

## Investigating and optimizing the effect of combined coating of whey protein concentrate, maltodextrin and rosemary essence on the chemical properties of tilapia fish during cold storage

Mirbagheri, S. S.<sup>1</sup>, Salimi, A.<sup>2</sup>, Jebelli Javan, A.<sup>3</sup>, Mehdizadeh Mood, S.<sup>4</sup>

1. DVM Student, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Semnan University, Semnan, Iran
4. Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Semnan University, Semnan, Iran

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

(Received: 2022/10/17 Accepted: 2023/2/8)

### Abstract

Fish is a valuable food source, but is highly susceptible to spoilage due to its protein structure, polyunsaturated fatty acids, and pH. One of the methods which can control the spoilage rate is the use of natural coatings. This study aimed to investigate the effect of coating Tilapia fish fillets with whey protein concentrate (10, 15, and 20% w/w), maltodextrin (15, 20, and 25% w/w), and rosemary essential oil (1, 3 and 5% v/w). The optimization of the process was conducted by response surface methodology and Design Expert software. For this purpose, 18 models were presented by the software, and the samples were immersed in the produced solutions and were kept at 4 °C for 6 days. After this period, peroxide value (PV), Thiobarbituric acid (TBARS), Total Volatile Basic Nitrogen (TVBN), and pH were measured. The results showed that by increasing the concentration of biopolymers and essential oil, all the investigated parameters were in lower limits, and in the sample coated with the maximum concentration of substances, the values of PV, TBARS acid, TVBN, and pH (in 100 grams), were 1.05 meq, 0.05 mg, 5.7 mg and 6.2, respectively, while these values for the coated sample with minimum concentrations, were 3.44 meq, 0.305 mg, 10.85 mg and 6.79 respectively. By optimizing the production process by software, the best solution was achieved by mixing 11.214% w/w of whey protein concentrate, 25% w/w of maltodextrin, and 3.402% v/w of rosemary essential oil.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords:** Coating, Whey, Maltodextrin, Rosemary, Tilapia

## بررسی و بهینه سازی اثر پوشش ترکیبی کنسانتره پروتئین آب پنیر، مالتودکسترین و اسانس رزماری بر خصوصیات شیمیایی ماهی تیلاپیا در طول نگهداری در سرما

بررسی تغییرات کیفی فیله تیلاپای پوشش دهی شده

سحرسادات میرباقری<sup>۱</sup>، آزاده سلیمی<sup>۲\*</sup>، اشکان جبلی جوان<sup>۳</sup>، سارا مهدی زاده مود<sup>۴</sup>

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

\*نویسنده مسئول مکاتبات: a.salimi@semnan.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۷/۲۵ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹)

### چکیده

ماهی منبع غذایی مهمی است که به دلیل ساختار خاص پروتئینی، اسیدهای چرب چندغیراشباعی و pH نزدیک به خنثی، مستعد فساد می‌باشد. یکی از راه‌های کنترل سرعت فساد، استفاده از پوشش‌های طبیعی می‌باشد. هدف از این پژوهش، پوشش‌دهی فیله ماهی تیلاپیا با ترکیب کنسانتره پروتئین آب پنیر (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی/وزنی)، مالتودکسترین (۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی/وزنی) و اسانس رزماری (۱، ۳ و ۵ درصد حجمی/وزنی) و بهینه‌سازی فرآیند با روش سطح پاسخ و نرم‌افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) بود. بدین منظور، ۱۸ مدل توسط نرم افزار ارائه شد و نمونه‌ها در محلول‌های تولیدی غوطه‌ور و پس از تشکیل پوشش، در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز نگهداری شدند. عدد پراکسید (peroxide value or PV) تیوباریتوریک اسید (Thiobarbituric acid or TBARS)، مقدار کل بازهای ازته فرار (Total Volatile Basic Nitrogen or TVBN) و pH آن‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت بیوپلیمرها و اسانس، کلیه پارامترهای فوق، در حدود پایین‌تری قرار داشتند بطوریکه در نمونه پوشش‌دهی شده با حداکثر غلظت مواد، مقادیر عدد پراکسید، تیوباریتوریک اسید، بازهای ازته فرار کل و pH (در صد گرم)، به ترتیب معادل ۱/۰۵ میلی‌اکی‌والان، ۰/۰۵ میلی‌گرم، ۵/۷ میلی‌گرم و ۶/۲ بود در حالیکه این مقادیر برای نمونه پوشش‌دهی شده با حداقل غلظت‌ها، به ترتیب ۳/۴۴ میلی‌اکی‌والان، ۰/۳۰۵ میلی‌گرم، ۱۰/۸۵ میلی‌گرم و ۶/۷۹ بودند. با بهینه‌سازی توسط نرم‌افزار، بهترین پوشش، با ۱۱/۲۱۴ درصد وزنی/وزنی کنسانتره پروتئین آب پنیر، ۲۵ درصد وزنی/وزنی مالتودکسترین و ۳/۴۰۲ درصد حجمی/وزنی اسانس رزماری تولید گردید.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌دهی - آب پنیر - مالتودکسترین - رزماری - تیلاپیا.

## مقدمه

ماهی یکی از منابع مهم و با ارزش پروتئین، چربی و انرژی است که پروتئین آن قابلیت هضم بالایی داشته و از این رو، از محبوبیت زیادی برخوردار است. ماهیان به دلیل ساختار پروتئینی و نوع اسیدهای چرب چندغیر اشباعی، از غذاهای بسیار فساد پذیر محسوب می شوند که می‌تواند منجر به کاهش کیفیت حسی و ارزش غذایی آن‌ها گردد (Arannilewa et al, 2005).

پوشش‌های خوراکی که روی سطح محصول اعمال می‌شوند، وظیفه محدود کردن نفوذپذیری اکسیژن، کنترل رطوبت، کاهش تماس با شرایط محیطی، بهبود ظاهر و گاهی افزایش ارزش غذایی را ایفا می‌کنند و از روش‌های متداول برای افزایش ماندگاری فرآورده‌های فسادپذیر از جمله ماهی می‌باشند (Valizadeh et al., 2020). تاکنون ترکیبات مختلفی در خانواده کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها به منظور تولید پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در بین ترکیبات پروتئینی، پروتئین آب پنیر (whey protein) که معمولاً به دو صورت کنسانتره (whey protein concentrate or WPC) و ایزوله (whey protein isolate or WPI) تولید می‌شود و شامل پروتئین‌های محلول شیر است، به دلیل ویژگی‌های عملکردی مناسبی مانند قدرت پایدارکنندگی امولسیون‌ها و همچنین قابلیت تشکیل فیلم و لایه پوششی بر سطح مواد گوناگون بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Sydim et al, 2006). همچنین در بین کربوهیدرات‌ها، مالتودکسترین که از هیدرولیز نشاسته به دست می‌آید و توانایی تشکیل ژل و نگهداری آب مناسبی دارد، به‌عنوان یک بهبود دهنده بافت، تشکیل دهنده ژل، غلیظ کننده و تشکیل دهنده

فیلم کاربردهای زیادی دارد. این ماده در صنایع غذایی، برای محافظت در برابر اکسیژن، براق کردن سطحی، کنترل انجماد و جلوگیری از سوختگی سرمایشی و همچنین ممانعت از کریستالیزاسیون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kape et al., 2016).

از طرفی دیگر، استفاده از ترکیبات طبیعی و گیاهی با خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی در ترکیب و فرمولاسیون‌های فیلم‌های خوراکی، راه حل مناسب دیگری برای محدود کردن فساد مواد غذایی می‌باشد. اسانس‌ها مایعات روغنی معطری هستند که از اندام‌های مختلف گیاهان نظیر دانه، ریشه، برگ و گل تهیه می‌شوند. یکی از موثرترین اسانس‌ها با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی مناسب، اسانس بدست آمده از گیاه رزماری است. این ویژگی‌ها به دلیل وجود مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنولیک متنوع و کافئیک اسید می‌باشد (Seow et al, 2014).

