



Evaluation Quality oxidation Minced of Common Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) in Cold Storage Conditions by Sensor Bromophenol Blue Base on Chitosan Film

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Naghdi Sh.¹ MA,
Rezaei M.^{*1} PhD,
Bahramifar N.² PhD

How to cite this article

Naghdi Sh, Rezaei M, Bahramifar N. Evaluation Quality oxidation Minced of Common Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) in Cold Storage Conditions by Sensor Bromophenol Blue Base on Chitosan Film. Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(4):243-248.

¹Seafood Processing Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

²Environment Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

*Correspondence

Address: Seafood Processing Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran-
Phone: +98 (11) 44553366
Fax: +98 (11) 44553499
rezai_ma@modares.ac.ir

Article History

Received: April 17, 2018

Accepted: October 22, 2018

ePublished: December 20, 2018

ABSTRACT

Aims In this study oxidation quality of common kilka mince (*Clupeonella cultriventris caspia*) in cold storage conditions by using fabricated sensor bromophenol blue base on chitosan film 2% was evaluated.

Materials and Methods In this experimental study, fresh fishes were headed, gutted and minced. For preparation chitosan film used 2gr powder chitosan in 100ml solvent acetic acid 2% then, solution indicator added. Changes in the quality index including peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA) and free fatty acid (FFA) were determined during 0, 4, 8, 12 and 16 days' cold storage period.

Findings Statistical analysis showed significant decrease in the lipid quality of sample with regard to oxidative and hydrolytic deterioration. The result color value (ΔE) showed significant increase in the period of cold storage and sensor color changed dark yellow to brown. The correlation between ΔE and FFA, TBA, and PV were 89%, 87% and 49% respectively.

Conclusion According to the finding of this research, this sensor can be used for oxidation, freshness, and shelf life determination.

Keywords Fish Mice; Indicator Bromophenol Blue; Lipid Oxidation; Chitosan Film

CITATION LINKS

[1] Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid ... [2] Simulations on the prediction of cod (*Gadus morhua*) freshness from ... [3] Commission regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and ... [4] Intelligent food packaging: The next ... [5] Development of a prototype of a colourimetric temperature indicator for monitoring food ... [6] Scientific status summary, innovative food packaging ... [7] Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of pH sensitive ... [8] Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage ... [9] Studies on rancidity inhibition in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric ... [10] The application of Sargassum (*Sargassum angustifolium*) extract as a natural antioxidant ... [11] Chemical composition and fatty acid profile of common kilka, *Clupeonella* ... [12] Seafood technology: Principles ... [13] Handbook of food analytical chemistry, water, proteins, enzymes, lipids, and ... [14] Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based ... [15] Determination of 2-thiobarbituric acid value: Direct method-results of a collaborative study ... [16] Pearson's chemical analysis of ... [17] Hemoglobin-mediated lipid oxidation and compositional characteristics of washed fish mince ... [18] Preprocessing ice storage effects on functional properties of fish mince ... [19] Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea harengus*) during ice storage ... [20] Effect of coating time by sodium alginate edible film on quality and shelf life of frozen ... [21] Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ... [22] Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with ... [23] Formation of reactive aldehydes from fatty acids in a iron(2+)/hydrogen peroxide ... [24] Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces ... [25] Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on ... [26] The effects of sodium alginate on quality of rainbow trout ... [27] Lipid changes and sensory quality of whole- and gutted rainbow ... [28] Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with ... [29] A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on ... [30] Development of a smart packaging for the monitoring of ... [31] A CO₂ sensor based on Pt-porphyrin dye and FRET ... [32] Development of on package indicator sensor for real-time monitoring ... [33] Chitosan biobased and intelligent films: Monitoring ...

ارزیابی کیفیت اکسیداسیونی مینس ماهی کیکلای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) نگهداری شده در یخچال توسط حسگر برموفنول آبی بر پایه فیلم کیتوزان

شهاب نقدی MA

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

مسعود رضایی PhD*

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

نادر بهرامی فر PhD

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

اهداف: در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی کیفیت اکسیداسیونی مینس ماهی کیکلای معمولی نگهداری شده در یخچال از حسگر ساخته شده با شناساگر برموفنول آبی بر پایه فیلم کیتوزان ۲٪ استفاده شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه تجربی حاضر ماهیان تازه سرزنی، شکم‌زنی و سپس شسته شده و چرخ شدند. برای تهیه فیلم کیتوزان ۲ گرم پودر کیتوزان در ۱۰۰ میلی‌لیتر استیک اسید ۲٪ به کار رفت، سپس محلول شناساگر به آن افزوده شد. در دوره نگهداری شاخص‌های TBA، FFA و PV در روزهای صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ تعیین شد.

