13 (1) 337-346, Spring 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effects of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) protein hydrolysate replacement with egg on stability and sensory properties of mayonnaise

Elnaz Ghafari Cherati [1], Sakineh Yeganeh*[1], Seyed Ali Jafarpour [1], Reza Safari [2]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Animal science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

[2]Caspian Sea Ecology Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran

Key Words

Silver carp
Fish protein hydrolysate
Mayonnaise
Emulsion stability
Sensory attributes

Abstract

Introduction: Mayonnaise is oil- in water emulsion that used as a good choice for consumers because of its favorable texture and good taste. In this research, the effect of egg replacement by silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) protein hydrolysate on chemical composition, thermal-mechanical stability and sensory properties of produced mayonnaise was investigated in 1394.

Materials & Methods: For this purpose, the silver carp protein hydrolysate was produced by using protamex enzyme (1.5 %), then was used in different levels of 0, 25, 50, 75 and 100% as an egg replacer.

Result: The results of chemical composition of treatments showed that by increasing the amount of silver carp protein hydrolysate in the prepared mayonnaise, crude protein and ash content significantly increased compared to the control ($P<0.05$) and fat and moisture content significantly decreased compared to the control ($P<0.05$). Also, the results showed higher emulsion stability of produced mayonnaise containing fish protein hydrolysate at -20 and 50˚C compared to the control ($P<0.05$). Sensory assessment declared that the factor of flavor in different treatments except 50% replacement didn't have any significant differences and other sensory factors (odour, texture, color and overall acceptability) didn't show significant differences among treatments ($P>0.05$).

Conclusion: Overall, it is concluded that the mayonnaise egg can be replaced by fish protein hydrolysate with similar properties and even resulted to better properties than general mayonnaise, occasionally.

* Corresponding Author's email: s.yeganeh@sanru.ac.ir
Received: 12 October 2019; Reviewed: 16 January 2020; Revised: 12 February 2020; Accepted: 29 February 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.133967

مقاله پژوهشی

اثرات جایگزینی پروتئین آبکافت شده ماهی کپورنقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با تخم‌مرغ بر پایداری و خواص حسی سس مایونز

الناز غفاری‌چراتی[1]، سکینه یگانه[1]، سیدعلی جعفرپور[1]، رضا صفری[2]*

[1] گروه شیلات،دانشکده علوم دامی و شیلات،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[2] پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، ساری، ایران

کلمات کلیدی

کپور نقره‌ای
پروتئین آبکافت شده ماهی
سس مایونز
پایداری امولسیون
خواص حسی

چکیده

مقدمه: سس مایونز یک امولسیون روغن در آب بوده که همواره به‌دلیل بافت و طعم مطلوب مورد علاقه و تحسین بسیاری از مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. در این پژوهش اثر جایگزینی تخم‌مرغ در سس مایونز با پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmicthys molitrix*) بر ترکیب شیمیایی، پایداری مکانیکی-حرارتی و خصوصیات حسی مایونز تولید شده در سال ۱۳۹٤ ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای با استفاده از آنزیم پروتامکس (۱/۵ درصد) آماده و در سطوح مختلف صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین تخم‌مرغ شد.

نتایج: نتایج حاصل از ترکیب شیمیایی تیمارها نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ میزان پروتئین خام و خاکستر در سس تهیه شده نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$) و میزان چربی و رطوبت در تیمارها کاهش یافت ($P<0/05$). هم‌چنین نتایج نشان داد که نمونه‌های سس مایونز تولیدی با پروتئین آبکافتی ماهی در درجه‌حرارت ۲۰- و ۵۰ درجه سانتی‌گراد دارای پایداری امولسیونی بیش‌تری نسبت به تیمار شاهد بودند ($P<0/05$). نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که فاکتور طعم در تیمارهای مختلف به‌غیر از تیمار ۵۰ درصد جایگزینی پروتئین تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند ($P>0/05$) و سایر شاخص‌های حسی (بو، بافت، رنگ و مقبولیت کلی) نیز نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی می‌توان گفت پروتئین آبکافتی قابلیت جایگزینی با تخم‌مرغ را در سس مایونز داشته و خصوصیات مشابه و گاهی بهتر از سس معمولی ایجاد می‌کند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.yeganeh@sanru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۰ مهر ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۲۶ دی ۱۳۹۸؛ تاریخ اصلاح: ۲۳ بهمن ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ اسفند ۱۳۹۸
(DOI): 10.22034/aej.2021.133967

