری بر ویژگی‌های میکروبی ماهی تیلاپیا مورد بررسی قرار گرفته و به روش رویه سطح پاسخ^۱ بهینه‌سازی شد. بدین منظور، بر اساس حدود تعیین شده توسط نرم‌افزار بهینه‌سازی، ۱۸ محلول حاوی ترکیب ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی-وزنی کنسانتره پروتئین آب پنیر، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی-وزنی مالتودکستروزین و ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی-حجمی اسانس رزماری تهیه و فیله‌ها از طریق غوطه‌وری در آن‌ها، پوشش‌دهی شده و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از شش روز نمونه‌ها از یخچال خارج شده و مورد ارزیابی میکروبی قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده رابطه با باکتری‌های سرماگراها، بهترین محلول پوشش‌دهی برای ممانعت از رشد میکروبی، نمونه‌ای بود که شامل مقادیر میانی و متوسط کنسانتره پروتئین آب پنیر (حدود ۱۰٪ وزنی/وزنی) و بالاترین درصد اسانس رزماری (۵٪ حجمی/وزنی) بود. در مورد باکتری‌های مزوفیل بهترین اثر زمانی مشخص شد که در پوشش‌ها از حداکثر مقدار مالتودکستروزین و کنسانتره پروتئین آب پنیر (۲۵ و ۱۵ درصد وزنی/وزنی) به همراه بالاترین مقدار اسانس رزماری (۵ درصد حجمی/وزنی) استفاده شده بود.

واژه‌های کلیدی: روش سطح پاسخ، پوشش‌دهی، باکتری سرماگرا، باکتری مزوفیل

۱. دانشجوی دکتری عمومی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۲. استادیار علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۳. دانشیار بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۴. استادیار بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

¹ Response Surface Methodology (RSM)

مقدمه

مصنوعی مثل بوتیرات هیدروکسی تولوئن (BHT) که در صورت استفاده بیش از حد مجاز بین المللی اثرات سوء بر مصرف کننده دارند، سبب افزایش تحقیقات در این زمینه شده است (Debbarna و همکاران، ۲۰۱۲؛ Jeon و همکاران، ۲۰۰۲).

برخلاف فیلم‌های خوراکی که قبل از کاربرد در بسته‌بندی تولید می‌شوند، پوشش‌های خوراکی روی ماده غذایی تشکیل می‌شوند و پوشش موقع استفاده روی محصول باقی مانده و همراه آن مصرف می‌شوند. پوشش‌دهی با روش‌هایی مانند اسپری کردن، واکس زدن و غوطه‌وری انجام می‌شود (Guilbert و همکاران، ۱۹۹۵). پوشش‌های خوراکی می‌توانند منشا پروتئینی، لیپیدی و پلی‌ساکاریدی داشته باشند و مدت زمان نگهداری مواد غذایی را افزایش دهند. این پوشش‌ها که در مقابل انتقال رطوبت، گازها و مواد محلول مانند سد حفاظتی عمل می‌کنند، زیست تخریب‌پذیر و ارزان قیمت هستند و مشکلات آلودگی زیست‌محیطی مانند بسته‌بندی‌های پلاستیکی را ندارند (Wang و همکاران، ۲۰۱۰).

آب‌پنیر یکی از محصولات جانبی کارخانه‌جات پنیرسازی است که به مقدار زیادی تولید می‌شود و بیشتر آن مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و منجر به ایجاد مشکلات دور ریختن و آلودگی می‌شود (Ozdemir and floros، ۲۰۰۸). به منظور پنیرسازی با افزودن رنت به شیر یا بواسطه تغییر pH کارژین رسوب می‌کند و پروتئین آب‌پنیر باقی می‌ماند. استفاده از پروتئین آب‌پنیر برای تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی علاوه بر مصرف آب‌پنیر، سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای و مدت زمان نگهداری مواد غذایی می‌شود (Smithers، ۲۰۰۸؛ Gennadios، ۲۰۰۲).

