



The Effect of Chitosan, Cooking Methods and Storage Time on Sensory Factors, Colorimetric and Weight Changes of Huso Fillet (*Huso huso*) under Freezing Conditions

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Daneshvar S.M.^{*1} MSc,
Alishahi A.¹ PhD,
Ojagh S.M.¹ PhD,
Mirsadeghi H.¹ PhD

How to cite this article

Daneshvar S.M, Alishahi A, Ojagh S.M, Mirsadeghi H. The Effect of Chit-osan, Cooking Methods and Storage Time on Sensory Factors, Colorimetric and Weight Changes of Huso Fillet (*Huso huso*) under Freezing Conditions. Journal of Fisheries Science and Technology. 2019;8(4):193-198.

¹Seafood Processing Department, Fisheries & Environment Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran

*Correspondence

Address: Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Basij square, Gorgan, Iran. Postal Code: 4918943464.
Phone: +98 (17) 14427040
Fax: +98 (17) 14424155
mastermaryam@yahoo.com

Article History

Received: December 30, 2019
Accepted: February 18, 2020
ePublished: December 21, 2019

ABSTRACT

Aims The aim of the present study was to investigate the effect of cooking methods (frying and microwave), chitosan additive and freezer storage time on the Huso fillet in terms of sensory and color evaluation and weight changes.

Materials & Methods Fish fillets were frozen at -18°C for 4 months. Also, they were defrosted, fried, and microwaved (day 0, second month, and fourth month). Half of fillets were added to 1% acid-soluble chitosan. This experiment was designed in 4 treatments: T₁ (fried sample without chitosan), T₂ (fried sample containing 1% acid-soluble chitosan), T₃ (microwave cooked sample without chitosan), T₄ (Microwave cooked sample containing 1% acid-soluble chitosan). Fillet weights were measured before and after cooking. Sensory and colorimetric properties were evaluated after cooking.

Findings The use of 1% acid-soluble chitosan had no significant effect on sensory parameters and colorimetric factors (p>0.05). Weight changes in fried fillets were increased over time but decreased in microwave-cooked fillets over time.

Conclusion The use of acid soluble chitosan 1% had no significant effect on the sensory indicators compared to the control group. In terms of colorimetric factors, chitosan had a positive effect on yellowness index. The weight changes of the microwave-cooked fillets were better than the fried ones. The fillet without chitosan at zero time was in the best condition in terms of sensory evaluation and colorimetry compared to the other fillets.

Keywords Chitosan; Fish Fillet; Frying; Microwave

CITATION LINKS

[1] Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage [2] Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M [3] Biopreservation of fish products-a review of recent approaches and results [4] The effect of using chitosan preservative enriched with cinnamon essential oil on the quality and shelf life of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) [5] Osteology and phylogenetic relationships of recent sturgeons [6] Hematological characteristics and reproduction indices of wild beluga (*Huso huso*) broodstocks from the southeast of the Caspian Sea [7] Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets [8] Edible antimicrobial films based on chitosan matrix [9] Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials [10] Food applications of chitin and chitosans [11] Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review [12] Influence of the cold storage time of raw beef meat and grilling parameters on sensory quality and content of heterocyclic aromatic amines [13] Water-based nano-sized chitin and chitosan as seafood additive through a case study of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [14] Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets [15] Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at- 13 and- 27°C [16] Optical properties of raw and processed fish roes from six commercial New Zealand species [17] Effect of different thawing methods on the physicochemical, microbial parameters and sensory analysis of frozen *Euthynnus affinis* [18] Effects of different cooking methods on physical properties and sensory evaluation of rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*) [19] Effect of thermal treatment on meat proteins with special reference to heterocyclic aromatic amines (HAAs) [20] Investigation of fat oxidation of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) at 4±1°C using image processing technique [21] Evaluation of color and tissue of rainbow trout fillet by chitosan edible coating incorporated with marjoram essential oil during refrigerated storage

تاثیر کیتوزان، روش‌های پخت و مدت زمان نگهداری بر فاکتورهای حسی، رنگ‌سنجی و تغییرات وزنی فیله فیل ماهی (*Huso huso*) در شرایط انجماد

سیده مریم دانشور* MSc

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

علیرضا عالیشاهی PhD

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

سید مهدی اجاق PhD

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

حجت میرصادقی PhD

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

اهداف: هدف مطالعه حاضر، بررسی تاثیر روش‌های پخت (سرخ کردن و مایکروویو)، کیتوزان و زمان نگهداری در فریز بر فیله فیل ماهی از نظر ارزیابی حسی، رنگ‌سنجی و تغییرات وزنی بود.