همچنین، با توجه به اهمیت یافتن بهترین تیمارها با حداقل هزینه و تکرار، امروزه فرآیندهای بهینه‌سازی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند بهینه‌سازی عبارت است از بهبود عملکرد یک سیستم، فرآیند یا تولید به منظور دستیابی به حداکثر سود از آن. در این بین روش سطح پاسخ، که مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی و آماری در راستای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائلی است که در آن‌ها پاسخ مورد نظر، تحت تأثیر چندین متغیر گوناگون قرار می‌گیرد، کاربری زیادی پیدا کرده است (Myers et al., 2004).

## مواد و روش کار

## مواد

در این تحقیق از کنسانتره پروتئین آب پنیر (Hilmar, USA)، مالتودکسترین (Foodchem, China) و اسانس رزماری از مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان با هدف پوشش دهی استفاده شد.

به منظور انجام تست‌های شیمیایی و کلروفرم، متانول، اسید بوریک، اسید استیک گلاسیال، منیزیم اکسید، کلرید پتاسیم، معرف نشاسته، یدید پتاسیم، تیوسولفات سدیم، معرف متیل رد، اسیدسولفوریک (Mojallali, Iran) و از شرکت بازرگانی نانوشیمی پارس خریداری شد.

جدول (۱)- متغیرهای مستقل و حدود تعریف شده در نرم‌افزار

نماد	متغیرهای مستقل	سطوح کد شده		
		۱	۰	-۱
X <sub>1</sub>	کنسانتره پروتئین آب پنیر (درصد وزنی/وزنی)	۲۰	۱۵	۵
X <sub>2</sub>	مالتودکسترین (درصد وزنی/وزنی)	۲۵	۲۰	۱۵
X <sub>3</sub>	اسانس رزماری (درصد حجمی/وزنی)	۵	۳	۱

## -دستگاه‌ها

هموژنایزر اولتراسونیک (1200 UPS, Iran)، ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ (Sartorius TE313S, Germany)، انکوباتور شیکردار (JTL20, Iran)، آون (Memert, Germany)، pH متر (Sartorius PB 11 Germany)، سانتیفریوژ آزمایشگاهی (Centurion K 2042, Canada).

## -تهیه محلول‌ها

برای تهیه محلول‌ها، ابتدا بر اساس حدود تعیین شده توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۱۱،۰،۳، هجده محلول شامل مقادیر ترکیبی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی پروتئین آب پنیر، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد

وزنی-وزنی مالتودکسترین و ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی-حجمی اسانس رزماری تهیه شد. بدین منظور، مقادیر تعیین شده مالتودکسترین در آب مقطر حل شد و برای اطمینان از انحلال کامل آن‌ها، به مدت یک شب باقی ماند تا محلول شفاف به دست آید.

کنسانتره پروتئین آب پنیر نیز در مقادیر تعیین شده، با آب مقطر مخلوط گردید. pH توسط بافر فسفات روی ۷ تنظیم شد. سپس تیمار حرارتی در ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه برای دناتوره شدن و بهبود ویژگی‌های عملکردی و تشکیل فیلم، اعمال گردید و در نهایت نمونه‌های آماده شده بر اساس مدل ارائه شده توسط نرم‌افزار، با یکدیگر ترکیب شدند (جدول ۲).

جدول (۲) - نسبت مواد ترکیبی بر اساس مدل ارائه شده توسط نرم افزار

شماره نمونه	کنسانتره پروتئین آب پنیر (درصد وزنی/وزنی)	مالتودکسترین (درصد وزنی/وزنی)	اسانس رزماری (درصد حجمی/وزنی)
۱	۵	۲۰	۳
۲	۱۵	۲۰	۳
۳	۱۰	۲۰	۳
۴	۵	۲۵	۵
۵	۵	۱۵	۵
۶	۱۵	۲۵	۱
۷	۵	۱۵	۱
۸	۱۰	۲۰	۳
۹	۵	۲۵	۱
۱۰	۱۰	۲۰	۱
۱۱	۱۵	۱۵	۵
۱۲	۱۰	۲۰	۳
۱۳	۱۰	۱۵	۳
۱۴	۱۵	۱۵	۱
۱۵	۱۵	۲۵	۵
۱۶	۱۰	۲۵	۳
۱۷	۱۰	۲۰	۵
۱۸	۱۰	۲۰	۳

**-پوشش‌دهی نمونه‌ها**

۲۰ قطعه ماهی تیلاپای تازه صید شده با میانگین وزنی ۲۵۶ گرم در مهرماه ۹۹ از مرکز تکثیر و پرورش بخش آبزیان موسسه تحقیقات جهاد کشاورزی سمنان تهیه شد. ماهی‌ها در مجاورت یخ به آزمایشگاه مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان منتقل شدند. بعد از سر و دم زنی و تخلیه احشاء ماهی‌ها به صورت دستی فیله و با آب سرد شستشو داده شدند.

نمونه‌ها در محلول‌ها به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شدند و سپس به سبد منتقل شدند تا محلول اضافی خارج و پوشش روی فیله تشکیل شود. فیله‌های

پوشش‌دار شده در ظروف یکبار مصرف از جنس پلی اتیلن، بسته بندی و از سلوفان به‌عنوان درپوش استفاده شد. نمونه‌ها به یخچال منتقل شده و به مدت ۶ روز در دمای ۴ درجه نگهداری شدند.

**آزمون‌های کیفی****-اندازه‌گیری مواد از ته فرار (TVB-N)**

بالن حاوی مقدار ۱۰ گرم ماهی به‌اضافه ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ سی‌سی آب مقطر و ارلن گیرنده محتوی ۵۰ سی‌سی اسید بوریک و ۳ سی‌سی معرف متیل رد به دستگاه نیمه اتوماتیک تقطیر کلدال متصل شد و بعد از تغییر رنگ محلول از قرمز به زرد با اسید

نشاسته به عنوان شاخص به مخلوط اضافه شد. PV با تیتراسیون ید آزاد شده از یدید پتاسیم با محلول استاندارد تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تعیین و به صورت میلی اکسی والان پراکسید در هر گرم لیپید بیان شد (Zouari et al., 2010).

$$PV \text{ (meq/kg)} = (S-B \times N) \times 1000 / W$$

S: تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه

N: نرمالیت تیوسولفات

W: وزن نمونه

B: تیوسولفات مصرف شده توسط شاهد

#### اندازه گیری pH

۵ گرم از نمونه با ۴۵ میلی لیتر آب مقطر هموژن شد و سپس با استفاده از دستگاه pH متر مقادیر pH نمونه‌ها اندازه گیری شد.

#### یافته‌ها

پس از تهیه نمونه‌ها و اندازه گیری پارامترهای کیفی، نتایج حاصله در نرم افزار دیزاین اکسپرت (بخش پاسخ‌ها) وارد شده و آنالیز شدند. نتایج بدست آمده در جدول ۳ درج گردیده‌اند.

سولفوریک ۰/۱ نرمال تیترو مقدار کل مواد از ته فرار محاسبه شد (AOAC 2005).