مقدمه

افزایش روزافزون آگاهی نسبت به‌ارزش تغذیه‌ای، سلامت و بهداشت موادغذایی سبب گردیده تا تقاضا برای مواد خوراکی مغذی و سالم، بیش‌تر گردد و فشار زیادی بر صنایع غذایی برای کاهش چربی، شکر، کلسترول، نمک و .. وجود دارد (Nikzade و همکاران، ۲۰۱۲؛ Unnikrishnan و همکاران، ۲۰۱۹). مایونز فرآورده غذایی آماده‌ای است که به‌صورت امولسیون پایدار روغن در آب و دارای بو و مزه ملایم بوده و از روغن گیاهی خوراکی،سرکه با آبلیمو، تخم‌مرغ (زرده یا کامل)همراه با افزودنی‌ها و طعم‌دهنده‌های مجاز دیگر از قبیل نمک، شکر، ادویه، صمغ خوراکی، اسیدهای سیتریک، مالیک یا لاکتیک تولید می‌شود. تخم‌مرغ از ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده (۷۵درصد آب، ۱۲/۵درصد پروتئین، ۱۲درصد چربی و مقدار ناچیزی کربوهیدرات)و به‌دلیل این‌که خاصیت امولسیون‌کنندگی،کف‌کنندگی و قابلیت انعقاد دارد، به مواد غذایی اضافه می‌شود تا بافت، ساختمان، رنگ و وضعیت ظاهری آن‌ها را بهبود بخشد. در سس مایونز نیز دارای نقش‌های اصلی امولسیون کنندگی، تثبیت سازی، طعم دهندگی و رنگ‌زایی می‌باشد. ترکیب چربی‌های زرده بر روی عطر و طعم، رنگ و ثبات انواع سس اثر می‌گذارد (مقصودی، ۱۳۸۴). یک زرده تخم‌مرغ می‌تواند محتوی تقریباً ۲۱۰ میلی‌گرم کلسترول باشد (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۵).وجود مقدار بالای کلسترول‌موجود در زرده تخم‌مرغ و ارتباط آن با بروز بیماری‌های قلبی- عروقی زمینه مطالعات مختلفی را جهت جایگزین‌کردن تخم‌مرغ و تولید سس مایونز کم‌کلسترول با ویژگی‌های‌مشابه‌به‌مایونز معمولی‌فراهم‌آورده است(رهبری‌و همکاران، ۱۳۹۲). پودر پروتئین ماهی به‌دلیل ویژگی‌های خاص می‌تواند به عنوان یکی از گزینه‌های قابل جایگزینی با تخم‌مرغ مطرح باشد (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۹). اکثر محصولات غنی از پروتئین، دارای محدوده وسیعی از خواص می‌باشند (Mun و همکاران، ۲۰۰۹) و پتانسیل استفاده در غذا به‌عنوان هم‌بند، امولسی‌فایر و تشکیل ژل را دارند. کاربرد تکنولوژی آنزیمی، جهت بازیابی و اصلاح پروتئین ماهی می‌تواند طیف گسترده‌ای از عناصر غذایی و محصولات دیگر برای محدوده وسیعی از کاربردها را تولید کند. تیمارهای آنزیمی، پروتئین، پپتیدها و آمینواسیدهایی تولید می‌کنند که می‌توانند ویژگی‌های بیولوژیکی و کاربردی پروتئین را بهبود بخشند و کیفیت آن را بهتر کرده و فرصت‌های جالبی برای کاربری غذایی ارائه دهند (Sathivel و Bechtel، ۲۰۰۸). پروتئین‌های آبکافت‌شده، دارای مخلوطی از آمینو اسیدها، دی، تری و الیگوپپتیدها هستند و با تولید گروه‌های آبدوست، حلالیت پروتئین را افزایش داده و درنتیجه خواص عملکردی پروتئین را بهبودمی‌بخشند(اویسی‌پور و قمی، ۱۳۸۷).در روش‌آبکافت آنزیمی، آنزیم‌های بسیاری از قبیل پاپائین، آلکالاز، پروتامکس، نئوتراز و ... مناسب توصیف شده‌اند (Aspmo و همکاران، ۲۰۰۵). آبکافت آنزیمی راه‌خوبی برای بازیابی پروتئین از محصولات است. به‌علاوه‌پروتئین‌های آبکافت‌شده ماهیان به‌دلیل داشتن پپتیدهای زیست‌فعال (Gajanan و همکاران، ۲۰۱۶)، کندروتین‌سولفات (Vázquez و همکاران، ۲۰۱۳) و خواص ضد اکسایشی (Elavarasan و همکاران، ۲۰۱۴)، ازجمله مواد مناسب برای درمان سرطان محسوب می‌شوند (Ruxton و همکاران، ۲۰۰۴؛ Kim و Wijesekara، ۲۰۱۰؛ Ngo و همکاران، ۲۰۱۱؛ Harnedy و FitzGerald، ۲۰۱۲).از طرف دیگر به‌دلیل کوتاه بودن زنجیره پپتیدی، دارای قابلیت هضم بالایی هستند و می‌توانند به عنوان مکمل پروتئینی در تغذیه انسان، دام و آبزیان مورد استفاده قرار گیرند، هم‌چنین نقش مؤثر پروتئین‌های آبکافت‌شده به‌عنوان منبع نیتروژن در محیط‌های کشت باکتری، به‌اثبات رسیده است (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹؛ اصغرنیا و همکاران، ۱۳۹۶). پروتئین آبکافت شده به‌طور وسیعی در صنایع غذایی کاربرد دارد که ازجمله آن می‌توان به‌جایگزین شیر، مکمل‌های پروتئینی، پایدارکننده‌ها و طعم‌دهنده‌ها در محصولات قنادی اشاره کرد (Kristinsson و Rasco، ۲۰۰۰c؛ Unnikrishnan و همکاران، ۲۰۱۹). هم‌چنین پودر پروتئین تخم ماهی به‌دلیل خاصیت امولسیون‌کنندگی برتر، به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در سس مایونز پیشنهاد می‌شود (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۹؛ Binsi و همکاران، ۲۰۱۷).کنسانتره پروتئین ماهی در کراکر، ماکارونی و غذاهای مبتنی بر غلات نیز استفاده می‌شود (Elenice Souza و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس آمار FAO تولیدات جهانی شیلاتی صید و آبزی‌پروری در سال ۲۰۱۷، ۱۷۲/۶ میلیون تن و سهم آبزی‌پروری ۸۰/۱ میلیون‌تن بوده است، تولید کپورنقره‌ای ۴۷۰۴۶۷۳ تن را تشکیل داده است و ایران دارای سهم ۷۹۰۱۷۱ تن از صید و ۴۱۲۸۸۷ تن آن از آبزی‌پروری است (FAO، ۲۰۱۹). مجموع تولید ماهیان گرم‌آبی ایران ۱۸۷۳۹۹ تن در سال ۱۳۹۷ بوده است که سهم زیادی از آن مربوط به‌پرورش کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) می‌باشد (سالنامه آماری، ۱۳۹۷-۱۳۹۲)، اما از آن‌جایی‌که این ماهی در رقابت با ماهیان خوش‌خوراک‌تر، ماهی کم‌مصرفی محسوب می‌گردد، بنابراین تولید فرآورده‌های متنوع از این ماهی برای ترویج‌مصرف آن ضروری به‌نظر می‌رسد (شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۴). مطالعاتی در ارتباط با جایگزینی تخم‌مرغ در مایونز انجام شده است که از آن جمله می‌توان به‌مطالعه رهبری و همکاران (۱۳۹۲) در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی سس مایونز حاوی ایزوله پروتئین جوانه گندم و صمغ زانتان به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ، Sathivel و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی استفاده از پودر پروتئین تخم ماهی گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) و کاربرد آن‌در سیستم امولسیونی، Nikzade و همکاران (۲۰۱۲) در بهینه‌سازی تولید مایونز

کم‌چرب با کلسترول پایین حاوی شیرسویا (گزانتان‌گام و گوآرگام) به‌عنوان جایگزین زرده تخم‌مرغ اشاره داشت. با توجه به موارد بیان شده در ارتباط با اهمیت جایگزینی تخم مرغ در سس مایونز و با توجه به‌خصوصیات کارکردی پودر پروتئین آبکافت‌شده ماهی و نیز عدم وجود مطالعه‌ای در ارتباط با استفاده از پودر پروتئینی تهیه‌شده از ماهی کپورنقره‌ای در سس مایونز، این موضوع، در این تحقیق مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه پروتئین آبکافت شده: ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با میانگین وزنی ۵۵±۷۰۰ گرم در پاییز سال ۱۳۹۴ از بازارچه ماهی‌فروشان قائم‌شهر تهیه و سر و دم‌زنی و پوست‌گیری شد، فیله‌ها تهیه و پس از شستشو، در بسته‌های پلاستیکی درب‌دار، تا زمان فرآیندهای بعدی، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید (اصغرنیا و همکاران، ۲۰۱۶). به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا ماهی کپور نقره‌ای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجماد زدایی، چرخ شده و با آب مقطر با نسبت (۲:۱ v/w) مخلوط و به‌مدت ۲ دقیقه هموژن شدند و جهت غیرفعال‌کردن آنزیم‌های درونی در حمام آب گرم در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. آنزیم پروتامکس (فعالیت آنزیمی ۱/۵ آنسون یونیت بر گرم، استخراج شده از *Bacillus subtilis*، شرکت نووزایم، دانمارک) با غلظت ۱/۵ درصد، دما ۵۵ درجه سانتی‌گراد، زمان آبکافت ۳ ساعت و pH ۸ در نظر گرفته شد. در نهایت نمونه‌ها در حمام آبی به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌منظور غیرفعال‌سازی آنزیم پروتامکس قرار گرفتند. سپس نمونه تحت عمل سانتریفوژ در دستگاه سانتریفوژ یخچال‌دار، قرار گرفت. بعد از جداسازی مایع شفاف رویی، نمونه‌ها با استفاده از روش خشک کن انجمادی خشک شدند (Ovissipour و همکاران، ۲۰۰۹c).