مواد و روش‌ها: فیله‌های ماهی در فریزر 18°C به مدت ۴ ماه منجمد شدند. همچنین در سه بازه زمانی (روز صفر، ماه دوم و چهارم)، انجمادزدایی و به دو روش سرخ کردن و مایکروویو پخته شدند. نیمی از فیله‌ها در کیتوزان محلول در اسید ۱٪ غوطه‌ور شدند. این آزمایش در چهار تیمار طراحی شد: T₁ (فیله شاهد سرخ‌شده)، T₂ (فیله سرخ‌شده حاوی ۱٪ کیتوزان محلول در اسید)، T₃ (فیله شاهد پخته‌شده در مایکروویو)، T₄ (فیله پخته‌شده در مایکروویو حاوی ۱٪ کیتوزان محلول در اسید). وزن فیله‌ها قبل و بعد پخت اندازه‌گیری شد. خواص حسی و رنگ‌سنجی نیز پس از پخت مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: استفاده از کیتوزان محلول در اسید ۱٪ بر شاخص‌های حسی و رنگ‌سنجی اثر معنی‌داری نداشت ($p>0.05$). در فیله‌های سرخ‌شده تغییرات وزنی با گذشت زمان افزایش یافت اما در فیله‌های پخته‌شده در مایکروویو طی گذشت زمان روند کاهشی داشت.

نتیجه‌گیری: استفاده از کیتوزان محلول در اسید ۱٪ از نظر شاخص‌های حسی اثر مطلوبی نسبت به گروه شاهد نداشت. در فاکتورهای رنگ‌سنجی، کیتوزان تاثیر مثبتی روی شاخص زردی داشت. تغییرات وزنی فیله‌های پخته‌شده با مایکروویو وضعیت مطلوبی نسبت به سرخ‌شده داشتند. فیله فاقد کیتوزان زمان صفر نسبت به بقیه فیله‌ها در بهترین وضعیت از لحاظ ارزیابی حسی و رنگ‌سنجی بود.

کلیدواژه‌ها: کیتوزان، فیله ماهی، سرخ کردن، مایکروویو

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹

*نویسنده مسئول: mastermaryam@yahoo.com

مقدمه

گوشت بخش بسیار مهم وعده‌های غذایی انسان‌ها است که نقشی اساسی در سلامت مصرف‌کننده دارد. آب، چربی، پروتئین، اسیدآمین‌های ضروری، ویتامین‌ها و عناصر کمیاب (آهن، منیزیم،

سلیوم، مس و روی) جزء ساختار گوشت هستند که اغلب به‌عنوان بخش مهم در رژیم غذایی انسان‌ها جای دارند^[1]. حرارت یک تکنیک فیزیکی معمول برای طبخ مواد غذایی گوشتی است که با توجه به درجه حرارت، مدت پخت و نوع ماده غذایی منجر به تغییر پروتئین، بافت، ظرفیت نگهداری آب و سایر خواص کیفی مهم از جمله آبدار بودن، رنگ و بو می‌شود^[2]. تازگی یا زمان ماندگاری از مسایل مهم در نگهداری آبزیان است که تحت تاثیر درجه حرارت، شدت واکنش‌های آنزیمی و تعداد و نوع میکروارگانیسم‌های مولد فساد است^[3]. ترکیبات فرار حاصل از شکسته‌شدن چربی‌ها در اثر واکنش‌های اکسیداسیون و هیدرولیتیک آنها (هیدروپرواکسیدها، آلدهیدها، کتون‌ها و غیره) منجر به ایجاد طعم نامطلوب و غیرقابل مصرف شدن ماهی می‌شود^[4]. فیل ماهی از خانواده تاس‌ماهیان (*Acipenseridae*) و بازمانده ماهیان غضروفی استخوانی و بزرگ‌ترین ماهی دریای خزر است^[5]. امروزه پرورش ماهی سهم زیادی در تامین منابع انرژی و پروتئینی مورد نیاز انسان دارد. در این رابطه ماهیان خاویاری از جهات مختلف دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. فیل ماهی با ارزش‌ترین گونه در معرض خطر دریای خزر در نظر گرفته شده است^[6]. کیتوزان یک کopolymer است که با استیل‌زدایی کیتین به دست می‌آید. کیتین در دیواره سلولی حشرات، قارچ‌ها و سخت‌پوستان وجود دارد^[7]. کیتوزان یک ماده غیرسمی، زیست‌تجزیه‌پذیر و زیست‌سازگار است که خاصیت ضد اکسیداسیونی، ضد میکروبی و ضد التهابی دارد^[8-10]. سازمان غذا و دارو (FDA) در سال ۲۰۰۱ استفاده عمومی از کیتوزان در مواد غذایی را تایید کرد. همچنین کیتوزان برای استفاده‌های زیست‌دارویی دارای تاییدیه است. در ژاپن، ایتالیا، فنلاند و کره نیز از کیتوزان به‌عنوان افزودنی خوراکی استفاده می‌شود. در این کشورها، کیتوزان به‌دلیل اتصال به چربی، اغلب برای تهیه غذاهای رژیمی با کالری پایین استفاده می‌شود. ثابت شده است که این ماده می‌تواند سطح کلسترول پلاسما را در جانوران پایین آورد. استفاده از کیتوزان به‌عنوان یک افزودنی غذایی از سال ۱۹۸۳ و ۱۹۹۵ به ترتیب در ژاپن و کره مجاز اعلام شد^[11].

