



Evaluation of Oxidative Stability of Pre-cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet Treated with *Anethum graveolens* L. Essential Oil

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Tooryan F.* PhD,
Reihani M.¹ MSc,
Azizkhani M.² PhD

How to cite this article

Tooryan F, Reihani M, Azizkhani M. Evaluation of Oxidative Stability of Pre-cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet Treated with *Anethum graveolens* L. Essential Oil. Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(2):125-133.

*Food Hygiene Department, Veterinary Medicine Faculty, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

¹Food Sciences Department, Agriculture Faculty, Khazar University of Higher Education, Mahmoudabad, Iran

²Food Hygiene Department, Veterinary Medicine Faculty, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

Correspondence

Address: Veterinary Medicine Faculty, Amol University of Special Modern Technologies, Aftab 24, Imam Khomeini Street, Amol, Iran. Postal Code: 4616849767
Phone: +98 (11) 44271057
Fax: +98 (11) 44271054
f.tooryan@ausmt.ac.ir

Article History

Received: December 31, 2016

Accepted: February 10, 2018

ePublished: June 21, 2018

ABSTRACT

Aims Today, a part of studies on food science has investigated the effect of cooking methods on the oxidation of various types of meat and the use of natural herbal preservatives instead of synthetic preservatives. The aim of the present study was to evaluate the oxidative stability of pre-cooked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet treated with Dill (*Anethum graveolens* L.) essential oil (EOs).

Materials & Methods In the present experimental research, rainbow trout fillet with dill EOs and Butylated hydroxytoluene (BHT) were treated, each at 3 different concentrations, and cooked by 3 methods, including frying, oven baking, and steaming. The cooked samples were stored at -18°C for 4 months and analyzed at the end of each month. The extracted oil was used to measure the value of free fatty acid (FFA), peroxide value (PV), and thiobarbituric acid (TBARS). The data were analyzed by SPSS 20, using two-way ANOVA, Tukey's post hoc, Kruskal-Wallis, and Mann-Whitney U tests.

Findings The FFA formation showed increase in all samples, especially oven baked rainbow trout fillets ($p < 0.05$). The highest value of PV was also obtained from the fried fillets treated by BHT. After cooking, TBARS values in treated samples with essential oil showed decrease in all samples cooked with EOs. FFA, PV, and TBARS increased in all samples, but the samples cooked with EOs had lower FFA, PV, and TBARS than the control samples.

Conclusion In rainbow trout, the lipid oxidation increases with the thermal process, but the essential oil postpones the oxidation during the storage period as frozen. The samples cooked with Dill EOs have lower amount of FFA, PV, and TBARS compared with the control peers.

Keywords *Oncorhynchus mykiss*; Oxidation; Cooking Methods; Freezing; *Anethum graveolens* (EOs)

CITATION LINKS

[1] Antibacterial activity of Piper nigrum ... [2] Effects of variation in essential fatty acids ... [3] Quality assessment of farmed rainbow ... [4] Postmortem biochemical and functional ... [5] Effect of release of free fatty ... [6] Infrared spectroscopy in the study ... [7] Torry Research Station. Fish handling ... [8] Transvascular delivery of small interfering ... [9] Conjugated linoleic acid in ... [10] Effects of sodium salt solutions ... [11] Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole ... [12] Determination of quantity and quality ... [13] Anethum graveolens: An Indian ... [14] The pharmacological importance ... [15] Effects of volatile oil extracts ... [16] Effect of different cooking methods ... [17] Effect of cooking methods on fatty acids ... [18] Buffalo meat composition as affected by different ... [19] Effects of cooking methods on the ... [20] Capability of the rosemary ... [21] Pearson's chemical analysis of ... [22] Influence of light and temperature on the colour and ... [23] Antioxidant activities in vitro ... [24] Use of hydrocolloids in textural stabilization ... [25] Essential oil composition of Anethum ... [26] Chemical constituents, antimicrobial investigations ... [27] Stereoisomeric flavor compounds ... [28] Free radical scavenging capacity and ... [29] Antioxidant effect of dill ... [30] The study of antioxidant activity of essential oil and ... [31] Biological activities and chemical composition ... [32] Changes in the composition of the fatty ... [33] A 13C-NMR study of lipid alterations ... [34] Rancidity development in frozen pelagic fish ... [35] Lipid classes and their fatty acids at different ... [36] Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets ... [37] Sedimentation velocity and potential in a dilute suspension ... [38] The effect of different cooking methods on proximate ... [39] The effects of brined onion extracts on lipid ... [40] Impact of refrigerated storage on quality of ... [41] Sensory, microbiological and chemical assessment ... [42] Effect of preprocess ice storage ... [43] Changes of lipids in sardine ... [44] Effect of sodium alginate ... [45] Evaluation of the 2-thiobarbituric acid ... [46] Microbiological, chemical and sensory ... [47] Effects of using rosemary ... [48] Lipid oxidation in muscle foods ...