مالتودکسترین پلیمری است که از هیدرولیز جزئی و خشک کردن پاششی نشاسته به دست می‌آید. واحد سازنده آن گلوکز بوده و شاخص طبقه بندی آن دکستروز اکی‌والان می‌باشد. از ویژگی‌های مهم مالتودکسترین می‌توان ارزان بودن، ویسکوزیته پایین در مقدار مواد جامد بالا، طعم خنثی و قابلیت بالای تشکیل فیلم و پوشش دادن ترکیب هسته در فرآیند ریزپوشانی نام برد (Jafari و همکاران، ۲۰۰۸).

آبزیان بویژه ماهیان به دلیل برخورداری از مقادیر قابل توجهی از اسیدهای چرب چند غیراشباع، کلسترول کم، برخی از انواع ویتامین‌ها و موادمعدنی و پروتئین‌های با کیفیت در رژیم غذایی انسان اهمیت زیادی دارند (Halioglu و همکاران، ۲۰۰۴). پروتئین‌های ماهی حاوی تمام آمینواسیدهای ضروری (هیستیدین، فنیل‌آلانین، والین، ترئونین، تریپتوفان، لوسین، ایزولوسین، متیونین و لیزین) است که بدن قادر به ساخت آن‌ها نیست و باید از راه تغذیه برای بدن فراهم شود (Taherghorabi and Jaczynski، ۲۰۱۶). وجود اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا ۳ به مقدار زیاد در روغن ماهی، سبب کاهش خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود (Watts و همکاران، ۲۰۱۸). محصولات دریایی به دلیل وجود مقادیر بالای اسیدهای آمینه آزاد، بازهای نیتروژنی فرار و اسیدهای چرب چند غیراشباع نسبت به گوشت قرمز و مرغ بیشتر مستعد فساد هستند (Sallam، ۲۰۰۷). فساد گوشت ماهی به صورت فساد شیمیایی (اکسیداسیون)، فساد بیوشیمیایی (اتولیز) و فساد میکروبی (آلودگی با میکروارگانسیم‌ها و رشد آن‌ها) می‌باشد (Ojagh و همکاران، ۲۰۱۰). بین عواملی که منجر به فساد گوشت ماهی می‌شوند، آنزیم‌های باکتریایی مهمترین عواملی هستند که منجر به تغییرات نامطلوب در طعم، بو و ظاهر آن می‌گردند (Debbarna و همکاران، ۲۰۱۲). میکروارگانسیم‌های مولد فساد با تجزیه پروتئین، محصولات متیل‌آمین و سایر ترکیبات بدبو را ایجاد می‌کنند (Olafsdottir و همکاران، ۱۹۹۷؛ Davidson و همکاران، ۲۰۰۲). به دلیل مقادیر بالای چربی‌های غیراشباع و مولکول‌های پرواکسیدان، فساد آنزیمی و غیر آنزیمی که تاثیر بسزایی در کاهش ماندگاری گوشت ماهی دارد، در شرایط انجماد هم ادامه پیدا می‌کند (Aubourg و همکاران، ۲۰۰۵).

امروزه تمایل مصرف کنندگان به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی مثل متابولیت‌های میکروبی، عصاره و اسانس‌های گیاهی به عنوان ضد میکروب به جای نگهدارنده‌های

و تخلیه احشاء ماهی‌ها به صورت دستی فیله و با آب سرد شستشو داده شدند. به منظور پوشش‌دهی، بر اساس تیمارهای تعیین شده توسط نرم افزار، ۱۸ قطعه فیله در ۱۸ محلول تهیه شده به روش غوطه‌وری قرار داده شدند. بعد از ۴۵ دقیقه نمونه‌ها به سبد منتقل شدند تا محلول اضافی خارج و پوشش روی فیله تشکیل شود. سپس فیله‌های پوشش دار شده در ظروف یکبار مصرف از جنس پلی اتیلن، بسته بندی و از سلفوفان به عنوان درپوش استفاده شد. هر ۱۸ نمونه به همراه نمونه شاهد که پوشش دهی نشده بود به یخچال منتقل شده و به مدت ۶ روز در دمای ۴ درجه نگهداری شدند. کلیه تست‌های شیمیایی که در بدو ورود نمونه به آزمایشگاه و قبل از پوشش دهی انجام شده بودند شامل تست‌های تیوباربیتوریک اسید، نیتروژن فرار کل، pH و عدد پراکسید بعد از گذشت ۶ روز و خارج کردن نمونه‌ها از یخچال روی نمونه شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده تکرار شدند.