در مطالعه حاضر، هدف از ارزیابی حسی، سنجیدن ویژگی‌های ظاهری و کیفی فیله ماهی پخته‌شده توسط افراد آموزش‌دیده بود. مقایسه تفاوت ظاهری فیله‌ها از نظر رنگ‌سنجی (رنگ قشر بیرونی فیله بعد از پخت، بو و بافت فیله پخته‌شده) بود. ارزیابی حسی و رنگ‌سنجی بین فیله‌های فیل ماهی فاقد کیتوزان و حاوی ۱٪ کیتوزان محلول در اسید که به دو روش سرخ کردن و مایکروویو پخته شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد و وسایل

مواد مصرفی مورد استفاده شامل فیل ماهی، کیتوزان محلول در اسید، یخ، کاغذ صافی واتمن شماره ۳، دستکش استریل، فویل استریل، پنبه، مواد ضد عفونی‌کننده و ظروف بسته‌بندی پلی‌اتیلنی بودند.

تأثیر کیتوزان، روش‌های پخت و مدت‌زمان نگهداری بر فاکتورهای حسی، رنگ‌سنجی و... ۱۹۵

B: وزن نمونه خام بعد از نگهداری در دمای 18°C قبل از پختن (گرم)؛ C: وزن نمونه پخته‌شده ۴ ساعت بعد از سرد شدن در دمای اتاق (گرم)

برای ارزیابی رنگ‌سنجی فیله‌ها، ابتدا دستگاه توسط کاشی مخصوص کالیبره شد و سپس نمونه‌های فیله ماهی با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مدل Lovibond CAM-system, 500 (Tintometer؛ ایالات متحده) مورد آنالیز قرار گرفت. متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی از صفر (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی (a^* + نشان‌دهنده قرمزتر و a^* - نشان‌دهنده سبزتر) و b^* برای بیان بعد زرد-آبی (b^* + نشان‌دهنده زردتر و b^* - نشان‌دهنده آبی‌تر) است [14].

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه آنالیز شدند و برای مقایسه میانگین از آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.0 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها

ارزیابی حسی

پذیرش بافت

پذیرش بافت در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی اختلاف معنی‌دار دارند ($p < 0.05$ ؛ جدول ۱)، که در روش پخت سرخی پذیرش بافت بهتر بود. ولی در تیمارهای شاهد میکروویو و کیتوزان میکروویو اختلاف معنی‌داری بین هر سه زمان وجود نداشت ($p > 0.05$). از لحاظ روش پخت، فیله‌های سرخ‌شده پذیرش بافت بهتری نسبت به فیله‌های پخته‌شده در میکروویو داشتند. در روش پخت در میکروویو، فیله‌های فاقد کیتوزان و حاوی کیتوزان محلول در اسید ۱٪ هیچ تفاوتی با هم نداشتند. تغییرات رنگ در تیمارهای شاهد میکروویو و کیتوزان میکروویو اختلاف معنی‌داری ندارند ($p > 0.05$ ؛ جدول ۲). از لحاظ مقایسه رنگ، فیله‌های سرخ‌شده نسبت به فیله‌های پخته‌شده در میکروویو امتیاز بیشتری گرفتند. افزودن کیتوزان تأثیر خاصی بر رنگ فیله‌ها نداشت.

جدول ۱) میانگین آماری تغییرات بافت تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر -18°C

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	$5.2 \pm 0.89 \text{ Aa}$	$5.2 \pm 0.00 \text{ Aa}$	$4.7 \pm 1.30 \text{ Ab}$
شاهد میکروویو	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	$5.2 \pm 1.34 \text{ Aa}$	$4.8 \pm 0.44 \text{ Aa}$	$3.8 \pm 0.83 \text{ Cb}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ میکروویو	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$	$1.2 \pm 0.00 \text{ Ba}$

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون هستند.

تمام مواد مصرفی دارای درجه آزمایشگاهی بودند و از شرکت‌های مرک، تیتراکم و دکتر مجلی تهیه شدند.

دستگاه‌های غیرمصرفی

دستگاه‌های غیرمصرفی شامل ترازو با دقت $0.01/\text{g}$ مدل Testo pH2 (تستو؛ آلمان)، یخچال (هیمالیا؛ ایران)، ظرف و چاقوی استیل، دستگاه بسته‌بندی در خلاء (BOSS N84)، دستگاه میکروویو LF-5201WR/00 و اجاق گاز بودند.

