



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 3, 2024, pages: 33-47
DOI: 10.22124/janb.2024.27043.1237



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effects of adding silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* protein concentrate on sensory, texture and cooking properties of pasta and its shelf life

Mahsasadat Mousavi Sane, Seyedeh Zahra Mirhosseini Roudbaraki, Mohammad Ali Nematollahi, Seyed Vali Hosseini*

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Alborz, Iran

Received 16 March 2024

Revised 11 June 2024

Accepted 12 June 2024

KEYWORDS

Nutritional
value
Fish protein
Sensory and
textural
properties
Enrichment
Functional
food

Introduction: Pasta is one of the relatively wide-consumed flour products in Iran, however despite its abundant consumption, it lacks some nutrients, especially some essential amino acids. On the other hand, fish protein concentrate (FPC) is a suitable option for enriching pasta due to its high amount of protein. It is a healthy product with high nutritional value in which protein and other nutrients are compactly placed. Therefore, in this study, the effects of adding the silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* protein concentrate as one of the food supplements rich in amino acids on improving pasta's nutritional value and sensory, textural, and physicochemical properties was investigated.

Materials and methods: In this study, three types of pasta were formulated with different concentrations of 0, 1, and 2% FPC (T₀, T_{1%} and T_{3%} respectively). T₀ consisted of ingredients such as No. 1 flour, water, gluten, and salt, was formulated. In T_{1%} and T_{3%}, flour was replaced by 1 and 2% FPC, respectively. The effects of adding FPC to pasta on its sensory (flavor, smell, taste, and color), textural (adhesion, hardness, and flexibility), and physicochemical (cooking time, water absorption percentage, swelling index, and cooking loss) properties were investigated.

Results and discussion: The obtained results showed no significant difference in the sensory characteristics between the three treatments, and also the results exhibited the decrease in some textural characteristics of the produced pasta, such as the amount of adhesion, hardness, and flexibility with the addition of protein concentrate, so that the lowest amount of adhesion was observed in T_{2%}. In terms of cooking time and the amount of cooking loss, the control treatment (T₀) showed the highest value, while water absorption percentage and swelling index, by the elevation in the amount of concentrate, the value of these two also increased ($p < 0.05$).

Conclusion: Based on the results, the pasta enriched with 2% FPC, along with improving the nutritional value, improved several properties, including adhesion while no significant alteration in sensory properties.

*Corresponding author: hosseinisv@ut.ac.ir





"مقاله پژوهشی"

اثر افزودن کنسانتره پروتئینی ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) بر خصوصیات حسی، بافتی و پخت پاستا و مدت ماندگاری آن

مهساسادات موسوی صانع، سیده زهرا میرحسینی رودبارکی، محمدعلی نعمت‌اللهی، سید ولی حسینی*
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

کلمات کلیدی

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثر افزودن کنسانتره پروتئینی ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بر خصوصیات حسی، ویژگی‌های شیمیایی و خصوصیات بافتی پاستاست. کنسانتره پروتئینی از گوشت این ماهی، طی سه مرحله استفاده از حلال (ایزوپروپانول)، فشار و خشک کردن به دست آمد. غنی‌سازی پاستا با پودر پروتئین این ماهی به میزان صفر، ۱ و ۲٪ برای ارزیابی اثر آن بر خصوصیات حسی، بافتی، کیفیت پخت و مدت ماندگاری آن در نمونه‌های غنی‌سازی شده انجام شد. نتایج این تحقیق، عدم تفاوت معنی‌دار در خصوصیات حسی بین سه تیمار را نشان داد. همچنین نتایج بیانگر کاهش برخی از خصوصیات بافتی در پاستای تولیدی از جمله میزان چسبندگی، سختی و انعطاف‌پذیری با افزودن کنسانتره پروتئینی بود ($P < 0.05$). از نظر زمان پخت و مقدار افت پخت، تیمار شاهد بالاترین مقدار را از خود نشان داد و از نظر مقدار درصد جذب آب و شاخص تورم، با افزایش میزان کنسانتره، مقدار این دو نیز افزایش یافت ($P < 0.05$). بنابراین، با توجه به بهبود ارزش تغذیه‌ای محصولات آردی غنی‌شده با کنسانتره پروتئین ماهی و فواید آن برای سلامتی بشر و همچنین، با توجه به نتایج گزارش شده، پیشنهاد می‌شود از تیمار حاوی ۲٪ پودر پروتئین ماهی کپور نقره‌ای در پاستا استفاده شود.

مقدمه

از کربوهیدرات و دارای ۱۵٪ پروتئین است، اما این ماده غذایی سالم از نظر اسید آمینه‌هایی همچون لایزین و ترئونین فقیر است که اگر به آن ترکیبات سلامت‌بخش مانند پروتئین، ویتامین و مواد معدنی اضافه شود، می‌توان آن را به عنوان یک غذای مطلوب در نظر گرفت (Rawat and Indrani, 2015).

تنوع زیستی و گوناگونی موجودات دریایی، موجب استفاده از این منابع ارزشمند غذایی برای ایجاد ترکیبات زیست فعال می‌شود. از ترکیبات زیستی که برای غنی‌سازی محصولات غذایی استفاده می‌شود، می‌توان به روغن ماهی، کنسانتره پودر پروتئین ماهی (Fish Protein concentrate: FPC) و انواع مختلف جلبک‌های دریایی اشاره کرد (Kadam and Prabhasankar, 2010) که از این بین کنسانتره پروتئین ماهی به دلیل مقادیر بالای پروتئین گزینه مناسب برای غنی‌سازی پاستاست. این فرآورده، سالم و دارای ارزش غذایی بالاست که پروتئین و مواد مغذی دیگر به صورت فشرده در آن قرار گرفته است و می‌توان از آن برای تولید انواع فرآوری‌های ثانویه استفاده کرد. کنسانتره پروتئین ماهی، پودر پروتئینی سفید رنگ با دوام و سالم، بدون بو و طعم ماهی است که می‌توان آن را از هر نوع ماهی و یا ضایعات صیادی تولید کرد و به‌عنوان یک منبع مکمل غذایی ارزان‌قیمت استفاده کرد (Oliveira et al. 2015). این فرآورده غذایی دارای ۸۱ تا ۹۱٪ پروتئین مرغوب، اسیدهای آمینه ضروری به خصوص متیونین و لایزین، انواع ویتامین‌ها از جمله A، B، D، اسیدهای چرب غیراشباع به خصوص ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید و برخی مواد معدنی مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم، سلنیوم، روی و آهن است (Anbudhasan et al. 2014). بنابراین، افزودن این ترکیبات زیست‌فعال به مواد غذایی در مقادیر کنترل‌شده به‌خصوص در رژیم غذایی افرادی که از کمبود پروتئین رنج می‌برند، می‌تواند نقش مؤثری در سلامت جسم و روان مصرف‌کننده داشته باشد (Rustad et al. 2011).