آماده‌سازی سس مایونز: فرمولاسیون نمونه‌های مایونز تولیدی شامل روغن آفتاب‌گردان (۳۰۰ گرم)، تخم‌مرغ (۹۰ گرم)، سرکه (۴۵ گرم)، آبلیمو (۲۰ گرم)، شکر (۶۰ گرم)، نمک (۱۷ گرم)، اسید سیتریک (۱/۹ گرم)، خردل (۳/۲ گرم)، سوربات (۰/۳ گرم)، بنزوآت (۰/۳ گرم)، گزانتان (۲ گرم)، گوآرگام (۱/۵ گرم)، CMC (۱/۵ گرم)، نشاسته (۲۸ گرم) و آب به‌میزان لازم بود. با مخلوط کردن این ترکیبات، سس مایونز کم‌چرب تهیه گردید (دستور تهیه سس از شرکت محیا اتخاذ شد). جهت تولید تیمارها، از پودر پروتئین تهیه شده، در سطوح جایگزینی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد (w/w) با تخم‌مرغ، استفاده شد (برزگری و همکاران، ۱۳۹۲) که براساس محاسبه درصد پروتئین تخم مرغ و بالانس آن با درصد پروتئین پودر خشک شده ماهی، نسبت‌های مورد نظر انتخاب شده و در فرمولاسیون سس مورد استفاده قرار گرفت.

ترکیب شیمیایی و انرژی‌زایی: درصد پروتئین به‌روش کلدال، درصد چربی به‌روش سوکسله، خاکستر و رطوبت نمونه براساس AOAC (۲۰۰۵) تعیین شد. مقدار کربوهیدرات از تفریق ترکیبات پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر از ۱۰۰ به‌دست آمد. انرژی‌زایی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Worrasinchai و همکاران، ۲۰۰۶):

= انرژی‌زایی (کیلوکالری در ۱۰۰ گرم)

(پروتئین × ۴)+(چربی ×۹)+ (کربوهیدارات×۴)

درجه آبکافت پروتئین آبکافتی: برای تعیین درجه آبکافت (DH)، پس از آبکافت، فاز محلول حاوی پروتئین آبکافت جدا و محلول تری کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰٪ به نسبت ۱:۱ به آن اضافه گردید، نمونه به‌مدت ۱۰ دقیقه (۶۰۰۰ دور در دقیقه، دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) سانتریفوژ شد و محلول تری کلرواستیک اسید ۱۰٪ شفاف حاوی پروتئین‌های محلول جمع‌آوری شد. سپس درجه آبکافت براساس رابطه زیر محاسبه گردید (Hoyle و Merritte، ۱۹۹۴):

DH= (نیتروژن موجود در محلول TCA/ نیتروژن کل در نمونه) × ۱۰۰

ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین آبکافت شده: براساس روش Šližyte و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد. مطابق این روش ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر از پروتئین تهیه و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد استراحت داده شد. ۱۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان خالص به‌آن افزوده شد و مخلوط با اولتراتراکس با سرعت ۲۰۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۹۰ ثانیه هم زده شد. سپس ۳ دقیقه با دور ۲۴۰۰ در دقیقه سانتریفوژ گردید. حجم بخش امولسیون‌شده قرائت شد و میزان ظرفیت امولسیون‌کنندگی به‌صورت حجم قسمت امولسیون‌شده به‌حجم کل بیان گردید.

ارزیابی حسی سس مایونز: ۷ مرد کاملاً حرفه‌ای (با میانگین سنی ۴۱ تا ۴۸ سال) کارخانه کاله آمل به‌عنوان ارزیاب انتخاب شدند. جهت ارزیابی حسی، از مقیاس هدونیک ۵ امتیازی استفاده شد (۱: حداقل امتیاز، ۵: حداکثر امتیاز). فاکتورهای طعم، بو، بافت، رنگ و مقبولیت کلی در کارخانه کاله آمل به‌طور کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. افراد تست‌کننده خواص ظاهری، طعم و بوی سس را مورد ارزیابی قرار دادند.

پایداری فیزیکی و حرارتی مایونز: جهت اندازه‌گیری پایداری مکانیکی، ۱۵ گرم نمونه به‌مدت ۳۰ دقیقه در دور ۵۰۰۰ در دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از این مرحله لایه روغن تشکیل‌شده در سطح، جدا شده و دور ریخته شد و نمونه مجدداً توزین شد. پایداری امولسیون‌ها برحسب درصد با استفاده از رابطه زیر تعیین شدند.

= درصد پایداری امولسیون‌ها

۱۰۰ × (وزن نمونه پس از سانتریفوژ/ وزن اولیه نمونه)

جهت تعیین ثبات مایونز در برابر حرارت، مراحل قبل تکرار و نمونه‌ها قبل از سانتریفوژ، به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. ثبات مایونزها در برابر حرارت نیز با استفاده از رابطه بالا تعیین شد (Mun و همکاران، ۲۰۰۹). برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون مایونز، ۵ گرم از نمونه‌ها را در لوله سانتریفوژ ۱۰ میلی‌لیتر قرار داده و در ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای ۲ روز نگه‌داری شد و سپس اجازه داده شد در دمای اتاق برای یک ساعت انجمادزدایی گردد. نمونه‌های انجمادزدایی شده در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۴۰ دقیقه و در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید و مقدار روغن جدا شده اندازه‌گیری شد. درصد روغن بازیابی شده به‌صورت زیر محاسبه گردید (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۵):

= درصد روغن بازیابی شده

۱۰۰ × (وزن روغن بازیابی‌شده/ ۵ گرم نمونه مایونز)

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایش در قالب‌طرح کاملاً تصادفی انجام شده و هریک از خصوصیات مورد نظر با سه تکرار اندازه‌گیری شدند. معنی‌دار بودن آماری اختلافات مشاهده شده در آزمون‌های ترکیب شیمیایی و ارزیابی حسی به‌وسیله تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA)، آزمون پایداری فیزیکی- حرارتی به وسیله تجزیه و تحلیل واریانس دو طرفه (TWO-Way ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج

ترکیب شیمیایی پودر پروتئین و سس: مقادیر پروتئین خام، چربی، خاکستر و رطوبت پودر پروتئین تهیه‌شده از آبکافت فیله ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با آنزیم پروتامکس به‌ترتیب ۸۰/۳۵±۰/۳۸، ۲±۰/۰۴، ۲/۳۸±۰/۷۶ و ۱۵/۱۵±۰/۲۶ درصد به‌دست‌آمد که با سطوح جایگزینی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در سس مایونز به‌جای تخم‌مرغ جایگزین شد. نتایج ترکیب شیمیایی سس مایونز تهیه‌شده با پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ با سطوح مختلف جایگزینی در جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش میزان جایگزینی پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ میزان پروتئین و خاکستر در سس مایونز تهیه شده نسبت به‌تیمار شاهد (صفر درصد) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵) و میزان چربی و رطوبت در تیمارها کاهش یافت (P<۰/۰۵). مقدار کربوهیدرات و انرژی‌زایی در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد و با افزایش مقدار جایگزینی افزایش یافت (P<۰/۰۵)، البته میزان انرژی در تیمار ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵).