ارزیابی پایداری اکسایشی فیله پیش‌پخته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تیمار شده با اسانس شوید

فهیمة توریان * PhD

گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

محمد ریحانی MSc

گروه علوم غذایی، دانشکده کشاورزی، موسسه آموزش عالی خزر، محمودآباد، ایران

مریم عزیزخانی PhD

گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

چکیده

اهداف: امروزه بخشی از مطالعات علم مواد غذایی به بررسی اثر روش‌های پخت بر اکسایش انواع مختلفی از انواع گوشت و استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی با منشأ گیاهی به جای نگهدارنده‌های سنتزی پرداخته‌اند. هدف پژوهش حاضر ارزیابی پایداری اکسایشی فیله پیش‌پخته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تیمار شده با اسانس شوید بود.

مواد و روش‌ها: در پژوهش تجربی حاضر، فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با اسانس شوید و بوتیلیدهیدروکسی‌تولون (BHT) هر کدام در سه سطح غلظتی، تیمار و به سه روش سرخ کردن، پخت در فر و بخارپز طبخ شدند. نمونه‌های پخته شده در دمای ۱۸۰°C - به مدت ۴ ماه نگهداری و در پایان هر ماه آنالیز شدند. از روغن استخراج شده برای اندازه‌گیری مقدار اسیدچرب آزاد (FFA)، اندیس پراکسید (PV) و تیوباربیتوریک اسید (TBARS) استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 20 از طریق آزمون تحلیل واریانس دوطرفه، آزمون تعقیبی توکی، کروسکال-والیس و من-ویننی یو تحلیل شدند.

یافته‌ها: میزان تشکیل FFA در همه نمونه‌های آزمایشی به‌ویژه فیله پخته شده در فر افزایش داشت ($p < 0.05$). بالاترین مقدار PV برای فیله سرخ شده حاوی BHT به دست آمد. بعد از پخت، TBARS در تمام نمونه‌های پخته شده با اسانس کاهش یافت. مقدار FFA، PV و TBARS در همه نمونه‌ها افزایش داشت، اما نمونه‌های پخته شده با اسانس، مقدار FFA، PV و TBARS کمتری نسبت به نمونه‌های کنترل داشتند.

نتیجه‌گیری: در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، اکسیداسیون لیپیدها با فرآیند حرارتی افزایش می‌یابد، اما اسانس شوید، اکسیداسیون را در طول مدت نگهداری به‌صورت منجمد به تعویق می‌اندازد. نمونه‌های پخته شده با اسانس شوید مقدار اسیدچرب آزاد، اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید کمتری نسبت به نمونه‌های بدون اسانس دارند.

کلیدواژه‌ها: قزل‌آلای رنگین‌کمان، اکسیداسیون، روش‌های پخت، انجماد، اسانس شوید

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۱

*نویسنده مسئول: f.tooryan@ausmt.ac.ir

مقدمه

امروزه به دلیل صنعتی شدن جوامع انسانی و سهولت استفاده مصرف‌کنندگان، تولید غذاهای نیمه‌آماده و آماده منجمد (که سریع آماده مصرف هستند) افزایش یافته است. در این میان محصولات منجمد آماده مصرف آیزی یکی از محبوب‌ترین آنها هستند. گوشت ماهی یکی از منابع مهم و سالم غنی از پروتئین در رژیم غذایی است که جزء گوشت‌های سفید طبقه‌بندی می‌شود و در این میان مصرف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) که جزء ماهیان چرب و یکی از مطلوب‌ترین آبزیان است و همچنین به دلیل داشتن سطوح بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع به‌خصوص از نوع امگا-۳ همچون اسیدایکوزاپنتانویک^[۱] و اسیددوکوزاهگزانویک (DHA) توصیه می‌شود^[۲]. وجود مقدار زیادی از این اسیدهای چرب، ماهی قزل‌آلا را مستعد فساد

