

# کاربرد ترکیبی مدل D-optimal Mixture Design، آنالیز تشریحی کمی (QDA) و آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) در طراحی و ساخت توپک ماهی آمیخته شده با ایزوله‌ی پروتئین مرغ

امیررضا شویک‌لو<sup>۱\*</sup>، سیدجواد ابوالقاسمی<sup>۲</sup>، حمیدرضا مهدوی عادل<sup>۱</sup>

۱- بخش فرآوری تولیدات دامی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تالش، تالش، ایران

## چکیده

بهره‌برداری بهینه از پسماند فرآورده‌های پروتئینی دامی، باعث استفاده‌ی حداکثری از ظرفیت واحدهای فرآوری موجود می‌شود. هدف از این پژوهش، تولید فرآورده‌ای جدید و آماده‌ی مصرف از گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی و ایزوله‌ی پروتئین مرغ با ویژگی‌های حسی مطلوب و با استفاده از طراحی مخلوط دی-اپتیمال (D-optimal Mixture Design)، آنالیز تشریحی کمی (QDA) و آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) بود. نخست، ۱۳ نمونه‌ی محصول با درصدهای مختلف گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی و ایزوله‌ی پروتئین مرغ (در مجموع ۷۰ درصد از کل فرمولاسیون) تهیه شد. پس از ارزیابی حسی به روش QDA، یک تیمار به عنوان محصول منتخب برگزیده شد که شامل ۵۰٪ گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی و ۲۰ درصد ایزوله‌ی پروتئین مرغ و ۳۰ درصد دیگر افزودنی‌ها بود. پایداری حسی محصول منتخب در مقایسه با تیمار کنترل یا شاهد (توپک ماهی بدون ایزوله‌ی پروتئین مرغ) هنگام ۹۰ روز نگهداری به صورت یخ‌زده (منجمد)، بررسی شد. همچنین، از آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی (pH، TVB-N، PV، TBARS) و میکروبی برای بررسی تغییرات کیفی محصول استفاده گردید. نتایج نشان داد که تیمار منتخب ضمن داشتن ویژگی‌های حسی مطلوب از نظر دیگر شاخص‌های کیفی نیز وضعیت بهتری نسبت به نمونه‌ی شاهد داشت. این مطالعه ضمن معرفی ایزوله‌ی پروتئین مرغ به عنوان یک افزوده‌ی نوین خوراکی، بر استفاده‌ی ترکیبی از طراحی مخلوط دی-اپتیمال و آنالیزهای QDA و PCA در طراحی و ساخت محصولی با فرمولاسیون بهینه، تأکید دارد؛ چرا که این داده‌ها برای تولید فرآورده در مقیاس صنعتی قابل استفاده و معتبر خواهند بود.

کلید واژگان: توپک ماهی، گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی، ایزوله‌ی پروتئین مرغ

\* مسئول مکاتبات: shaviklo@gmail.com

## ۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، صنعت پرورش طیور در جهان و در کشور ما رشد چشم‌گیری داشته است. در سال ۲۰۱۶، مقدار تولید جهانی طیور حدود ۹۰ میلیون تن [۱] و تولید داخلی بیش از ۲ میلیون تن بوده است [۲]. بیش از نیمی از تولید مرغ به صورت پسماند<sup>۱</sup> کشتارگاهی و فرآوری از چرخه‌ی مصرف انسانی خارج می‌شود که در حال حاضر، کاربردهای مختلفی در صنایع خوراک دام و طیور دارد [۳]. آرایش خوراکی مرغ (جگر، کبد، قلب و سنگدان) از نظر مقدار پروتئین و نیز اسیدهای آمینه‌ی اصلی، با گوشت مرغ برابری می‌کند [۴]. در صورت استخراج پروتئین از این مواد و نیز پسماند حاصل از قطعه‌بندی مرغ (گردن، بال و اسکلت مرغ)، این افزوده‌ی نوین را - که ایزوله‌ی پروتئین مرغ<sup>۲</sup> نامیده می‌شود- می‌توان به فرمولاسیون محصولات پروتئینی دامی برای بهبود کیفیت، اقتصادی کردن تولید و کاهش قیمت تمام شده‌ی محصول افزود [۵]. برای بازیافت پروتئین از مواد اولیه‌ی یاد شده از روش‌های مختلفی از جمله فن‌آوری تغییر<sup>۳</sup> pH استفاده می‌شود [۶] و این رویکرد روش مناسبی برای ایجاد ارزش افزوده، بالا بردن بهره‌وری و افزایش سرانه‌ی مصرف پروتئین حیوانی است [۷]. ایزوله‌ی پروتئین مرغ، نسبت به گوشت مرغ دارای ویژگی‌های کاربردی بسیار بالاتری است [۸-۱۱] و استفاده موفقیت‌آمیز از آن به صورت مرطوب<sup>۴</sup> و پودر پروتئین<sup>۵</sup> در ساخت محصولات مختلف پروتئینی، گزارش شده است [۱۲، ۱۳]. در طراحی و ساخت هر فرآورده‌ی خوراکی نوین و نیز بازطراحی فرمولاسیون فرآورده‌های موجود در بازار، ویژگی‌های حسی مطلوب و مطابق با انتظارات مصرف کنندگان از اهمیت حیاتی برخوردار است. از این رو، ارزیابی حسی و ارزیابی مصرف‌کنندگان، نقش مهمی در توسعه‌ی علوم صنایع غذایی داشته و دارند. این مهم برای درک ارتباط بین ویژگی‌های مواد خوراکی از یک سو و پذیرش مصرف‌کنندگان و رفتار خریداران از سوی دیگر بسیار ضروری است. [۱۴]. به این منظور، نه تنها برای طراحی تیمارها باید از نرم‌افزارهای تخصصی استفاده کرد، بلکه باید از روش‌های معتبر ارزیابی حسی و آنالیز داده‌های حسی بهره گرفت. در بین نرم‌افزارهای

آماري، نرم افزار تخصصی دیزاین اکسپرت<sup>۶</sup> بیش‌تر از همه در صنایع غذایی برای طراحی تیمارها و بهینه‌سازی فرآیندهای تولیدی و فرمولاسیون فرآورده‌ها استفاده می‌شود. در بین مدل‌های آماری این نرم‌افزار نیز، طراحی تیمارها به روش مخلوط دی-اپتیمال به طور ویژه برای بهینه‌سازی فرمولاسیون فرآورده‌های خوراکی کاربرد گسترده‌ای دارد [۱۶، ۱۵]. از میان روش‌های گوناگون ارزیابی حسی، آنالیز تشریحی کمی<sup>۷</sup> (QDA) به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری و بهینه‌سازی شناخته شده است. روش QDA باید توسط ارزیابان خبره یا آموزش دیده استفاده شود. در این صورت، نتایج به دست آمده معتبر خواهد بود [۱۷].