آزمون‌های میکروبی

ده گرم نمونه ماهی را با ۹۰ سی سی رقیق کننده پیتون واتر ۰/۱ درصد در شرایط کاملاً استریل و در مجاورت شعله در استومیکسر و به مدت ۲ دقیقه با دور ۴ دستگاه هموژن گردید. ۱ سی سی از محلول هموژن شده را با پیت استریل برداشته و به لوله منتقل گردید. سپس ۹ سی سی رقیق کننده به لوله اضافه شد. دوباره با پیت جدید ۱ سی سی از لوله اول به لوله دوم که ۹ سی سی رقیق کننده داشت منتقل و این کار را تا ۴ الی ۵ لوله دیگر ادامه یافت. ۰/۱ سی سی نمونه از لوله برداشته و روی سطح پلیت نوترینت آگار ریخته شد و با میله خمیده کشت سطحی داده شد. سپس پلیت‌های کشت داده شده در انکوباتور در دمای ۱۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از ۲۴-۴۸ ساعت شمارش انجام شد. (Siskos و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج

آنالیز واریانس پاسخ‌ها

برای آنالیز نتایج بدست آمده و بهینه سازی فرآیند، بر اساس طراحی که توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت صورت گرفته

بود، ۱۸ دستور یا ران تولیدی بر اساس سه متغیر مستقل (درصد پروتئین آب پنیر، درصد مالتودکسترین و درصد اسانس رزماری)، ارائه شد و پوشش‌دهی ماهی‌ها بر اساس این الگو صورت گرفت (جدول ۱). پارامتر کیفی شمارش میکروبی، تحت عنوان متغیر وابسته یا پاسخ در نرم افزار وارد شد. سپس آنالیز توسط نرم‌افزار انجام شده و جدول آنالیز واریانس‌ها برای بررسی معنی‌دار بودن یا نبودن پارامترهای مدل‌ها استفاده شد (جدول ۲).

برای هر پارامتری، مقادیر F بالاتر و P پایینتر نشانه تاثیرگذارتر بودن آن ضریب رگرسیونی بود (Quanhong and Caili، ۲۰۰۵)؛ بنابراین متغیرهایی که بیشترین تاثیر را بر متغیرهای وابسته داشتند، عملاً دارای مقادیر P کمتر از ۰/۰۵ بوده و هر چقدر این عدد کوچکتر باشد، تاثیرگذاری پارامتر بر پاسخ‌ها، بیشتر و معنی‌دارتر بوده است. بر همین اساس، سایر پارامترهایی که مقدار P آنها از ۰/۰۵ بالاتر بود، عملاً تاثیر معنی‌داری نداشته و می‌توانند از مدل حذف شوند.

ضریب همبستگی رگرسیونی (R^2) از دیگر مشخصه‌هایی است که برای بررسی میزان پوشش‌دهی مدل‌های ارائه شده و مناسب بودن آنها با توجه به داده‌های بدست آمده تجربی و داده‌های تنظیم شده و پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدیهی است مقادیر نزدیکتر به یک، نشان دهنده هماهنگی بیشتر بین مدل و داده‌های ارائه شده می‌باشد.

اثر متغیرهای مستقل بر شمارش کلی باکتری‌های سرماگرا

پیشتر، آنالیز واریانس اثر متغیرهای مستقل بر شمارش کلی باکتری‌های سرماگرا، نشان داد که تاثیر پارامتر خطی درصد رزماری و پارامترهای توان دوم درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و درصد مالتودکسترین، بسیار معنی‌دار بودند ($p < 0.05$) اما سایر پارامترهای خطی و دو متغیره، تاثیر معنی‌داری در این زمینه نداشتند.