یکی از روش‌هایی که می‌توان مقدار و درجه مصرف کنسانتره پروتئین ماهی را بالا برد، استفاده از آن در فرآورده‌های غلات مانند کیک، ماکارونی، بیسکوئیت و نان است (FAO, 1986). مسئله حائز اهمیت آن است که مقدار FPC افزوده شده به

یکی از محصولات غذایی پر مصرف جهان که مصرف آن از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ به میزان ۲ میلیون تن افزایش داشته، پاستاست (International Pasta Organisation Survey, 2015). استا غذایی باستانی از خانواده غلات، و سرشار از کربوهیدرات، فیبر و ویتامین است، چربی آن کم، و از نظر میزان سدیم و اسیدآمینه‌های ضروری فقیر است (Foschia et al. 2015). استا ماده غذایی ساده و متشکل از سمولینای گندم دوروم و آب است. فرمول ساده و راحتی فرایند تولید آن باعث محبوبیت این محصول به عنوان یک غذای نسبتاً ارزان برای تولیدکنندگان شده است (Liu et al. 2016). این غذای پرمصرف، در طی مراحل مختلف تولید از جمله، مخلوط کردن آب و آرد گندم، اکستروژن، قالب‌گیری و خشک‌کردن به‌دست می‌آید (Nobile et al. 2005). از این‌رو، در حال حاضر این ماده غذایی به‌عنوان یک غذای ارزشمند با قیمت مناسب، به مصرف می‌رسد (Foschia et al. 2015). برای مصرف‌کنندگان این محصول، پخت و ارتقای کیفیت پاستا اهمیت فراوانی دارد، چرا که اگر پخت به شیوه نامناسبی انجام شود، ممکن است پاستای با کیفیت بالا را به محصولی با کیفیت پایین تبدیل کند (Cocci et al. 2008). کیفیت پخت پاستا با بررسی شاخص‌هایی مانند چسبندگی، سفتی، میزان پخت، جذب آب و مقدار تورم ارزیابی می‌شود (Krishnan et al. 2012).

فقیر بودن از نظر برخی اسیدهای آمینه ضروری، محبوبیت بالا و روش‌های متنوع در پخت پاستا موجب استفاده از روش‌های غنی‌سازی و فرآوری این ماده غذایی و تبدیل آن به غذای ارزشمند شده است (Kadam and Prabhasankar, 2012). در سراسر جهان برای ارتقای کیفیت و افزایش ارزش غذایی پاستا مطالعات بسیاری انجام شده است. تاکنون پاستای غنی‌شده با گوشت میگو (Kadam and Prabhasankar, 2012)، آرد نخود (Wójtowicz and Mościcki, 2014)، پودر میگوی منجمد (Ramya et al. 2015) و صدف سبز (Vijaykrishnaraj et al. 2015) تولید شده است. غنی‌سازی در پاستا باعث کاهش مقدار جذب آب و کاهش درجه چسبندگی آن شده که در نهایت، بهبود در مصرف آن را به دنبال دارد. همچنین، پاستا غذایی سالم و منبع غنی

در حمام آب نگهداری شد. پس از گذشت مدت زمان مذکور، محصول پرس شده و سپس با نسبت ۱ به ۱ در ایزوپروپانول قرار داده شد. در نهایت، برای انجام مرحله سوم استخراج، به مدت ۷۰ دقیقه در دمای 75°C در حمام آب قرار داده شد. پس از طی زمان ذکر شده، محصول، پرس، و در دمای $60-65^{\circ}\text{C}$ خشک شد و در نهایت، محصول تولیدی خشک شده آسیاب، و از غربال ۱۰۰ میکرون عبور داده شد (Goes et al. 2016).

آماده‌سازی و تولید تیمارهای پاستا

در این پژوهش سه نوع پاستا با غلظت‌های مختلف صفر، ۱ و ۲٪ FPC فرموله شد. برای تولید پاستاهای مورد نظر ابتدا تیمار ۰٪ (به عنوان تیمار شاهد) که متشکل از ترکیباتی مانند آرد نول، آب، گلوتن و نمک است، فرموله شد. برای تولید تیمارهای حاوی ۱ و ۲٪ FPC نیز، با کاهش نسبت آرد به میزان ۱ و ۲٪ پودر FPC جایگزین شد. برای تهیه خمیر پاستا، ۶۰ mL آب در ۱۰۰ g نمونه استفاده شد. خمیر تهیه شده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای یخچال قرار گرفته و پس از گذشت زمان مورد نظر، خمیر با استفاده از دستگاه پاستاساز (Marcato, Ampia 150-Deluxe, Italy) در اندازه مورد نظر تولید شد. سپس ۲ مرحله خشک کردن پاستا انجام شد؛ در مرحله اول نمونه‌ها در دمای 30°C به مدت ۳۰ دقیقه برای جلوگیری از خشک شدن سریع و ترک خوردگی سطح پاستا و در مرحله بعد به مدت ۱۷ ساعت در دمای 45°C برای دستیابی به رطوبت مطلوب پاستا جای‌گیری شد (Desai et al. 2018).

ارزیابی حسی

این مرحله از پژوهش به کمک ۱۲ نفر ارزیاب‌های آموزش‌دیده انجام شد. آن‌ها به بررسی خصوصیات حسی و کیفی نمونه‌ها پرداختند. ارزیابی صفات بر اساس هدونیک پنج نقطه‌ای از پایین‌ترین کیفیت (۱) تا بالاترین کیفیت (۵) انجام شد. درجه بندی ۱ تا ۵ امتیاز برای هر کدام از ویژگی حسی مورد بررسی، همراه با عبارات توصیفی آنها به اعضای هیأت داوران ارائه شد. با توجه به تفاوتی که در میزان اهمیت هر یک از فراسنجه‌های تعیین شده در سنجش حسی وجود دارد، برای هر کدام از

غذا، باید به میزانی باشد که ویژگی‌ها و خصوصیات معمول آن غذا را تغییر ندهد. اخیراً مطالعاتی در زمینه غنی‌سازی انواع ماکارونی، سس، غذاهای رژیمی و شیر با FPC انجام شده است و نتایج خوبی نیز حاصل شده است (FAO, 2006). در مورد اثر پروتئین ماهی بر خصوصیات کیفی، شیمیایی و ارزش غذایی پاستا، مطالعات بسیاری از جمله تأثیر پودر میگو بر خواص شیمیایی و کیفی پاستا (Ramya et al. 2015)، تأثیر پودر پروتئین ماهی کاد بر خواص فیزیکی-شیمیایی پاستا (Desai et al. 2018) و تأثیر پودر پروتئین ماهی آزاد بر خواص فیزیکی-شیمیایی پاستا (Desai et al. 2019) انجام شده است.

ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) متعلق به خانواده کپور ماهیان شرق آسیاست که به دلیل قابلیت سازگاری با محیط، رشد سریع، قیمت پایین، رژیم غذایی مناسب یعنی تغذیه از حلقه اول زنجیره غذایی محیط‌های آبی و کیفیت گوشت عالی از نظر دارا بودن پروتئین، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، مواد معدنی و غیره در سرتاسر جهان معرفی شده است (Nazari et al. 2003). با توجه به خصوصیات بیان شده، این ماهی و از جمله کنسانتره پروتئینی این ماهی را می‌توان به عنوان ماده ارزشمندی برای غنی‌سازی محصولات در صنایع غذایی استفاده کرد. لذا، هدف از انجام این پژوهش، تولید پاستای غنی‌شده با کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ و ارزیابی خصوصیات حسی، بافتی، پخت پاستا و مدت ماندگاری آن بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی ماهی فیتوفاگ

ماهیان خریداری شده از بازار تهران (1 ± 1000 گرم)، در شرایط سرد به آزمایشگاه فراوری آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. سپس سر، دم و امعاء و احشای ماهیان تخلیه، و با آب بهداشتی شستشو داده شدند. بعد از تهیه فیله، گوشت ماهی به نسبت ۱ به ۱ (الکل به گوشت ماهی) به مدت ۵۰ دقیقه در دمای محیط در ایزوپروپانول قرار داده شد و بعد از آن پرس اولیه محصول انجام شد. در مرحله بعد، کیک فشرده حاصل از مرحله‌ی قبل به نسبت ۱ به ۱ در ایزوپروپانول قرار گرفت و به مدت ۹۰ دقیقه در دمای 75°C

زمان پخت تقریبی و هر ۳۰ ثانیه یک بار، یک تکه از پاستای در حال پخت خارج و بین دو صفحه شیشه‌ای فشرده شد تا زمانی که هیچ اثری از مغز سفید وسط پاستا باقی نماند. در این حالت است که پاستا کاملاً پخته شده و در نهایت زمان آن تعیین می‌شود (Kalantar Mahdavi et al. 2015).

درصد جذب آب

برای تعیین جذب آب، ۱۰ g پاستا در ۲۰۰ mL آب مقطر در حال جوش غوطه‌ور شد. بعد از پخت پاستا در زمان تعیین شده، پاستاها خارج شده و بعد از خنک شدن به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق، توزین شدند و درصد جذب آب آنها طبق فرمول زیر محاسبه شد (Kamali et al. 2016):

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{\text{وزن پاستای خام} - \text{وزن پاستای پخته شده}}{\text{وزن پاستای خام}} \times 100$$

و در آون با دمای ۱۰۵°C به مدت ۳ ساعت قرار گرفت تا خشک شده و سپس در پایان شاخص تورم مطابق فرمول زیر محاسبه شد (Desai et al. 2018):

$$\text{شاخص تورم} = \frac{\text{وزن پاستا پس از خشک کردن} - \text{وزن پاستای پخته شده}}{\text{وزن پاستا پس از خشک کردن}} \times 100$$

مطلوب پخته شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، برای سنجش بافت، چهار رشته پاستا به طول ۵ cm توسط پروبی از جنس فولاد ضدزنگ به صورت عمودی و با سرعت ۱۰ mm/S فشرده‌سازی شد و در نهایت، میزان سختی، چسبندگی و انعطاف‌پذیری نمونه‌ها توسط دستگاه بافت‌سنج (CT310k Texture, Brookfield, USA) محاسبه شد. این تست در هر تیمار با سه تکرار انجام شد (Mishra, 2017).

آزمون آماری

آزمون آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS22 انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه تیمارها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و برای مقایسه میانگین‌ها از

خصوصیات ضریبی اتخاذ شد که نشان دهنده‌ی درجه اهمیت آن فراسنجه حسی و کیفی باشد (Ghafari et al. 2018).

آزمون‌های کیفی پخت

خصوصیات فیزیکوشیمیایی (زمان پخت، درصد جذب آب، شاخص تورم، افت پخت) تیمارها با روش Institute of Standards and Industrial Research of Iran (۲۰۰۸) ارزیابی شد.

زمان پخت

برای سنجش زمان پخت تیمارها، میزان ۱۰g پاستا به ۲۰۰mL آب مقطر در حال جوش اضافه شد ۲ دقیقه قبل از

شاخص تورم

برای سنجش میزان تورم ۱۰ g پاستا در ۲۰۰ mL آب مقطر در حال جوش، غوطه‌ور گشته و پس از پخت، پاستا خارج شده

افت پخت

برای اندازه‌گیری میزان افت پخت در پاستاهای تولیدی ۱۰ g پاستا به ۲۰۰ mL آب جوش تار رسیدن به زمان مناسب پخت اضافه شد (این زمان در پاستای تازه، زمانی است که خط سفید مرکزی رشته پاستا در آب پخت از بین برود). سپس پاستا خارج شد و آب پخت باقی‌مانده درون بشر به مدت ۱۰ ساعت در یک آون در دمای ۱۱۵°C قرار گرفت تا آب آن به طور کامل تبخیر شود. ماده خشک باقی‌مانده توزین شد و به صورت درصد ماده‌ی از دست رفته یا افت پخت در هر زمان پخت بیان شد (Kalantar Mahdavi et al. 2015).

میزان سختی (بافت سنجی)

میزان سختی پاستای خام و پخته شده بررسی شد. قبل از سنجش بافت برای نمونه‌های پخته، ابتدا نمونه‌ها در زمان پخت

داشتند ($P < 0.05$)، شاخص تورم در تیمارهای ۱ و ۲ بیشترین مقدار را داشت که اختلاف معنی‌داری با شاهد که کمترین مقدار را داشت، نشان دادند ($P < 0.05$). بیشترین مقدار افت پخت در این مطالعه مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین آن در تیمار ۱٪ مشاهده شد که با هر ۲ تیمار اختلاف معنی‌دار داشت ($P < 0.05$).

بافت‌سنجی

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان چسبندگی در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۲٪ بوده است و تیمارها با هم اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$). همچنین، میزان سختی در تیمار شاهد بیشترین بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان آن در ۲٪ مشاهده شد که البته با تیمار ۱٪ اختلاف معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). از نظر انعطاف‌پذیری، تیمار شاهد بیشترین مقدار را داشت که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$) و تیمار ۲٪ کمترین مقدار را نشان داد.