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حسی، ضمن بهره‌گیری از نرم‌افزارهای مربوطه باید از روش‌هایی استفاده کرد که نتایج را برای تفسیر بهتر به صورت گرافیکی ارائه کرد [۱۴]. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۸</sup> (PCA) یکی از کارآمدترین این روش‌ها و از مدل‌های مورد بررسی در نرم‌افزارهای آماری است. کاربرد آن در تجزیه و تحلیل نماگرهای چندگانه، اندازه‌گیری و شناخت ساختارهای پیچیده و کاهش مجموعه متغیرهای وابسته (صفات) به مجموعه‌ای کوچک از متغیرهای اصلی بر اساس الگوهای همبستگی بین متغیرهای اصلی است. این روش به خصوص در شرایطی که ابعاد داده‌ها و ترکیب ساختار آن‌ها به طور کامل مشخص نیست، مفید می‌باشد [۱۷، ۱۴]. در صنعت غذا و در پژوهش‌های صنایع غذایی، از روش‌های QDA و PCA برای توصیف ویژگی‌های فرآورده‌های مختلف غذایی با موفقیت بسیار زیادی استفاده شده است [۱۸، ۱۷]؛ ولی تلفیق آن‌ها با طراحی مخلوط دی-اپتیمال (D-optimal Mixture Design) در طراحی و ساخت محصولی قابل پذیرش، گزارش نشده است. هدف از این پژوهش، تولید فرآورده‌ی غذایی جدید و آماده‌ی مصرف<sup>۹</sup> (توپک/کوفته‌ی ماهی<sup>۱۰</sup>) از گوشت چرخ شده‌ی ماهی<sup>۱۱</sup> و ایزوله‌ی پروتئین مرغ با استفاده از این روش‌ها است. پیش‌بینی می‌شود ساخت موفقیت‌آمیز و ترویج تولید و مصرف این محصول بتواند ضمن بهره‌برداری بهینه از پسماند فرآورده‌های

6. Design-Expert Statistical software  
7. Quantitative Descriptive Analysis  
8. Principal Component Analysis  
9. Ready-to-eat  
10. Fish balls  
11. Fish mince

1. By-product  
2. Chicken Protein Isolate (CPI)  
3. pH-shift technology  
4. Wet protein  
5. Protein powder

گردید. یک لایه در پایین شامل ناخالصی‌ها، یک لایه ی ژل مانند در بالا که مجموعه‌ای از لیپیدها بود و یک لایه در وسط که پروتئین‌های محلول شده، بود. در مرحله‌ی بعد، pH محلول پروتئینی جدا شده (لایه‌ی وسط) با استفاده از اسید به نقطه‌ی ایزوالکتریک<sup>۱</sup> (۵/۵) رسانده شد که به موجب آن، پروتئین‌های سارکوپلاسمی و میوفیبریلی رسوب کردند. در مرحله‌ی پایانی، پروتئین‌های ته‌نشین شده توسط سانتریفیوژ (۲۰ min، ۷/۵۰۰ × g) بازیافت/ جدا شده و رطوبت ایزوله‌ی پروتئین با فشردن دستی در پارچه توری کاهش داده شد (۷۷٪). پروتئین‌های استخراج شده در کیسه‌های نایلونی زیپ-دار بسته‌بندی شده و تا زمان استفاده (روز بعد) در یخچال نگه‌داری شدند.

## ۲-۳- آماده سازی توپک ماهی و طراحی

### تیمارها

از نتایج حاصل از پیش‌آزمون‌ها برای ساخت توپک ماهی، استفاده شد. در فرمولاسیون محصول، علاوه بر گوشت ماهی و ایزوله‌ی پروتئین مرغ (در مجموع ۷۰ درصد فرمولاسیون) از افزودنی‌هایی شامل ۱۰ درصد پیاز و ۸/۵ درصد پودر نان، ۴ درصد آرد گندم، ۳ درصد شیر خشک، ۲ درصد روغن مایع آفتاب‌گردان، ۱ درصد سیر تازه و ۱ درصد نمک و ۰/۵ درصد فلفل (در مجموع ۳۰ درصد) استفاده شد. با در نظر گرفتن حدود بیشینه و کمینه‌ی ایزوله‌ی پروتئین مرغ و گوشت ماهی در فرمولاسیون (۲۰ تا ۵۰ درصد) و با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت و مدل مخلوط دی-اِپتیمال، ۱۳ تیمار با درصد‌های مختلف این دو افزودنی اصلی، تهیه شد (جدول ۱). است که مقدار دیگر افزودنی‌ها در همه‌ی تیمارها مشابه و ۳۰ درصد کل فرمولاسیون بود. پس از همگن‌سازی افزودنی‌ها، توپک‌ها توسط دست، به وزن ۲۰ گرم شکل‌دهی شدند. توپک‌ها به مدت ۳ دقیقه در آب در حال جوش غوطه‌ور شده و پس از خروج و آب‌گیری توسط آبکش و خنک شدن در دمای محیط، در روغن مخصوص سرخ کردن، در دمای ۱۸۰°C به صورت عمیق سرخ<sup>۲</sup> شدند [۱۸]. نمونه‌ها پس از سرد شدن، در بسته‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و در دمای یخ‌زنی (فریزر<sup>۳</sup>) (-۱۸°C) به مدت ۳ ماه نگه‌داری شدند.

1. Isoelectric  
2. Deep frying  
3. Freezer

دامی با تنوع‌بخشی بیش‌تر به انواع محصولات آماده‌ی مصرف و نیز اقتصادی کردن فرمولاسیون، مصرف فرآورده‌های پروتئینی را افزایش دهد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

در این مطالعه، ۱۰ عدد ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با دامنه‌ی وزنی ۷۰۰-۱۰۰۰ گرم و دامنه‌ی طولی ۳۰-۲۰ سانتی‌متر از بازار ماهی فروشان بندر انزلی، خریداری و در جعبه‌های عایق حاوی پودر یخ، به آزمایشگاه فرآوری انتقال داده شدند. پس از سرزنی و تخلیه‌ی احشا، حفره‌ی شکمی با آب سرد و تمیز شسته شد. تولید فیله به صورت دستی انجام شد و فیله‌ها برای تولید گوشت چرخ‌شده‌ی ماهی به دستگاه استخوان‌گیر (Baader model 694, Lubeck, Germany) منتقل گردیدند. گوشت جدا شده تا زمان استفاده برای ساخت توپک ماهی (روز بعد) در یخچال نگه‌داری شد. علاوه بر این، ۱۰ کیلوگرم سنگدان تازه‌ی مرغ از فروشگاه محلی خریداری شد. پس از شست‌وشو و جدا کردن قسمت‌های زائد، سنگدان توسط دستگاه چرخ گوشت خانگی (پارس خزر، ایران) چرخ گردید و تا هنگام تولید ایزوله‌ی پروتئین (کم‌تر از ۲ ساعت) در یخچال نگه‌داری شد. دیگر مواد افزودنی شامل پیاز تازه، سیر تازه، پودر نان، شیر خشک، روغن مایع، نمک و فلفل از بازار محلی تهیه گردید.

### ۲-۲- ساخت ایزوله‌ی پروتئین مرغ

برای ساخت ایزوله‌ی پروتئین مرغ از فن‌آوری تغییر pH [۶] و تجربیات پیشین [۹] استفاده شد. در این پژوهش، برای تنظیم pHهای مختلف از اسید کلریدریک (HCL) ۱ مولار و سود (NaOH) ۱ مولار استفاده شد. نخست، گوشت چرخ شده‌ی سنگدان مرغ با ۹ قسمت آب مقطر سرد (۴°C)، مخلوط و با استفاده از همزن مکانیکی همگن گردید. سپس، با استفاده از محلول سود، pH مخلوط به ۱۱ رسانده شد. در مرحله‌ی بعد، به منظور جداسازی مواد نامحلول از مواد حل شده، از سانتریفیوژ آزمایشگاهی (Hermlle Labortechnik GmbH, Z36HK, Germany, 7500×g, 20 min) استفاده شد. پس از سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها، ۳ فاز تشکیل

## ۲-۴- ارزیابی حسی

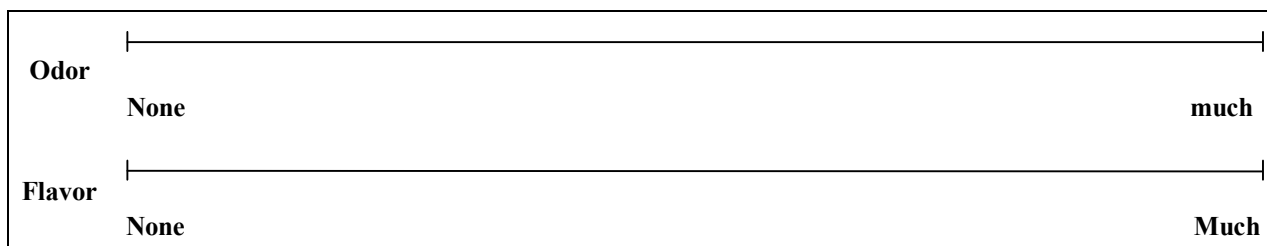
برای این منظور، از روش QDA و در شرایط توصیه شده‌ی فنی استفاده شد [۱۶]. ارزیابی و انتخاب نمونه‌های اولیه بر اساس بالاترین امتیازات حسی (بو، طعم، بافت و پذیرش کلی) بود. مقیاس خطی ۱۵ سانتیمتری (شکل ۱) که سمت چپ آن کم‌ترین امتیاز (۰٪) و سمت راست آن بالاترین امتیاز (۱۰۰٪) درج شده بود، برای امتیاز دادن به هر یک از ویژگی‌های حسی استفاده شد [۱۷].