سه فیل‌ماهی نر با میانگین وزنی 3 kg از شرکت آبری گستران ساعی در شهرستان ساری خریداری و بعد از جداسازی سر و شکم، با آب بهداشتی شسته و در محیطی کاملاً بهداشتی و به روش دستی فیله شدند. سپس فیله‌ها در بسته‌های پلی‌اتیلنی توسط دستگاه بسته‌بندی در خلاء بسته‌بندی و در فریزر با دمای -18°C نگهداری شدند. در این مطالعه نمونه‌ها از قسمت پشتی (حد فاصل باله شکمی و باله سینه‌ای) انتخاب شدند و برای انجام آزمایشات در جعبه حاوی یخ به نسبت ۲:۱ قرار گرفتند و در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه فرآوری آبزیان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. پس از بیرون آوردن فیله‌ها از فریزر در هر سه زمان (روز صفر، ماه دوم و ماه چهارم)، با روش انجمادزدایی در هوای آزاد (دمای اتاق) انجمادزدایی شدند. سپس به مدت ۲-۳ ساعت به‌صورت تصادفی به دو تیمار تقسیم شدند. تیمار فیله بدون کیتوزان به‌عنوان تیمار شاهد شناخته شد و بقیه تیمارها حاوی کیتوزان محلول در اسید ۱٪ بودند (فیله‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول کیتوزان غوطه‌ور شدند). این دو تیمار در سه زمان و ۳ تکرار آماده شدند. هر دو تیمار (شاهد و دارای کیتوزان محلول در اسید ۱٪) به دو روش سرخ‌کردن ماهی‌تابه‌ای و میکروویو پخته شدند. زمان سرخ‌کردن در ماهی‌تابه به‌صورت تجربی بود و برای همه فیله‌ها شرایط یکسانی در نظر گرفته شد. برای سرخ‌کردن از روغن سرخ‌کردنی اویلا استفاده شد. در روش پخت با میکروویو هم فیله‌ها در سه بازه زمانی ۵۰ ثانیه‌ای در ۱۷۰ وات طبخ شدند. فیله‌ها بعد از پخت مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. نمونه‌های مربوط به هر تیمار، پس از باز شدن ظرف مربوطه توسط اعضای ثابت ارزیاب (۵ نفر) که نحوه بررسی نمونه‌ها به آنها آموزش داده شده بود، امتیازدهی شدند. نمونه‌ها از نظر بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند و امتیازدهی شدند. این امتیازها براساس معیار سنجشی از ۱ تا ۵ (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب و ۵: خیلی خوب) در نظر گرفته شد [12]. قبل و بعد از پخت وزن فیله‌ها اندازه‌گیری و تغییرات وزنی آنها محاسبه شد. در این آزمایشات کیتوزان بعد از صفر بعد از ۱۰ ساعت از آماده‌سازی اولیه طی نگهداری در فریزر انجام شد. تغییرات وزنی پس از پخت نمونه‌ها از طریق رابطه زیر مورد محاسبه قرار گرفت [11, 13]:

$$(\text{درصد}) = \frac{B-C}{B} \times 100$$

جدول ۲) میانگین آماری تغییرات رنگ تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	۴/۶±۰/۵۴Aa	۵±۰/۰۰Ab	۴/۶±۰/۸۹Aa
شاهد مایکروویو	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba	۱/۲±۰/۰۴Ba
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۴/۸±۰/۴۴Aa	۵±۰/۰۰Aa	۵±۰/۰۰Aa
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba	۱/۴±۰/۰۵Bb

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون هستند.

پذیرش بو

پذیرش بو در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی در زمان صفر اختلاف معنی‌دار دارند ($p \leq 0/05$; جدول ۳). در تیمارهای شاهد مایکروویو و کیتوزان مایکروویو اختلاف معنی‌داری بین هر سه زمان وجود نداشت ($p > 0/05$). فیله‌های سرخ‌شده نسبت به فیله‌های پخته‌شده در مایکروویو از لحاظ پذیرش بو، امتیاز بیشتری گرفتند.

تغییرات پذیرش کلی

تغییرات پذیرش کلی در تیمار شاهد سرخی و کیتوزان سرخی در ماه چهارم اختلاف معنی‌دار دارند ($p \leq 0/05$; جدول ۴). از لحاظ پذیرش کلی، فیله‌های سرخ‌شده دارای وضعیت مطلوبی نسبت به فیله‌های پخته‌شده در مایکروویو هستند. افزودن کیتوزان تاثیر خاصی بر پذیرش کلی در تیمارهای مختلف نداشت.