یافته‌ها: کیفیت چربی نمونه‌ها از نظر فساد اکسیداتیو و هیدرولیتیک کاهش کاهش معنی‌داری را نشان داد. نتایج مربوط به ارزش رنگ (EA) طی دوره نشان داد این شاخص در دوره نگهداری افزایش داشت و رنگ حسگر از رنگ زرد تیره به رنگ قهوه‌ای تغییر یافت. آزمون همبستگی بین شاخص‌های TBA، FFA و PV با ارزش رنگ (EA) نشان داد که مقدار این همبستگی به ترتیب ۸۹٪، ۸۷٪ و ۴۹٪ بوده است که در همبستگی FFA با EA و PV با EA معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: بر پایه یافته‌های این تحقیق می‌توان به این مهم دست یافت که این حسگر می‌تواند به عنوان حسگر تعیین اکسیداسیون، تازگی و تعیین عمر ماندگاری مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مینس ماهی، شناساگر برموفنول آبی، اکسیداسیون چربی، فیلم کیتوزان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۳۰

*نویسنده مسئول: rezai_ma@modares.ac.ir

بسته‌بندی یا چسبیده به آن باشند^[۶]. قسمتی از سیستم‌های هوشمند مربوط شناساگرهای تعیین تازگی ماهی هستند که اطلاعات مربوط به افت کیفیت ماهی را به صورت پاسخی بسیار ساده مثل تغییر رنگ برای خریدار و مصرف‌کننده در می‌آورد. در این نوع شناساگرهای تازگی ممکن است از ماده‌های شناساگر تغییر pH که در بسته ماهی قرار می‌گیرند و با آزاد شدن بازهای فرار و جذب این بازها شروع به تغییر رنگ می‌کنند، نام برد^[۷]. یکی از مهم‌ترین ارزش‌های غذایی ماهی وجود اسیدهای چرب امگا سه و امگا شش است که ضرورت وجود آن در جیره غذایی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است^[۸، ۹]. با توجه به منابع محدود پروتئین و روغن ماهی در دنیا و ایران استفاده از گونه‌هایی که ارزش تجاری کم دارند، مورد توجه است. یکی از این گونه‌ها ماهی کیکلای است که می‌توان از آن برای تولید مینس و سوریمی استفاده کرد^[۱۰]. ماهی کیکلای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) از خانواده شگ‌ماهیان (Clupeidae) و از منابع تجدیدشونده دریای خزر است. کیکلای‌ماهیان دریای خزر دارای مقادیر بالای چربی (۶/۵-۱۰/۲٪) هستند که استفاده از آنها برای استخراج روغن مورد توجه است^[۱۱]. هرچند وجود اسیدهای چرب چندغیراشباعی در بدن ماهی از نظر رژیم غذایی انسان مطلوب است، ولی در عوض سبب آسیب‌پذیری بیشتر چربی ماهی در مقابل اکسیداسیون و تندی هیدرولیتیک می‌شود^[۱۲]. اتواکسیداسیون چربی‌ها یکی از فرآیندهای اصلی کاهش کیفیت چربی است. در طی مراحل اولیه این واکنش زنجیره‌ای از رادیکال‌های آزاد، موقعیت پیوندهای دوگانه را در اسیدهای چرب غیراشباع تغییر داده و هیدروپراکسیدها را تولید می‌کنند. در واقع، هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اتواکسیداسیون هستند که اغلب به اختصار پراکسیدها نامیده می‌شوند. پراکسیدها فاقد بو و رنگ هستند، اما این ترکیبات در اثر تجزیه تبدیل به محصولات ثانویه‌ای از جمله آلدهیدهای آلیفاتیک، الکل‌ها، کتون‌ها و هیدروکربن‌ها می‌شوند که از میان ترکیبات نهایی تشکیل شده حاصل از تجزیه پراکسیدها مالون‌دی‌آلدهید را به عنوان محصول اصلی اکسیداسیون در نظر گرفته می‌شود^[۱۳]. در این مطالعه از حسگر ساخته شده بر پایه فیلم کیتوزان حاوی شناساگر برموفنول آبی برای ارزیابی کیفیت اکسیداسیون مینس ماهی کیکلای معمولی نگهداری شده در دمای یخچال استفاده شده است.