برای ارزیابی حسی نمونه‌ها، با استفاده از پژوهش قبلی [۱۹] و ازهنامه‌ای تهیه شد و در آن ۱۷ ویژگی حسی مربوط به بوها و طعم‌های مختلف و بافت نمونه‌ها مشخص گردید. ارزیابی حسی برای انتخاب بهترین نمونه (محصول بهینه) توسط یک گروه با تجربه‌ی ۸ نفره (۳ تن مرد) با میانگین سنی ۳۲ سال از کارشناسان آموزش دیده در فرآوری غذاهای دریایی انجام شد.

**Table 1** Design of experiment for optimizing 2 main components of fish balls containing fish mince and chicken protein isolate and related responses

Run	Component 1: Fish mince (%)	Component 2: Chicken protein isolate (%)	Response 1: Odor	Response 2: Flavor	Response 3: Texture	Response 4: Acceptance
1	35	35	65.9	58.85	64.11	64.43
2	24	46	61.75	40.50	58.94	55.11
3	20	50	72.31	67.70	68.81	69.18
4	20	50	72.34	68.71	68.82	69.18
5	35	35	65.93	58.85	64.11	64.43
6	50	20	87.90	87.21	91.26	87.71
7	50	20	87.91	86.22	91.26	87.71
8	46	24	81.98	85.60	78.91	76.81
9	50	20	87.90	87.24	91.26	87.71
10	31	39	74.61	73.16	74.62	73.63
11	42	28	77.92	74.71	76.43	69.51
12	28	42	77.64	77.90	76.90	79.32
13	20	50	72.32	67.72	68.81	69.18

The 2 mixture components, fish mince and chicken protein isolate, made up a total of 70% of the actual formulation, with the complement being, fresh onion (10%), fresh garlic (1%), salt (1%), spices (0.5%), wheat flour (4%), milk powder (3%), bread crumb (8.5%) and vegetable oil (2.5%) used to make up 100% of the formulation.



**Fig1** A typical line scale used for sensory scoring

آمده را ثبت کرد. داده‌های حسی اعلام شده میانگین ۱۶ ارزیابی (۸ ارزیاب  $\times$  ۲ تکرار) است. نمونه‌ها (به جز نمونه‌های مربوط به ارزیابی پس از تولید) انجام‌دزایی و سپس در اتاقک هوای داغ<sup>۱</sup> ( $180^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ ثانیه) گرم شدند. نمونه‌ها با اعداد ۳ رقمی تصادفی شناسه (کد) گذاری

ارزیابان حسی با استفاده از فهرست واژگان حسی (جدول ۲)، هر نمونه را با بو کردن و سپس با مزه کردن، ارزیابی و با توجه به شدت احساس هر ویژگی، امتیاز مورد نظر را در برگه‌ی مربوطه و روی هر خط، نشانه‌گذاری (درج) کردند [۱۹]. رئیس گروه ارزیابی با اندازه‌گیری موقعیت مکانی هر نشانه (با خط‌کش) و تبدیل آن به درصد (با تناسب)، امتیاز به دست

1. Oven

شده و سپس در ظروف پلاستیکی قرار داده شده و به ارزیابان ارایه شدند. آن‌ها پس از ارزیابی هر نمونه، برای تغییر ذائقه، دهان خود را با آب شست‌وشو دادند.

**Table 2** Lexicon for sensory attributes of fish balls [adapted from 19].

Sensory attribute	Scale (0-100)		Definitions
<b>Odor</b>			
Spicy	none	much	Odor of spices, onion, etc.
Frying oil	none	much	Odor of fat from frying oil.
Rancid	none	much	Rancid odor can remind of cardboard, paints, nuts, etc.
Fish	none	much	Fish odor.
Frozen storage	none	much	Odor from frozen storage, old fish, etc.
<b>Appearance</b>			
Wrinkle	none	much	Wrinkle on the surface of the fish balls.
Color (inside)	light	dark	Is the color dark or light?
<b>Texture</b>			
Softness	firm	soft	Softness in the first bite.
Cohesiveness			Little (easy to take apart with a fork), Much (the inside of the burger is
Juiciness	dry	juicy	Dry (sample draws liquid from mouth), Juicy (Samples give away
Graininess	none	much	When rubbed against palate with tongue, grainy reminds of couscous
Rubbery	none	much	When chewing rubbery, springy.
<b>Flavor</b>			
Spicy	none	much	Flavor of spices or onion.
Frying oil	none	much	Flavor from frying oil.
Rancid	none	much	Sign of decay.
Fish	none	much	Fish flavor.
Frozen storage	none	much	Flavor from long frozen storage.

## ۲-۵- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

در این مطالعه، آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها شامل رطوبت، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد انجام شد [۲۰]. با کم کردن مجموع این ترکیبات از ۱۰۰، مقدار کربوهیدرات گزارش گردید. برای سنجش سطوح TBARS<sup>1</sup> [۲۱]، TVB-N<sup>2</sup> [۲۲] و PV<sup>3</sup> [۲۳]، از روش‌های استاندارد استفاده شد. برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر (Knick-protamess 913, Berlin, Germany) استفاده گردید.

## ۲-۶- آزمون‌های میکروبی

آزمون‌های میکروبی شامل کل باکتری‌های هوازی<sup>۴</sup>، کلی‌فرم، *E. coli*، سالمونلا، کپک و مخمر بر اساس استاندارد ملی انجام شد [۲۴].

## ۲-۷- آنالیز آماری

برای آنالیز آماری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی، از نرم افزار NCSS 2007 (Statistical Software, Kaysville, UT) استفاده شد. داده‌ها در سه تکرار آزمون شد و نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار بیان شد. اختلاف معنی‌دار داده‌ها در سطح احتمال ۵٪ تعیین گردید. برای ارزیابی داده‌های حسی و رسم نمودارهای PCA، از نرم‌افزار آماری CAMO (V. 9.7, Unscrabler Software AS, OSLO, Norway) استفاده شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- تعیین مقدار بهینه‌ی ایزوله‌ی پروتئین مرغ