تغییرات وزنی پس از پخت

طبق جدول ۵ تغییرات وزنی پس از پخت یک فاکتور مهم قابل بررسی از شاخص‌های پخت‌ویز است که در اثر تغییرات رطوبت، چربی و پروتئین محصول طی حرارت حاصل از پخت ایجاد می‌شود. در فیله‌های حاوی کیتوزان که در ماهی‌تابه سرخ شده بودند با گذشت زمان میزان تغییرات وزنی روند افزایشی داشت، اما تغییرات وزنی در فیله‌های حاوی کیتوزان که در مایکروویو پخته شده بودند با گذشت زمان دارای روند نزولی بود. کمترین میزان تغییرات وزنی فیله پس از پخت، در فیله پخته‌شده در مایکروویو حاوی کیتوزان محلول در اسید ۱٪ در ماه دوم و بیشترین میزان آن در فیله حاوی کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخ‌شده در ماه چهارم بود.

رنگ‌سنجی

تغییرات قرمزی

مقادیر تغییرات قرمزی در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0/05$; جدول ۶). در بین تیمارها، کمترین میزان قرمزی در ماه دوم در تیمار شاهد مایکروویو و در ماه چهارم در تیمار کیتوزان مایکروویو و بیشترین میزان قرمزی در روز صفر و ماه دوم در شاهد سرخی بود. مقادیر تغییرات قرمزی در تیمارهای شاهد مایکروویو و کیتوزان مایکروویو اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq 0/05$).

مقادیر میزان زردی

مقادیر میزان زردی در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0/05$; جدول ۷). در بین تیمارها، کمترین میزان زردی در ماه دوم در تیمار کیتوزان مایکروویو و

بیشترین این میزان در تیمار شاهد سرخی بود. مقادیر میزان زردی در تیمارهای شاهد مایکروویو و کیتوزان مایکروویو اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq 0/05$).

جدول ۳) میانگین آماری تغییرات بو در تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	۳/۲±۰/۸۳Aa	۵±۰/۰۰Ab	۳/۴±۱/۵۱Aa
شاهد مایکروویو	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۳/۶±۱/۱۴Ca	۴/۸±۰/۴۴Ab	۳/۴±۱/۱۴Aa
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba	۱±۰/۰۰Ba

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

جدول ۴) میانگین آماری تغییرات پذیرش کلی تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	۵±۰/۵۴Aa	۵±۰/۰۰Aa	۴/۶±۰/۵۴Ab
شاهد مایکروویو	۱/۸±۰/۵۴Ba	۱/۸±۰/۰۳Ba	۱/۴±۰/۵۴Bb
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۴/۸±۰/۵۴Aa	۴/۸±۰/۴۴Aa	۴/۴±۰/۵۴Cb
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۱/۸±۰/۰۳Ba	۱/۲±۰/۴۴Cb	۱/۲±۰/۵۴Bb

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

جدول ۵) تغییرات وزنی تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	-	-	-
شاهد مایکروویو	-	-	-
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۲۰/۳۴	۳۴/۹۳	۴۶/۷۶
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۳۹/۹۶	۱۵/۵۶	۱۵/۹۹

جدول ۶) تغییرات قرمزی (a^*) تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	۱۲/۶±۰/۱Aa	۱۲/۶±۰/۱Aa	۱۰/۳±۰/۱Ab
شاهد مایکروویو	۹/۳±۰/۱Ba	۶/۳±۰/۱Bb	۷/۴±۰/۰۱Bc
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۱۱/۸۷±۰/۰۶Ca	۱۱/۸±۰/۱Ca	۱۱/۶±۰/۴۳Ca
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۷/۸±۰/۱Da	۷/۷±۰/۱Da	۶/۳±۰/۱Db

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

جدول ۷) تغییرات زردی (b^*) تیمارهای مختلف فیله فیل‌ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر ۱۸°C-

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	۱۹/۵±۰/۱Aa	۲۰/۱±۰/۱Aa	۱۹/۴۱±۰/۱۵Aa
شاهد مایکروویو	۱۱/۹±۰/۱Ba	۱۰/۸±۰/۱Bb	۱۱/۰±۰/۰۱Bb
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	۱۸/۸۷±۰/۰۶Ca	۱۸/۱۶±۰/۱۵Ca	۷/۸±۰/۱Cb
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	۷/۸±۰/۱Da	۷/۱۳±۰/۱۵Da	۸/۷±۰/۱Db

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

مقادیر میزان روشنایی

میزان روشنایی در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی در ماه‌های دوم و چهارم اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0/05$; جدول ۸). در بین تیمارها، کمترین میزان روشنایی در ماه چهارم در تیمار کیتوزان سرخی و بیشترین این میزان در تیمار شاهد سرخی بود.