اکسیداتیو حتی در شرایط منجمد ساخته است. کاهش کیفیت در ماهیان چرب در مرحله اول به‌خاطر فعالیت میکروارگانیسم‌ها، عملکرد آنزیم‌ها و سپس اکسیداسیون چربی‌ها است^[۳]. تغییرات اکسیداتیو علاوه بر اثرات نامطلوب در سیستم‌های بیولوژیک، مسئول ایجاد طعم و پایین‌آمدن کیفیت غذا و فساد مواد غذایی است. در ماهی، هیدرولیز و اکسیداسیون باعث فساد و تغییر طعم، بو و رنگ گوشت می‌شود^[۴]. هیدرولیز به‌وسیله لیپازها و فسفولیپازها القا می‌شود و اسیدچرب آزاد می‌کند که تحت اکسیداسیون، ترکیباتی با وزن مولکولی کم تولید می‌شود^[۵]. این فرآیند با حضور رادیکال‌های آزاد همراه است و به تولید آلدئیدهای مانند مالون‌دی‌آلدئید منجر می‌شود که مسئول پیشرفت فساد گوشت هستند^[۶].

فرآیند پختن سبب بهبود طعم، غیرفعال‌نمودن آنزیم‌ها و از بین بردن میکروارگانیسم‌ها می‌شود^[۷]. از طرفی فرآیند حرارتی می‌تواند منجر به ایجاد تغییرات نامطلوب مانند اکسیداسیون چربی، دنا توره شدن پروتئین‌ها و تغییر رنگ محصول نیز شود^[۸]. بنابراین انتخاب روش‌های حرارت‌دهی مناسب برای افزایش مدت‌زمان ماندگاری با اثر بر فعالیت میکروارگانیسم و عملکرد آنزیمی قبل از منجمدسازی بسیار مهم است، زیرا در سال‌های اخیر مطالعات کامل‌تر نشان داده‌اند که روش‌های پخت و فرآوری گوشت نه تنها در محتوای ماده چرب بلکه در تشدید شاخص اکسایشی آن نیز موثر هستند^[۹]. به‌کارگیری مواد مناسب با فعالیت آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی به‌منظور بهبود کیفیت، افزایش عمر ماندگاری گوشت و در عین حال جلوگیری از ضررهای اقتصادی، ضروری و مفید به نظر می‌رسد^[۱۰]. از این رو استفاده از نگهدارنده‌ها در بسیاری از محصولات غذایی به‌منظور جلوگیری از فساد ماده غذایی پس از تولید به‌ویژه فساد اکسایشی بسیار رایج است و باعث افزایش زمان ماندگاری و حفظ کیفیت غذا می‌شود. برای مهار تغییرات اکسایشی بیشتر از آنتی‌اکسیدان‌های به‌کاررفته در صنعت مانند بوتیلیدهیدروکسی‌آیزول (BHA) و بوتیلیدهیدروکسی‌تولون (BHT) استفاده می‌شود که در مطالعات انجام شده، اثرات سمی و سرطان‌زایی آنها به‌خوبی نشان داده شده است^[۱۱]. از این رو، محدودیت قوی در روند استفاده آنها وجود دارد و محققان به دنبال جایگزینی آنها با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند^[۱۲].