مقدار اسید سولفوریک مصرفی (  $\text{mg TVB-N/100 g} = (1000 \times 0/14 \times \text{نرمالیت اسید})$

اندازه گیری شاخص تیوباربتوریک اسید (TBARS)

۱ گرم نمونه در حضور ۸ میلی لیتر از محلول تری کلرواستیک اسید (۵ گرم در هر ۱۰۰ میلی لیتر) و ۵ میلی لیتر از محلول ۰/۸ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر BHT در هگزان همگن و مخلوط سانتریفیوژ شد. سپس لایه فوقانی دور ریخته شد مقدار ۲/۵ میلی لیتر از لایه پایین با ۱/۵ میلی لیتر محلول ۲-تیوباربتوریک اسید مخلوط شد و پس از انکوباسیون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه، مخلوط با آب سرد خنک شد و میزان جذب در ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری گردید. غلظت TBARS با استفاده از منحنی ۱،۱،۳،۳ ترا توکسی پروپان اندازه گیری شد (Jebelli Javan et al., 2013)

اندازه گیری میزان پراکسید (PV)

برای اندازه گیری PV مقدار ۱ گرم نمونه با مخلوط حلال آلی (کلروفرم-اسید استیک، با نسبت ۲ به ۳ حجمی) مخلوط شد و به شدت تکان داده شد. سپس به آن ۱ میلی لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم اضافه شد و ۵ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. ۰/۵ میلی لیتر محلول

جدول (۳) - نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری پارامترهای کیفی نمونه‌های پوشش‌دهی شده

شماره نمونه	تیوباریتوریک اسید (میلی‌گرم/۱۰۰ گرم)	مقدار کل بازهای نیتروژنی فعال (میلی‌گرم/۱۰۰ گرم)	عدد پراکساید (میلی‌اکی‌والان/۱۰۰ گرم)	pH
۱	۰/۱۹۲	۸/۴۴	۲/۷۵	۶/۴۹
۲	۰/۱۶۱	۸/۱۵	۲/۶۹	۶/۴۷
۳	۰/۱۷۵	۶/۷۹	۲/۰۴	۶/۴۸
۴	۰/۰۸۱	۶	۱/۳	۶/۱۸
۵	۰/۱۸۶	۶/۵	۲/۲۵	۶/۴۵
۶	۰/۱۷۲	۸/۳۲	۲/۲	۶/۴۵
۷	۰/۳۰۵	۱۰/۸۵	۳/۴۴	۶/۷۹
۸	۰/۱۷۶	۶/۷۸	۲/۰۵	۶/۴۹
۹	۰/۱۹۵	۸/۵	۳/۳۹	۶/۵۱
۱۰	۰/۲۳۲	۸	۱/۹	۶/۶۶
۱۱	۰/۱۵۵	۸/۱۱	۳/۲۹	۶/۴۹
۱۲	۰/۱۷۷	۶/۸	۲/۰۵	۶/۴۸
۱۳	۰/۲۲۵	۷/۹	۳/۱۸	۶/۶۴
۱۴	۰/۲۷۲	۱۰/۵۹	۳/۵۲	۶/۸
۱۵	۰/۰۵	۵/۷	۱/۰۵	۶/۲
۱۶	۰/۱۲۲	۵/۶	۲/۰۴	۶/۳۴
۱۷	۰/۱۱۵	۵/۵۱	۰/۷۱	۶/۳۱
۱۸	۰/۱۷۷	۶/۸۱	۲/۰۳	۶/۴۸

جدول آنالیز واریانس‌ها نیز برای بررسی معنی‌دار بودن یا نبودن پارامترهای مدل‌های رگرسیونی ارائه شد (جدول ۴).

برای هر پارامتری، مقادیر  $P$  پایین‌تر نشانه تاثیرگذارتر بودن آن بود و متغیرهایی که بیشترین تاثیر را داشتند، عملاً دارای مقادیر  $P$  کمتر از ۰/۰۵ بوده و

هرچقدر این عدد کوچکتر بود، نشانه تاثیرگذاری بیشتر آن پارامتر بر پاسخ‌ها بود.

ضریب همبستگی رگرسیونی ( $R^2$ ) از دیگر مشخصه‌هایی است که مقادیر نزدیک‌تر به یک در آن، نشان دهنده هماهنگی بیشتر بین مدل و داده‌های ارائه شده می‌باشد.

جدول (۴) - آنالیز داده‌ها و ضرایب رگرسیونی مرتبط با متغیرهای مستقل

pH		PV		TVBN		TBARS		پارامترها
<i>P</i> -value	ضرایب رگرسیون	<i>P</i> -value	ضرایب رگرسیون	<i>P</i> -value	ضرایب رگرسیون	<i>P</i> -value	ضرایب رگرسیون	متغیرها
	۶/۴۹		۲/۰۴		۶/۸۲		۰/۱۷۶۰	X <sub>0</sub>
								خطی
۰/۱۲۲۱	۰/۰۰۶۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۰۳۸۰	۰/۵۷۱۸	۰/۰۵۸۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۰۱۴۹	X <sub>1</sub>
<۰/۰۰۰۱	-۰/۱۴۲۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۵۷۰۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۹۸۳۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۲۳	X <sub>2</sub>
<۰/۰۰۰۱	-۰/۱۶۵۰	<۰/۰۰۰۱	-۰/۵۸۵۰	<۰/۰۰۰۱	-۱/۴۴	<۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۸۹	X <sub>3</sub>
								دومتغیره
-	-	<۰/۰۰۰۱	-۰/۳۲۰۰	۰/۰۷۱۲	-۰/۲۲۸۷	-	-	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
-	-	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۳۷۵	۰/۰۸۲۰	۰/۲۱۸۸	-	-	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>
-	-	<۰/۰۰۰۱	-۰/۲۲۷۵	۰/۰۸۷۹	۰/۲۱۳۸	-	-	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>
								درجه دو
-	-	<۰/۰۰۰۱	۰/۶۷۹۴	<۰/۰۰۰۱	۱/۴۵	-	-	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>
-	-	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۶۹۴	۰/۶۱۸۷	-۰/۰۹۷۹	-	-	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
-	-	<۰/۰۰۰۱	-۰/۷۳۵۶	۰/۶۳۶۵	-۰/۰۹۲۹	-	-	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
	۰/۹۹۶۱		۰/۹۹۹۹		۰/۹۸۰۹		۰/۹۹۸۹	R <sup>2</sup>
	۰/۹۹۵۳		۰/۹۹۹۹		۰/۹۵۹۴		۰/۹۹۸۷	Adj-R <sup>2</sup>

در زمینه تغییرات PV، همانطور که در جدول ۴ مشخص شده است، مدل تعریف شده، از نوع درجه دوم می‌باشد اما با دقت در مقادیر *P*، مشخص شد که کلیه پارامترهای مستقل، در هر سه حالت خطی، دومتغیره و توان دو، تاثیر بسیار معنی‌داری بر روی آن داشتند ( $p < 0/05$ ).

در مورد مقادیر pH، مدل تعریف شده از نوع خطی بوده ولی با توجه به مقادیر *P*، مشخص شد که اثر دو پارامتر مستقل درصد مالتودکسترین و رزماری، تاثیر بسیار معناداری بر آن داشتند ( $p < 0/05$ ).

بررسی نمودارهای سه بعدی (3D) مدل‌های رگرسیونی برای ترسیم این طرح‌ها، در هر طرح دو متغیر مستقل، در حالی که سومین متغیر مستقل در مقدار میانی خود ثابت نگه داشته شده بود، به تصویر کشیده شدند (Gharibzahedi et al., 2012).

همانطور که در جدول ۴ مشخص شده است، در مورد TBARS، مدل ارائه شده توسط نرم‌افزار، از نوع مدل خطی (Linear) بوده و هر سه پارامتر مستقل، بصورت خطی تاثیر بسیار معنی‌داری روی آن داشتند ( $p < 0/05$ ).