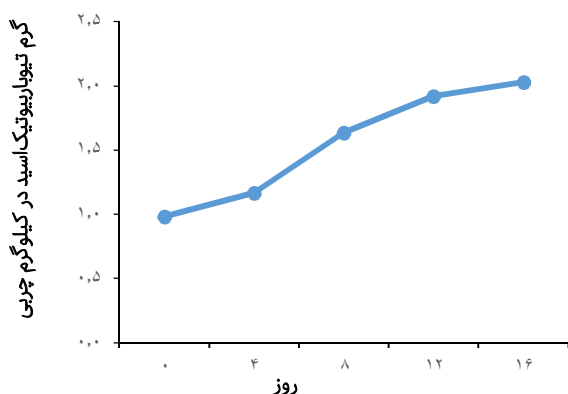
مواد و روش‌ها

در مطالعه تجربی حاضر ماهی کیکلای به صورت تازه و صید روز از لنج گلپهر سواحل بابلسر تهیه شد و در یونولیت‌های حاوی یخ به دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی منتقل شد. پس از شست‌وشوی ماهیان با آب شیرین سرزنی، دم‌زنی و تخلیه شکمی ماهیان انجام شد. سپس از چرخ گوشت برای تهیه گوشت چرخ‌شده (مینس) استفاده شد. پس از تولید گوشت چرخ‌شده برای نگهداری گوشت چرخ‌شده در یخچال مقدار ۵۰۰ گرم از مینس را در ظروف یک‌بارمصرف حاوی حسگر قرار داده شد. شناساگر برموفنول آبی (دایجونگ؛ کره جنوبی)، پودر کیتوزان (مرک؛ آلمان)، استیک‌اسید (شارلو؛ انگلستان) و اتانول (رازی؛ ایران) تهیه شدند. از محلول شناساگر حاوی نسبت یک‌میلی‌گرم شناساگر در یک‌میلی‌لیتر اتانول استفاده شد^[۱۴]. برای تهیه فیلم از روش ماسیل و همکاران^[۵] با کمی اصلاح استفاده شد، بدین‌صورت که با حل کردن ۲ گرم کیتوزان در ۱۰۰ میلی‌لیتر استیک‌اسید ۱٪ استفاده شد. بعد از حل شدن کامل کیتوزان در استیک‌اسید روی همزن

مقدمه

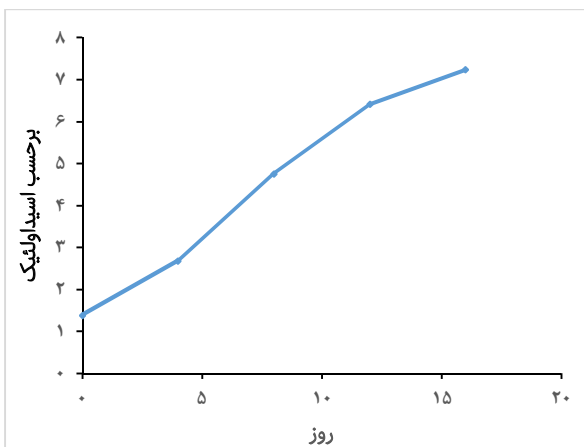
در سال‌های اخیر افزایش تقاضا برای غذاهای تازه با کیفیت بالا و ایمن منجر به طراحی و توسعه رویکردهای خلاقانه در صنعت بسته‌بندی شده است^[۱]. امروزه بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند در میان محققین نواحی مختلف محبوبیت خاصی پیدا کرده است^[۲]. بسته‌بندی‌های هوشمند مواد غذایی، نوعی بسته‌بندی است که حاوی جزئی هستند که امکان نظارت بر شرایط بسته‌بندی مواد غذایی یا محیط پیرامون آن را برای ما محیا می‌کنند^[۳]. بنابراین فناوری این سیستم به گونه‌ای است که توانایی کاربرد به عنوان ابزاری برای تعیین صحت سلامت محصول و همچنین ابزاری کارآمد برای تعیین پارامترهای مختلف و بحرانی شرایط بسته‌بندی را دارند^[۴، ۵]. بی تردید این سیستم کارآمد بسته‌بندی می‌تواند زنجیره منسجم مواد غذایی را ایجاد کند و موجب کاهش ضرر و زیان مواد غذایی و کاهش حمل‌ونقل‌های اضافی شود. سیستم‌های هوشمند ممکن است درون بسته‌بندی یا بیرون

مقدار شاخص تیوباریبوتیک اسید: نتایج مقدار شاخص TBA نمودار ۲ نشان داده شده است. این شاخص براساس اندازه‌گیری مواد واکنشگر با تیوباریبوتیک اسید در طول دوره نگهداری گوشت چرخ‌شده ماهی در یخچال بیان شده است. مقدار این شاخص در روز صفر برابر ۰/۹۸ گرم تیوباریبوتیک اسید در کیلوگرم نمونه بود، در ادامه دوره نگهداری گوشت چرخ‌شده در یخچال روند افزایشی داشت و بیشترین مقدار TBA در روز ۱۶ دوره نگهداری با مقدار ۲/۰۳ بود و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p < 0.05$).