آزمون دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شدند.

نتایج

نتایج ارزیابی حسی

مطابق جدول ۱ تیمارهای بررسی شده در زمینه حسی در هیچ فراسنجه‌ای تفاوت معنی‌دار از خود نشان ندادند و میزان رغبت به هر ۳ تیمار به مقدار جزیی با هم متفاوت بودند.

نتایج خصوصیات فیزیکیوشیمیایی پخت

بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۲، تیمار شاهد بیشترین زمان پخت را نشان داد که با تیمارهای غنی‌شده توسط کنسانتره پروتئین ماهی اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$). کمترین زمان پخت مربوط به تیمار ۲٪ بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱٪ از خود نشان نداد ($P < 0.05$). بیشترین مقدار درصد جذب آب در تیمار ۱٪ و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد و سه تیمار باهم اختلاف معنی‌دار

جدول ۱ بررسی مقایسه‌ای امتیاز ارزیابی‌های حسی تیمار شاهد و مقایسه آن با دو تیمار غنی‌سازی شده با کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ

Table 1 Sensory evaluation score of the control compared to two treatments enriched with the silver carp fish protein concentrate

Indicator	Control	1%	2%
Flavor and Smell	5	4.67 \pm 0.57	4.33 \pm 0.57
Taste	5	4.67 \pm 0.57	4.33 \pm 0.57
Color	5	5	5
Texture	5	4.33 \pm 0.57	3.67 \pm 1.15
General acceptance	5	4.33 \pm 0.57	4 \pm 1

جدول ۲ بررسی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی پخت در تیمار شاهد و مقایسه آن با دو تیمار غنی‌سازی شده با کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ

Table 2 Physicochemical characteristics of cooking in the control compared to the two treatments enriched with silver carp fish protein concentrate

Indicator	Control	1%	2%
Cooking time (minutes)	9.26 \pm 0.05 ^b	9.06 \pm 0.05 ^a	9.03 \pm 0.05 ^a
Water absorption (%)	1.01 \pm 0.71 ^a	1.29 \pm 0.73 ^c	1.12 \pm 0.45 ^b
Inflation index (%)	1.06 \pm 0.34 ^a	1.35 \pm 0.59 ^b	1.35 \pm 0.12 ^b
Cooking loss (%)	2.71 \pm 0.03 ^c	2.20 \pm 0.09 ^a	2.30 \pm 0.09 ^b

جدول ۳ بررسی ویژگی‌های بافت‌سنجی در تیمار شاهد و مقایسه آن با دو تیمار غنی‌سازی شده با کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ

Table 3 Histological characteristics in the control compared to the two treatments enriched with silver carp fish protein concentrate

Indicator	Control	1%	2%
Adhesion (N/m ²)	0.15 ± 0.05 ^b	0.06 ± 0.02 ^{ab}	0.01 ± 0.01 ^a
Hardness (N)	0.76 ± 0.04 ^b	0.49 ± 0.03 ^a	0.48 ± 0.01 ^a
Flexibility	0.42 ± 0.06 ^b	0.37 ± 0.02 ^a	0.36 ± 0.08 ^a

داشت. در بررسی Shoghi و همکاران (۲۰۲۱) بر روی غنی‌سازی پاستا با پودر پروتئین ماهی سیم (*Abramis brama*) با درصدهای مختلف صفر، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ و اثر آن بر خواص شیمیایی، بافت، رنگ و ارزیابی حسی مشخص شد که افزودن FPC هیچ تغییر نامطلوبی در رنگ پاستا ایجاد نمی‌کند. در بررسی Bastos و همکاران (۲۰۱۴) بر روی غنی‌سازی نان گندم به وسیله ضایعات فیله‌های کارخانه فرآوری ماهی و تأثیر آن بر خواص حسی و شیمیایی نان مشخص شد که خواص حسی تیمارهایی با درصد بالایی از پودر ماهی (۱۰، ۱۵ و ۲۰) از مقبولیت کمتری برخوردار بودند و خواص حسی آن‌ها دست‌خوش تغییراتی شده بود. بنابراین، مقدار استفاده از این ترکیبات برای غنی‌سازی حائز اهمیت است. عدم تفاوت در رنگ نمونه‌ها را می‌توان به شستشو در طی فرایند تولید کنسانتره پروتئین ماهی و خارج شدن هموگلوبین و میوگلوبین مربوط دانست (Chen and Chow, 2001). طعم موجود در غذاهای دریایی ناشی از ترکیبات مخصوصی است که در زمان پخت گوشت ماهی و همچنین، در اثر تخریب سیستمین و متیونین به وجود می‌آید (Aubourg et al. 2004). در این مطالعه به دلیل عدم پخت گوشت ماهی و حرارت‌دهی کنترل‌شده و همچنین مقدار کم اضافه شده از کنسانتره پروتئین ماهی، طعم ماهی تأثیری بر پذیرش نهایی طعم پاستا نداشته است (Goes et al. 2016). در نتیجه، با توجه به ارزیابی حسی ماکارونی توسط ارزیابان، در هیچ یک از خصوصیات حسی تفاوتی میان تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد و می‌توان این محصول را به عنوان یک فرآورده سرشار از پروتئین که بسیار مناسب برای گروه سنی مختلف به خصوص کودکان است، به بازار عرضه کرد.

بحث

غذاهای فراسودمند، از نظر شکل مانند غذاهای معمول روزانه هستند. ویژگی متمایزکننده این مواد غذایی علاوه بر ارزش غذایی پایه این است که باعث ارتقای سلامت یا پیشگیری از بیماری می‌شود (Diplock et al. 2000).

کنسانتره پروتئینی با توجه به گونه ماهی، خصوصیات متفاوتی از نظر فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهد (Özyurt et al. 2005). در پژوهش حاضر کنسانتره پروتئین تولید شده از ماهی فیتوفاگ با میزان پروتئین ۹۱/۴٪ و چربی ۶۳٪ از نوع A است. این کنسانتره پروتئینی ماهی را می‌توان در برنامه تغذیه‌ای انسان به عنوان منبعی سرشار از پروتئین حیوانی در نظر گرفت (Surasani et al. 2019). غنی‌سازی پاستا با استفاده از کنسانتره پروتئین ماهی منجر به جذب بیشتر ترکیباتی می‌شود که به کمبود آن‌ها در پاستا اشاره شد و همچنین، باعث تغییرات معنی‌دار پروتئین پاستا شد. البته بدون هیچ‌گونه تغییر خاصی در رژیم غذایی مصرف‌کنندگان این اتفاق رخ می‌دهد (Kamali Rosta et al. 2020).