در مورد TVBN، مدل تعریف شده از نوع درجه دوم (Quadratic) بوده و هر سه متغیر مستقل، به صورت خطی، دومتغیره و توان دو، روی این پارامتر تاثیرگذار بودند اما با بررسی مقادیر *P*، مشخص شد که بیشترین تاثیر متعلق به اثر خطی درصد مالتودکسترین و رزماری و همچنین توان دوم کنسانتره پروتئین آب پنیر بوده است. سایر پارامترها با توجه به مقادیر *P* بالاتر از ۰/۰۵، عملاً تاثیر معنی‌داری بر تغییرات TVBN نداشتند.



-تأثیر متغیرهای مستقل بر TVBN:

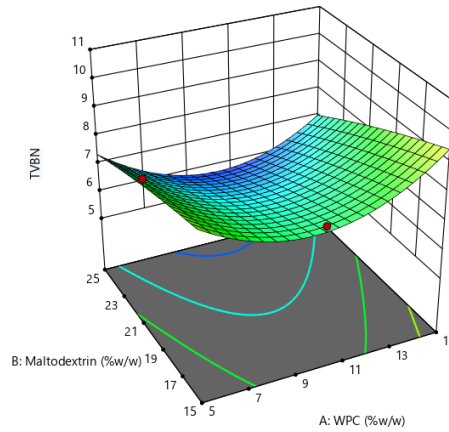
اثر متغیرهای مستقل بر این پارامتر توسط ترسیم نمودارهای سه‌بعدی و کنتور در شکل ۱ مشخص شده‌اند.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

**TVBN**  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
5.51 10.85

X1 = A: WPC  
X2 = B: Maltodextrin

**Actual Factor**  
C: Rosemary essence = 3



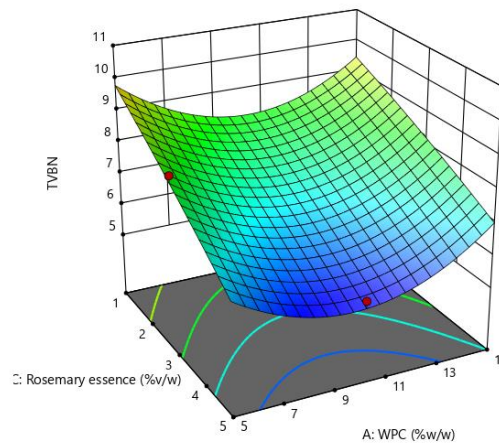
(الف)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

**TVBN**  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
5.51 10.85

X1 = C: Rosemary essence  
X2 = A: WPC

**Actual Factor**  
B: Maltodextrin = 20



(ب)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

TVBN

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

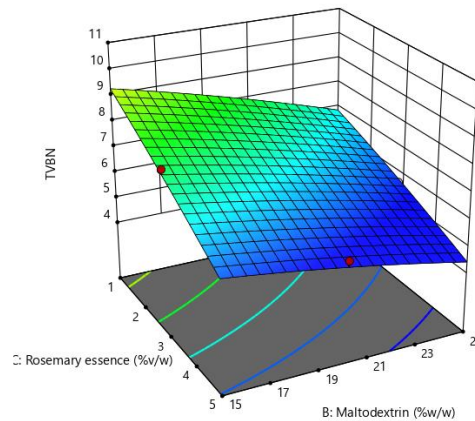
5.51 10.85

X1 = C: Rosemary essence

X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor

A: WPC = 10



(ج)

شکل ۱- اثر متغیرهای مستقل بر TVBN، الف: اثر مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ب: اثر اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ج: اثر مالتودکسترین و اسانس رزماری

مقدار TVBN در نمونه‌هایی مشاهده شد که مقدار درصدی اسانس رزماری حداکثر و مقدار درصدی کنسانتره پروتئین آب پنیر در حدود میانی قرار داشت. در شکل ۱، ج، حداکثر میزان TVBN در نمونه‌هایی مشاهده شد که مقدار درصدی اسانس رزماری و مالتودکسترین در حداقل مقداری خود (۱ درصد حجمی/وزنی و ۱۵ درصد وزنی/وزنی) قرار داشتند. به همین ترتیب مشخص است که با افزایش درصد اسانس و مالتودکسترین، مقادیر TVBN اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها کاهش یافت.

-تاثیر متغیرهای مستقل بر TBARS:

نمودارهای سه‌بعدی مرتبط با این پارامتر، در شکل ۲ مشخص شده‌اند.

در شکل ۱، الف، مشخص است اثر متغیرهای مستقل مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر تغییرات TVBN، تابعی درجه دوم بود. بر همین اساس، حداقل میزان TVBN زمانی مشاهده شد که مقادیر مالتودکسترین به سمت حداکثر حرکت کرده و مقادیر کنسانتره پروتئین آب پنیر در حدود میانی خود قرار داشت. با افزایش یا کاهش مقدار درصدی پروتئین آب پنیر، افزایش TVBN در نمونه‌های پوشش‌دهی مشاهده گردید.

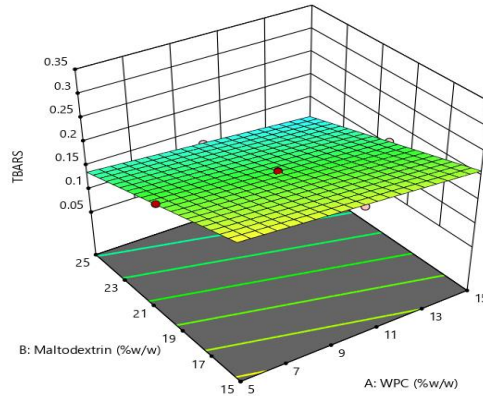
در شکل ۱، ب، با بررسی اثر مقدار کنسانتره پروتئین آب پنیر و اسانس رزماری بر تغییرات TVBN، حداکثر مقدار این پارامتر در نمونه‌هایی مشاهده شد که حداقل میزان اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر در پوشش آن‌ها به کار رفته بود. همچنین کمترین

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

**TBARS**  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
0.05 0.305

X1 = A: WPC  
X2 = B: Maltodextrin

**Actual Factor**  
C: Rosemary essence = 3



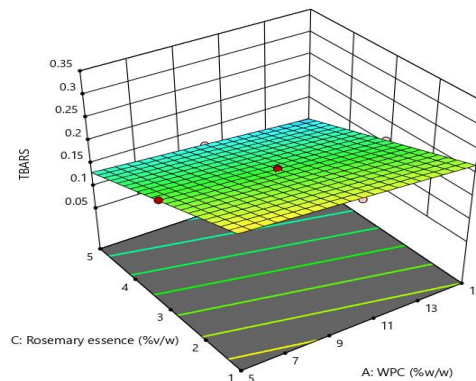
(الف)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

**TBARS**  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
0.05 0.305

X1 = A: WPC  
X2 = C: Rosemary essence

**Actual Factor**  
B: Maltodextrin = 20



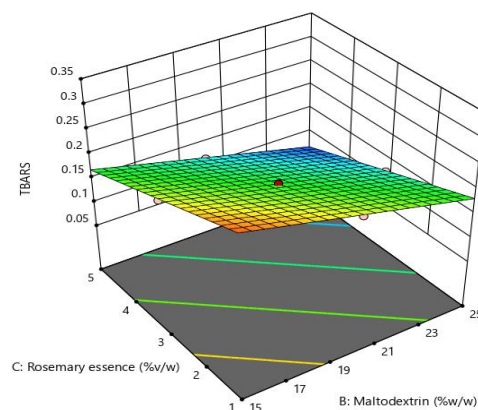
(ب)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

**TBARS**  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
0.05 0.305

X1 = B: Maltodextrin  
X2 = C: Rosemary essence

**Actual Factor**  
A: WPC = 10



(ج)

شکل ۲- اثر متغیرهای مستقل بر TBARS. الف: اثر مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ب: اثر اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ج: اثر مالتودکسترین و اسانس رزماری

حداکثری، مقدار TBARS در نمونه‌های مورد بررسی کاهش یافت.