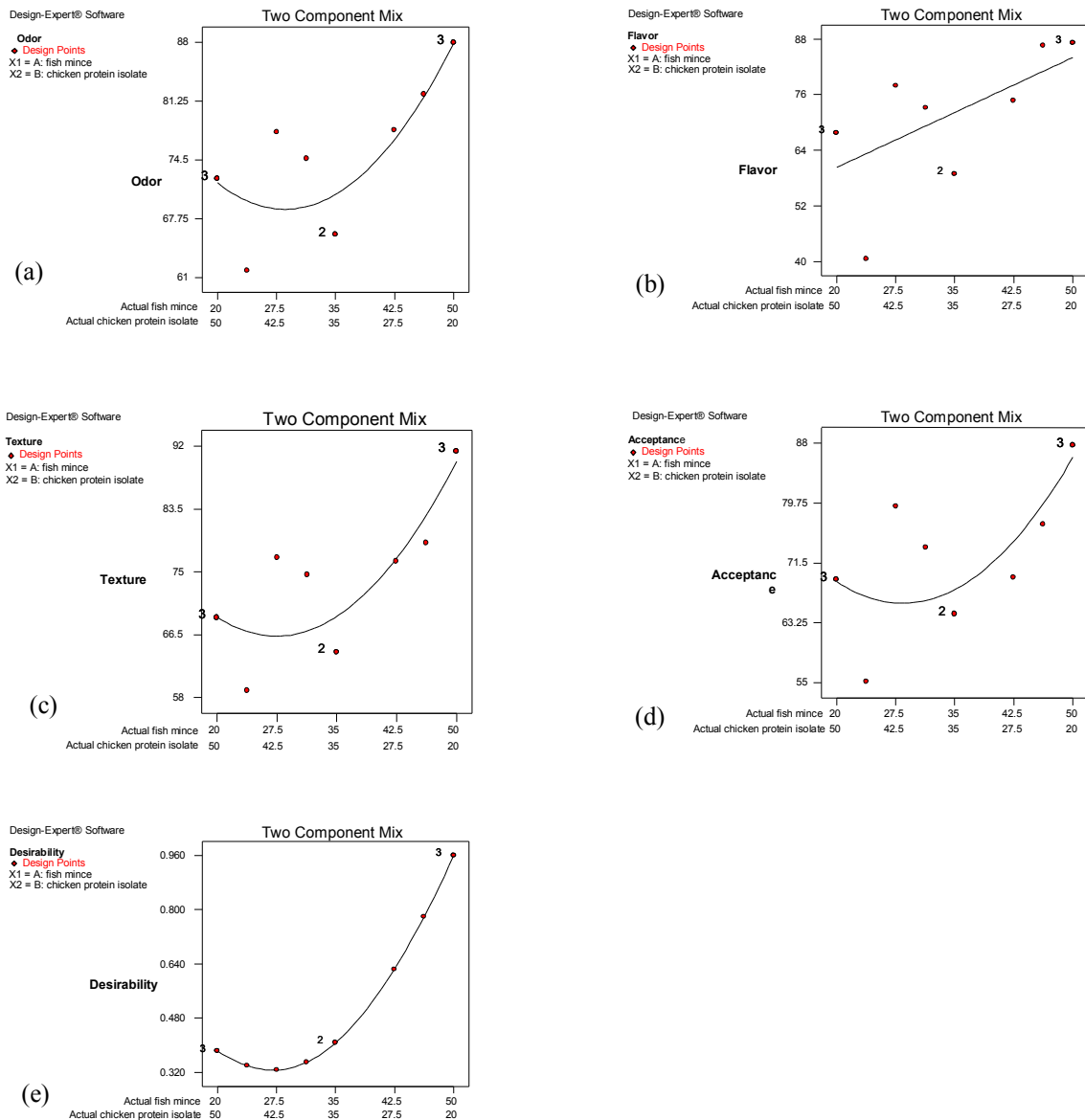
#### و گوشت چرخ شده‌ی ماهی در توپک ماهی

طراحی تیمارها، متغیرهای مستقل و پاسخ‌های داده شده برای هر یک از ۱۳ تیمار در جدول ۱ آورده شده است. اختلاف

1. Thiobarbituric acid reactive substances
2. Total volatile basic nitrogen
3. Peroxide value
4. Total aerobic bacteria

چرخ شده‌ی ماهی بر ویژگی‌های حسی و پذیرش کلی محصول تولیدی در نمودارهای شکل ۱a-d دیده می‌شود.

معنی‌داری در شاخص‌های حسی توپک‌های حاوی مقادیر متفاوت ایزوله‌ی پروتئین مرغ و گوشت چرخ شده‌ی ماهی دیده شد. تأثیر سطوح مختلف ایزوله‌ی پروتئین مرغ و گوشت



**Fig 2** Variations in odor (a), flavor (b), texture (c) and overall acceptance (d) of fish balls with varying proportions of fish mince and chicken protein isolate in the mixture. (e) Desirability of fish balls with varying proportions of fish mince and chicken protein isolate in the mixture.

ویژگی‌های پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار مقایسه گردید (جدول ۳).

هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های حسی تیمار منتخب و ویژگی‌های پیش‌بینی شده دیده نشد.

بالاترین امتیاز بو و طعم، بافت و پذیرش کلی مربوط به نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد ایزوله‌ی پروتئین مرغ و ۵۰ درصد گوشت چرخ شده‌ی ماهی است. بنابراین، سطح ۲۰ درصد ایزوله‌ی پروتئین مرغ با درجه‌ی مطلوبیت ۰/۹۶ به عنوان سطح توصیه شده و منتخب در نظر گرفته شد (شکل ۱e). در ادامه برای تأیید سطوح توصیه شده، تیمار منتخب بازتولید شده و با

**Table 3** Prediction values (suggested by the software) and actual values obtained from the panelists for sensory responses of fish balls containing 20% fish mince and 50% chicken protein isolate

Response	Odor	Flavor	Texture	Overall acceptability
Prediction values	87.81	84.14	89.96	87.41
Actual obtained values	85.53	82.74	87.26	85.63
<i>P value</i>	NS	NS	NS	NS

NS: not statistically significant ( $p > 0.05$ ). Actual obtained values are means of 16 evaluations.

تقریبی ایزوله‌ی پروتئین بستگی به نوع ماده‌ی خام، فرآیند استخراج و تنظیم رطوبت دارد. مقدار چربی ایزوله‌ی پروتئین همواره کم‌تر از مقدار آن در ماده‌ی خام است؛ زیرا در فرآیند تغییر pH بخش عمده‌ای از چربی در مرحله‌ی سانتریفیوژ حذف می‌شود. مقدار رطوبت ایزوله‌ی پروتئین مرغ نیز بستگی به نوع فرآیند آب‌گیری دارد [۹-۱۱]. از طرف دیگر، مقدار pH ایزوله‌ی پروتئین مرغ کم‌تر از گوشت چرخ شده ماهی بود. این نتیجه به دلیل استفاده از اسید هنگام ته‌نشینی پروتئین‌ها بود. در ضمن، مقدار پروتئین و چربی توپک ماهی حاوی ایزوله‌ی پروتئین مرغ نسبت به توپک شاهد به ترتیب بیشتر و کم‌تر بود. تفاوت معنی‌داری بین مقدار رطوبت، خاکستر و کربوهیدرات و pH هر دو نمونه توپک دیده نشد. در طول نگاه‌داری نمونه‌ها نیز تغییر معنی‌داری بین pH هر دو نمونه توپک وجود نداشت.

این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی داشته [۲۵،۱۶] و حاکی از توانایی گروه ارزیابی حسی در شناسایی و درک ویژگی‌های حسی و نیز کارایی نرم‌افزار آماری در طراحی تیمارها و آنالیز داده‌های حسی است. بنابراین، برای بررسی تغییرات کیفی محصول بهینه در طول ۳ ماه نگاه‌داری، نمونه‌های منتخب تولیدی در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شده و تا زمان آزمایش در فریزر نگاه‌داری شدند.

### ۲-۳- نتایج فیزیکوشیمیایی

نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار پروتئین ایزوله‌ی پروتئین مرغ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گوشت چرخ شده‌ی ماهی بود. مقدار چربی ایزوله‌ی پروتئین مرغ نیز به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گوشت چرخ شده‌ی ماهی سنجش شد (جدول ۴). علاوه بر این، میزان خاکستر، رطوبت و کربوهیدرات ایزوله‌ی پروتئین مرغ و گوشت چرخ شده‌ی ماهی برابر بود. آنالیز

**Table 4** Proximate analysis (%) of fish mince, chicken protein isolate and fish ball products

Index	Fish mince	Chicken protein isolate (CPI)	Sig.	Fish balls (control)	Fish balls containing CPI*	Sig.
Protein	17.26±1.2	20.75±0.05 <sup>a</sup>	$p < 0.05$	19.01±0.51 <sup>b</sup>	22.42±0.33 <sup>a</sup>	$p < 0.05$
Moisture	78.81±0.9	77.46±0.46	NS	61.32±1.01	60.94±0.04	NS
Fat	2.82±0.32 <sup>a</sup>	0.85±0.34 <sup>b</sup>	$p < 0.05$	7.02±0.24 <sup>a</sup>	3.70±0.11 <sup>b</sup>	$p < 0.05$
Ash	1.11±0.10	0.94±0.09	NS	2.63±0.17	2.01±0.07	NS
Carbohydra	0.0	0.0	NS	10.02±0.87	10.93±0.03	NS
pH	6.6±0.01 <sup>a</sup>	5.7±0.04 <sup>b</sup>	$p < 0.05$	6.4±0.74	6.2±0.01	NS

Values are means of 3 analyses. Different Superscripts denote significant differences within a row ( $p < 0.05$ ).