نمودار ۲) میزان شاخص تیوباریبوتیک اسید (گرم تیوباریبوتیک اسید در کیلوگرم چربی) گوشت چرخ‌شده در طول نگهداری در یخچال

مقدار شاخص اسیدهای چرب آزاد FFA: مقدار این شاخص در روز اول تولید مینس برابر با ۱/۳۹٪ برحسب گرم اسیداولئیک در ۱۰۰ گرم نمونه بود و در طی نگهداری روند افزایشی داشته و بیشترین مقدار آن ۷/۲۴ بود، که مربوط به انتهای دوره نگهداری بود که اختلاف معنی‌داری با سایر روزها نشان داد (نمودار ۳: $p < 0.05$).



نمودار ۳) نتایج مربوط به اسیدهای چرب آزاد FFA برحسب گرم اسیداولئیک در طول دوره نگهداری گوشت چرخ‌شده در یخچال

$$\Delta E = \sqrt{(L_i^* - L^*)^2 + (a_i^* - a^*)^2 + (b_i^* - b^*)^2}$$

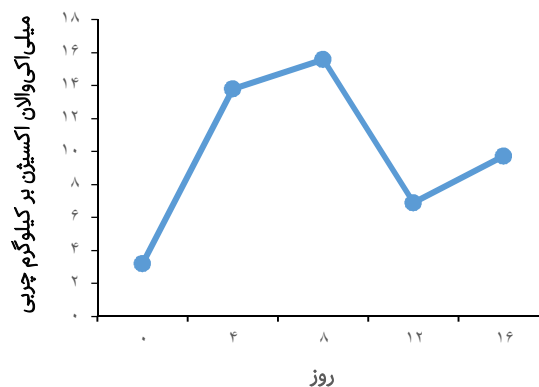
تغییرات رنگ حسگر با استفاده از تئوری رنگ‌ها به دست آمد. با استفاده از تئوری رنگ‌ها و مدل رنگ Lab تغییرات مربوط به ارزش رنگ‌ها ΔE با استفاده از فرمول شماره ۱ به دست آمد: سه مختصات L ، a و b بیانگر مشخصات زیر هستند:

مغناطیسی محلول کیتوزان- شناساگر در مقادیر مشخص در پلیت‌ها توزین شده و پلیت‌ها برای مدت ۷۲ ساعت در 45°C نگهداری شدند. سنجش تیوباریبوتیک اسید (TBA) برای اندازه‌گیری میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به کار برده می‌شود و شدت رنگ صورتی ناشی از واکنش بین مالون‌آلدئید یا سایر ترکیبات واکنش‌دهنده با TBA در نمونه مورد نظر اندازه‌گیری می‌کنند^[15]. اندازه‌گیری FFA بیانگر مقدار اسیدهای چرب آزاد شده به هنگام هیدرولیز خودبه‌خودی لیپیدها است که نتایج مقادیر FFA نیز برحسب اسیداولئیک در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شده است^[16]. مقدار پراکساید در واقع بیانگر محتوای اکسیژن فعال در قالب میلی‌مول ید آزاد شده به ازای یک کیلوگرم چربی است. اندازه‌گیری مقادیر پراکساید از طریق تیتراسیون ید آزاد شده از یدیدپتاسیم با استفاده از محلول تیوسولفات سدیم میسر می‌شود. به منظور سنجش این شاخص از روش ارایه‌شده توسط وروستاد و همکاران^[13] استفاده می‌شود. عکس‌برداری از نمونه‌ها به صورت منظم روزانه و در یک زمان و مکان مشخص توسط دوربین تمام دیجیتال کنون با لنز ۲۲ مگاپیکسل صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری: عکس‌های مربوط به تغییر رنگ توسط نرم‌افزار فتوشاپ CS7 به داده‌های Lab تبدیل شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و برای بررسی همگنی از آزمون لوین استفاده شد. برای مقایسه کلی پارامترهای اکسیداسیون چربی همچنین از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه، برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن (در سطح ۵٪)، برای تعیین همبستگی بین شاخص‌های اکسیداسیون و تغییر رنگ شناساگر از همبستگی پیرسون و سپس برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ استفاده شد.