در همین راستا، تصاویر نمودارهای سه بعدی مربوط به این پارامتر، در اشکال ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده هستند.

همانطور که در شکل ۱ مشخص شده است، حداقل مقادیر باکتری‌های شمارش شده، در قسمت‌های میانی صفحه سه بعدی قابل مشاهده است. این بخشها متعلق به نمونه‌هایی می‌باشند که مقادیر درصدی کنسانتره پروتئین آب پنیر در حدود میانی خود (تقریباً ۱۰٪ وزنی/وزنی) و مقادیر درصدی مالتودکسترین در حدود حداکثری یا حداقلی قرار داشت.

با بررسی تاثیر مقادیر مختلف اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر، مشخص شد که حداقل شمارش باکتری‌ها در نمونه‌های حاوی حداکثر مقادیر رزماری مشاهده شد. همچنین، بهترین ترکیب موجود برای ممانعت از رشد میکروبی، در حضور مقادیر میانی کنسانتره پروتئین آب پنیر (حدود ۱۰٪ وزنی/وزنی) در کنار بیشترین درصدهای اسانس رزماری (۵٪ حجمی/وزنی) مشاهده گردید.

همانطور که در تصاویر فوق مشخص شده، حداکثر شمارش باکتری‌ها در نمونه‌هایی مشاهده شد که مقدار درصدی اسانس رزماری در آنها حداقل (۱٪ حجمی/وزنی) بوده و مقدار مالتودکسترین در محدوده میانی (حدود ۲۰٪ وزنی/وزنی) قرار داشت. با افزایش مقدار اسانس رزماری، در مقادیر مختلف مالتودکسترین، کاهش مشهودی در شمارش میکروبی مشاهده گردید، با این وجود، این اثر در مقادیر حداکثری و حداقلی مالتودکسترین مشهودتر بود.

تاثیر متغیرهای مستقل بر شمارش کلی باکتری-های مزوفیل

بررسی نتایج مربوط به شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل نشان داد که تاثیر پارامترهای خطی هر سه متغیر مستقل، پارامتر دومتغیره درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و اسانس رزماری و پارامتر توان دوم درصد اسانس رزماری، تاثیر معنی داری بر میکروارگانیزم‌های شمارش شده داشتند ($p < 0.05$). اثر سایر پارامترها معنی دار نبود. در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نمودارهای سه بعدی مربوطه به ترسیم کشیده شده‌اند.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ترکیب مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر در مجموع

موجب پایین بودن اعداد مرتبط با شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل بوده و کل نمودار با رنگ آبی که نشان‌دهنده سطوح پایین میکروبی است مشخص شده است. با این وجود بهترین اثر زمانی مشخص شد که در پوششها از حداکثر مقدار مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر (۲۵ و ۱۵ درصد وزنی/وزنی) استفاده شده بود.

با بررسی تصاویر مربوط به اثر همزمان مالتودکسترین و اسانس رزماری بر شمارش کلی میزوفیل‌ها، مشخص شد که بیشترین تعداد میکروارگانیزم‌ها متعلق به نمونه‌هایی بودند که کمترین درصد اسانس رزماری و مالتودکسترین را در پوشش خود داشتند که البته نقش اسانس رزماری بسیار بارزتر بود. با افزایش مقدار اسانس، افت چشمگیری در میکروبی‌های شمارش شده مشاهده گردید.

با بررسی شکل ۶ روند نسبتا مشابهی با شکل ۵ مشاهده میشود، بدین معنی که تاثیر اسانس رزماری بر بار میکروبی بسیار شاخص بوده و بیشترین شمارش میکروبی در نمونه‌هایی مشاهده شد که درصد اسانس رزماری آنها کم بود. نقش افزایش درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر در کاهش شمارش کلی باکتری‌ها نیز در تصاویر قابل مشاهده است اما این اثر نسبت به رزماری بسیار کمتر بوده است. در مجموع نمونه‌هایی با حداقل درصد اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر (۱٪ حجمی/وزنی و ۵٪ وزنی/وزنی)، دارای بیشترین تعداد میکروارگانیزم مزوفیل شمارش شده بودند.