Sig.: Significant, NS: not significant. \* containing 20% chicken protein isolate and 50% fish mince.

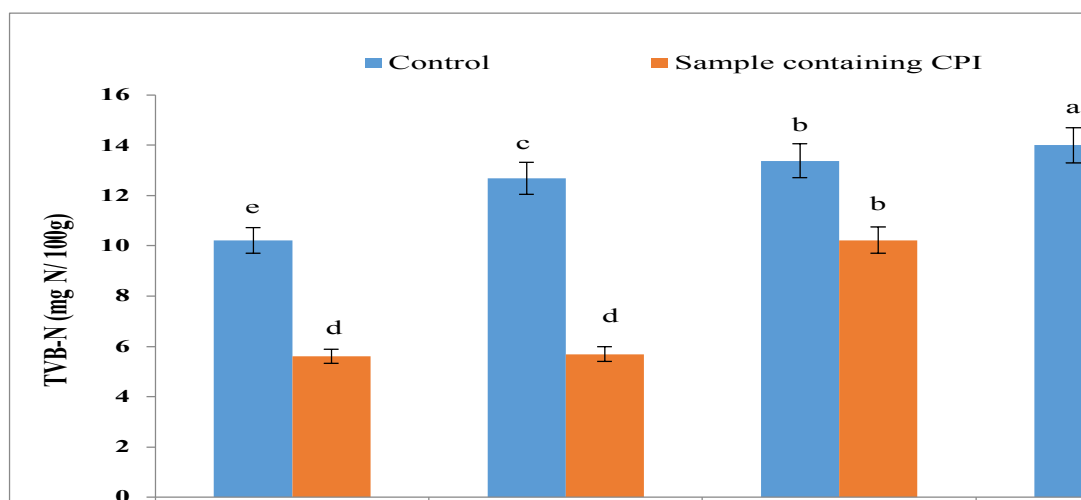
بود [۲۶]. شاخص TVB-N در مجموع شامل تری‌متیل‌آمین (حاصل از فساد باکتریایی)، دی‌متیل‌آمین (حاصل از خودهضمی آنزیمی طی نگاه‌داری محصول)، آمونیاک (تولید شده توسط آمین‌زدایی آمینواسیدها و نوکلئوتیدها) و سایر ترکیبات فرار آمینی در ارتباط با فساد فرآورده‌های دامی می‌باشد. همچنین، مقدار TVB-N نشان دهنده‌ی نوع فساد (باکتریایی و یا اتولیتیک<sup>۱</sup>) نیست؛ ولی استفاده از این شاخص در اندازه‌گیری کیفیت ماهیانی که برای تولید پودر ماهی<sup>۲</sup>

شاخص‌های TVB-N، PV و TBARS مهم‌ترین شاخص‌های فساد در فرآورده‌های دامی هستند. در بررسی مقایسه‌ای میزان TVB-N در نمونه‌ی شاهد و منتخب مشخص گردید که میزان TVB-N در تیمار شاهد پس از تولید به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار منتخب بود؛ ولی در پایان مدت نگاه‌داری، اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها دیده نشد (شکل ۳). هم‌چنین نتایج نشان داد با گذشت زمان طی ۹۰ روز نگاه‌داری، میزان TVB-N در تیمارها بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ ولی همواره از حد مجاز آن (20 mg N/100g) کم‌تر

1. Autolytic  
2. Fish Meal

[۲۸]. مطالعات انجام شده در این باره با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد [۲۹، ۳۰].

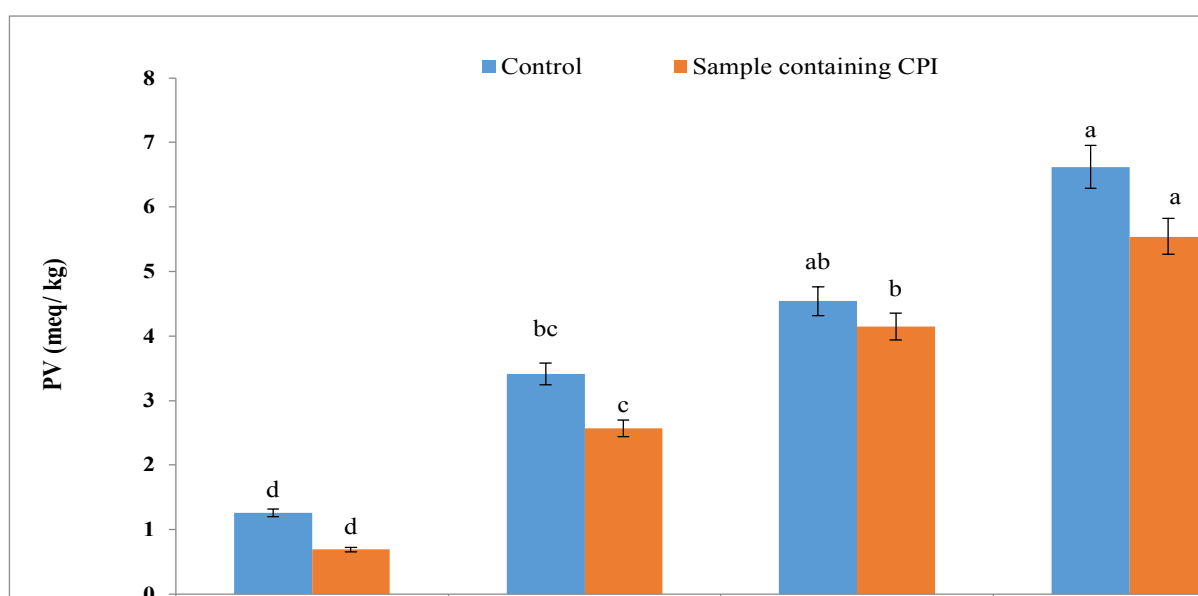
استفاده می‌شوند و نیز سخت پوستانی مانند میگو می‌تواند سودمند باشد [۲۷]. هم‌چنین، فعالیت‌های آنزیمی می‌تواند دلیل افزایش شاخص TVB-N طی مدت زمان نگهداری باشد



**Fig 3** TVB-N values of fish balls (control) and fish balls containing 20% chicken protein isolate (CPI) and 50% fish mince during 90 days storage at  $-18^{\circ}\text{C}$ .

اختلاف معنی‌داری بین میزان PV در نمونه‌ی شاهد و تیمار منتخب از زمان تولید تا پایان مدت نگهداری دیده نشد (شکل ۴). نتایج هم‌چنین نشان داد با گذشت زمان از ابتدا تا پایان زمان نگهداری، میزان PV در تیمارها بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ ولی این مقدار کم‌تر از حد مجاز PV در فرآورده‌های دریایی (10 meq/kg) بود [۲۷]. اکسایش چربی توسط واکنش‌های متنوع آنزیمی (آنزیم‌های باکتریایی، بین سلولی هضم‌کننده) و غیرآنزیمی شاهد می‌شوند که این واکنش‌ها به طور اساسی به نوع ماده‌ی اولیه و دمای نگهداری بستگی دارد [۳۱].