یافته‌ها

مقدار شاخص پراکساید PV: نتایج مقدار شاخص پراکساید PV در نمودار ۱ نمایش داده شده است که در زمان صفر مقدار ۳/۱۸ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم گوشت چرخ‌شده بود سپس این مقدار در طول دوره نگهداری تا روز ۸ روند افزایشی داشت و در روز ۸ بیشترین مقدار این شاخص با ۱۵/۵۷ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی بود و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p < 0.05$), سپس تا روز ۱۲ روند کاهشی و از روز دوازده تا روز ۱۶ روند افزایشی نشان داد (نمودار ۱).

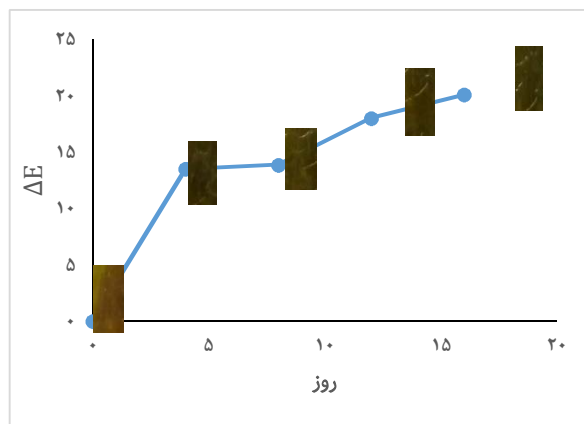


نمودار ۱) میزان شاخص پراکساید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی) گوشت چرخ‌شده در طول دوره نگهداری در یخچال

L^* نشان‌دهنده شدت روشنایی است. صفر $L^*=0$ به منزله سیاه و $L^*=100$ نشان‌دهنده پراکندگی روشنایی یا نور کامل است.

a^* موقعیت آن بین سبز و قرمز متغیر است، مقادیر منفی a^* نشان‌دهنده رنگ‌های سبز و مقادیر مثبت آن به منزله رنگ‌های قرمز هستند.

b^* موقعیت آن بین آبی و زرد متغیر است، مقادیر منفی b^* نشان‌دهنده رنگ‌های آبی و مقادیر مثبت آن به منزله رنگ‌های زرد هستند (نمودار ۴).



نمودار ۴) نمودار مربوط به تغییرات ΔE حسگر در طی دوره نگهداری گوشت چرخ‌شده ماهی کیلکا در دمای یخچال

با توجه به نمودار تغییرات ΔE مقدار تغییرات این متغیر تا روز چهار با شیب تندی افزایش داشت، در ادامه روند افزایشی داشت اما مقدار افزایش آن بسیار کم بود سپس در انتهای دوره نگهداری این روند افزایشی شدت بیشتری داشت.

بحث

میزان پراکساید: یکی از راه‌های مناسب و کارآمد در بررسی روند اکسیداسیون چربی در گوشت ماهی استفاده از گوشت چرخ‌شده، به‌صورت شسته‌شده یا نشده، به منزله مدل اکسیداسیون است [17]. افزایش میزان PV یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت محصول و چربی آن است. بین عوامل تشدیدکننده و ضداکسیداسیون موجود در بدن ماهی تعادل برقرار است اما بعد از مرگ ماهی و با گذشت زمان این تعادل مختل شده و فساد اکسیداتیو آغاز می‌شود [18]. هیدروپراکسیدها ترکیبات واسطه‌ای هستند که به ترکیبات ثانویه اکسیداسیون تبدیل می‌شوند [19] یا با پروتئین‌ها یا سایر ترکیبات موجود در گوشت تشکیل کمپلکس دهند و سبب تولید بوی نامطبوع و از بین رفتن رنگ می‌شود [20]. اکسیداسیون لیپیدهای حساس در بدن ماهی در مرحله اول منجر به تشکیل پراکسیدها و در ادامه منجر به شکل‌گیری آلدئیدها و کتون‌ها می‌شود. طبق نمودار ۱ مقدار این شاخص در طول دوره نگهداری تا روز هشت افزایش داشت که این مقدار اختلاف معنی‌داری با سایر روزها داشت ($p < 0.05$)، که به دلیل تولید زیاد هیدروپراکسیدها بوده اما در روز هشت تا روز دوازده با کاهش مواجه بود که در تحقیق رضایی و حسینی [21] این کاهش همزمان با پیشرفت زمان به تجزیه هیدروپراکسیدها نسبت داده شده است.