Run	اساس رزماری (% حجمی/وزنی)	مالتو دکترین (% وزنی/وزنی)	کنسانتره پروتئین آب بند (% وزنی/وزنی)
۱	۳	۳۰	۵
۲	۳	۳۰	۱۵
۳	۳	۳۰	۱۰
۴	۵	۳۵	۵
۵	۵	۱۵	۵
۶	۱	۳۵	۱۵
۷	۱	۱۵	۵
۸	۳	۳۰	۱۰
۹	۱	۳۵	۵
۱۰	۱	۳۰	۱۰
۱۱	۵	۱۵	۱۵
۱۲	۳	۳۰	۱۰
۱۳	۳	۱۵	۱۰
۱۴	۱	۱۵	۱۵
۱۵	۵	۳۵	۱۵
۱۶	۳	۳۵	۱۰
۱۷	۵	۳۰	۱۰
۱۸	۳	۳۰	۱۰

جدول ۱. چیدمان ارائه شده توسط نرم افزار بر اساس متغیرهای مستقل

متغیرها	شعارش میکروبی کلی (مروزیل)			شعارش کلی میکروبی (سرومادوست)		
	P-value	F-value	ضرایب رگرسیون	P-value	F-value	ضرایب رگرسیون
X_0			$8/471 \times 10^{-6}$			
خطی						
X_1	$1/623 \times 10^{-6}$	۴۱/۳۶	-۱۳۶--	-۱۰۰۰۲		-۱۸۶۶-
X_2	۸۵۵--	۱۱/۹۵	$-1/36 \times 10^{-6}$	-۱۰۰۹۶		-۱۰۰۹۸
X_3	$-5/77 \times 10^{-6}$	۵۲۱/۸۷	$-7/58 \times 10^{-6}$	$< 10^{-10}$		$92/46$
دو متغیره						
X_1X_2	۱۸۷۵	-۱۰۰۰۴۴	-	-۱۹۸۸۷		-
X_1X_3	$1/471 \times 10^{-6}$	۳۷/۱۳	-	-۱۰۰۰۸		-
X_2X_3	۳۶۸۷۵	۱/۷-	-	-۱۲۲۸۱		-
درجه دو						
X_1^2	$-2-36-95$	-۱۱۸-۷	$-61-17 \times 10^{-6}$	-۱۶۸۲-		-۱۰۰۱۱
X_2^2	$-3563-95$	-۱۵۳۸۹	$-5/893 \times 10^{-6}$	-۱۶۸۳۹		-۱۰۰۱۳
X_3^2	$2/46 \times 10^{-6}$	۳۵/۸۷	-	-۱۰۰۰۹		-
R^2	-۱۹۸۷۶		-۱۹-۷۹			
Adj- R^2	-۱۹۷۳۶		-۱۸۶۹۵			

جدول ۲. آنالیز واریانس پاسخهای کیفی میکروبی

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

Total count

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

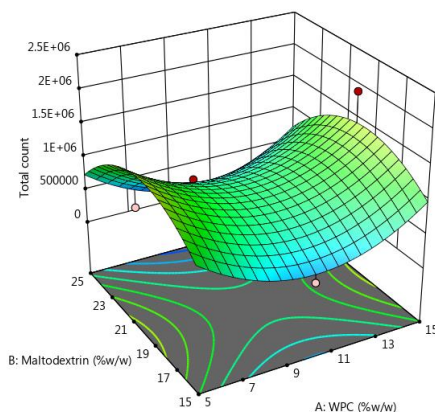
32000 2.1E+06

X1 = A: WPC

X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor

C: Rosemary essence = 3



شکل ۱. تصاویر سه بعدی اثر درصد مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر شمارش کلی باکتری های سرماگرا