شاخص پراکسید (PV)، نمایانگر اکسایش چربی‌ها بوده و برای سنجش محصولات اولیه‌ی اکسایش یعنی هیدروپراکسیدها به کار می‌رود. در نخستین مرحله‌ی اکسایش، هیدروپراکسیدها به دلیل اتصال اکسیژن به پیوندهای دوگانه‌ی اسیدهای چرب غیراشباع، تشکیل می‌شوند. هیدروپراکسیدها، ترکیبات بی بو و مزه هستند و توسط ارزیابان حسی قابل تشخیص نیستند؛ ولی می‌توانند موجب ایجاد ترکیبات ثانویه مانند آلدهیدها و کتون‌ها شوند. این ترکیبات موجب ایجاد طعم و بوی نامطلوب در محصول شوند [۳۱].



**Fig 4** Peroxide values of fish balls (control) and fish balls containing 20% chicken protein isolate (CPI) and 50% fish mince during 90 days storage at  $-18^{\circ}\text{C}$ .



نگهداری دیده نشد (شکل ۵). همچنین، نتایج نشان داد با گذشت زمان از ابتدا تا پایان زمان نگهداری، میزان TBARS در تیمارها بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ ولی کم‌تر از حد مجاز (20 mg MDA/kg) بود [۲۶]. این افزایش حاکی از توسعه‌ی فساد اکسایشی چربی در محصول می‌باشد. نتایج مشابهی از افزایش TBARS در فرآورده‌های شیلاتی هنگام نگهداری در سردخانه گزارش شده است [۳۰، ۲۹، ۱۶، ۳۲].

شاخص TBARS برای سنجش اکسایش چربی در فرآورده‌های دامی به طور گسترده‌ای کاربرد دارد. در مرحله‌ی دوم اتواکسیداسیون که هیدروپراکسیدها به آلدهید و کتون اکسیده می‌شوند، مالون‌آلدهید تشکیل می‌شود. این ترکیب به کمک شاخص TBARS سنجیده می‌شود. محصولات حاصل از این فرآیند، طعم و بوی نامطلوبی در فرآورده‌ها ایجاد می‌کنند [۳۱]. اختلاف معنی‌داری بین میزان TBARS در تیمار شاهد و تیمار منتخب از زمان تولید تا پایان دوره‌ی

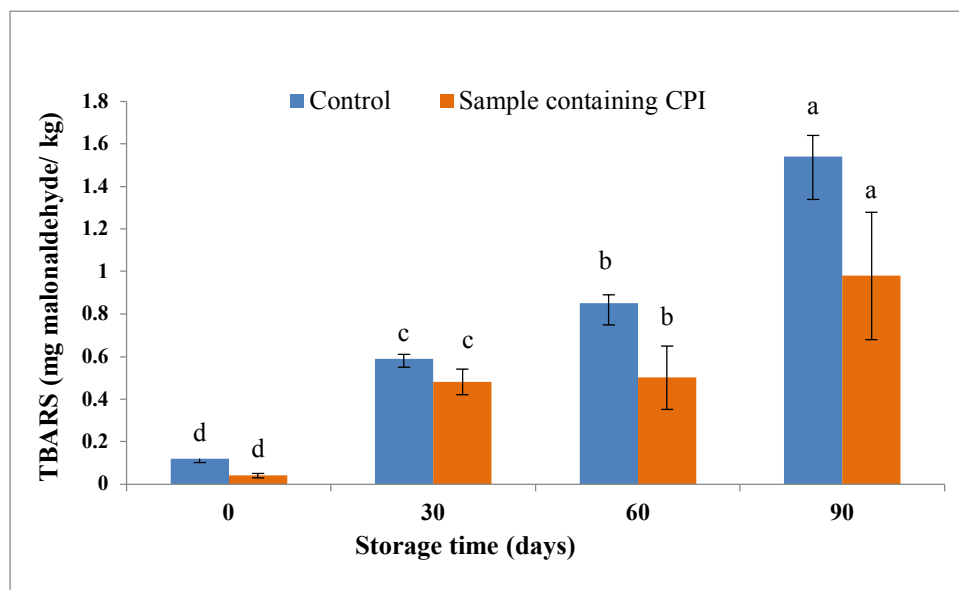


Fig 5 TBARS values of fish balls (control) and fish balls containing 20% chicken protein isolate (CPI) and 50% fish mince during 90 days storage at  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### ۳-۳- نتایج آزمون‌های میکروبی

از نظر شاخص‌های میکروبی، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و نمونه‌ی حاوی ایزوله‌ی پروتئین مرغ هنگام ۳ ماه نگهداری در فریزر دیده نشد. نوع و ترکیب محصولات و نیز زمان نگهداری تأثیری بر افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها نداشتند. تعداد شمارش میکروب‌های هوازی در نمونه‌ها کم‌تر از  $10^2 \text{ cfu/g}$  در طول ۳ ماه نگهداری بود. محصولات عاری از *E. coli* و سالمونلا بودند. شمارش (cfu/g) کلی فرم‌ها، کپک و مخمر از زمان تولید تا پایان نگهداری کم‌تر از  $10^4$  بود. اگرچه، با توجه به نوع فرآورده‌ها، فرآیند تولید و نیز شرایط نگهداری به حالت یخ‌زده (منجمد)، این نتایج قابل پیش‌بینی بود؛ ولی برای اطمینان از سلامت و ایمنی محصول که در آزمون‌های حسی مورد استفاده قرار گرفتند، لازم و ضروری بود.

### ۳-۴- نتایج ارزیابی حسی

ارزیابان حسی به طور کلی، ۱۰ ویژگی حسی را در نمونه‌های توپک ماهی شناسایی و ارزیابی کردند (جدول ۶). این ویژگی‌ها عبارت بودند از: بو و طعم ادویه‌های مصرفی، بو و طعم حاصل از سرخ‌کردن، بو و طعم ماهی، نرمی بافت، همبستگی بافت، آبدار بودن، و حالت ارتجاعی (الاستیسیته) بافت. ۶ ویژگی حسی شامل بو و طعم نگهداری در سردخانه، بو و طعم ترشیدگی، چروکیدگی و بافت شنی، که در پژوهش‌های پیشین در نمونه‌های مشابه دیده شده بود [۲۵، ۱۹]. در هیچ‌یک از نمونه‌ها شناسایی نشد. با توجه به این نتایج و نمودار PCA حاصل از آنالیز داده‌های حسی نمونه‌های توپک ماهی ۳ ماه نگهداری (شکل ۶)، مشخص شد که از شروع تا پایان زمان نگهداری، نمونه‌های حاوی ایزوله‌ی پروتئین مرغ، در مقایسه با نمونه‌ی شاهد امتیازهای حسی مشابهی را کسب کردند. نمونه‌ها از نظر شاخص‌های ارزیابی

چند متغیره‌ی داده‌های حسی نشان داد گروه‌های توپک مورد مطالعه به طور مشخص از هم مجزا شده‌اند. هرچند اختلاف معناداری بین آن‌ها وجود نداشت؛ ولی ویژگی‌های حسی غالب در نمونه‌ها متفاوت بود.

شده از زمان تولید و شروع نگهداری با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. این نتیجه تا پایان زمان نگهداری دیده شد (جدول ۶). به طور کلی، تغییرات حسی چشم‌گیری بین نمونه‌های منتخب و شاهد در طول نگهداری وجود نداشت. همه نمونه‌ها ویژگی‌های حسی مشابهی داشتند. با این حال، نمودار تحلیل

Table 6 Average sensory scores (0-100) of fish balls samples

Sample	Spices odor	Frying oil odor	Fish odor	Softness	Cohesiveness	Juiciness	Elasticity	Spices flavor	Frying oil flavor	Fish flavor
A0	9.08	9.58	10.25	9.16	9.66	8.50	5.41	9.41	8.58	8.01
A1	8.50	9.33	8.50	9.87	10.25	7.33	5.68	6.21	8.89	8.95
A2	8.91	8.41	8.18	8.25	10.87	7.75	5.08	8.41	9.15	7.83
A3	8.41	8.91	8.51	8.91	9.91	6.58	6.68	8.02	9.41	6.81
Sig.	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
B0	8.41	8.42	11.00	7.58	10.25	7.33	5.58	8.66	8.33	8.51
B1	7.51	7.91	9.33	8.91	10.85	7.25	6.25	8.12	8.51	9.02
B2	7.16	8.41	8.50	9.25	9.66	7.66	5.41	7.58	9.41	8.33
B3	7.00	8.50	8.08	9.19	10.51	6.50	5.85	6.68	8.58	8.25
Sig.	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

(A) Fish balls incorporated with 20% chicken protein isolate and 50% fish mince, and (B) Control fish balls; Sig: Significant. Numbers 0 to 3 indicate storage months. NS: not significant.