میزان تیوباریوتیک اسید: ترکیب سه‌کربنه مالون‌دی‌آلدئید مهم‌ترین کربونیل تولیدشده از اتوکسیداسیون چربی‌های با زنجیره‌های بلند چندانباغی است، اندازه‌گیری میزان TBA

براساس واکنش یک مولکول مالون‌دی‌آلدئید و دو مولکول TBA است که باعث ایجاد رنگ صورتی می‌شود و با روش اسپکتوفتومتر سنجیده می‌شود [22, 23]. تولید این محصولات ثانویه اکسیداسیون باعث تخریب بیشتر چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌شود زیرا این محصولات ثانویه با پروتئین‌ها تشکیل کمپلکس می‌دهند و باعث کاهش خواص کارکردی پروتئین می‌شوند [24, 25]. همان‌طور که نمودار ۲ گویا است مقدار TBA روند افزایشی داشت و مقدار این افزایش در تمام روزها با هم اختلاف معنی‌داری داشت ($p < 0.05$)، این افزایش ممکن است به دلیل آب‌زدایی ماهی و افزایش در مقدار اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد و همچنین آهن آزاد و سایر پراکسیدها نسبت داده شود [26]. تغییرات مربوط به تغییر در مقدار TBA همانند نتایج مربوط به مطالعه حمزه و رضایی [9] بود.

میزان اسیدهای چرب آزاد FFA: تشکیل FFA در اثر هیدرولیز چربی (گروه‌های تری‌گلیسرید و فسفولیپید) وسیله‌ای مناسب برای ارزیابی آسیب چربی‌ها در طی نگهداری است [27]. مقدار FFA به عوامل مختلفی از قبیل ویژگی‌های داخلی محصول مثل مقدار چربی، نوع چربی، مدت‌زمان نگهداری و درجه نگهداری محصول بستگی دارد. بسیاری از محققان اندازه‌گیری این فاکتور را بسیار مهم عنوان کرده‌اند، زیرا تشکیل FFA اثر زیادی بر مقدار اکسیداسیون چربی دارد [27]. روند تغییر وضعیت ویژگی‌های حسی در تیمارها طی مدت نگهداری هماهنگ و همسو با تغییرات اکسیداسیون در تیمار این آزمایش بود. این موضوع را می‌توان به اکسیداسیون چربی نسبت داد که باعث تخریب و افت کیفیت حسی و کاهش مقدار مواد مغذی از جمله اسیدهای چرب چندغیراشباع ضروری PUFA می‌شود [28] و از طرفی افزایش هیدرولیز چربی و تجمع FFA منجر به کاهش برخی شاخص‌های مقبولیت محصول می‌شود، زیرا ثابت شده FFA روی حلالیت پروتئین‌ها تأثیر دارد و موجب تخریب بافت از طریق واکنش‌دادن با پروتئین‌ها می‌شود که اکسیدشدن پروتئین‌ها در این وضعیت به‌علت افزایش دسترسی پروتئین به اکسیژن و چربی‌های با وزن مولکولی بالا (مثل تری‌گلیسریدها و فسفولیپیدها) اتفاق می‌افتد [29].

تعیین میزان همبستگی بین ΔE و پارامترهای PV، TBA و FFA: نتایج حاصل از همبستگی بین ΔE و PV نشان داد که میزان این همبستگی ۰/۴۹ بوده که نشان از همبستگی مثبت بین این دو پارامتر است یعنی با افزایش در مقدار یک پارامتر، پارامتر بعدی نیز دچار افزایش می‌شود. نتایج همبستگی بین ΔE و TBA همبستگی مثبت قوی‌تری به مقدار ۰/۸۷ نشان داد ($p < 0.05$). همچنین همبستگی بین ΔE و FFA مقدار ۰/۸۹ بود که این همبستگی بین این دو متغیر مثبت و معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$). تغییراتی که در رنگ حسگر ایجاد می‌شود به دلیل تولید آنالیت‌های مختلف حین فساد است که از این مواد می‌توان آمین‌های بیوزن مانند تری‌متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، محصولات حاصل از فساد چربی مانند آلدهیدها، کتون‌ها و سایر آنالیت‌ها را نام برد. این مواد بعد از جرمود به دلیل فعالیت باکتری‌ها و رشد آنها و همچنین اکسیداسیون چربی و فعالیت آزیمرهای داخلی تولید می‌شوند [30, 31]. یکی دیگر از عوامل تغییر رنگ در حسگر می‌تواند به دلیل رشد باکتریایی باشد. برای تعیین فساد محصول با استفاده از حسگر می‌توان حسگرهای تعیین اکسیژن را استفاده کرد. این حسگرها می‌توانند کاهش سطح اکسیژن را که ممکن است به دلیل فساد میکروبی یا اکسیداسیون باشد را به‌خوبی به ما نشان دهند