شکل ۲، ج، نشان‌دهنده تاثیر درصد مالتودکسترین و درصد اسانس رزماری بر TBARS می‌باشد. همانطور که در تصاویر فوق مشخص شده است، در بررسی اثر متقابل مالتودکسترین و اسانس رزماری بر TBARS، بیشترین میزان زمانی مشاهده شد که مقادیر این دو ترکیب در حداقل خود بودند (۱۵ درصد وزنی/وزنی مالتودکسترین و ۱ درصد حجمی/وزنی اسانس رزماری) و با افزایش درصد این دو ترکیب و نزدیک شدن به مقادیر حداکثری، مقدار TBARS در نمونه‌های مورد بررسی کاهش یافت.

#### -تاثیر متغیرهای مستقل بر PV

به منظور شفاف شدن تاثیر متغیرهای مستقل بر این پارامتر، نمودارهای سه بعدی مرتبط با آن، در شکل ۳ به تصویر کشیده شده‌اند.

همانطور که در شکل ۲، الف، مشخص شده است، در بررسی اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و مالتودکسترین بر TBARS، بیشترین میزان زمانی مشاهده شد که مقادیر این دو ترکیب در حداقل خود بودند و با افزایش درصد این دو ترکیب، مقدار TBARS در نمونه‌های مورد بررسی کاهش یافت.

شکل ۲، ب، نشان‌دهنده تاثیر درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر و درصد اسانس رزماری بر TBARS می‌باشد. در بررسی اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و اسانس رزماری بر TBARS، بیشترین میزان زمانی مشاهده شد که مقادیر این دو ترکیب در حداقل خود بودند (۵ درصد وزنی/وزنی کنسانتره پروتئین آب پنیر و ۱ درصد حجمی/وزنی اسانس رزماری) و با افزایش درصد این دو ترکیب و نزدیک شدن به مقادیر

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

PV

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

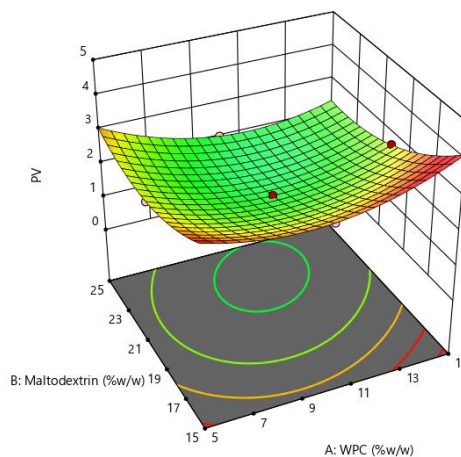
0.71 3.52

X1 = A: WPC

X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor

C: Rosemary essence = 3



(الف)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

PV

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

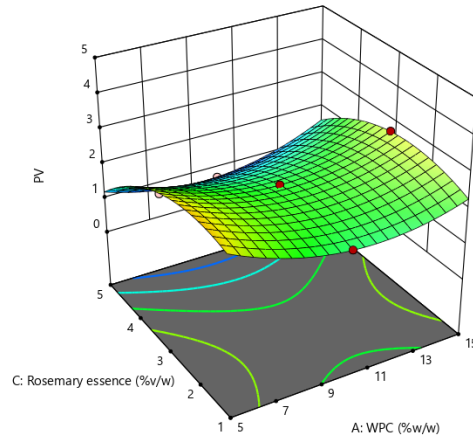
0.71 3.52

X1 = A: WPC

X2 = C: Rosemary essence

Actual Factor

B: Maltodextrin = 20



(ب)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

PV

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

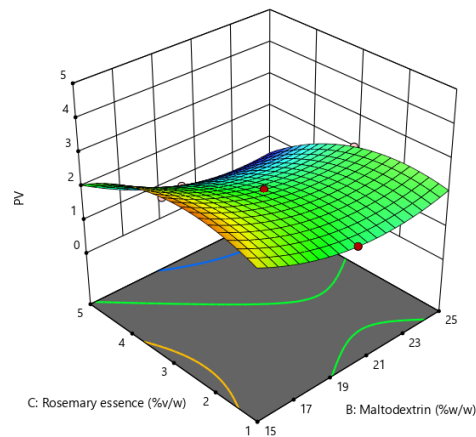
0.71 3.52

X1 = B: Maltodextrin

X2 = C: Rosemary essence

Actual Factor

A: WPC = 10



(ج)

شکل ۳- اثر متغیرهای مستقل بر PV، الف: اثر مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ب: اثر اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ج: اثر مالتودکسترین و اسانس رزماری

با افزایش درصد مالتودکسترین و رسیدن به حداکثر مقدار خود (۲۵ درصد وزنی/وزنی) و همچنین قرارگیری مقدار کنسانتره پروتئین آب پنیر در حدود میانی (حدود ۱۰ درصد وزنی/وزنی)، مقدار PV در نمونه‌های پوشش دهی شده کاهش یافت.

با بررسی تصاویر ارائه شده در شکل ۳، ب، بیشترین مقادیر PV در نمونه‌هایی مشاهده شد که

همانطور که در شکل ۳، الف، مشخص شده است، در بررسی اثر درصد مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر PV، حداکثر مقادیر در نمونه‌هایی مشاهده شد که مقدار درصدی مالتودکسترین در آن‌ها به حداقل رسیده و مقدار درصدی کنسانتره پروتئین آب پنیر به سمت حداکثر یا حداقل مقدار خود حرکت کرده بود.

۳ درصد حجمی/وزنی)، و مقادیر حداقلی مالتودکسترین (۱۵ درصد وزنی/وزنی)، بیشترین مقادیر PV در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. با افزایش درصد اسانس رزماری و رسیدن به حداکثر مقدار آن (۵ درصد حجمی/وزنی) و افزایش مقدار مالتودکسترین تا ۲۵ درصد وزنی/وزنی، کاهش مشهودی در PV نمونه‌ها مشاهده گردید.

### -تأثیر متغیرهای مستقل بر pH

تصاویر نمودارهای سه‌بعدی مرتبط با این پارامتر در شکل ۴ مشخص شده‌اند.

مقادیر اسانس رزماری در آن‌ها حداقل یا متوسط بوده (۱ تا ۳ درصد حجمی/وزنی) و همچنین مقادیر درصدی کنسانتره پروتئین آب پنیر در حداقل مقداری خود (۵ درصد وزنی/وزنی) قرار داشت. با افزایش درصد اسانس رزماری و همچنین در حدود میانی درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، حداقل مقادیر PV در نمونه‌های پوشش‌دهی شده مشاهده گردید.