گیاه شوید یا *Anethum graveolens* از تیره چتریان و دارای خواص دارویی بسیاری است^[۱۳]. انتشار جغرافیایی آن در ایران به‌صورت طبیعی در نواحی مختلف مانند صائین‌قلعه، تبریز، خراسان و تفرش ذکر شده است^[۱۴]. به‌علت حضور د-کارون، از این اسانس برای معطر و مطبوع‌ساختن طعم غذاها استفاده می‌شود. احتمالاً مواد موثره اسانس شوید از جمله دو ترکیب عمده د-کارون و لیمونن دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی هستند و سبب تثبیت غشای سلول‌های کبدی و کاهش آزادسازی آنزیم به خون می‌شوند. ترکیب فنولیک‌دیل‌آپیول اسانس شوید منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با BHA و BHT می‌شود^[۱۵]. ترکیبات اکسایش‌یافته نقش مشخص و ثابت‌شده‌ای در ایجاد التهاب و بیماری‌های وابسته در بدن انسان دارند. در سال‌های اخیر بخشی از مطالعات علم مواد غذایی به سمت بررسی اثر روش‌های پخت بر اکسایش انواع مختلفی از انواع گوشت و استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی با منشأ گیاهی به‌جای نگهدارنده‌های سنتزی به‌خاطر اثرات سوء آنها بر سلامت مصرف‌کنندگان معطوف شده است. شاخص‌های مورد بررسی در این مطالعات معمولاً شاخص

به مدت ۱۵ ثانیه همگن و مخلوط به دست آمده به مدت ۳۰ دقیقه در دور ۱۵۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز کلروفرم جدا و ۳۰ میلی لیتر کلروفرم به باقیمانده آن اضافه و دوباره به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس فاز کلروفرم جدا، به کلروفرم جدا شده در مرحله قبل اضافه و در تبخیر کننده تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. روغن استخراج شده برای اندازه گیری اسید چرب آزاد (FFA)، عدد پراکسید (PV) و تیوباریتوریک اسید (TBA) مورد استفاده قرار گرفت [22].

اندازه گیری میزان FFA: میزان اسید چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک گزارش شد و اندازه گیری آن به این صورت بود که به ۲ میلی لیتر از نمونه مورد نظر سه قطره فنول فتالین اضافه و با سود ۰/۱ نرمال، تیترو و درصد FFA طبق رابطه زیر محاسبه شد [21]:

$$FFA = \frac{10 / \text{نرمالیت} \times 28 / 2 \times \text{حجم سود نرمال}}{\text{وزن نمونه روغن}}$$

اندازه گیری عدد پراکسید PV: این آزمون تعیین اسپکتروفتومتری عدد پراکسید بر اساس اکسیداسیون آهن (II) به آهن (III) توسط هیدروپراکسیدها و تشکیل کمپلکس آهن (III) - تیوسیانات بود که طبق روش یه و همکاران [23] اندازه گیری شد. نتیجه به عنوان میلی اکی والان اکسیژن در هر کیلوگرم چربی بیان و آزمایش فوق یکبار بدون نمونه و یکبار بدون معرف به عنوان کنترل انجام شد.

$$\text{Peroxide Value (PV)} = \frac{Abs}{55.84} \times \frac{1}{b} [mEq/kg fat]$$

W = وزن روغن

Abs = جذب

۵۵/۸۴ = وزن اتمی آهن (III)

b = شیب خط منحنی کالیبراسیون آهن (III).

برای تهیه شیب خط منحنی کالیبراسیون، محلول استاندارد ۰/۰۱ میکروگرم بر میلی لیتر Fe^{3+} آماده و جذب این محلول در مقابل غلظت رسم و شیب خط از منحنی به دست آمده محاسبه شد.

اندازه گیری عدد تیوباریتوریک اسید (TBARS): تعیین شاخص TBARS به روش رنگ سنجی در طول موج ۵۳۲ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مطابق روش کریستنسن و همکاران [22] انجام شد. محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی مربوط به اکسید شدن اسیدهای چرب چندغیراشباعی در عضلات ماهی با ارزیابی شاخص TBARS که مربوط به اندازه گیری میزان میلی گرم مالون دی آلدهید به ازای هر کیلوگرم فیله ماهی است، ارزیابی شد.