درجه آبکافت و خصلت امولسی‌فایری پروتئین آبکافت شده: طی آنالیز انجام شده در این پژوهش درجه آبکافت پروتئین ۱۸±۰/۳ درصد و مقدار خصلت امولسیون‌فایری پروتئین آبکافت شده ۴/۱۱±۰/۲۸ درصد به‌دست آمده است.

ارزیابی حسی سس مایونز: نتایج حاصل از ارزیابی حسی سس مایونز تهیه شده با پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ با سطوح مختلف جایگزینی در جدول ۲ نشان داد که فاکتور طعم در تیمارهای شاهد، ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). اما تیمار ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). سایر شاخص‌های حسی اندازه‌گیری شده در بین تیمارهای شاهد و سطوح مختلف جایگزینی پودر پروتئین ماهی تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵).

پایداری مکانیکی-حرارتی سس مایونز: با توجه به جدول ۳، نتایج پایداری مکانیکی- حرارتی سس مایونز تهیه شده با سطوح مختلف جایگزینی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) پودر پروتئین آبکافت‌شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی پودر پروتئین آبکافت شده ماهی در سس مایونز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پایداری به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد با هم و تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد با هم تفاوت معنی‌داری در پایداری در این دما نشان ندادند (P>۰/۰۵). در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تیمارهای حاوی سطوح مختلف پودر پروتئین نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵)، اما تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵) و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش سطوح جایگزینی تا ۷۵ درصد پایداری افزایش یافت، اگرچه با جایگزینی ۱۰۰ درصد پایداری نسبت به سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش یافت، اما نسبت به تیمار شاهد پایداری بیش‌تری نشان داد (P<۰/۰۵). بررسی هر سطح جایگزینی در دماهای مختلف (۲۰، ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد)، به‌جز تیمار شاهد که بیش‌ترین پایداری را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داشت (P<۰/۰۵)، سایر دماهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵)، در سایر سطوح جایگزینی بیش‌ترین پایداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (P<۰/۰۵). در سطح جایگزینی ۲۵ درصد دمای ۲۰- و ۲۵، در سطح جایگزینی ۷۵ درصد دمای ۲۰- و ۵۰ و در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد دمای ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵). آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر سطوح جایگزینی، دما و اثر متقابل سطوح جایگزینی و دما معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

جدول ۱: ترکیب شیمیایی (درصد) و انرژی‌زایی (کیلوکالری/۱۰۰گرم) سس مایونز تهیه‌شده با سطوح مختلف جایگزینی تخم‌مرغ با پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)

ترکیب شیمیایی و انرژی						
تیمار	پروتئین	خاکستر	چربی	رطوبت	کربوهیدرات	انرژی
صفر (شاهد)	۱/۳۷±۰/۱۳ e	۱/۹۶±۰/۰۲ e	۳۱/۱۳±۰/۱۱ a	۶۴/۱۴±۰/۱۲ a	۱/۴۱±۰/۳۸ e	۲۸۹/۱۷±۱/۱۳ b
۲۵ درصد	۵/۶۴±۰/۲۳ d	۲/۱۹±۰/۰۳ d	۳۰/۳۷±۰/۱۹ b	۶۰/۲۱±۰/۱۲ b	۱/۵۹±۰/۵۷ d	۳۰۲/۲۲±۲/۱۴ a
۵۰ درصد	۶/۲۴±۰/۱۳ c	۲/۵۶±۰/۰۳ c	۲۹/۸۰±۰/۰۸ c	۵۹/۱۲±۰/۰۲ d	۲/۲۳±۰/۷۶ a	۳۰۲/۰۸±۱/۱۵ a
۷۵ درصد	۶/۶۰±۰/۱۲ b	۲/۷۹±۰/۰۳ b	۲۹/۵۵±۰/۰۵ d	۵۹/۴۰±۰/۲۰ c	۱/۶۶±۰/۴ c	۲۹۸/۹۸±۱/۱۲ c
۱۰۰ درصد	۶/۹۲±۰/۰۵ a	۲/۹۲±۰/۰۲ a	۲۹/۴۴±۰/۰۲ d	۵۸/۹۵±۰/۰۵ d	۱/۷۸±۰/۱۴b	۲۹۹/۷۵±۰/۹۹ c

* داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار. حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (P>۰/۰۵)

جدول ۲: ارزیابی حسی سس مایونز تهیه شده با سطوح مختلف جایگزینی تخم‌مرغ با پودر پروتئین هیدرولیزشده ماهی کپور نقره‌ای (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)

خصوصیات حسی	تیمار				
	صفر (شاهد)	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	۱۰۰درصد
طعم	۲±۰/۷۱ *b	۳±۱ ab	۳/۴±۰/۵۵ a	۳/۲±۱/۳۰ ab	۲/۶±۰/۸۹ ab
بو	۲/۶±۱/۱۴ a	۲/۴±۰/۵۵ a	۲/۶±۰/۵۵ a	۲/۴±۰/۵۵ a	۲/۲±۰/۸۴ a
بافت	۲±۰/۷۱ a	۲/۸±۰/۴۵ a	۳±۰/۷۱ a	۲/۶±۰/۸۹ a	۳±۱ a
رنگ	۲/۸±۰/۸۴ a	۲/۶±۰/۵۵ a	۳±۰/۷۱ a	۳/۲±۱/۰۹ a	۲/۸±۰/۴۵ a
مقبولیت‌کلی	۲/۶±۰/۵۵ a	۲/۶±۰/۵۵ a	۳/۲±۰/۴۵ a	۳±۱/۲۲ a	۲/۸±۰/۸۴ a

* داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار. حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (P>۰/۰۵)

جدول ۳: پایداری مکانیکی-حرارتی (درصد) سس مایونز تهیه‌شده با سطوح مختلف جایگزینی تخم‌مرغ با پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در دماهای مختلف

تیمار	دما (درجه سانتی‌گراد)		
	-۲۰	۲۵	۵۰
صفر (شاهد)	۸۶/۵±۰/۴۶ *Db	۹۴/۰۷±۲/۷۲ Aa	۸۳/۶±۰/۵۳ Eb
۲۵ درصد	۹۸/۱±۰/۱ Ba	۸۱/۸±۱/۶۳ Bc	۹۶±۰/۲ Cb
۵۰ درصد	۹۸/۶±۰/۲۱ Aa	۷۶/۴±۰/۳۶ Cc	۹۷/۲±۰/۱۵ Bb
۷۵ درصد	۹۹±۰/۱ Aa	۷۴/۶±۰/۵۵ DCc	۹۸±۰/۱۵ Ab
۱۰۰ درصد	۹۷/۴±۰/۳۲ Ca	۷۲/۰۳±۰/۷۵ Dc	۸۸/۴±۰/۵۷ Db

* داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار. حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (P>۰/۰۵)

بحث

وجود کلسترول بالای تخم‌مرغ با امکان ابتلا به بیماری‌های قلب ارتباط داشته (Anton و همکاران، ۲۰۰۳) و میزان کلسترول بالای رژیم غذایی برای بیماران دیابتی، قلبی و فشارخون، مضر و خطرناک می‌باشد (Rehman و همکاران، ۲۰۱۶)، زرده یک تخم‌مرغ حاوی حدود ۲۱۰ میلی‌گرم کلسترول می‌باشد درحالی‌که جذب کلسترول نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌گرم در روز باشد (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۵). به‌همین دلیل مطالعات مختلفی در جهت یافتن جایگزینی برای تخم مرغ با ویژگی‌های عملکردی مناسب و تولید سس کم کلسترول با ویژگی‌های مشابه با سس معمولی مایونز اجرا شده است. ازجمله جایگزین‌هایی که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند پروتئین‌های گیاهی مانند پروتئین سویا (Rir و همکاران، ۱۹۹۴)، پروتئین آب پنیر (Abu Ghoush و همکاران، ۲۰۰۸) ، گندم (Herald و همکاران، ۲۰۰۹) و ایزوله پروتئین جوانه گندم (رهبری و همکاران، ۱۳۹۲) و جانوری مانند پروتئین آبکافت شده Arrowtooth flounder (Sathivel

و همکاران، ۲۰۰۵) می‌باشند. پایداری امولسیون یکی از خصوصیات مهم مایونز می‌باشد (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۵). پروتئین‌های آبکافت شده نیز دارای خصوصیات عملکردی اموسیون‌کنندگی، کف‌زایی و تشکیل ژل می‌باشند که استفاده از آن‌ها را در سیستم‌های غذایی امکان‌پذیر می‌سازد (رفتنی‌امیری و همکاران، ۱۳۹۴). در این مطالعه نیز از پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در جهت حفظ خصوصیات امولسیونی در سس مایونز استفاده شد و تغییرات ویژگی‌های سس تولیدی مورد بررسی قرار گرفت.

ترکیب شیمیایی پودر پروتئین و سس مایونز: با توجه به نتایج ترکیب شیمیایی پودر پروتئین تهیه‌شده از آبکافت فیله ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با آنزیم پروتامکس، میزان پروتئین بیش‌تر و میزان چربی، رطوبت و خاکستر کم‌تر از مقادیر موجود در تخم‌مرغ خام (پروتئین ۱۱/۸، خاکستر ۱۱/۷، چربی ۱۱ و رطوبت ۶۵ درصد) بود. در تخم White leghorn chicken میزان پروتئین ۱۱/۷۵، عصاره اتری ۸/۴۸، رطوبت ۷۵/۴۱ و خاکستر ۳/۹۲ درصد گزارش شده است (Rehman و همکاران، ۲۰۱۶). مقدار چربی در ماده خام اولیه (ماهی کپور نقره‌ای) در حدود ۱۱ درصد بود، بعد از انجام عمل آبکافت، میزان چربی تا ۲/۳۸ درصد کاهش یافت که اویسی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی خواص پروتئین‌های آبکافت شده امعاء و احشاء ماهی تون زرد باله (*Thunnus albacares*) با استفاده از آنزیم‌های تجاری دلیل این کاهش را این‌چنین بیان کردند که می‌تواند به‌دلیل شکسته‌شدن باندهای پپتیدی و سانتریفوژ نمونه‌ها باشد که باعث می‌شود در طی سانتریفوژ با دور بالا، چربی به پروتئین‌های نامحلول متصل شده و همراه آن‌ها رسوب کند.

Kristinsson و Rasco (۲۰۰۰a)، Kristinsson و Rasco (۲۰۰۰b) و Šližyte و همکاران (۲۰۰۵) نیز به این نتیجه رسیدند که میزان رطوبت و چربی در پروتئین آبکافت شده کم است، به‌طوری‌که میزان چربی در پروتئین‌های آبکافت شده تولیدی با اثر آنزیم‌های آلکالاز، پروتامکس و فلاورزایم تقریباً ۱/۵ درصد بود. در مطالعه انجام شده توسط رمضان‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر پروتئین آبکافتی حاصل از پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با آنزیم آلکالاز به‌ترتیب ۱/۰۱±۳۱/۶۸، ۰/۲±۱/۳۷، ۰/۷۵±۶۴/۸۸، ۰/۵۳±۲/۷۱ درصد به‌دست آمد. در مطالعه علی‌عسگری و همکاران (۱۳۹۶) برای بهینه‌یابی پروتئین آبکافت شده ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) نیز میزان پروتئین و چربی پروتئین آبکافتی به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت. Ovissipour و همکاران (۲۰۰۹b) اثر پنج آنزیم پروتئاز را روی خواص پروتئین آبکافت شده امعاء و احشاء تاس‌ماهی ایرانی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش نمودند که بیش‌ترین میزان پروتئین مربوط به‌فرآورده تولیدشده توسط آلکالاز می‌باشدو به‌ترتیب آنزیم‌های پروتامکس و فلاورزایم در مرتبه بعدی بودند و نشان دادند که ترکیب شیمیایی پروتئین آبکافتی می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر آنزیم، شرایط آزمایش و ماده اولیه مورد استفاده باشد، اما مقدار پروتئین مناسب در نتیجه آبکافت آبزیان، ۶۳ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (Ovissipour و همکاران، ۲۰۰۹a).

نتایج ترکیب شیمیایی سس مایونز نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی پروتئین ماهی به‌جای تخم‌مرغ در سس مایونز (از صفر تا ۱۰۰)، با افزایش میزان جایگزینی پودر پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای به‌جای تخم‌مرغ میزان پروتئین خام و خاکستر در سس مایونز تهیه‌شده نسبت به تیمار شاهد (صفر درصد) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و میزان انرژی‌زایی نیز افزایش یافت. میزان چربی و رطوبت در تیمارها کاهش یافت ($p<0/05$). اگرچه میزان چربی با افزایش مقدار پروتئین آبکافتی کاهش یافت، اما به‌دلیل افزایش چند برابری پروتئین، انرژی‌زایی افزایش نشان داد. به‌نظر می‌رسد دلیل این تغییرات به‌ترکیب شیمیایی ماده جایگزین در مطالعه حاضر که حاوی پروتئین زیاد و چربی و رطوبت کم می‌باشد، مرتبط باشد. استفاده از بتاگلوکان جو بدون پوشینه و صمغ کتیرا در سس مایونز تفاوت معنی‌داری در پروتئین و خاکستر ایجاد نکرد، میزان کربوهیدرات به دلیل ماهیت کربوهیدراته بتاگلوکان و کتیرا افزایش و انرژی‌زایی کاهش یافت (امیری عقدایی، ۱۳۹۱ الف و ب). تولید سس مایونز با استفاده از ایزوله پروتئین آب پنیر نیز نتایج مشابهی را ایجاد کرد (Liu و همکاران، ۲۰۰۷).