مقبولیت در نظر مصرف‌کننده از لحاظ خصوصیات حسی، مقیاسی همیشگی و مطلوب برای انتخاب فرآورده برتر بین محصولات مشابه عرضه شده به بازار است. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پاستای غنی‌سازی شده با پودر پروتئین ماهی و نمونه شاهد نشان داد که تفاوت معنی‌داری در فراسنجه‌های رنگ، عطر، طعم و مزه، ظاهر و بافت بین تیمارها وجود ندارد. در بررسی Aminpour Dafchahi و همکاران (۲۰۲۱) بر روی غنی‌سازی بیسکوئیت با پودر پروتئین ماهی فیتوفاگ مشخص شد که با اضافه شدن پودر پروتئین ماهی در بیسکوئیت، شاخص‌های حسی اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد ندارند که با نتایج این پژوهش مطابقت

می‌شود که با مطالعه حال حاضر مغایرت دارد. می‌توان دلیل این تفاوت در نتایج را به تفاوت در گونه ماهی استفاده شده، روش عمل‌آوری و فرآورده استفاده شده از ماهی و مقدار استفاده شده از آن نسبت داد (Wójtowicz and Mościcki, 2009).

درصد جذب آب در تیمار ۱٪ بیش‌ترین و در تیمار شاهد کم‌ترین مقدار بود. به طور کلی پس از افزودن پروتئین خارجی، منافذ و گسستگی در شبکه گلوتهی پاستا ایجاد می‌شود. در نتیجه، جذب آب به درون شبکه تسهیل شده و زمان پخت کاهش می‌یابد (Nasehi et al. 2010). از طرف دیگر، افزایش پروتئین ظرفیت جذب آب را بالا برده و شبکه گلوتهی منظم‌تری تشکیل می‌شود. این عوامل، بالا بودن میزان جذب آب در تیمار ۱٪ را توجیه می‌کند. البته باید توجه داشت که افزودن پروتئین بیشتر ماهی به پاستا از طریق ضعیف کردن ساختار گلوتهی و یا رقابت با آب، بر جذب آب اثر منفی گذاشته و میزان آن را کاهش می‌دهد (Ramya et al. 2015). نشاسته عامل اصلی جذب آب، در حین پخت پاستا محسوب می‌شود که به دلیل تخریب تدریجی ساختار نشاسته و تورم تدریجی آنهاست. زمانی که پروتئین زیاد به پاستا اضافه شود، به دلیل دناتوره شدن گلوتهی جذب آب کاهش می‌یابد که عامل کاهش جذب آب در تیمار ۲٪ نسبت به ۱٪ است (Delcour et al. 2000). هم‌سو با این نتایج می‌توان به مطالعه‌ای که Moini و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی غنی‌سازی نان برودتن با کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ پرداختند، اشاره کرد. بر اساس نتایج آنها، میزان جذب آب در خمیرهای حاوی FPC حدود ۲-۱٪ افزایش یافت. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر که توسط Desai و همکاران (۲۰۱۹) برای غنی‌سازی پاستا از پودر ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) (که غنی از اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره‌ای طولانی است) انجام شد، نتایج آنها نشان داد که با غنی‌سازی پاستا با استفاده از پودر ماهی شاخص بادکردگی، جذب آب و میزان سختی نمونه‌های غنی‌شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت. این امر با مطالعه حاضر مغایرت دارد که ممکن است به دلیل تفاوت در مقدار استفاده شده و گونه مورد استفاده باشد.

در طی زمان پخت پاستا، آب از محیط بیرون به داخل پاستا می‌رود و باعث ژله‌ای شدن نشاسته می‌شود. زمان پخت با جذب آب رابطه مستقیم دارد (Cheng et al. 2005). در این پژوهش، زمان پخت بهینه در تیمارهای غنی‌شده با کنسانتره پروتئین ماهی نسبت به شاهد کاهش یافت که می‌توان علت آن را به ساختار پروتئینی ماهی موجود در پاستای غنی‌شده نسبت داد. این پروتئین‌ها با مجموعه نشاسته‌ای پاستا اتصال آبی برقرار نمی‌کنند و موجب کاهش درصد جذب آب توسط نشاسته و کاهش ژلاتینه شدن نشاسته می‌شوند. لذا زمان کم‌تری لازم است تا نشاسته به طور کامل ژلاتینه شود و ساختار گچی پاستا از بین برود و در نهایت مدت زمان پخت کاهش می‌یابد (Desai et al. 2018). در بررسی Desai و همکاران (۲۰۱۸) بر روی غنی‌سازی پاستا با پودر پروتئین ماهی کاد و آزاد، کاهش زمان پخت در پاستای غنی‌شده مشاهده شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین، در مطالعه Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) که از پودر حاصل از ضایعات ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) برای غنی‌سازی پاستا استفاده کردند، در پاستای حاوی ترکیبات تیلاپیا، زمان بهینه پخت کاهش یافت که نتایج آن با این مطالعه هم‌سو است.

درصد افت پخت در تیمار ۱٪ کم‌ترین مقدار و در تیمار شاهد بیش‌ترین مقدار است و این اختلاف معنی‌دار است. درصد افت پخت مقیاسی برای اندازه‌گیری میزان حفاظت ساختار پاستا در زمان پخت است (Shiau et al. 2001). افزایش مقدار کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ در پاستا به علت محتوای پروتئینی بالا و کیفیت پروتئینی بیشتر، موجب کاهش زمان پخت می‌شود (Chalamaiah et al. 2013). با اضافه کردن پروتئین و یا هر نوع افزودنی به پاستا نیروی شبکه گلوتهی در پاستا کم شده و ساختار کلی آن ضعیف می‌شود. به دنبال این تداخل هنگام پخت پاستا، مواد جامد زودتر از بافت خارج شده و نفوذ بیشتر آب به پاستا سبب کاهش زمان پخت می‌شود (Rayas-Duarte et al. 1996). در تحقیقی که Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) از پودر حاصل از ضایعات ماهی تیلاپیا برای غنی‌سازی پاستا استفاده کردند و از سطوح مختلف پودر ۶، ۱۲، ۱۷ و ۲۳٪ به پاستا اضافه کردند، دریافتند که غنی‌سازی باعث افزایش معنی‌دار افت پخت