ارزیابی حسی: در این مطالعه ارزیابی های حسی نمونه های ماهی تحت عنوان پذیرش کلی با استفاده از آزمون چشایی ۹ نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفت که با کمک ۸ ارزیاب آموزش دیده انجام گرفت [24]. این نقطه ها برای مقایسه میزان پذیرش نمونه های متفاوت به امتیازات عددی تبدیل شدند. به این صورت که بالاترین میزان پذیرش امتیاز ۹ و کمترین آن امتیاز ۱ دریافت نمودند. در نهایت نیز نتایج مقایسه میانگین با توجه به حداکثر امتیازی که یک نمونه از تمام ارزیابی ها می توانست دریافت کند، نمایش داده شد.

تجزیه و تحلیل داده ها با نرم افزار SPSS 20 از طریق آزمون کولموگروف - اسمیرنوف برای بررسی توزیع طبیعی داده ها، آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس داده ها، آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (طبخ با یا بدون اسانس × مدت زمان نگهداری) برای آنالیز ویژگی های شیمیایی، آزمون تعقیبی توکی برای بررسی وجود یا

عدد پراکسید، پیوندهای دوگانه مزدوج و مقدار تیوباریتوریک اسید هستند [16-19]، اما مطالعات کمتری در مورد فرآوری محصولات آبرزی وجود داشته است، لذا بررسی بیشتر و دقیق تر در مورد هر یک از روش های پخت رایج با رعایت الگوی منطبق بر عادات متداول در جامعه بر خواص اکسایش چربی ضروری به نظر می رسد. بنابراین هدف پژوهش حاضر، ارزیابی پایداری اکسایشی فیله پیش پخته ماهی قزل آلا رنگین کمان تیمار شده با اسانس شوید بود.

مواد و روش ها

در پژوهش تجربی حاضر، ماهی قزل آلا رنگین کمان از بازار محلی محمودآباد خریداری و در کمتر از ۲ ساعت در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد. پس از جدانمودن سر و باله ها، امعا و احشای ماهی تخلیه و فیله شد. سه گروه از نمونه ها (هر گروه، ۳ ماهی) با اسانس شوید ۱۵ میلی گرم بر میلی لیتر به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه تکان دهنده با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و سه گروه دیگر (هر گروه، ۳ ماهی) نیز با BHT به مقدار ۲/۵ میلی گرم بر میلی لیتر به مدت ۲ دقیقه غوطه ور و طبخ شدند. گروه اول از نمونه های فیله به مدت ۴ دقیقه در روغن آفتابگردان در دمای ۱۸۰°C سرخ، گروه دوم به مدت ۲۲ دقیقه در ۲۰۰°C در فر پخته و گروه سوم به مدت ۲۲ دقیقه در ۲۰۰°C بخارپز شدند. سه گروه بدون اسانس (هر گروه، ۳ ماهی) نیز به عنوان کنترل به همین شیوه تهیه شدند. یک گروه از نمونه ها، بلافاصله آنالیز (عدد پراکسید و تیوباریتوریک اسید) و به عنوان نمونه تازه خام به کار رفت و بقیه نمونه ها در فریزر ۱۸۰°C به مدت ۴ ماه نگهداری شدند و در پایان هر ماه مورد آنالیز قرار گرفتند [20].

تهیه مواد شیمیایی: از مواد شیمیایی با درجه خلوص بالا (مرک؛ آلمان) و اسانس شوید (باریج؛ ایران) استفاده شد. در تمام مراحل مطالعه از اتانول ۵۰٪ به عنوان حلال اسانس استفاده شد و آنالیز ترکیبات اسانس توسط دستگاه گاز کروماتوگراف مجهز به طیف سنج جرمی (GC/MS) مدل Thermo Quest Trace GC 2000 (FINNIGAN؛ انگلستان) صورت گرفت.

بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس ها

: استفاده از رادیکال پایداری ۲ و ۲ - دی فنیل - DPPH فعالیت جذب به عنوان معرف برای بررسی خاصیت (DPPH) -۱ پیکریل هیدرازیل آنتی اکسیدانی اسانس های گیاهی کاربرد زیادی دارد و این آزمون انجام شد. همچنین درصد [21] ابراساس روش گان و همکاران بازدارندگی رادیکال های آزاد از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$I\% = (A_{blank} - A_{sample} / A_{blank}) \times 100$$

در این رابطه A_{blank} ، جذب نوری کنترل منفی (دارای تمام معرف ها به جز غلظت مشخص از اسانس) و A_{sample} میزان جذب نوری غلظت های مختلف اسانس را بیان می کند. به منظور بررسی بهتر فعالیت آنتی رادیکالی از فاکتور IC₅₀ استفاده شد و بیانگر غلظتی از اسانس است که می تواند غلظت رادیکال آزاد DPPH اولیه را به ۵۰٪ مقدار اولیه کاهش دهد و توسط نمودار محاسبه شد. در این آزمایش از آنتی اکسیدان سنتزی BHT به عنوان کنترل مثبت استفاده شد.

استخراج چربی فیله ماهی: در این روش ۲/۵ گرم از نمونه ماهی به محلول کلروفرم - متانول (۱:۲ حجمی/حجمی، ۵۰ میلی لیتر) اضافه و مخلوط شد. سپس ۱۰ میلی لیتر کلرید کلسیم ۱ میلی مولار اضافه،

عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل، آزمون کروסקال-والیس و مقایسه چندتایی غیرپارامتری آزمون من-ویتنی‌یو برای تعیین تاثیر مدت‌زمان نگهداری بر نتایج حسی صورت گرفت. کلیه آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد.

یافته‌ها

آنالیز اسانس شوید با دستگاه GC/MS: د- کارون (۳۸/۲٪)، آپپول (۱۶/۹٪)، دیلاتر (۱۳/۱٪) و لینالول (۹/۱٪) از عمده ترکیبات موجود در اسانس بودند (جدول ۱).

جدول ۱) نتایج آنالیز اسانس شوید با دستگاه طیف‌سنج جرمی

ترکیب	میزان (درصد)	شاخص بازداري (RI)
آلفا-پینین	۰/۹۲	۹۳۸
میرسن	۰/۸	۹۸۸
آلفا-فلاندرین	۰/۷۵	۱۰۰۲
آلفا-تریپنین	۰/۲۷	۱۰۱۵
پاراسیمین	۵/۴	۱۰۲۰
لیمونین	۴/۷	۱۰۳۴
گاماتریپنین	۴/۴	۱۰۵۵
لینالول	۹/۱	۱۰۹۵
د-کارون	۳۸/۲	۱۲۴۵
ژرانیول	۱/۶۲	۱۲۴۹
ژرانیل استات	۰/۱	۱۳۷۹
بتاکاریوفیلین	۰/۷۱	۱۴۰۸
دیلاتر	۱۳/۱	۱۱۸۴
آپپول	۱۶/۹	۱۶۷۷
مجموع	۹۶/۷	-

خاصیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت گیرندگی رادیکال آزاد اسانس شوید و BHT با افزایش غلظت به‌ترتیب تا ۱۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به بالاترین مقدار خود رسید و بعد از آن با افزایش غلظت ثابت ماندند. آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در همه غلظت‌ها به‌طور معنی‌داری درصد فعالیت ربایش رادیکال بالاتری نسبت به اسانس شوید نشان داد ($p < 0.05$) و نتایج فاکتور IC₅₀ برای اسانس شوید ۳/۷۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT به‌عنوان کنترل مثبت ۰/۴۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲) مقایسه درصد فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد شوید و بوتیل‌تند هیدروکسی‌تولوتن (BHT)

غلظت (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	اسانس شوید	BHT
۰/۵	۲۹/۴۱ ^H	۵۲/۲۱ ^D
۱	۴۰/۳۱ ^G	۶۳/۳۱ ^C
۲/۵	۴۵/۳۳ ^F	۸۵/۷۲ ^B
۵	۵۵/۰۹ ^E	۹۴/۰۲ ^A
۷	۶۰/۷۹ ^D	۹۴/۹۱ ^A
۱۰	۶۵/۸۱ ^C	
۱۲/۵	۷۴/۴۱ ^B	
۱۵	۸۳/۹۱ ^A	
۲۰	۸۳/۹۲ ^A	