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

Total count

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

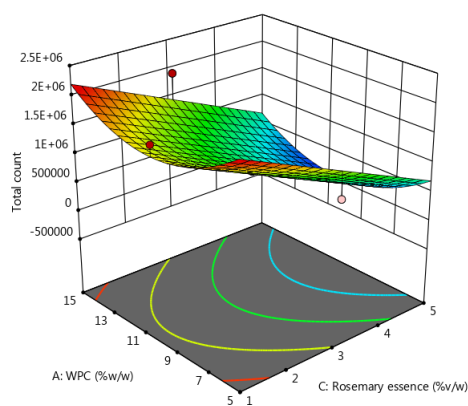
32000 2.1E+06

X1 = C: Rosemary essence

X2 = A: WPC

Actual Factor

B: Maltodextrin = 20



شکل ۲. تصاویر سه بعدی اثر درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و اسانس رزماری بر شمارش کلی باکتری های سرماگرا

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

Total count

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

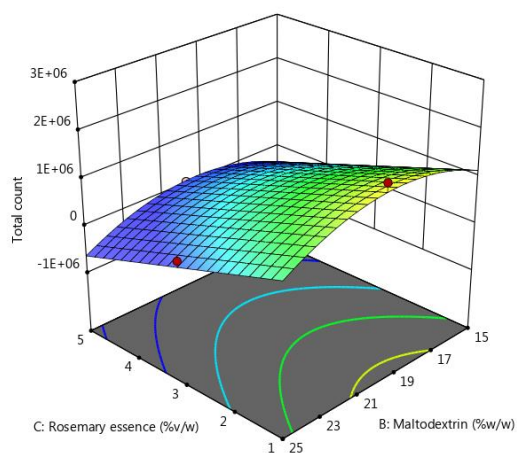
32000 2.1E+06

X1 = C: Rosemary essence

X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor

A: WPC = 10



شکل ۳. تصاویر سه بعدی اثر درصد مالتودکسترین و اسانس رزماری بر شمارش کلی باکتری های سرماگرا

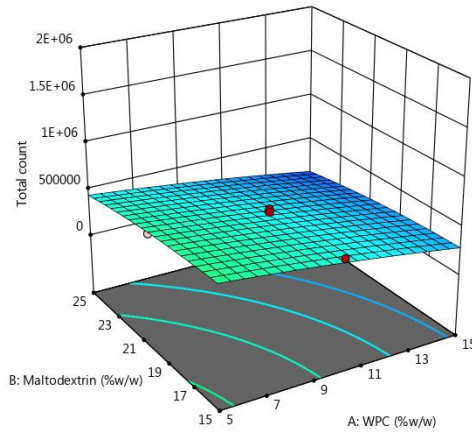
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

Total count

- Design points above predicted value
 - Design points below predicted value
- 20000 1.6E+06

X1 = A: WPC
X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor
C: Rosemary essence = 3



شکل ۴. سه بعدی اثر درصد مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر شمارش کلی باکتری های مزوفیل

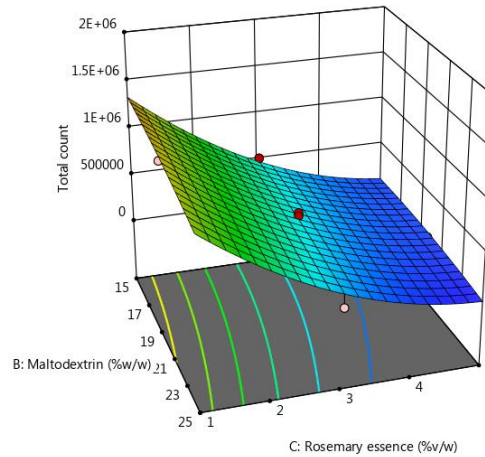
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

Total count

- Design points above predicted value
 - Design points below predicted value
- 20000 1.6E+06