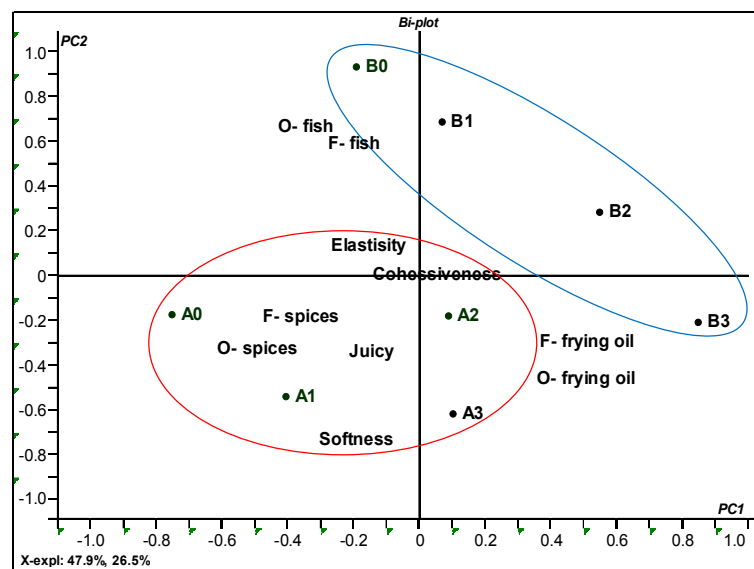


Fig 6. Principal component analysis (PCA) describing sensory quality scores of fish balls incorporated with 20% chicken protein isolate, and 50% fish mince (A) and control fish balls (B), stored for 3 months at -18°C as evaluated by a trained sensory panel. Numbers 0 to 3 indicate the storage months. O: odor, F: flavor.

ایزوله‌ی پروتئین مرغ، دارای بافت ارتجاعی بهتری بودند. همچنین، طعم و بوی حاصل از سرخ کردن در پایان زمان نگهداری در هر دو نمونه دیده شد. اکسایش چربی‌ها و

در نمونه‌ی شاهد، بو و طعم ماهی و در نمونه‌های حاوی ایزوله‌ی پروتئین مرغ، بو و طعم ادویه، ویژگی‌های حسی غالب بودند. در مقایسه با نمونه‌های شاهد، نمونه‌های حاوی

بهینه‌ی ایزوله‌ی پروتئین مرغ و گوشت ماهی را به ترتیب ۲۰ و ۵۰ درصد تعیین کرد. آنالیز PCA روی داده‌های حسی هنگام ۳ ماه نگهداری در دمای ۱۸°C- نیز پایداری حسی محصول در طول نگهداری را نشان داد. نتایج فیزیکی‌شیمیایی نیز پایداری محصول در زمان نگهداری را تأیید کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده‌ی ترکیبی از طراحی مخلوط‌دی-اپتیمال، آنالیز تشریحی کمی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی در طراحی و ساخت فرآورده‌های نوین، می‌تواند به نتایج رضایت بخشی برسد. بنابراین، یافته‌های به دست آمده، برای تولید محصول در مقیاس صنعتی کاربردی و معتبر خواهد بود. آمیختن ایزوله‌ی پروتئین مرغ به فرمولاسیون فرآورده‌های گوشت و ماهی از یک سو موجب بهبود ویژگی‌های حسی آن می‌شود و از سوی دیگر، دسترسی طبقات کم‌درآمد جامعه به فرآورده‌های گوشتی را به دلیل کاهش قیمت تمام شده‌ی محصول افزایش می‌دهد. این مسئله می‌تواند در راستای ارتقای امنیت غذایی جامعه اهمیت داشته باشد و مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد.

## ۵- سپاسگزاری

از پشتیبانی‌های موسسه‌ی تحقیقات علوم دامی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تالش در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

## ۶- منابع

- [1] USDA. 2017. Livestock and poultry: world markets and trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service October 12, 2017. Available online: [https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf)
- [2] Iranian Ministry of Agriculture-Jahad. 2018. Deputy for Animal production, Animal production Statistics. Available online: <http://dla.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub5/tolid87-95.pdf>
- [3] Sams AR. 2001. Poultry meat processing. (ed) CRC Press, Boca Raton.
- [4] Kondaiah N, Panda B. 1987. Physicochemical and functional properties of spent hen components. Journal of Food Science & Technology, 24: 267-269.
- [5] Nolsøe H, Undeland I. 2009. The acid and alkaline solubilization process for the

پروتئین‌ها از مهم‌ترین دلایل تغییرات کیفی فرآورده‌های خام و فرموله‌شده‌ی دامی است. محصولات حاصل از اکسایش موجب تغییر طعم و بو و نیز بافت فرآورده‌های خوراکی می‌شوند [۲۵، ۱۹، ۱۶]. مطالعات زیادی در خصوص ویژگی‌های کاربردی ایزوله‌ی پروتئین مرغ و اثر بهبوددهندگی آن بر کیفیت فرآورده‌های گوشتی انجام شده است. ایزوله‌ی پروتئین مرغ بیش‌تر حاوی پروتئین‌های میوفیبریلی بوده و مقدار چربی در آن بسیار کم است. از این‌رو، افزودن این ماده‌ی پروتئینی به فرمولاسیون فرآورده‌های دامی از جمله ماهی می‌تواند موجب بهبود بافت محصول و پایداری کیفیت خوراکی آن شود.

در کشور ما، اگرچه براساس استانداردهای ملی [۳۴، ۳۳]، استفاده از سنگدان مرغ در فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی غیرمجاز است؛ ولی فرآورده‌های گوشتی حاوی این ماده در بازار مصرف، شناسایی شده‌اند [۳۵]. سنگدان مرغ از نظر مقدار پروتئین و نیز اسیدهای آمینه اصلی، با گوشت مرغ برابری می‌کند [۴]. از طرف دیگر، بخش قابل ملاحظه‌ای از پروتئین‌های این ماده را، پروتئین‌های میوفیبریلی تشکیل می‌دهد [۳۶]. ایزوله‌ی پروتئین مرغ که با استفاده از فرآیند استخراج تغییر pH به دست می‌آید، فاقد بافت همبند بوده و بار میکروبی و شاخص‌های فساد بسیار کم‌تری نسبت به سنگدان خام و یا پسماند فرآوری مرغ دارد [۷-۵]. از این‌رو، استفاده از ایزوله‌ی پروتئین مرغ نگرانی‌های مربوط به وجود بافت همبند در محصول و آلودگی‌های میکروبی مربوطه را مرتفع می‌کند. در نتیجه، ساماندهی فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی شامل انواع گوشت قرمز، مرغ و ماهی بسیار ضروری به نظر می‌رسد و باید مورد توجه صنعت، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی قرار گیرد. استفاده‌ی مجاز و نظام‌مند از این گونه افزودنی‌ها در فرمولاسیون فرآورده‌های دامی و با برچسب‌گذاری مناسب بر آن‌ها می‌تواند (۱) ضمن پیشگیری از تقلب در مواد خوراکی؛ (۲) موجب اقتصادی کردن فرمولاسیون فرآورده‌ها و (۳) کاهش قیمت آن‌ها، (۴) افزایش بهره‌وری واحدهای فرآوری مرغ و نیز (۵) افزایش مصرف پروتئین حیوانی در کشور شود.