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بین غلظت‌های مختلف اسانس است

میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA): تاثیر اسانس شوید و

آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT بر میزان اسیدهای چرب آزاد فیله پیش‌پخته ماهی قزل‌آلای نگهداری‌شده در ۱۸°C- در طول ۴ ماه تعیین شد. در ابتدای دوره نگهداری، میزان تشکیل اسیدچرب آزاد در فیله تازه خام ۰/۲۳٪ اسیداولئیک بود. پخت باعث افزایش مقدار FFA به‌ویژه در نمونه‌های پیش‌پخته به روش فر نسبت به سایر نمونه‌ها شد و با افزایش زمان نگهداری میزان اسیدهای چرب آزاد در هر سه روش پخت افزایش پیدا کرد، اما این افزایش در تیمارهای شاهد نسبت به تیمارهای حاوی اسانس بیشتر بود ($p < 0.05$). در پایان دوره نگهداری، FFA به‌طور قابل توجهی در نمونه‌های پخته‌شده در فر و بخارپز شده بیشتر از نمونه‌های سرخ‌شده بود ($p < 0.05$) و نمونه شاهد پخت‌شده در فر ۵/۸۳٪ اسیداولئیک بیشترین مقدار اسیدچرب آزاد را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

میزان اندیس پراکسید (PV): اکسیداسیون اولیه چربی با استفاده از اندازه‌گیری میزان پراکسید (میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم روغن) ارزیابی شد و مقدار اولیه PV فیله خام ۰/۹۸ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم روغن به دست آمد. در روز اول، پخت باعث افزایش اندیس PV نمونه‌های پیش‌پخته نسبت به نمونه خام شد که این اندیس در روش سرخ‌کردن به بیشتر از ۴ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم رسید. به‌طور کلی عدد پراکسید در پایان دوره نگهداری در همه گروه‌های تیمار شده به‌خصوص فیله سرخ‌شده و تیمار شده با اسانس (۵/۰۸ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم) افزایش یافت ($p < 0.05$). مقدار اندیس پراکسید نمونه شاهد پخت‌شده به روش سرخ‌کردن در پایان ماه دوم به ۹/۱۷ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم رسید که خارج از حد مجاز بود. نمونه شاهد در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با اسانس بیشترین افزایش را نشان داد (جدول ۴).

عدد تیوباریتوریک اسید (TBARS): میزان مالون‌دی‌آلدئید تولیدشده در نمونه‌های کنترل پیش‌پخته مشابه فیله تازه خام ۰/۳۹ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید به‌ازای هر کیلوگرم بود، اما مقدار آن در نمونه‌های حاوی اسانس به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از نمونه‌های شاهد و خام مشاهده شد. میزان TBARS نمونه‌ها در طول دوره نگهداری به‌تدریج تا پایان ماه دوم افزایش پیدا کرد، اما از ماه سوم، میزان این شاخص به‌تدریج کاهش یافت، به‌طوری که برای همه نمونه‌ها کمترین مقدار در روز اول و بیشترین مقدار آن در ماه سوم گزارش شد. در طول دوره نگهداری، شاخص TBARS در هر سه روش پخت در تیمارهای حاوی اسانس و BHT به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود و در پایان دوره نگهداری نمونه پیش‌پخته به روش سرخ‌کردن حاوی BHT، دارای کمترین مقدار شاخص TBARS، ۰/۳۳ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید به‌ازای هر کیلوگرم و نمونه شاهد پیش‌پخته به روش بخارپز دارای بیشترین مقدار شاخص TBARS، ۰/۸۳ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید به‌ازای هر کیلوگرم بودند. همچنین میزان TBARS در نمونه‌های پخت‌شده به روش سرخ‌کردن کمتر از دیگر روش‌های پخت بود (جدول ۵).