X1 = B: Maltodextrin
X2 = C: Rosemary essence

Actual Factor
A: WPC = 10



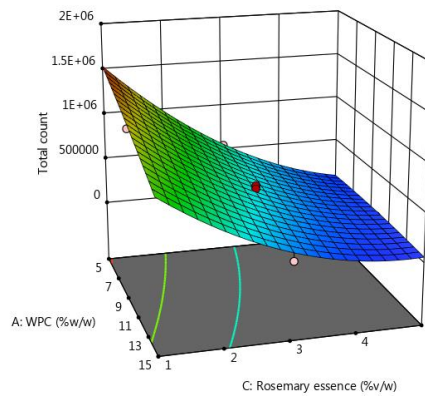
شکل ۵. تصاویر سه بعدی اثر درصد مالتودکسترین و اسانس رزماری بر شمارش کلی باکتری های مزوفیل

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

- Design points above predicted value
 - Design points below predicted value
- 20000 1.6E+06

X1 = A: WPC
X2 = C: Rosemary essence

Actual Factor
B: Maltodextrin = 20



شکل ۶. تصاویر سه بعدی اثر درصد پروتئین آب پنیر و اسانس رزماری بر شمارش کلی باکتری های مزوفیل



Optimization of the combined effect of whey protein concentrate, maltodextrin and rosemary essential oil on the bacterial total count of tilapia fillets during cold storage

Sadat Mirbagheri, S.¹, Salimi, A.^{2*}, Jebeli Javan, A.³, Mehdizadeh Mood, S.⁴.

Received: 26.04.2021

Accepted: 11.09.2021

Abstract

In this study, the combined effect of whey protein concentrate, maltodextrin and rosemary essential oil on the microbial properties of tilapia was investigated and optimized by Response Surface Methodology. After preparing fish fillets, according to the software plans, 18 solutions including 10, 5 and 15% w/w of whey protein concentrate, 15, 20 and 25% w/w of maltodextrin and 1, 3 and 5% v/w rosemary essential oil were prepared. Fish fillets were coated by immersing in solutions and then were refrigerated at 4°C. After six days, coated samples were removed from refrigerator and microbial contamination was evaluated. Based on the obtained data from microbial counts (psychrophilic bacteria), the best protective solution was produced by mixing moderate amounts of whey protein concentrate (about 10% w/w) with the highest percentages of rosemary essential oil (5% v/w). In case of mesophilic bacteria, the best protective effect was observed when the coatings solution was included of maximum amount of maltodextrin and whey protein concentrate (25 and 15% w/w) and rosemary essential oil (5% v/w).

Key words: Response Surface Methodology, Coating, Psychrophilic bacteria, mesophilic bacteria.

1. DMV Student of veterinary, faculty of veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
2. Assistant professor of food science and technology, faculty of veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
3. Associate professor of Food Hygiene, faculty of veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
4. Assistant professor of aquatic animal health and diseases, faculty of veterinary, Semnan University, Semnan, Iran