درجه آبکافت و خصلت امولسی‌فایری پروتئین آبکافت شده: درجه آبکافت یکی از پارامترهای تعیین میزان باندهای شکسته شده می‌باشد و بسیاری از خواص پروتئین آبکافت شده، ازجمله میزان اسیدهای آمینه آزاد، میزان انحلال‌پذیری و وزن مولکولی (شکرپور رودباری و همکاران، ۱۳۸۹)، حلالیت (Taheri و همکاران، ۲۰۱۲)، ظرفیت جذب روغن (Souissi و همکاران، ۲۰۰۷)، ظرفیت کف‌زایی و پایداری کف (Klampong و همکاران، ۲۰۰۸) پروتئین تولید شده، وابسته به‌شدت و درجه آبکافت می‌باشد. مقدار درجه آبکافت در این پژوهش توسط آنزیم پروتامکس ۰/۳±۱۸ درصد به‌دست‌آمد. اویسی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی خواص پروتئین‌های هیدرولیزشده امعاء و احشاء ماهی تون زردباله (*Thunnus albacares*) با استفاده از آنزیم پروتامکس مقدار درجه آبکافت را در حدود ۱۷ درصد و Taheri و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی خواص عملکردی پروتئین آبکافت شده از قزل‌آلای رنگین‌کمان مقدار درجه آبکافت را در حدود ۱۵ درصد به دست آوردند. خواص کاربردی پروتئین‌ها، رفتار و عملکرد آن‌ها را در

سیستم‌های غذایی در حین آماده‌سازی، فرآوری، نگه‌داری و مصرف کنترل می‌کند (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). خصلت امولسی‌فایری پروتئین آبکافت شده در این پژوهش ۴/۱۱±۰/۲۸ درصد به‌دست آمد که این مقدار با نتایج Taheri و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی مقایسه‌ای خواص عملکردی پروتئین آبکافت شده از احشاء ماکیان و قزل‌آلای رنگین‌کمان که خصلت امولسی‌فایری را ۴ به‌دست آورده بودند، مطابقت دارد.

ارزیابی حسی سس مایونز: با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی سس مایونز تهیه شده از پروتئین آبکافت شده ماهی کپور نقره‌ای با سطوح مختلف جایگزینی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) نشان داد که به‌جز فاکتور طعم که تیمار ۵۰ درصد جایگزینی پروتئین تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). سایر شاخص‌های حسی اندازه‌گیری‌شده در بین تیمارهای شاهد وسطوح مختلف جایگزینی پودر پروتئین ماهی تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). به‌نظر می‌رسد ترکیب تخم‌مرغ با پودر پروتئین آبکافت شده در نمونه سس‌های آماده شده، موجب پوشاندن بوی تند و ایجاد طعم مطبوع و رنگ مناسب که از نظر برخی مصرف‌کنندگان مطلوب بود گردید. طلوعی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم‌چرب حاوی اینولین و پکتین کاهش ویژگی‌های حسی را شاهد بودند، اما این کاهش در تیمارها معنی‌دار نبود و از نظر پذیرش کلی مورد قبول واقع شد. امیری‌عقدایی و همکاران (۱۳۹۱ب) با بررسی تأثیر بتاگلوکان جو بدون پوشینه به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم‌چرب با افزایش درصد جایگزینی بتاگلوکان جو تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در ویژگی‌های حسی نسبت به‌شاهد مشاهده نکردند و این گونه نتیجه گرفتند که بتاگلوکان جایگزینی مناسب است و رهبری و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی و جایگزینی ایزوله پروتئین جوانه گندم و صمغ زانتان به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ به این نتیجه رسیدند که با جایگزینی این مواد تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های مایونز از نظر ویژگی‌های حسی مشاهده نشد و می‌توان مقدار تخم‌مرغ را تا حد زیادی کاهش داد و سس مایونز با ویژگی‌های حسی مطلوب تولید نمود، که با نتایج این پژوهش مشابهت دارد.

پایداری مکانیکی-حرارتی سس مایونز: پایداری امولسیون یکی از مهم‌ترین خصوصیات مایونز است. پروتئین ماهی به‌دلیل داشتن قسمت‌های آب‌دوست و آبگریز در مولکول خود، طبیعتاً می‌تواند به‌منزله یک عامل پیونددهنده یا امولسیون‌کننده بین دو جزء غذایی که هر کدام دارای یکی از دو ویژگی هستند، عمل کند. امولسیون پایدار، به‌امولسیونی اطلاق می‌شود که هم‌آمیختگی و رونشینی در آن رخ ندهد. نتایج پایداری مکانیکی- حرارتی نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی پودرپروتئین آبکافت شده ماهی به‌جای تخم‌مرغ در سس مایونز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پایداری به‌طور معنی‌داری نسبت به‌تیمار شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تیمارهای حاوی سطوح مختلف پودر پروتئین نسبت به‌تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش سطوح جایگزینی تا ۷۵ درصد پایداری افزایش یافت، اگرچه با جایگزینی ۱۰۰ درصد پایداری نسبت به‌سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش یافت، اما نسبت به‌تیمار شاهد پایداری بیش‌تری نشان داد (p<۰/۰۵)، اما در نمونه‌های سس مایونز با افزایش درصد جایگزینی پروتئین ماهی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بیش‌ترین پایداری را در ۲۰- درجه سانتی‌گراد داشت که این اختلاف در بین تیمارها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). دلیل این امر ممکن است افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته به‌دنبال افزودن پودر پروتئین آبکافت شده ماهی باشد که با کاهش حرکت قطرات روغن، از هم آمیختگی و ناپایداری امولسیون جلوگیری کرده و موجب افزایش پایداری گردد (Sathivel و همکاران، ۲۰۰۵). هم‌چنین ممکن است به‌دلیل واکنش پروتئین و پلی‌ساکارید باشد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای کشش‌سطحی قطرات روغن و آب را کاهش داده و یک فیلم ضخیم بین سطحی روی قطرات روغن تشکیل می‌دهد و به این ترتیب موجب ایجاد یک امولسیون پایدار با قطرات روغن می‌گردد (Herald و همکاران، ۲۰۰۹). Herald و همکاران (۲۰۰۹) با به‌کار بردن کنسانتره آب پنیر و صمغ فتوگریک و Abu Ghoush و همکاران (۲۰۰۸) با به‌کار بردن بوتاکاراگینان و ایزوله پروتئین گندم به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در سیستم مایونز به نتایج مشابهی دست یافتند.