که توسط Desai و همکاران (۲۰۱۹) برای غنی‌سازی پاستا از پودر ماهی آزاد انجام شد، نتایج آنها نشان داد که غنی‌سازی پاستا با استفاده از پودر ماهی منجر به افزایش شاخص بادکردگی، جذب آب و کاهش میزان سختی نمونه‌های غنی‌شده در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود که با مطالعه حاضر هم‌سو است. در مطالعه‌ای دیگر که Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) از پودر حاصل از ضایعات ماهی تیلاپیا برای غنی‌سازی پاستا استفاده کردند، در جیره حاوی ترکیبات تیلاپیا، زمان بهینه پخت، چسبناکی و انعطاف پذیری کاهش یافت که با پژوهش حاضر ناهم‌سو است. این تفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در میزان استفاده از کنسانتره پروتئین ماهی یا تفاوت در گونه ماهی باشد. شاخص چسبندگی در تیمار شاهد بیشترین مقدار را داشت و کم‌ترین مقدار در تیمار ۲٪ مشاهده شد. چسبندگی پاستا یکی از خصوصیات نامطلوب آن به‌شمار می‌رود که به دلیل خروج مولکول‌های نشاسته خصوصاً آمیلوز از گرانول‌های نشاسته در حین ژلاتینه شدن در اثر پخت به وجود می‌آید و ارتباط مستقیمی بین مقدار آمیلوز و چسبندگی وجود دارد (Haralampu et al. 2000). اگر تورم بالا باشد، زنجیره پروتئینی شکسته شده و موجب رهاسازی آمیلوز در آب پخت می‌شود. این درحالی است که آمیلوپکتین در سطح باقی مانده و منجر به افزایش چسبندگی در پاستا می‌شود.

این دو فراسنجه تأثیر فراوانی بر روی کیفیت پاستا دارد (Dexter et al. 1983). چسبندگی ماکارونی به طور عملی با شاخص تورم در ارتباط است و شاخص تورم بالا، سبب چسبندگی بالای ماکارونی می‌شود. هر قدر میزان و قدرت شبکه گلوتن بیشتر باشد، مانع از خروج نشاسته و ایجاد چسبندگی می‌شود (Sabanis et al. 2006). هم‌سو با این مطالعه، در مطالعه Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) که اثر افزودن کنسانتره پروتئینی ماهی سیم بر خصوصیات شیمیایی و بافتی، رنگ و ارزیابی حسی پاستا بررسی شد و شاخص‌هایی مانند رنگ، طعم و مزه، قابلیت جویدن، ارتجاعی بودن، بو، وضعیت ظاهری رشته‌ها، چسبندگی، سختی و پذیرش کلی پاستای حاوی ۷/۵٪ کنسانتره پروتئین ماهی کیفیت بهتری از نمونه‌های دیگر و شاهد داشت. در مطالعه‌ای دیگر، Sozer و همکارانش در سال ۲۰۰۷ خصوصیات حرارتی، بافتی، پخت

با توجه به نتایج به‌دست آمده، با اضافه شدن کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ در پاستا، شاخص تورم زیاد می‌شود که می‌توان آن را به وجود گروه‌های پروتئینی ماهی در پاستا نسبت داد. تخریب مداوم کریستال‌های نشاسته توانایی جذب آب در پاستا را بالا برده و موجب افزایش شاخص تورم می‌شود (Desai et al. 2018). مرغوبیت پاستای تولیدی بیش از این که به نشاسته بستگی داشته باشد، وابسته به پروتئین است و زمانی که پروتئین منعقد شده در پاستا وجود نداشته باشد، رشته نشاسته به قطعه‌های کوچک شکسته می‌شود و پاستای تولیدی قدرت متورم شدن در آب را بعد از پخت نخواهد داشت. این ویژگی متورم شدن در اثر جذب آب توسط پروتئین است (Sung and Stone, 2003). در مطالعه‌ای که Ainsa و همکاران (۲۰۲۱) با هدف مقایسه ترکیبات تغذیه‌ای، خصوصیات فناورانه و کیفیت حسی دو ماکارونی حاوی محصولات جانبی ماهی تن و ماهی باس به‌طور جداگانه انجام دادند، نتایج نشان داد که افزودن ماهی باعث کاهش در شاخص‌های افزایش وزن و تورم می‌شود که با نتایج مطالعه حال حاضر مغایرت دارد. در تحقیقی دیگر، Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) از پودر حاصل از ضایعات ماهی تیلاپیا برای غنی‌سازی پاستا استفاده کردند. نتایج نشان داد که در جیره حاوی ترکیبات تیلاپیا، زمان بهینه پخت، شاخص‌های جذب آب، شاخص بادکردگی، چسبناکی و انعطاف پذیری کاهش یافتند. این کاهش شاخص تورم ممکن است به دلیل ضعف در تشکیل و ژلاتینه شدن گرانول‌های نشاسته باشد (Vijaykrishnaraj et al. 2015). این نتایج ممکن است به شرایط تولید و مواد استفاده شده نیز مرتبط باشد.

پاستا از نظر بافت‌سنجی (سختی، چسبندگی و انعطاف‌پذیری) نیز ارزیابی و مشخص شد که افزایش درصد کنسانتره پروتئین ماهی موجب کاهش سختی پاستا می‌شود و بیش‌ترین سختی مربوط به تیمار شاهد بود. خواص بافتی پاستا به شبکه گلوتنی که از نشاسته، پروتئین و چربی تشکیل شده بستگی دارد (Ortiz et al. 2013). تغییر در بافت پاستا به دلیل تنوع در توانایی گلوتن و چربی است. در واقع، شبکه گلوتنی مانند پوششی عمل کرده که مانع خروج نشاسته به خصوص آمیلوز شده و در نهایت بافت سفت‌تری حاصل می‌شود. در پژوهشی

حسی پاستا بررسی کردند. انعطاف‌پذیری پاستا با افزودن کنسانتره افزایش یافت که با مطالعه حاضر مغایرت دارد. دلیل این تفاوت در نتایج را می‌توان به گونه استفاده شده یا تفاوت در میزان استفاده از کنسانتره نسبت داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل می‌توان استنباط کرد که مقدار استفاده شده از کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ در تیمارهای مورد بررسی به لحاظ عدم تغییر در خصوصیات حسی و ذائقه‌پسندی که یکی از موارد کلیدی در تشخیص بازار پسندی است، مناسب بوده است. همچنین در کنار آن، بهبود شاخص‌های کیفی پخت (زمان پخت، افت پخت، درصد جذب آب و تورم) با استفاده از کنسانتره پروتئین ماهی با این مقادیر مصرفی مشاهده شد. نتایج حاصل از سنجش بافت نیز نشان داد که افزودن کنسانتره به پاستا میزان چسبندگی را کاهش و بهبود می‌بخشد. در نهایت، با بررسی داده‌ها و نتایج حاصل، استفاده از کنسانتره پروتئین ماهی فیتوفاگ در غنی‌سازی پاستا پیشنهاد می‌شود.

منابع

Ainsa, A., Honrado, A., Marquina, P.L., Roncalés, P., Beltrán, J.A., Calanche M, J.B. 2021. Innovative development of pasta with the addition of fish by-products from two species. *Foods* 10: 1889. doi: 10.3390/foods10081889.