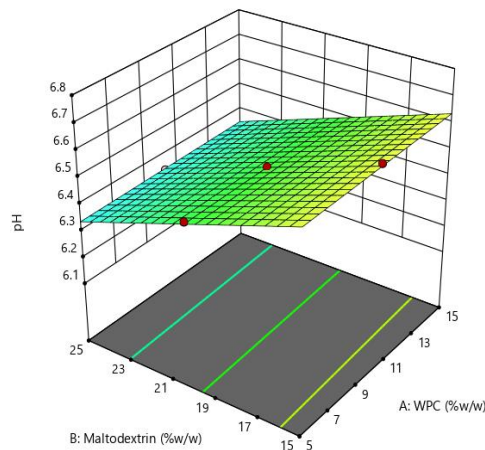
با بررسی اثر درصدهای مختلف مالتودکسترین و اسانس رزماری بر PV، در شکل ۳، ج، مشخص شد در درصدهای میانی و پایین‌تر اسانس رزماری (کمتر از

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

pH  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
6.18 6.8

X1 = A: WPC  
X2 = B: Maltodextrin

Actual Factor  
C: Rosemary essence = 3



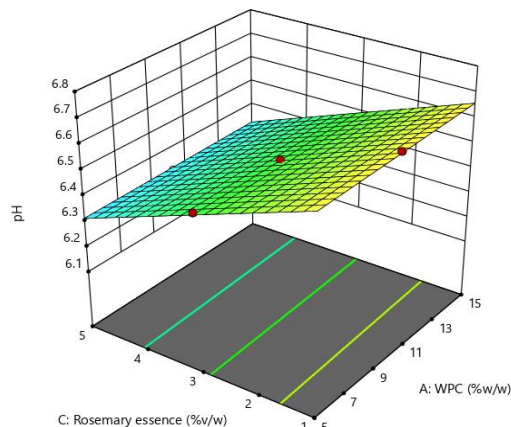
(الف)

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual

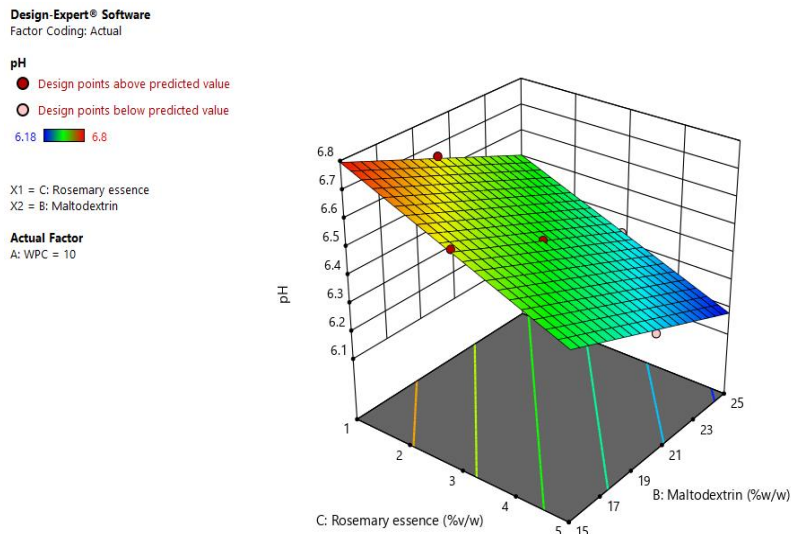
pH  
● Design points above predicted value  
○ Design points below predicted value  
6.18 6.8

X1 = A: WPC  
X2 = C: Rosemary essence

Actual Factor  
B: Maltodextrin = 20



(ب)



(ج)

شکل ۴- اثر متغیرهای مستقل بر pH، الف: اثر مالتودکسترین و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ب: اثر اسانس رزماری و کنسانتره پروتئین آب پنیر؛ ج: اثر مالتودکسترین و اسانس رزماری

که درصد هردو ترکیب فوق، تاثیر به سزایی بر تغییرات pH دارند، بدین صورت که در مقادیر حداقلی اسانس رزماری و مالتودکسترین، بیشترین pHها در نمونه‌ها مشاهده گردید اما با افزایش درصد این دو ماده در پوشش‌ها، مقدار pH اندازه‌گیری شده، کاهش یافت.

بهینه‌سازی شرایط تولید پوشش‌های خوراکی با استفاده از

#### مدل‌های سطح پاسخ

در این بخش به منظور رسیدن به مقادیر بهینه ترکیبات، تنظیمات نرم افزار بدین صورتی قرار گرفت که مقدار اسانس رزماری را در حداقل حد مطلوب و مقادیر کنسانتره پروتئین آب پنیر و مالتودکسترین را در محدوده مناسب برای به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب، در نظر بگیرد. بنابر الگوی داده شده به نرم-افزار، نتایج بدست آمده در جدول ۵ مشخص شده‌اند. (Yuan et al., 2009).

همانطور که در شکل ۴، الف، مشخص شده، حداکثر مقادیر pH در نمونه‌هایی مشاهده شد که حداقل مقدار درصدی کنسانتره پروتئین آب پنیر و مالتودکسترین را داشتند (۵درصد وزنی/وزنی و ۱۵درصد وزنی/وزنی) و با افزایش مقادیر این دو ترکیب در پوشش نمونه‌ها، مقدار pH اندازه‌گیری شده افزایش یافت.

بر اساس شکل ۴، ب، مشخص شده است، تاثیر اسانس رزماری بر تغییر pH بسیار مشهود بوده و بیشترین مقادیر pH در حداقل مقدار اسانس رزماری (۱درصد حجمی/وزنی) مشاهده شد. این در حالی است که تاثیر کنسانتره پروتئین آب پنیر بر این تغییرات چشمگیر نبوده است.

با بررسی شکل ۴، ج، مربوط به تاثیر درصد مالتودکسترین و اسانس رزماری بر pH، مشخص شد

جدول (۵) - نتیجه بهینه‌سازی فرآیند توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت

pH	PV	TVBN	TBARS	اسانس رزماری (درصد حجمی/وزنی)	مالتودکسترین (درصد وزنی/وزنی)	کنسانتره پروتئین آب پنیر (درصد وزنی/وزنی)
۶/۳۱۴	۱/۸۱۳	۵/۵۴۴	۰/۱۰۸	۳/۴۰۲	۲۵	۱۱/۲۱۴

## بحث و نتیجه‌گیری

اختلال در توزیع سایر ترکیبات، بخصوص اسانس رزماری در محلول پوشش‌دهی شده و همچنین تاثیر نامطلوبی در برهم‌کنش‌های بین بیوپلیمرهای تشکیل دهنده پوشش داشته باشد. همچنین افزایش غلظت پروتئین آب پنیر، این امکان را ایجاد می‌کند که خود این ترکیب بعنوان منبع تغذیه‌ای مناسبی برای میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Li and Chen, 2000).

از طرفی پایین بودن غلظت این ترکیب نیز می‌تواند موجب اختلال در تشکیل فیلم و پوشش نهایی گردد و کاهش مواد جامد محلول در فیلم، خود از عوامل محدود شدن توانایی آن برای مقابله با شرایط محیطی است، در نتیجه، احتمال ایجاد آلودگی و رشد میکروبی در طول نگهداری افزایش می‌یابد که خود می‌تواند منجر به افزایش مقدار TVB-N در نمونه‌ها گردد. پژوهش‌گران زیادی، به نتایجی مشابه این تحقیق رسیدند، از جمله می‌توان به استفاده از اسانس‌های آویشن (Khezri et al., 2015)، دارچین (Lou et al., 2016)، رازیانه (Bahram et al., 2016) و عصاره هسته انگور (Hassanzadeh et al., 2018) در پوشش‌های ماهیان مختلف اشاره نمود که بر اساس کلیه گزارش‌ها، این ترکیبات فعال قادر به کاهش سرعت تغییرات نامطلوب وابسته به رشد میکروبی بودند.

مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) از آمونیاک و آمین‌های فرار تشکیل شده است که به منزله یکی از شاخص‌های اصلی تخریب و تجزیه گوشت محسوب می‌شود (Noori et al., 2018). افزایش TVB-N به فعالیت باکتری‌های موجود در گوشت همچنین آنزیم‌های خود گوشت ارتباط دارد (Razavi Shirazi, 2007). سوخت و ساز باکتریایی آمینواسیدها در ماهی منجر به تجمع آمونیوم، مونو اتیل آمین، دی اتیل آمین، تری متیل آمین و سایر بازهای فرار می‌شود که همگی موجب بد طعمی ماهی می‌شوند (Goulas et al., 2005). تاخیر در میزان تشکیل TVB-N در نمونه‌های ماهی تیمار شده با پوشش‌های خوراکی می‌تواند مربوط به کاهش سریع جمعیت باکتری‌ها یا کاهش ظرفیت باکتریایی برای دامیناسیون اکسیداتیو ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی یا ترکیبی از هر دوی آنها باشد (Savvidis et al., 2010).