مقصودی (۱۳۸۴) بیان کرد که صمغ‌ها با افزایش غلظت فاز پیوسته موجب کاهش چسبندگی و متراکم شدن قطرات چربی و کاهش احتمال برخورد و اتصال این قطرات به یکدیگر از طریق کاهش آزادی حرکت قطرات پراکنده امولسیون گردیده در نتیجه موجب ثبات و پایداری امولسیون می‌گردند. جایگزینی پودر پروتئین آبکافتی ماهی کپور نقره‌ای در این پژوهش توانست موجب ثبات و پایداری امولسیون گردد. با توجه به نتایج خصوصیات اموسیون‌کنندگی، حسی و پایداری مکانیکی- حرارتی در این تحقیق، امکان استفاده از پروتئین آبکافت شده ماهی (تا صد در صد) به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ وجود داشته و استفاده از آن می‌تواند در سلامت مصرف‌کننده موثر باشد. البته جهت تایید سطح جایگزینی نیاز به تحقیق بیش‌تر در ارتباط با سایر خصوصیات سس مایونز از جمله خصوصیات رئولوژی و بافتی می‌باشد.

منابع

۱. **آمارنامه دریایی ایران. ۱۳۹۶.** معاونت علمی و فناوری، ستاد توسعه فناوری و صنایع دانش بنیان‌دریایی. ۱۶۲ صفحه.

۲. **اصغرنیا، م.؛ یگانه، س.؛ جعفرپور، س.ع. و صفری، ر.، ۱۳۹۶.** استفاده از روش شیمیایی به‌منظور تولید پروتئین آبکافت شده از امعاء و احشاء فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys moltirix*) و استفاده از آن به‌عنوان محیط کشت *Listeria monocytogenes*. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۶، شماره ۳، صفحات ۱۱ تا ۲۳.

۳. **امیری‌عقدایی، س.؛ اعلمی، م. و دارایی‌گرمه‌خانی، ا.، ۱۳۹۱ الف.** تأثیر استفاده از صمغ کتیرا به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و بافت سس مایونز کم‌چرب. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۸، شماره ۲، صفحات ۱۸۰ تا ۱۸۹.

۴. **امیری‌عقدایی، س.؛ اعلمی، م.؛ صادقی‌ماهونک، ع. و جعفری، م.، ۱۳۹۱ ب.** تأثیر بتاگلوکان جو بدون پوشینه به‌عنوان مقلد چربی بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم چرب. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. دوره ۲۲، شماره ۲، صفحات ۱۴۱ تا ۱۵۴.

۵. **اویسی‌پور، م.؛ عابدیان‌کناری، ع.؛ معتمدزادگان، ع . و نظری، ر.، ۱۳۸۹.** بررسی خواص پروتئین‌های هیدرولیزشده امعاء و احشاء ماهی تون زردباله (*Thunnus albacore*) با استفاده از آنزیم‌های تجاری. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۶۸ تا ۷۶.

۶. **اویسی‌پور، م.ر. و قمی، م.، ۱۳۸۷.** بیوتکنولوژی در تولید فرآورده‌های دریایی (چاپ اول). دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن. ۱۹۲ صفحه.

۷. **برزگری، م.؛ رفتنی‌امیری، ز.؛ محمدزاده‌میلانی، ف. و معتمدزادگان، ع.، ۱۳۹۲.** بررسی تأثیر جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با صمغ فارسی بر خواص کیفی سس مایونز. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۳۸۱ تا ۳۹۲.

۸. **رفتنی‌امیری، ز.؛ صفری، ر.؛ بخشنده، ت. و احمدی‌واوسری، ف.، ۱۳۹۴.** تاثیر پروتئین آبکافتی ماهی مرکب بر خصوصیات کیفی ماست قالبی کم‌چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۱۳، شماره ۵۶ ، صفحات ۱۱ تا ۲۲.

۹. **رمضان‌زاده، ل.؛ حسینی، س.ف. و نیکخواه، م.، ۱۳۹۴.** آبکافت آنزیمی ژلاتین پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ارزیابی خاصیت ضداکسیدانی آن. مجله علوم و فنون شیلات. دوره ۵، شماره ۲، صفحات ۲۹ تا ۴۴.

۱۰. **رهبری، م.؛ اعلمی، م.؛ مقصودلو، ی. و کاشانی‌نژاد، م.، ۱۳۹۲.** بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی سس مایونز حاوی ایزوله پروتئین جوانه گندم و صمغ زانتان به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. دوره ۲، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۶.

۱۱. **سالنامه آماری سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۷-۱۳۹۲.** دفتر برنامه‌ریزی و بودجه. ۶۴ صفحه.

۱۲. **شعبانپور، ب.؛ کردجزی، م. و کمری، س.، ۱۳۹۴.** تعیین فرمولاسیون کراکر ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) و بررسی تغییرات کیفی آن طی سه ماه نگه‌داری در دمای اتاق. شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۸، شماره ۴، صفحات ۵۸۹ تا ۶۰۲.

۱۳. **شکرپوررودباری، ر.؛ معتمدزادگان، ع.؛ حسینی‌پرور، ه. و اویسی‌پور، م.، ۱۳۸۹.** اثر شدت هیدرولیز بر بازیافت نیتروزنی و اندازه مولکولی پروتئین گوشت کوسه چانه سفید (*Carcharhinus dussumieri*). مجله الکترونیک فرآوری و نگه‌داری موادغذایی. دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۹۹ تا ۱۱۰.

۱۴. **طلوعی، ا.؛ مرتضوی، ع.، اعلمی، م. و صادقی‌ماهونک، ع.، ۱۳۹۰.** ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس مایونز کم چرب حاوی اینولین و پکتین. مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی. دوره ۱، صفحات ۳۵ تا ۴۲.

۱۵. **علی‌عسگری‌رنانی، ک.؛ یگانه، س.؛ جعفرپور، س.ع. و صفری، ر.، ۱۳۹۶.** بهینه‌یابی پروتئین آبکافت شده سر و بازوی ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) با استفاده از آنزیم آلکالاز. علوم و فنون شیلات. دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۴۱ تا ۵۵.

۱۶. **علی‌نژاد، م.؛ معتمدزادگان، ع. و رضایی، م.، ۱۳۹۵.** خواص کاربردی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین هیدرولیزشده کوسه چانه سفید (*Carcharhinus dussumieri*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۵۰، شماره ۱۳، صفحات ۱۵۹ تا ۱۶۹.

۱۷. **مقصودی، ش.، ۱۳۸۴.** تکنولوژی نوین تولید انواع سس. انتشارات مرز دانش. ۳۸۸ صفحه.

18. **Abu Ghoush M.; Samhouri, M.; Al-Holy, M. and Herald, T., 2008.** Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. Journal of Food Engineering. Vol. 84, No. 8, pp: 348-357.

19. **Anton, M.; Martinet, V.; Dalgararrondo, M.; Beaumal, V.; David-Briand, E. and Rabesona, H., 2003.** Chemical and structural characterisation of low-density lipoproteins purified from hen egg yolk. Food Chemistry. Vol. 83, pp: 175-183.

20. **AOAC. 2005.** Official methods of analysis of the association of official analytical chemists Arlington, Association of official analytical chemists.

21. **Aspmo, S.I.; Horn, S.J. and Heijsink, V.G., 2005.** Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) viscera. Process Biochemistry. Vol. 40, pp: 1957-1966.

22. **Binsi, P.K.; Natasha, N.; Sarkar, P.C.; Ashraf, P.M.; George, N. and Ravishankar, C.N., 2017.** Structural,

functional and in vitro digestion characteristics of spray dried fish roe powder stabilized with gum arabic. Food Chemistry. Vol. 221, pp: 1698-1708.