Aminpour Dafchahi, E., Zakipour Rahimabadi, E., Rostamzad, H., Nejat Pirsararii, E. 2021. The effect of enrichment with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) protein powder on the amino acid profile, chemical composition and sensory properties of biscuits. *Iran Journal of Food Science and Industry Research* 17:

(جذب آب و افت پخت) اسپاگتی غنی‌شده با نشاسته مقاوم، اسپاگتی سبوس‌دار و شاهد را بررسی کردند. میزان چسبندگی و سختی اسپاگتی سبوس‌دار از اسپاگتی شاهد و غنی‌شده با نشاسته مقاوم بیشتر بود. به عبارت دیگر، میزان چسبندگی و سختی اسپاگتی شاهد و غنی‌شده با نشاسته مقاوم یکسان بود. این افزایش چسبندگی بر اساس استفاده از سبوس ممکن است به دلیل وجود گلوتن باشد. انعطاف‌پذیری به عنوان توانایی یک ماده برای جذب انرژی در صورت تغییر شکل الاستیک و بازگشت به شکل اولیه خود تعریف می‌شود (Ortolan and Steel, 2017). مطابق نتایج به دست آمده در این پژوهش کم‌ترین میزان انعطاف‌پذیری در تیمار ۲٪ بود که نشان‌دهنده تأثیر نامطلوب افزایش کنسانتره ماهی بر روی این شاخص است. می‌توان این امر را به وجود سطوح بالای پروتئین بدون گلوتن نسبت داد که منجر به ایجاد یک شبکه گلوتن ناپیوسته و نامنظم با رقیق شدن فعل و انفعال گلوتن-نشاسته می‌شود (Monteiro et al. 2019). در تحقیقی که توسط Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد، از پودر حاصل از ضایعات ماهی تیلاپیا برای غنی‌سازی پاستا استفاده کردند. در جیره حاوی ترکیبات تیلاپیا، انعطاف‌پذیری کاهش یافت که هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر است. در مطالعه‌ای، Shoghi و همکاران (۲۰۱۸) اثر افزودن کنسانتره پروتئینی ماهی سیم بر خصوصیات شیمیایی و بافتی، رنگ و ارزیابی

doi: 559-568.
10.22067/ifstrj.v17i5.87661.

Anbudhasan, P., Asvini, G., Surendraraj, A., Ramasamy, D., Sivakumar, T. 2014. Development of functional pasta enriched with omega-3 fatty acids. *Fishery Technology* 51: 242-246.

Aubourg, S.P., Piñeiro, C. and González, M.J. 2004. Quality loss related to rancidity development during frozen storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Journal of the American Oil Chemists' Society* 81: 671-678. doi: 10.1007/s11746-004-960-1.

- Bastos, S.C., Tavares, T., de Sousa Gomes Pimenta, M.E., Leal, R., Fabrício, L.F., Pimenta, C.J., Nunes, C.A., Pinheiro, A.C.M. 2014. Fish filleting residues for enrichment of wheat bread: chemical and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology* 51: 2240-2245. doi: 10.1007/s13197-014-1258-1.
- Chalamaiah, M., Balaswamy, K., Rao, G.N., Rao, P.P., Jyothirmayi, T. 2013. Chemical composition and functional properties of mrigal (*Cirrhinus mrigala*) egg protein concentrates and their application in pasta. *Journal of Food Science and Technology* 50: 514-520. doi: 10.1007/s13197-011-0357-5.
- Chen, W.L., Chow, C.J. 2001. Studies on the physicochemical properties of milkfish myoglobin. *Journal of Food Biochemistry* 25: 157-174. doi: 10.1111/j.1745-4514.2001.tb00731.
- Cheng, Y., Shimizu, N., Kimura, T. 2005. The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant. *International Journal of Food Science & Technology* 40: 385-390. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.00935.
- Cocci, E., Sacchetti, G., Vallicelli, M., Angioloni, A., Dalla Rosa, M. 2008. Spaghetti cooking by microwave oven: Cooking kinetics and product quality. *Journal of Food Engineering*, 85: 537-546. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.08.013.
- Delcour, J.A., Vansteelandt, J., Hythier, M.C., Abecassis, J. 2000. Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of starch gelatinization and pasting properties in pasta quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3774-3778. doi: 10.1021/jf991052.
- Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A. and Mocchi, G., 2005. Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science* 41: 347-356. doi: 10.1016/j.jcs.2004.12.003.
- De Oliveira, I.S., Lourenço, L.D.F.H., Sousa, C.L., Joele, M.R.S.P. and do Amaral Ribeiro, S.D.C., 2015. Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. *Food Control* 50: 38-44. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.08.018.
- Desai, A.S., Brennan, M.A., Brennan, C.S. 2018. Effect of fortification with fish (*Pseudophycis bachus*) powder on nutritional quality of durum wheat pasta. *Foods* 7: 62. doi: 10.3390/foods7040062.
- Desai, A.S., Brennan, M.A., Brennan, C.S. 2019. Influence of semolina replacement with salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) powder on the physicochemical attributes of fresh pasta. *International Journal of Food Science & Technology* 54: 1497-1505. doi: 10.1111/ijfs.13842.
- Dexter, J.E., Matsuo, R.R., Morgan, B.C. 1983. Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *Journal of Food Science* 48: 1545-1551. doi: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb03534.
- Diplock, A.T., Aggett, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E.B., Robertfroid, M.B. 2000. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *Special Publication-Royal Society of Chemistry* 248: 8-60.
- FAO. 1986. Fish Protein Concentrate. Fisheries Technical Paper, Food & Agriculture Organization of United Nation, Roma.
- FAO. 2006. Fish protein concentrate, fish flour, fish hydrolyzate. Animal Feed resources information system. <http://www.FAO.org>.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., Brennan, M.A., Brennan, C.S. 2015. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of