همانطور که در نتایج به‌دست آمده مشخص شد، بیشترین تاثیر مالتودکسترین و اسانس رزماری زمانی بود که در حداکثر مقدار درصدی خود بودند اما این اثر در مورد کنسانتره پروتئین آب پنیر، زمانی دیده شد که در حدود و درصدهای میانی خود قرار داشت. در واقع این امر را می‌توان این گونه توجیه کرد که غلظت‌های بالای کنسانتره پروتئین آب پنیر، ممکن است موجب



اندازه‌گیری فساد چربی ماهیان می‌باشد. در ماهیان زنده و ماهیانی که تازه صید شده‌اند، بین عوامل پراکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی که واکنش‌های اکسیداتیو چربی را در کنترل خود دارند، تعادل وجود دارد. اما پس از صید و با گذشت زمان، تعادل فوق به هم خورده و فساد اکسیداتیو آغاز می‌شود (Vidya and Srikar 1991).

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، به اختصار می‌توان گفت، کمترین میزان پراکساید، مربوط به نمونه‌هایی بود که حداکثر مقدار مالتودکسترین و رزماری را داشته و مقدار کنسانتره پروتئین آب پنی‌ر آن‌ها در حد متوسطی بود. علت کاهش PV را می‌توان به ممانعت اکسیژنی و به تاخیر افتادن فرآیند اتواکسیداسیون اسیدهای چرب چندغیراشباعی موجود در بافت ماهی مربوط دانست. همچنین با افزودن ترکیبات فعالی مانند اسانس‌ها به پوشش‌های مورد استفاده، خواص آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات، اثر پوشش‌ها را دوچندان می‌نماید (Antoniewski et al., 2007).

بر خلاف مالتودکسترین و اسانس رزماری که در حداکثر مقدار خود، بیشترین اثر را در کنترل اندیس پراکساید داشتند، در مورد کنسانتره پروتئین آب پنی‌ر، این اتفاق در درصدهای میانی رخ داد و با حرکت به سمت مقادیر حداکثری و حداقلی کنسانتره پروتئین آب پنی‌ر، مقدار اندیس پراکساید افزایش داشت.

البته شایان ذکر است که با بررسی نتایج حاصل از ۱۸ نمونه پوشش‌دهی شده، در نمونه شماره ۱۵ که تمامی مواد را در حداکثر میزان خود داشت، پایین‌ترین مقدار PV مشاهده شد اما طی آنالیز نهایی صورت گرفته توسط نرم‌افزار و بر اساس نمودارهای ارائه شده،

شاخص تیوباریتوریک اسید از جمله شاخص‌هایی است که به منظور برآورد میزان اکسایش چربی‌ها در گوشت ماهی استفاده می‌شود (kontominas et al., 2004). این شاخص میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد. کاهش میزان TBA در بعضی از روزهای نگهداری ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون دی‌آلدهید با پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و گلیکوژن باشد که باعث کاهش مقادیر مالون دی‌آلدهید می‌شود (Gomes et al., 2003).

در مجموع با توجه به این نتایج بدست آمده، مشخص شد با افزایش غلظت بیوپلیمرها و اسانس، می‌توان فیلمی روی نمونه‌ها تشکیل داد که از طریق ممانعت تماس با اکسیژن و شرایط محیطی، عوامل اکسایشی را کنترل کرده و نهایتاً موجب کاهش فاکتوری مانند TBARS می‌گردد. بر اساس پژوهش‌های پیشین پوشش‌دهی سطحی ماهی‌ها با مواد بیوپلیمری که حاوی ترکیبات فعال آنتی‌اکسیدانی هستند، می‌تواند تولید TBARS را کاهش دهد. از این جمله می‌توان به پژوهش‌های انجام شده در مورد پوشش‌دهی ماهی کیلکا با پروتئین آب پنی‌ر (Seifzadeh, 2014)، پوشش‌دهی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با کیتوزان (Rezaeifar et al., 2020) و اسانس لیمو و فیله ماهی سالمون با پوشش ژلاتین کیتوزان حاوی اسید گالیک و روغن گل میخک (Xiong et al., 2021) اشاره کرد که همگی توانستند از این طریق، تغییرات اکسیداتیو نمونه‌ها را تا حد زیادی کنترل نمایند.

شاخص PV نشان دهنده میزان کل هیدروپراکسیدها و یکی از شاخص‌های مهم و اولیه

منجر به کنترل شاخص‌های فساد اکسیداتیو از جمله اندیس پراکساید گردید (Yildiz and Yangilar, 2016). اسیدیتة نمونه ماهی می‌تواند به فاکتورهای متعددی مثل گونه، ناحیه صید، تغذیه ماهی، دما و شرایط نگهداری و ظرفیت بافری گوشت مرتبط باشد (Pacheco-Aguilar et al., 2000). یکی از خصوصیات اصلی گوشت ماهی pH بالای آن پس از مرگ است. معمولاً طی دوره نگهداری، pH گوشت ماهی افزایش می‌یابد که ممکن است به دلیل تولید ترکیبات بازی از قبیل آمونیاک، تری متیل آمین‌ها، همچنین دیگر آمین‌های بیوژنیک باشد که باکتری‌های عامل فساد در ماهی آن‌ها را تولید می‌کنند (Gram and Huss, 1996). از آنجا که تغییرات و افزایش pH در بافت ماهی به دلایلی مانند افزایش فعالیت میکروبی و تولید TMA و ترکیبات بازی ناشی از این فعالیت‌ها می‌باشد، با پوشش‌دهی و کاهش تماس سطحی فیله‌ها با محیط پیرامون و همچنین با استفاده از ترکیبی مانند رزماری که اثرات آنتی باکتریال آن به اثبات رسیده است، می‌توان افزایش pH را کنترل نمود، لذا در نمونه‌هایی با حداکثر مقدار مواد پوشش‌دهی و اسانس رزماری، حداقل افزایش pH مشاهده شد. پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققین نیز با این نتایج همخوانی داشتند، از جمله می‌توان به نتایج تحقیق‌های صورت گرفته در مورد پوشش‌دهی ماهی کیلکا با پروتئین آب پنیر (Seifzadeh, 2014)، ماهی قزل‌آلای اطلسی با پروتئین آب پنیر (Rodriguez et al., 2012) و پوشش‌دهی ماهی خاویاری با پروتئین آب پنیر (Bahram et al., 2016) اشاره کرد.

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پوشش‌دهی

از آنجا که اساس مقایسه آماری در این سیستم، بررسی تاثیر متقابل دو پارامتر بر هم و ثابت نگه داشتن پارامتر سوم در حد میانی خود می‌باشد و در شکل ۳ (الف)، عملاً مقدار رزماری در حد واسط یعنی ۳ درصد حجمی/وزنی ثابت بوده و عملکرد دو بیوپلیمر در غلظت‌های مختلف بررسی شده بود، نهایتاً مشخص شد که در مجموع مقادیر میانی کنسانتره پروتئین آب پنیر، تاثیرگذاری بهتری بر کنترل PV داشتند.