منابع

- 1- Kim MJ, Jung SW, Park HR, Lee SJ. Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time-temperature integrators (TTI). J Food Eng. 2012;113(3):471-8.
- 2- Heising JK, Van Boekel MAJS, Dekker M. Simulations on the prediction of cod (*Gadus morhua*) freshness from an intelligent packaging sensor concept. Food Packag Shelf Life. 2015;3:47-55.
- 3- The Commission of the European Communities. Commission regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. Off J Eur Union. 2009 May;L 135/3-11.
- 4- Vanderroost M, Ragaert P, Devlieghere F, De Meulenaer B. Intelligent food packaging: The next generation. Trends Food Sci Technol. 2014;39(1):47-62.
- 5- Maciel VB, Yoshida CMP, Franco TT. Development of a prototype of a colourimetric temperature indicator for monitoring food quality. J Food Eng. 2012;111(1):21-7.
- 6- Brody AL, Bugusu B, Han JH, Sand CK, Mc Hugh TH. Scientific status summary, innovative food packaging solutions. J Food Sci. 2008;73(8):R107-16.
- 7- Byrne L, Lau KT, Diamond D. Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of pH sensitive films. Analyst. 2002;127(10):1338-41.
- 8- Morsy MK, Zór K, Kostasheva N, Alstrøm TS, Heiskanen A, El-Tanahi H, et al. Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage monitoring. Food Control. 2016;60:346-52.
- 9- Aubourg SP, Pérez-Alonso F, Gallardo JM. 2004. Studies on rancidity inhibition in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric and ascorbic acids. Eur J Lipid Sci Technol. 2004;106(4):232-40.
- 10- Babakhani Lashkan A, Rezaei M, Rezaei K, Seifabadi SJ. The application of *Sargassum* (*Sargassum angustifolium*) extract as a natural antioxidant in chilled storage of minced kila (*Clupeonella cultriventris*). J Fish. 2013;66(1):1-13. [Persian]
- 11- Jorjani S, Khanipour AA, Ghelichi A. Chemical composition and fatty acid profile of common kila, *Clupeonella cultriventris caspia*. Casp J Environ Sci. 2014;12(1):119-28.
- 12- Razavi Shirazi H. Seafood technology: Principles handling. Tehran: Naghshe Mehr; 2001. [Persian]
- 13- Wrolstad RE, Decker EA, Schwartz SJ, Sporns P. Handbook of food analytical chemistry, water, proteins, enzymes, lipids, and carbohydrates. Hoboken: Wiley; 2005.
- 14- Kuswandi B, Jayus, Larasati TS, Abdullah A, Heng LY. Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin. Food Anal Methods. 2012;5(4):881-9.
- 15- Pokorny J, Dieffenbacher A. Determination of 2-thiobarbituric acid value: Direct method-results of a collaborative study and the standardised method. Pure Appl Chem. 1989;61(6):1165-70.
- 16- Egan H, Kirk RS, Sawyer R. Pearson's chemical analysis of food. 9th Edition. Longman Scientific and Technical; 1997. pp. 609-34.
- 17- Larsson K, Almgren A, Undeland I. Hemoglobin-mediated lipid oxidation and compositional characteristics of washed fish mince model systems made from cod (*Gadus morhua*), herring (*Clupea* که در مطالعه بورچرت و همکاران^[8] سنسور تعیین سطح اکسیژن رابطه رشد میکروبی و کاهش سطح اکسیژن را به خوبی نشان داد. موری و همکاران^[32] نشان دادند که شناساگرهای برموفنول آبی، برموروزول قرمز بالاترین همبستگی $R^2=0.92$ را در رابطه با تولید TBA در بسته ماهی سالمون نگهداری شده در دمای یخچال نشان داشتند که همسو با نتایج این تحقیق بود. در مطالعه شوکلا و همکاران از شناساگر برموفنول آبی برای تعیین زمان نگهداری گوشت خوک در دمای اتاق استفاده شد که شناساگر از رنگ زرد در زمان صفر به رنگ آبی در زمان ۲۴ تغییر رنگ یافت. در مطالعه یوشیدا و همکاران^[33] از شناساگر ساخته شده از آنتوسیانین طبیعی بر پایه فیلم کیتوزان برای تشخیص pHهای مختلف استفاده کردند که شناساگر در نهایت به صورت خیلی واضح تغییرات pH را نشان می داد. بر پایه یافته های این تحقیق می توان به این مهم دست یافت که این شناساگر به راحتی و هزینه تولید پایین می تواند به عنوان شناساگرهای تعیین اکسیداسیون و عمر ماندگاری مورد استفاده قرار گیرد. این حسگر تغییر کیفیت مینس ماهی را به صورت تغییر رنگ از رنگ زرد تیره به رنگ قهوه ای پررنگ نشان می دهد.