- pasta. *LWT-Food Science and Technology* 61: 41-46. doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.010.
- Ghafari Sahar, Hosseini Seyed Vali, Farhani Mehrdad, B. 2018. evaluation of chemical and physicochemical properties of toast enriched with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) protein concentrate. *Journal of Aquaculture Sciences* 7: 237-252.
- Goes, E.S.D.R., Souza, M.L.R.D., Michka, J.M.G., Kimura, K.S., Lara, J.A.F.D., Delbem, A.C.B., Gasparino, E. 2016. Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia: nutritional and sensory characteristics. *Food Science and Technology* 36: 76-82. doi: 10.1590/1678-457X.0020.
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant starch—a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41: 285-292. doi: 10.1016/S0144-8617(99)00147-2.
- International Pasta Organisation Survey. 2015. <http://internationalpasta.org/pasta/statistics/Accessed 14.05.2017>.
- Kadam, S.U., Prabhasankar, P. 2010. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International* 43: 1975-1980. doi: 10.1016/j.foodres.2010.06.007.
- Kadam, S.U., Prabhasankar, P. 2012. Evaluation of cooking, microstructure, texture and sensory quality characteristics of shrimp meat-based pasta. *Journal of Texture Studies* 43: 268-274. doi: 10.1111/j.1745-4603.2011.00336.
- Kalantar Mahdavi, F.A., Yasini, A. 2015. Investigating the chemical, sensory and cooking characteristics of surimi-enriched pasta. *Iranian Journal of Food Sciences and Industries* 13: 161-169.
- Kamali, S., Khanipur, A.A., Zare Geshti, Gh., Noghani, F. 2016. The effect of enrichment of industrially produced pasta with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) protein concentrate on palatability. *Advanced Aquaculture Sciences* 1: 109-118.
- Kamali Roust, L., Ghandehari Yazdi, A.P., Amini, M. 2020. Optimization of athletic pasta formulation by D-optimal mixture design. *Food Science & Nutrition* 8: 4546-4554. doi: 10.1002/fsn3.1764.
- Krishnan, J.G., Menon, R., Padmaja, G., Sajeev, M.S., Moorthy, S.N. 2012. Evaluation of nutritional and physico-mechanical characteristics of dietary fiber-enriched sweet potato pasta. *European Food Research and Technology* 234: 467-476. doi: 10.1007/s00217-011-1657-8.
- Liu, T., Hamid, N., Kantono, K., Pereira, L., Farouk, M.M., Knowles, S.O. 2016. Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and in vitro digestibility. *Food Chemistry* 213: 108-114. doi: org/10.1016/j.foodchem.2016.06.058.
- Mishra, N. 2017. Utilization of waste defatted rice bran in formulation of functional cookies and its effect on physicochemical characteristic of cookies. *International Journal of Advanced Science and Research* 2: 64-68.
- Moini, S., Rahimzadeh, E., Khanipur, A. 2009. Enrichment of bread with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) concentrate. *Science and Technology Magazine* 4: 1-9.
- Monteiro, M.L.G., Mársico, E.T., Deliza, R., Castro, V.S., Mutz, Y.S., Junior, M.S.S., Caliari, M., dos Santos, E.A., Conte-Junior, C.A. 2019. Physicochemical and sensory characteristics of pasta enriched with fish (*Oreochromis niloticus*) waste flour. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 111: 751-758. doi: org/10.1016/j.lwt.2019.05.075.

- Nasehi, B., Mortazavi, S.A., Razavi, S.M.A., Mazaheri Tehrani, M. 2010. Optimization of the formulation and extruder variables for the enrichment of spaghetti with whole soy flour by mixed statistical design. *Quarterly Journal of Food Science and Industry* 7: 29-3. doi: 10.22067/ifstrj.v1394i6.28307.
- Nazari, R.M. 2003. Familiarity with reproduction and breeding of aquatic animals. Aslani Publications, second edition, Tehran, 64 p.
- Ortiz, J., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Puente-Díaz, L., Zura-Bravo, L., Aubourg, S. 2013. Influence of air-drying temperature on drying kinetics, colour, firmness and biochemical characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets. *Food Chemistry* 139: 162-169. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.01.037.
- Ortolan, F., Steel, C.J. 2017. Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 369-381. doi: 10.1111/1541-4337.12259.
- Özyurt, G., Polat, A., Özoğul, F. 2005. Nutritional value of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets during frozen (-18 °C) storage. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 29: 891-895.
- Ramya, N.S., Prabhasankar, P., Gowda, L.R., Modi, V.K., Bhaskar, N. 2015. Influence of freeze-dried shrimp meat in pasta processing qualities of Indian T. durum wheat. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 24: 582-596. doi: 10.1080/10498850.2013.796581.
- Rawat, N., Indrani, D. 2015. Functional ingredients of wheat-based bakery, traditional, pasta, and other food products. *Food Reviews International* 31: 125-146. doi: 10.1080/87559129.2014.974267.
- Rayas-Duarte, P., Mock, C.M., Satterlee, L.D. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chemistry* 73: 381-387.
- Rustad, T., Storrø, I., Slizyte, R. 2011. Possibilities for the utilization of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology* 46: 2001-2014. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02736.
- Sabanis, D., Makri, E., Doxastakis, G. 2006. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagne. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1938-1944. doi: 10.1002/jsfa.2567
- Sadeghi, A., Sadeghi, B., Ebrahimi, M. 2015. Evaluation of shelf life and sensory characteristics of baguette bread enriched with sour dough of whole wheat flour and pumpkin puree. *Innovation in Food Science and Technology* 9: 81-91.
- Shiau, S.Y., Yeh, A.I. 2001. Effects of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles. *Journal of Cereal Science* 33: 27-37. doi: 10.1006/jcrs.2000.0344
- Shoghi, Z., Babakhani, A., Farzad, A. 2019. Effect of protein concentrate from bream (*Abramis brama*) on chemical and cooking properties of pasta. *Journal of Fisheries* 72: 143-154.
- Shoghi, Z., Babakhani Lashkan, A., Pourfarzad, A. 2021. Investigation of texture, color and sensory properties of the pasta fortified with protein concentrate of *Abramis brama*. *Fisheries Science and Technology* 10: 370-385.
- Sozer, N., Dalgiç, A.C., Kaya, A. 2007. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *Journal of Food Engineering* 81: 476-484. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.11.026.

- Sung, W.C., Stone, M. 2003. Characterization of various wheat starch in pasta development. *Journal of Marine Science and Technology*, 11: 61-69.
- Surasani, V.K.R., Singh, A., Gupta, A., Sharma, S. 2019. Functionality and cooking characteristics of pasta supplemented with protein isolate from pangas processing waste. *Lwt-Food Science and Technology* 111: 443-448. doi: org/10.1016/j.lwt.2019.05.014.
- Vijaykrishnaraj, M., Bharath Kumar, S. and Prabhasankar, P., 2015. Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: product quality, microstructure and biofunctional evaluation. *Journal of Food Measurement and Characterization* 9: 76-85. doi: org/10.1007/s11694-014-9212-5.
- Wójtowicz, A., Mościcki, L. 2009. Influence of extrusion-cooking parameters on some quality aspects of precooked pasta-like products. *Journal of Food Science* 74: E226-E233. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01168.
- Wójtowicz, A., Mościcki, L. 2014. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. *LWT-Food Science and Technology* 59: 1175-1185. doi: 10.1016/j.lwt.2014.06.010.