در واقع می‌توان اینگونه بیان کرد که در مجموع، با افزایش غلظت و مواد جامد محلول در پوشش‌ها، دسترسی اکسیژنی در حد بالایی محدود می‌شود و فرآیند اکسیداسیون با سرعت کمتری رخ می‌دهد، همچنین حضور ترکیباتی با ویژگی آنتی اکسیدانی مانند اسانس رزماری، روند فساد اکسیداتیو را به تعویق می‌اندازد. اما از طرفی، دلیل افزایش PV در نمونه‌های بررسی شده که حاوی مقادیر بالای کنسانتره پروتئین آب پنیر بودند (مقدار اسانس رزماری ۳ درصد)، را می‌توان به تخریب و فساد چربی‌های موجود در خود کنسانتره مربوط دانست (Li and Chen, 2000). این تخریب در حضور درصد‌های بالای اسانس رزماری مشاهده نشد اما با کاهش مقدار اسانس و تاثیر آنتی‌اکسیدانی آن، افزایش غلظت کنسانتره و به تبع آن افزایش چربی‌های موجود در فیلم، منجر به روند افزایشی پراکساید گردید.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه پوشش‌دهی و استفاده از اسانس‌ها برای کنترل فساد اکسیداتیو ماهی‌های گوناگون، با نتایج بدست آمده در این پژوهش همخوانی داشتند. از جمله می‌توان به پژوهشی در زمینه پوشش‌دهی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با ایزوله پروتئین آب پنیر و اسانس زنجبیل و بابونه اشاره کرد که

نتایج در راستای افزایش ماندگاری فیله‌های تیلاپیا، دست یافت.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

فیله‌های ماهی توسط سه ترکیب کنسانتره پروتئین آب پنیر، مالتودکسترین و اسانس رزماری، نقش معنی‌دار و به سزایی در کنترل تغییرات نامطلوب و کاهش کمی پارامترهای مرتبط با آن داشته و در این بین با استفاده از مقادیر ۱۱/۲۱۴ درصد وزنی/وزنی کنسانتره پروتئین آب پنیر، ۲۵ درصد وزنی/وزنی مالتودکسترین و ۳/۴۰۲ درصد حجمی/وزنی اسانس رزماری، می‌توان به بهترین

### منابع

- Antoniewski, M. N., Barringer, S. A., Knipe, C. L. and Zerby, H. N. (2007). Journal of Food Science, 72 (6): 382-387.
- Arannilewa, S. T., Salawu, S. O., Sorungbe, A. A. and Ola-Salawu, B. B. (2005). Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen Tilapia fish (*Sarotherodon galiaenus*). African Journal of Biotechnology, 4(8): 852-855.
- Bahram, S., Rezaei, M., Soltani, M., Kamali, A., Abdollahi, M., Khezri, Ahmadabad, M. and Nemati, M. (2016). Effect of whey protein concentrate coating cinamon oil on quality and shelf life of refrigerated Beluga sturgeon (*huso huso*). Food Quality, 39(6): 743-749. [In persian]
- Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M. and Ghasemlou, M. (2012). Response surface modeling for optimization of formulation variables and physical stability assessment of walnut oil in-water beverage emulsions. Food Hydrocolloids, 26: 293-301. [In persian]
- Gimenez, B., Roncales, P. and Beltran, J. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(10): 1154-1159
- Gomes, H. A., Silva, E. N., Nascimento, M, R, L. and Fukuma, H, T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. Food Chemistry, 80: 433-437.
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. (2005). Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. Food Chemistry, 93(3): 511-520.
- Gram, L., Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. International Journal of Food Microbiology, 33:121-137.
- Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M. H. and Razzagh, M. (2018). Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet. Veterinary Research Forum, 9(1): 73-79. [In persian]
- Jebelli Javan, A., Ghazvinian, K., Mahdavi, A., Javaheri Vayeghan, A., Staji, H. and Ghaffari khaligh, S. (2013). The effect of dietary zataria multiflora Boiss. Essential oil supplementation on microbial growth and lipid peroxidation of broiler breast fillets during

- refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5): 881-888. [In persian]
- Kape, A., Ruick, B. and Drusch, S. (2016). Characterization of the work of adhesion of food grade coating materials on a maltodextrin model surface. *Chemical Engineering Research and Design*, 110: 152-159.
  - 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 Technology*, 12(49): 11-20. [In persian]
  - Kontominas, M, G., Savvaiddis, I, N., Chouliara, I. and Chytiri, S. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aqua cultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21(2): 157-165.
  - Li, J. and Chen, H. (2000). Biodegradation of Whey Protein-Based Edible Films. *Journal of Polymers and Enviroment*, 8: 135-143.
  - Lou, Y., Jia, Sh, Liu, X. and Huang, Zh. (2016). Antimicrobial effects of cinnamon bark oil on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage. *Food Control*, (82): 214-324.
  - Myers, H.R., Montgomery, D.C., Vining, G.G., Borrer, C.M. and Kowalski, S.M. (2004). Response Surface Methodology: A Retrospective and Literature Survey. *Journal of quality technology*, 36(1): 53-77.
  - Noori SMA, Khanzadi S, Fazlara A, Najafzadehvarzi H. and Azizzadeh M. (2018). Effect of lactic acid and ajwain (*Carum copticum*) on the biogenic amines and quality of refrigerated common carp (*Cyprinus carpio*). *LWT*, 97:434-39[In persian]
  - Pacheco-Aguilar,R., Lugo-Sanchez,M,E. and Robles-Burgueno,M,R. (2000). Postmortem Biochemical and Functional Characteristic of Monterey Sardine Muscle Stored at 0 °C. *Journal of Food Science*, 65(1): 40-47.
  - Razavi Shirazi, H. (2007). *Seafood technology: principles handling*, Tehran, Naghshe Mehr pp35-74. [In persian]
  - Rezaeifar, M., Mehdizadeh, T. and Lngroodi. Rezae, F. (2020). Effect of chitosan edible coating enriched with lemon verbena extract and essential oil on the shelf life of vacuum rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Journal of Food Safety*, 40(3): e12781. [In persian]
  - Rodriguez, Turienz, L., Cobos, A. and Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food science and Emerging Technologies*, 14: 92-98.
  - Savvaiddis, L, N., Ntzimani, A., Giatrakou, V., Pyrgotou, N. and Frangos, C. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout filets. *Food Microbiology*, 27(1): 115-121.
  - 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. [In persian]
  - Seow, Y. X., Yeo, C. R., Chung, H. L. and Yuk, H. G. (2014). Plant essential oils as active antimicrobial agents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54: 625-644.
  - Seydim, A.C. and Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5): 639-644.
  - Valizadeh, Sh., Naseri, M., Babaei, S. and Hashem Hosseini, S.M. (2020). Shelf-life extension of fish patty using biopolymer-coated active paper sheets. *Food Packaging and Shelf life*, 26: 305-321. [In persian]

- 
- Vidya, S.R. and Srikar, L. N. (1991). Effect of ice storage on protein and related changes in Pink Perch (*Nemipterus japonicus*). *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 2:101-104.
  - Xiong, Y., Kamboj, M., Ajlouni, S. and Fang, Z. (2021). Incorporation of salmon bone gelatine with chitosan, gallic acid and clove oil as edible coating for the cold storage of fresh salmon fillet. *Food Control*, 125(35): 107994.
  - Yuan, X., Liu, J., Zeng, G., Shi, J., Tong, J. and Huang, G. (2009). Optimization of conversion of waste rapeseed oil with high FFA to biodiesel using response surface methodology. *Renewable Energy*, 33(7): 1678-1684.
  - Yildiz, P. O. and Yangilar, F. (2016). Effects of Different Whey Protein Concentrate Coating on Selected Properties of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Cold Storage (4°C). *International Journal of Food Properties*, 19(9), 2007-2015.
  - Zouari, N., Elgharbi, F., Fakhfakh, N., Bacha, A. B., Gargouri, Y. and Miled, N. (2010). Effect of dietary vitamin E supplementation on lipid and color stability of chicken thigh meat. *African Journal of Biotechnology*, 9(15): 2276-2283.