و واکنش میلارد می‌تواند عطر و طعم نمونه را کاهش دهد. همچنین پخت سریع و آزاد شدن مقدار مواد فرار باعث عدم ایجاد طعم خوشایند در روش مایکروویو می‌شود. بنا به دلایل مذکور فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پخته‌شده به روش مایکروویو در اولویت افراد ارزیاب قرار نگرفت که مطابق با نتایج مطالعه حاضر بود [18].

تغییرات وزنی پس از پخت، یک فاکتور مهم قابل بررسی و از شاخص‌های پخت‌وپز است که در اثر تغییرات رطوبت، چربی و پروتئین محصول طی حرارت حاصل از پخت ایجاد می‌شود. برای داشتن محصول خوشمزه و ایمن، پخت‌وپز بسیار مهم است [13].

طبق جدول ۵ کمترین میزان تغییرات وزنی فیله پس از پخت، در فیله پخته‌شده در مایکروویو حاوی کیتوزان محلول در اسید ۱٪ در ماه دوم مشاهده شد که ناشی از قدرت نفوذ کیتوزان در فیله و ایجاد پوشش در سطح بافت است که به‌عنوان عایق حرارتی بین فیله ماهی و گرمای حاصل از پختن عمل می‌کند. این خصوصیت کیتوزان باعث تاخیر در تولید ژل ماتریکس ماهیچه، چروکیدگی میوفیبریل و خروج رطوبت از سطح بافت می‌شود [19].

رنگ فیله ماهی تازه به عوامل مختلفی نظیر جیره غذایی، روش کشتار و خون‌گیری و فصل صید بستگی دارد. میزان تغییر رنگ گوشت فیله ماهی طی زمان نگهداری تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد. به‌طوری که تغییر رنگ ناشی از فساد را نمی‌توان به یک عامل خاص محدود کرد و مجموعه‌ای از عوامل شیمیایی و میکروبی فساد در کنار هم سبب ایجاد این تغییر رنگ می‌شوند. اما در فیله ماهی، رنگدانه‌های میوگلوبین و هموگلوبین و تغییر رنگ ناشی از فساد اکسیداتیو آنها مهم‌ترین نقش را در تغییر رنگ گوشت بازی می‌کنند. ذکر این نکته ضروری است که اندازه‌گیری‌های انجام‌شده به روش پردازش تصویر در هر پژوهش منحصرأ مربوط به آن پژوهش است و نمی‌توان نتایج حاصله را به‌عنوان یک شاخص کاملاً دقیق برای سایر محصولات مشابه تعمیم داد، زیرا سیستم‌های متفاوتی از نظر منبع نوری، ابعاد و ابزار مورد استفاده در این پژوهش‌ها به کار برده شده‌اند و متعاقباً با توجه به نوع سیستم مورد استفاده نتایج متفاوت به دست خواهد آمد، ولی روند این نتایج بسیار مهم و قابل تعمیم است [20]. رنگ گوشت ناشی از عملکرد دو عامل رنگدانه‌های گوشت (عمدتاً میوگلوبین و هموگلوبین) و ویژگی پراکندگی نور است. احساسی که به وسیله تحریکات عصبی با تماشای رنگ گوشت و فرآورده‌های گوشتی به بیننده دست می‌دهد در تصمیم‌گیری خرید این فرآورده غذایی بسیار موثر است. از این رو متخصصان بازاریابی فرآورده‌های گوشتی گزارش کردند که اسامی رنگ‌ها با احساسی که در افراد ایجاد می‌کنند، مطابقت نمی‌کند، بنابراین سنجش رنگ‌ها با دستگاه‌های رنگ‌سنج را توصیه کردند. امروزه به‌منظور اندازه‌گیری رنگ‌ها از روش‌های تعیین‌شده توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی CIE استفاده می‌شود. جدی و همکاران فاکتورهای رنگ‌سنجی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول نگهداری در یخچال را مورد بررسی قرار دادند. از نظر روشنایی فیله

میزان روشنایی در تیمارهای شاهد مایکروویو و کیتوزان مایکروویو در روز صفر و ماه دوم اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0.05$).

مقادیر میزان ΔE

میزان ΔE در تیمارهای شاهد سرخی و کیتوزان سرخی در ماه‌های دوم و چهارم اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0.05$; جدول ۹). در بین تیمارها، کمترین میزان ΔE در ماه چهارم در تیمار کیتوزان سرخی و بیشترین این میزان در تیمار شاهد سرخی بود. میزان ΔE در تیمارهای شاهد مایکروویو و کیتوزان مایکروویو در روز صفر و ماه دوم اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0.05$).