## ۴- نتیجه گیری

ارزیابی حسی تیمارهای طراحی شده توسط نرم افزار و سپس مقایسه‌ی نتایج حسی با مقدار پیش‌بینی شده توسط آن، مقدار

- Journal of Food Science and Technology (in Persian), accepted, in Press.
- [15] Hu R. 1999. Food Product Design: A Computer-Aided Statistical Approach. CRC Press, Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [16] Shaviklo AR, Fahim A. 2014. Quality improvement of silver carp fingers by optimizing the level of major elements influencing texture. International Food Research Journal, 1: 283-290.
- [17] Meilgaard MC, Civille GV, & Caar BT. 2007. Sensory Evaluation Techniques (4th edn), Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [18] Næs T, Brockhoff PB, Tomic O. 2010. Statistics for Sensory and Consumer Science. John Wiley & Sons Ltd. UK.
- [19] Shaviklo GR, Arason S, Thorkeleson G, Sveinsdottir K, Martinsdottir M. 2010. Sensory attributes of haddock balls affected by added fish protein isolate and frozen storage. Journal of Sensory Studies, 3: 316-331.
- [20] AOAC. 2005. Official Method of Analysis (17<sup>th</sup>ed). Washington, DC: Association of Official Analytical chemists.
- [21] Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malondialdehyde in rancid foods. Journal of the American Oil Chemists' Society, 37: 44-48.
- [22] Malle P, Poumeyrol M. 1989. A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen. Journal of Food Protection, 52: 419-23.
- [23] Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists, Society. 1999. 5th Edn, Edited by D. Firestone, Aocspress, Champaign, IL, Metode Cd 1b-87, Cd 8-53, Cd 3d-63.
- [24] ISIRI 8923-3. 2007. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination – part 3: specific rules for the preparation of fish and fishery products, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran, Iran.
- [25] Shaviklo A R, Moradinezhad N, Abolghasemi SJ, Motamedzadegan A, Kamali-Damavandi N, Rafipour F. 2016. Product optimization of fish burger isolation of muscle proteins: state of the art, Food Bioprocess Technology, 2: 1-27.
- [6] Hultin HO, Kristinsson HG, Lanier TC, Park JW. 2005. Process for recovery of functional proteins by pH-shifts, In: Park JW, editor, Surimi and Surimi Seafood, Taylor and Francis Group. Boca Raton: 107-139.
- [7] Shaviklo AR. 2017. Process optimization and development of fish protein isolated from yellow fin (*Thunnus albacares*) tuna dark meat for food application. National Research Plan Nr. 92044844. Iran National Science Foundation, Vice-Presidency for Science and Technology, Tehran, Iran.
- [8] Ganie TA, Rather SA, Wani HM, Gani A, Masoodi FA, Wani IA. 2015. Physico-chemical and functional properties of chicken meat protein isolate. Advances in Biomedicine and Pharmacy, 2: 50-55.
- [9] Menezes BS, Zanette B, Souza JTA, Cortez-Vega WR, Prentice C. 2015. Comparison of physicochemical and functional properties of surimi and protein isolate obtained from mechanically deboned meat of chicken, International Food Research Journal, 4: 1374-1379.
- [10] Cercela F, Stroiua M, Alexea P, Ianitchi D. 2015. Characterization of myofibrillar chicken breast proteins for obtain protein films and biodegradable coatings generation. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 6: 197-205
- [11] Zhao X, Xing T, Chen X, Han M-Y, Li X, Xu X-L, Zhou G-H. 2017. Precipitation and ultimate pH effect on chemical and gelation properties of protein prepared by isoelectric solubilization/precipitation process from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat. Poultry Science, 5: 1504-1512.
- [12] Silva Moraes K, Rafael R, Salas-Mellado M, Prentice C. 2011. Influence of chicken protein isolate and heating temperature on textural properties of low-fat frankfurters. Journal of Applied Poultry Research, 20: 253-262.
- [13] Matak KE, Tahergorabi R, Jaczynski J. 2015. A review: protein isolates recovered by isoelectric solubilization/precipitation processing from muscle food by-products as a component of nutraceutical foods. Food Research International, 4: 697-703.
- [14] Shsviklo AR. 2018. Analyses and interpretation of sensory evaluation data using Principal Component Analysis (PCA),

- [31] Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. 2009. Food Chemistry (4th ed.) Springer, Berlin.
- [32] Tokur B, Ozkütük S, Atici E, Ozyurt G, Ozyurt CE. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio*), during frozen storage (-18°C). Food Chemistry, 99: 335-341.
- [33] ISIRI 2303. 2017. Sausages-Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran, Iran.
- [34] ISIRI 9868. 2008. Ready to use frozen chicken products - Specifications. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran, Iran.
- [35] Hosseini H, Rokni N, Kamkar A. 2007. Hydroxyproline, collagen and related indexes, valuable quantitative factors for quality control of sausages and bologna. Iranian Journal of Food Science & Technology 3, 4, 23-31.
- [36] Zarkadas CG, Maloney SA. 1998. Assessment of the protein quality of the smooth muscle myofibrillar and connective tissue proteins of chicken gizzard. Poultry Science, 77:770-779.
- containing tuna protein isolates for better sensory quality and frozen storage stability. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 16: 923-933.
- [26] ISIRI 5849. 2003. Fish burger – Specifications and test methods, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tehran, Iran.
- [27] Huss, H. H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. Rome: FAO (FAO Fisheries Technical Paper No. 348).
- [28] Sallam, KI. 2007. Anti-microbial and anti-oxidation effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control, 18: 566-575.
- [29] Mahmoudzadeh M, Motalebi AA, Hosseini H, Haratian P, Ahmadi H, Mohammadi M, Khaksar R. 2010. Quality assessment of fish burgers from deep flounder (*Pseudorhombus elevatus*) and brushtooth lizardfish (*Saurida undosquamis*) during storage at -18°C. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 1: 111-126.
- [30] Elyasi A, Zakipour Rahim Abadi E, Sahari MA, Zare P. 2010. Chemical and microbial changes of fish fingers made from mince and surimi of common Carp. International Food Research Journal, 17: 915-920.

## **A combined application of D-mixture design model, Quantitative Descriptive Analysis, and Principal Components Analysis, for design and development of fish balls incorporated with chicken protein isolate**

**Shaviklo, A. R.<sup>1\*</sup>, Abolghasemi, S. J.<sup>2</sup>, Mahdavi Adeli, H. R.<sup>1</sup>**

1. Department of Animal Products Processing, Animal Science Research institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2. Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran

Optimum utilization of animal protein byproducts results in the use of maximum production capacity in existing processing plants. The purpose of this research was to develop a new and ready-to-eat product from fish mince and chicken protein isolate with desirable sensory characteristics by using the D-optimal Mixture Design, Quantitative Anatomical Analysis (QDA), and Principal Components Analysis (PCA). Initially, 13 prototypes containing different percentages of fish mince and chicken protein isolate (totaling 70% of the product formulation) were prepared. After sensory evaluation by QDA method, a prototype was selected as the optimum treatment, which included 50% fish mince and 20% chicken protein isolate and 30% other ingredients. The sensory stability of the optimum prototype was investigated in comparison with the control treatment during 90 days of frozen storage. Physicochemical analysis (pH, TVB-N, PV, and TBARS) and microbial tests were also used to investigate the qualitative changes of the prototypes. The results showed that the optimum prototype had better sensory and quality indexes than the control sample. This study introduces chicken protein isolate as a new food ingredient. It also emphasizes the use of a combined application of QDA and PCA analysis and the D-optimal Mixture Design model in designing and manufacturing a product with the optimal formulation. Because these data will be applicable and valid for industrial-scale production.

**Keywords:** Fish ball, Fish mince, Chicken protein isolate

---

\* Corresponding Author E-mail Address: shaviklo@gmail.com