23. **Elavarasan, K.; Naveen Kumar, V. and Shamasundar, B.A., 2014.** Antioxidant and functional properties of fish protein hydrolysates from fresh water carp (*Catla catla*) as influenced by the nature of enzyme. Journal of Food Processing and Preservation. Vol. 38, No. 3, pp: 1207-1214.

24. **Elenice Souza, G.; Maria Louisa, S.; Jane Martha, M.; Katia Setsuko, K.; Adina Celia Borazon, D. and Elaine, G., 2016.** Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia: nutritional and sensory characteristics Food Science and Technology (Campinas). Vol. 36, No. 1, pp: 76-82.

25. **FAO. 2019.** Fishery statistical collection. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 107 p.

26. **Gajanan, P.G.; Elavarasan, K. and Shamasundar, B.A., 2016.** Bioactive and functional properties of protein hydrolysates from fish frame processing waste using plant proteases. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 23, No. 24, pp: 24901-24911.

27. **Harnedy, P.A. and FitzGerald, R.J., 2012.** Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. Journal of Functional Foods. Vol. 4, No. 1, pp: 6-24.

28. **Herald, T.J.; Abugoush, M. and Aramoun, F., 2009.** Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. Journal of Texture Studies. Vol. 40, pp: 692-709.

29. **Hoyle, N.T. and Merritte, J.H., 1994.** Qyality of Fish Protein Hydrolysates from Herring (*Clupea harengus*). Journal Of Food Science. Vol. 59, pp: 76-79.

30. **Kim, S.K. and Wijesekara, I., 2010.** Development and biological activities of marine derived bioactive peptides: A review. Journal of Functional Foods. Vol. 2, No. 1, pp: 1-9.

31. **Klampong, V.; Benjakul, S.; Kantachote, D. and Shahidi, F., 2007.** Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. Food Chemistry. Vol. 102, No. 4, pp: 1317-1327.

32. **Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000a.** Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 48, pp: 657-666.

33. **Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000b.** Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Vol. 40, pp: 43-81.

34. **Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000c.** Hydrolysis of salmon muscle proteins by an enzyme mixture extracted from Atlantic salmon (*Salmo salar*) pyloric caeca. Journal of Food Biochemistry. Vol. 24, pp: 177-187.

35. **Liu, H.; Xu, X.M. and Guo, Sh.D., 2007.** Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. LWT- Food Science and Technology. Vol. 40, pp: 946-954.

36. **Mun, S.; Kim, Y.L.; Kang, C.G.; Park, K.H.; Shim, J.Y. and KIim, Y.R., 2009.** Development of reduced-fat mayonnaise using 4GTase-modified rice starch and xanthan gum. International Journal of Biological Macromolecules. Vol. 44, pp: 400-407.

37. **Ngo, D.H.; Wijesekara, I.; VO, T.S.; Van Ta, Q. and Kim, S.K., 2011.** Marine food derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: an overview. Food Research International. Vol. 44, No. 2, pp: 523-529.

38. **Nikzade, V.; Tehrani, M.M. and Saadatmand-Tarzjan, M., 2012.** Optimization of low-cholesterolelow-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. Food Hydrocolloids. Vol. 28, pp: 344-352.

39. **Nir, L.; Feldman, L.; Aserin, A. and Garti, N., 1994.** Surface properties and emulsification behavior of denatured soy protein. Journal of Food Science. Vol. 59, No. 3, pp: 606-607.

40. **Ovissipour, M.; Abedian kenari, A.; Motamedzadegan, A.; Rasco, B.; Safari, R. and Shahiri, H., 2009a.** The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. Food Chemistry. Vol. 115, pp: 238-242.

41. **Ovissipour, M.; Safari, R.; Motamedzadegan, A. and Shabanpour, B., 2009b.** Chemical and Biochemical Hydrolysis of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) Visceral Protein. Food and Bioprocess Technology. Vol. 5, pp: 460-465.

42. **Ovissipour, M.; Safari, R.; Motamedzadegan, A.; Rasco, B.; Pourgholam, R.; Mohagheghi, E. and Mola, A.E., 2009c.** Use of hydrolysates from yellowfin tuna *Thunnus albacares* fisheries by-product as a nitrogen source for bacteria growth media. International Aquatic Research. Vol. 1, pp: 73-77.

43. **Rehman, S.A.; Akhter, S.; Khan, S.H. and Anjum, M.A., 2016.** A comparative study on quality, proximate composition and cholesterol content of eggs and meat in Fayoumi and commercial White Leghorn chickens. Cognet Food and Agriculture. Vol. 2, pp: 1-7.

44. **Sathivel, S.; Bechtel, P.J.; Babbitt, J.K.; Prinyawiwatule, W. and Patterson, M., 2005.** Functional, Nutritional, and Rheological Properties of Protein Powders from Arrowtooth Flounder and their Application in Mayonnaise. Journal of Food Science, Vol. 70, pp: 57-63.

45. **Sathivel, S.; Yin, H.; Bechitel, P.J. and King, J.M., 2009.** Physical and nutritional properties of catfish roe spray dried protein powder and its application in an emulsion system. Journal of Food Engineering. Vol. 95, pp: 76-81.

46. **Šližyte, R.; Dauksas, E.; Falch, E.; Storro, I. and Rustad, T., 2005.** Yield and composition of different fractions

obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. Process Biochemistry. Vol. 40, pp: 1415-1424.

47. **Souissi, N.; Bougatef, A.; Triki-Ellouz, Y. and Nasri, M., 2007.** Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. Food Technology and Biotechnology. Vol. 45, pp: 187-194.

48. **Taheri, A.; Anvar, S.A.A.; Ahari, H. and Fogliano, V., 2012.** Comparison the functional properties of protein hydrolysates from poultry byproducts and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) viscera. Iranian Journal of Fisheries Science. Vol. 12, No. 1, pp: 154-169.

49. **Unnikrishnan, P.; Puthenveetil Kizhakkethil, B.: Anant Jadhav, M.; Sivam, V.; Muhamed Ashraf, P.; Ninan, G. and Aliyamveetil Abubacker, Z., 2019.** Protein hydrolysate from yellowfin tuna red meat as fortifying and stabilizing agent in mayonnaise. Journal of Food Science and Technology. Vol. 57, pp: 413-425.

50. **Vázquez, J.A.; Rodríguez-Amado, I.; Montemayor, M.I.; Fraguas, J.; González, M.P. and Murado, M.A., 2013.** Chondroitin Sulfate, Hyaluronic Acid and Chitin/Chitosan Production Using Marine Waste Sources: Characteristics, Applications and Eco-Friendly Processes: A Review. Marine Drugs. Vol. 11, No. 3, pp; 747-774.

51. **Venugopal, V. and Shahidi, F., 1996.** Structure and composition of fish muscle. Journal of Food Technology and Enzyme Engineering Division. Vol. 12, pp: 175-197.

52. **Worrasinchai, S.; Suphantharika, M.; Pinjai, S. and Jamnong, P., 2006.** β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocolloids. Vol. 20, pp: 68-78.