*Corresponding author: a.salimi@semnan.ac.ir

- Aubourg, S.** PRudriguez, and Gallardo, J. 2005. Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of catching season and commercial presentation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **107**:316-323.
- Bahram, S.**, Rezaei, M., Soltani, M., Abdollahi, M., Khezri. Ahmadabad, M., Kamali, A., Nemati, Effect of whey protein concentrate coating cinamon oil on quality and shelf life of refrigerated beluga sturgeon (*huso huso*). *Journal of Food Quality* ISSN 1745-4557.
- Burt, S.** 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Food Microbiology*, **94**: 225-253.
- Davidson, P.M.** and Harrison, M.A., 2002. Resistance and adaptation of food antimicrobials, sanitizers and other process control. *J. Food Technology*, **59(11)**: 69-78.
- Debbarma, J.**, Kishre, P., Nayak, B., Kannuchamy, N. and Gudipati, V., 2012. Antibacterial activity of Ginger, Eucalyptus, and Sweet orange peels essential oils on fish-borne bacteria. *Journal of Food Processing and Preservation*, **37(5)**: 1745- 4549.
- Gennadios, A.** 2002. Protein based film & Coating. CRC PRESS, Pp 773.
- Guilbert, S.**, Gontard, N. and Cuq, B. 1995. Technology and applications of edible protective films. *Journal of packaging technology and science*, **8(6)**: 339-346.
- Haliloglu, H.I.**, Bayır, A., Sirkecioglu, A.N., Aras, N.M. and Atamanalp, M. 2004. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*, **86(1)**: 55-69.
- Jafari, S.M.**, Assadpoor, E., He, Y., Bhandari, B. 2008. Encapsulation efficiency of food flavors and oils during spray drying. *Drying Technology*, **26**: 816-835.
- Jeon, C. O.**, Kamil, Y. V. A and Shahidi, F. 2002. Chitosan as an Edible invisible film for quality preservation of Herring and Atlantic Cod *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **5**: 5167-5178.
- Khezri Ahmadabad, M.**, Rezaei, M. and Ojagh, S. M. 2015. The effect of whey protein edible coating on microbial quality of rainbow trout fillet during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, **49(12)**: 11-20.
- Morris, J.A.**, Khettry, A. and Seitz E.W. 1979. Antimicrobial activity of aroma chemicals and essential oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **56(5)**: 595-603.
- Moslemi, M.**, Salehani, R., Mehdiabadi, Sh. 2019. Study of the Effect of Nissin and Rosemary Extract on Sensory and Microbial Spoilage Indicators of Rainbow Trout (*Onchorhynchus mykis*) in cold Storage Conditions. *Journal of Animal Biology* summer, **11 (4)4**: 75-86.
- Motalebi, A. A.**, Seyfzadeh, M. 2012. Effect s of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common Kilka (*Clupeonellia delitula*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **11(1)**: 132 -144.

- Noshad**, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., Mortazavi, S.A. 2012. Multi-objective optimization of osmotic-ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, **5(6)**: 2098- 2110.
- Novak**, S. J., Sapers, G. M. and Juneja, V. K., 2003. Microbial safety of minimally processed foods. CRC press, pp: 97-126.
- Ojagh**, S. M., Rezaei, M., S. H and Hosseini, S. M. H. 2010. Effect of chitosan enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*, **12**:193-198.
- Olafsdottir**, G., Marteinsdottir, E., Oehlenschlager, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henahan, G., Nielsen, J. and Nilsen, H., 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science and Technology*, **8(8)**: 258-265.
- Ozdemir**, M. & Floros, J. D. 2008. Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering*, **84**, 116–123.
- Quanhong**, L. and Caili, F. 2005. Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein. *Food Chemistry*, **92**: 701-706.
- Salimi**, A., Maghsoudlou, Y., Jafari, S. M., Sadeghi Mahounak, A., Kashaninejad, M. and Ziaifar, A. M. 2015. Preparation of Lycopene Emulsions by Whey Protein Concentrate and Maltodextrin and Optimization by Response Surface Methodology. *Journal of dispersion science and technology*, **36 (2)**: 274-283.
- Sallam**, K.I., Ahmed, A.M., Elgazzar, M.M. and Eldaly, E.A., 2007: Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum packaged storage at 4°C. *Food Chemistry*, **102**: 1061-1070.
- Sallam**, K. I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effect of sodium acetate, sodium lactate in refrigerated sliced salmon. *Food control*, **18**: 566-575.
- Seifzadeh**. M. 2014 effect of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common kilka. *Iranian Journal of Fisheries sciences*, **13(2)**: 477-491.
- Siskos**, L; Zotos, A; Melidou, S and Tsikritzi, R. 2007. The effect of liquid smoking of fillets of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory, microbiological and chemical changes during chilled storage. *Food Chemistry*, **101**: 458-464.
- Smithers**, G, W. 2008. Whey and whey proteins-forx gutter-to-gold international Dairy Journal, **18**: 695-704.
- Taherghorbi**, R. and Jaczynski, J. 2016. Seafood Proteins and Human Health. Elsevier. Chapter **29**, 323-331.
- Watts**, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S. 2018. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet*, 2018; **391**: 581–630.

Wang, L., Auty, M. A. E. and Kerry, J. P. 2010. Physical assessment of composite biodegradable films manufactured using whey protein isolate, gelatin and sodium alginate. *Journal of Food Engineering*, **96**: 199-207.