نتیجه گیری

امروزه بسته بندی های هوشمند نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره مردم دارند. این بسته بندی ها به راحتی وضعیت محصول غذایی بسته بندی شده را به مصرف کننده نشان می دهد. در طول نگهداری ماهی یا فرآورده های حاصل از آن شروع به کاهش کیفیت می کنند. در آریان به دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع این کاهش کیفیت از طریق اکسیداسیون چربی های غیراشباع آنها تشدید شده و بنابراین منجر به تولید ترکیباتی می شود که علاوه بر بو و طعم بد نیز تاثیرات نامطلوبی بر سایر ترکیبات ارزشمند غذایی ماهی می گذارد. از این رو تعیین اکسیداسیون چربی ماهی یک ابزار مناسب برای تعیین ویژگی های کیفی محصول مورد نظر است که با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بسته بندی هوشمند حاوی شناساگر برموفنول آبی بر پایه کیتوزان از طریق تغییر رنگ این کاهش کیفیت را به خوبی نمایش می دهد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: نویسندگان اعلام می دارند هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: شهاب نقدی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی (۴۰٪)؛ مسعود رضایی (نویسنده دوم)، روش شناس/تحلیلگر آماری (۴۰٪)؛ نادر بهرامی فر (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۲۰٪)

منابع مالی: پژوهش حاضر تحت حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

- 4):608-15.
- 26- Hamzeh A, Rezaei M. The effects of sodium alginate on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at $4 \pm 2^\circ\text{C}$. *J Aquatic Food Product Technol*. 2012;21(1):14-21.
- 27- Kolakowska A, Zienkiewicz L, Domiszewski Z, Bienkiewicz G. Lipid changes and sensory quality of whole- and gutted rainbow trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2006;36(1):39-47.
- 28- Rodríguez A, Carriles N, Cruz JM, Aubourg SP. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5°C). *LWT Food Sci Technol*. 2008;41(9):1726-32.
- 29- Kuswandi B, Jayus, Restyana A, Abdullah A, Heng LY, Ahmad M. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. *Food Control*. 2012;25(1):184-9.
- 30- Pacquit A, Frisby J, Diamond D, Lau KT, Farrell A, Quilty B, et al. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chem*. 2007;102(2):466-70.
- 31- Borchert NB, Kerry JP, Papkovsky DB. A CO_2 sensor based on Pt-porphyrin dye and FRET scheme for food packaging applications. *Sens Actuators B Chem*. 2013;176:157-65.
- 32- Shukla V, Kandeepan G, Vishnuraj MR. Development of on package indicator sensor for real-time monitoring of meat quality. *Vet World*. 2015;8(3):393-7.
- 33- Yoshida CMP, Maciel VBV, Mendonça MED, Franco TT. Chitosan biobased and intelligent films: Monitoring pH variations. *LWT Food Sci Technol*. 2014;55(1):83-9.
- harengus), and salmon (*Salmo salar*) muscle. *J Agric Food Chem*. 2007;55(22):9027-35.
- 18- Vidya Sagar Reddy G, Srikar LN. Preprocessing ice storage effects on functional properties of fish mince protein. *J Food Sci*. 1991;56(4):965-8.
- 19- Undeland I, Hall G, Lingnert H. Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea harengus*) during ice storage *J Agric Food Chem*. 1999;47(2):524-32.
- 20- Seifzadeh M, Motallebi AA, Mazloumi MT. Effect of coating time by sodium alginate edible film on quality and shelf life of frozen kilka (*Clupidae delicatula*). *J Mar Sci Technol*. 2011;10(1):65-77. [Persian]
- 21- Rezaei M, Hosseini SF. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *J Food Sci*. 2008;73(6):H93-6.
- 22- Jacobsen C, Let MB, Nielsen NS, Meyer AS. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: A comparative evaluation. *Trends Food Sci Technol*. 2008;19(2):76-93.
- 23- Tamura H, Kitta K, Shibamoto T. Formation of reactive aldehydes from fatty acids in a iron(2+)/hydrogen peroxide oxidation system. *J Agric Food Chem*. 1991;39(3):439-42.
- 24- Eymard S, Baron CP, Jacobsen C. Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage. *Food Chem*. 2009;114(1):57-65.
- 25- Song Y, Liu L, Shen H, You J, Luo Y. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different antioxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*. 2011;22(3-