جدول ۸ میانگین آماری تغییرات میزان روشنایی (L^*) تیمارهای مختلف فیله ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر -18°C

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	$68/3 \pm 0.1 \text{Aa}$	$59/6 \pm 0.1 \text{Ab}$	$71/4 \pm 0.1 \text{Ac}$
شاهد مایکروویو	$62/8 \pm 0.1 \text{Ba}$	$64/4 \pm 0.1 \text{Bb}$	$52/23 \pm 0.1 \text{Bc}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	$67/11 \pm 0.1 \text{Aa}$	$57/3 \pm 0.1 \text{Cb}$	$37/4 \pm 0.1 \text{Cc}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	$46/71 \pm 0.1 \text{Ca}$	$54/97 \pm 0.1 \text{Db}$	$51/4 \pm 0.1 \text{Bc}$

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

جدول ۹ تغییرات ΔE تیمارهای مختلف فیله ماهی طی ۴ ماه نگهداری در فریزر -18°C

تیمار	روز صفر	ماه دوم	ماه چهارم
شاهد سرخی	$72/11 \pm 0.1 \text{Aa}$	$64/0 \pm 0.1 \text{Ab}$	$74/7 \pm 0.1 \text{Aa}$
شاهد مایکروویو	$64/91 \pm 0.1 \text{Ba}$	$65/4 \pm 0.1 \text{Aa}$	$53/73 \pm 0.1 \text{Bb}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ سرخی	$70/7 \pm 0.1 \text{Aa}$	$61/3 \pm 0.1 \text{Bb}$	$39/76 \pm 0.1 \text{Cc}$
کیتوزان محلول در اسید ۱٪ مایکروویو	$48/01 \pm 0.1 \text{Ca}$	$55/99 \pm 0.1 \text{Cb}$	$52/6 \pm 0.1 \text{Bb}$

حروف کوچک متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار میان داده‌ها در هر ستون است.

بحث

ارزیابی حسی یکی از روش‌های ارزیابی کیفیت و تازگی ماهیان طی دوره نگهداری است. میزان تغییرات به ترتیب شاخص‌های بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی در جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان داده شد. ارزیابی حسی روشی برای برآورد کیفیت ماهی محسوب می‌شود و روشی سریع و ساده است و اطلاعات وسیعی را پیرامون کیفیت ماهی فراهم می‌کند [15]. قابلیت پذیرش محصولات شیلاتی به‌طور طبیعی براساس درک مصرف‌کنندگان از ظاهر کلی محصول است. نمونه‌های ماهی تا زمانی برای مصرف انسانی مناسب هستند که امتیاز حسی آنها از ۴ کمتر نشده باشد. رنگ نقش مهمی در ارزیابی کیفی محصول دارد [16]. در مطالعه حاضر، روش انجمادزدایی، انجماد زدایی در هوا بود. جدگال و همکاران بیان کردند که فرآیند انجماد و متعاقب آن انجمادزدایی تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت ماهی زرده دارد. شاخص‌های ظاهری ماهی زرده منجمد پس از فرآیند انجمادزدایی در هوا نسبت به سایر روش‌های انجمادزدایی (انجمادزدایی در آب، یخچال و مایکروویو) مناسب‌تر بود [17]. جعفرپور و همکاران بیان کردند که در ارزیابی حسی، از لحاظ رنگ مطمئناً در نمونه سرخ‌شده، مشاهده رنگ طلایی و جذاب نمونه در نمره‌دهی تاثیرگذار بوده است. در مایکروویو خشک‌شدن سطح نمونه

- Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1997. pp. 73-106.
- 6- Mazandarani M, Taheri Mirghaed A, Hoseini SM. Hematological characteristics and reproduction indices of wild beluga (*Huso huso*) broodstocks from the southeast of the Caspian Sea. *Iran J Vet Med*. 2015;9(1):65-71.
- 7- Latou E, Mexis SF, Badeka AV, Kontakos S, Kontominas MG. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. *LWT Food Sci Technol*. 2014;55(1):263-8.
- 8- Coma V, Martial-Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J Food Sci*. 2002;67(3):1162-9.
- 9- Jayakumar R, Nwe N, Tokura S, Tamura H. Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials. *Int J Biol Macromol*. 2007;40(3):175-81.
- 10- Shahidi F, Arachchi JK, Jeon YJ. Food applications of chitin and chitosans. *Trends Food Sci Technol*. 1999;10(2):37-51.
- 11- No HK, Meyers SP, Prinyawiwatukul W, Xu Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *J Food Sci*. 2007;72(5):R87-100.
- 12- Szterk A, Jesionkowska K. Influence of the cold storage time of raw beef meat and grilling parameters on sensory quality and content of heterocyclic aromatic amines. *LWT Food Sci Technol*. 2015;61(2):299-308.
- 13- Chantararataporn P, Yoksan R, Visessanguan W, Chirachanchai S. Water-based nano-sized chitin and chitosan as seafood additive through a case study of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Hydrocoll*. 2013;32(2):341-8.
- 14- Jouki M, Tabatabaei Yazdi F, Mortazavi SA, Koochehi A, Khazaei N. Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *Int J Food Microbiol*. 2014;174:88-97.
- 15- Namulema A, Muyonga JH, Kaaya AN. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C. *Food Res Int*. 1999;32(2):151-6.
- 16- Bekhit AE, Morton JD, Dawson CO, Sedcole R. Optical properties of raw and processed fish roes from six commercial New Zealand species. *J Food Eng*. 2009;91(2):363-71.
- 17- Jadgal T, Alizadeh Doughikolayi E, Bitá S. Effect of different thawing methods on the physicochemical, microbial parameters and sensory analysis of frozen *Euthynnus affinis*. *Food Sci Technol*. 2018;15(82):177-87. [Persian]
- 18- Jafarpour SA, Razmi M, Kaboosi H. Effects of different cooking methods on physical properties and sensory evaluation of rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Sci Technol*. 2015;4(1):19-31. [Persian]
- 19- Shabbir MA, Raza A, Anjum FM, Khan MR, Suleria HA. Effect of thermal treatment on meat proteins with special reference to heterocyclic aromatic amines (HAAs). *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015;55(1):82-93.
- 20- Kamani MH, Mortazavi SA, Safari O, Mehraban Sang Atash M. Investigation of fat oxidation of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) at 4±1°C using image processing technique. *J Innov Food Sci Technol*. 2013;5(17):60-6. [Persian]
- 21- Jeddi S, Jafarpour SA, Yeganeh S, Naseri M. Evaluation of color and tissue of rainbow trout fillet by chitosan edible coating incorporated with marjoram essential oil during refrigerated storage. *Fish Sci Technol*. 2018;7(1):33-9. [Persian]

مایکروویو روشنایی بیشتری نسبت به فیله سرخی داشت و افزودن کیتوزان باعث کاهش روشنایی در دو حالت پخت شد. از لحاظ قرمزی فیله‌های سرخ‌شده قرمزی بیشتری نسبت به فیله‌های مایکروویو داشتند اما افزودن کیتوزان اثر معنی‌داری روی فیله‌ها در دو حالت پخت نداشت ($p>0.05$). از لحاظ بررسی زردی فیله‌ها میزان زردی در فیله‌های سرخی بیشتر از فیله‌های مایکروویو بود و افزودن کیتوزان در حالت مایکروویو باعث کاهش زردی نسبت به گروه شاهد شد که نتایج مطالعه حاضر هم‌سو با این مطالعه بود^[21].

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، ارزیابی حسی، رنگ‌سنجی و تغییرات وزنی فیله ماهی انجمادزدایی‌شده که به شکل رایج (سرخ‌کردن ماهی‌تابه‌ای و مایکروویو) در ایران طبخ می‌شود، بررسی شد. نگهداری فیله ماهی در فریزر با گذشت زمان سبب کاهش کیفیت فیله بعد از پخت می‌شود. در مقایسه بین روش‌های پخت، فیله‌هایی که در ماهی‌تابه سرخ شده بودند وضعیت مناسبی از لحاظ کیفیت فیله نسبت به فیله‌های پخته‌شده توسط مایکروویو داشتند. استفاده از پوشش کیتوزانی محلول در اسید ۱٪ تأثیر معنی‌داری نسبت به گروه شاهد در هر دو روش پخت نداشت.

تشکر و قدردانی: نویسندگان از گروه فرآوری محصولات شیلاتی و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان کمال تقدیر و تشکر را دارند.

تأییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.

سهم نویسندگان: سیده‌مریم دانشور (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۴۰٪)؛ علیرضا عالی‌شاهی (نویسنده دوم)، روش‌شناس (۲۰٪)؛ سیدمهدی اجاق (نویسنده سوم)، روش‌شناس (۲۰٪)؛ حجت میرصادقی (نویسنده چهارم)، تحلیلگر آماری (۲۰٪)

منابع مالی: این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد و منبع تأمین هزینه آن شخصی است.

منابع

- 1- Sallam KI, Samejima K. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *LWT Food Sci Technol*. 2004;37(8):865-71.
- 2- Palka K, Daun H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Sci*. 1999;51(3):237-43.
- 3- Huss HH, Jeppesen VF, Johansen Ch, Gram L. Biopreservation of fish products-a review of recent approaches and results. *J Aquat Food Prod Technol*. 1995;4(2):5-26.
- 4- Ojagh SM. The effect of using chitosan preservative enriched with cinnamon essential oil on the quality and shelf life of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University; 2010. [Persian]
- 5- Findeis EK. Osteology and phylogenetic relationships of recent sturgeons. In: Birstein VJ, Waldman JR, Bemis WE, editors. *Sturgeon biodiversity and conservation*.