ارزیابی حسی: در پایان ۴ ماه نگهداری به‌صورت انجماد، یک کاهش پذیرش کلی از کیفیت بالا (۸-۹) به کیفیت خوب (۶-۷) در همه نمونه‌های آزمایشی رخ داد، اما این کاهش پذیرش در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پیش‌پخته حاوی اسانس بود ($p < 0.05$). به‌طور کلی نمونه‌های پخت‌شده به روش سرخ‌کردن دارای امتیاز پذیرش کلی بالاتری نسبت به نمونه‌های پخت‌شده به روش بخارپز و پخت در آون بودند (نمودار ۱؛ جدول ۶).

ارزیابی پایداری اکسایشی فیله پیش پخته ماهی قزل آلائی رنگین کمان تیمار شده با اسانس شوید ۱۳۹

جدول ۳) تغییرات شاخص FFA در فیله ماهی پیش پخته قزل آلائی رنگین کمان تیمار شده با اسانس های شوید و BHT طی دوره نگهداری منجمد در ۴ ماه

تیمارها	ابتدای دوره	۱ ماه	۲ ماه	۳ ماه	۴ ماه
سرخ - شاهد	۰/۳۷±۰/۶۰ ^{Abe}	۱/۴۳±۰/۰۱ ^{Bd}	۲/۹۷±۰/۰۹ ^{BCc}	۳/۵۳±۰/۲۹ ^{CDb}	۵/۰۶±۰/۲۳ ^{Aba}
سرخ - شوید	۰/۴۸±۰/۰۲ ^{Abe}	۱/۲۱±۰/۱۱ ^{BCDd}	۲/۸۶±۰/۲۳ ^{Cc}	۰/۵۲±۰/۲۴ ^{CDb}	۴/۱۸±۰/۳۴ ^{BCa}
سرخ - BHT	۰/۳۰±۰/۰۴ ^{Bd}	۱/۳۲±۰/۰۵ ^{ABc}	۳/۱۹±۰/۱۲ ^{BCb}	۳/۴۱±۰/۵۶ ^{CDab}	۳/۸۵±۰/۴۶ ^{Ca}
فر - شاهد	۰/۸۰±۰/۱۱ ^{Ad}	۱/۴۳±۰/۱۴ ^{Bc}	۳/۸۵±۰/۱۶ ^{Ab}	۵/۸۳±۱/۱۸ ^{Aa}	۵/۸۳±۱/۰۷ ^{Aa}
فر - شوید	۰/۸۳±۰/۰۴ ^{Ae}	۱/۰۳±۰/۰۹ ^{Cd}	۳/۴۱±۰/۲۲ ^{ABc}	۴/۹۵±۰/۴۰ ^{ABCb}	۵/۱۷±۰/۴۵ ^{Aba}
فر - BHT	۰/۹۰±۰/۱۶ ^{Ad}	۱/۱±۱/۰۱ ^{BCc}	۳/۷۴±۰/۰۹ ^{Ab}	۵/۲۸±۰/۹۲ ^{Aba}	۵/۱۷±۰/۵۶ ^{Aba}
بخار - شاهد	۰/۴۱±۰/۰۴ ^{ABd}	۰/۴۷±۰/۲۳ ^{Dd}	۱/۵۴±۰/۰۷ ^{Dc}	۲/۳۱±۰/۹۶ ^{Db}	۴/۱۸±۰/۲۵ ^{BCa}
بخار - شوید	۰/۳۷±۰/۰۹ ^{ABd}	۰/۴۵±۰/۰۱ ^{Dd}	۱/۲۱±۰/۰۶ ^{Dc}	۲/۰۹±۰/۳۶ ^{Db}	۳/۴۱±۰/۳۳ ^{Ca}
بخار - BHT	۰/۳۸±۰/۰۳ ^{ABd}	۰/۴۱±۰/۰۸ ^{Dd}	۱/۲۱±۰/۱۶ ^{Dc}	۱/۹۸±۰/۲۴ ^{Db}	۳/۴۱±۰/۰۶ ^{Ca}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) در زمان های مختلف است؛ حروف بزرگ متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) بین تیمارها است

جدول ۴) تغییرات شاخص PV در فیله ماهی پیش پخته قزل آلائی رنگین کمان تیمار شده با اسانس های شوید و BHT طی دوره نگهداری منجمد در ۴ ماه

تیمارها	ابتدای دوره	۱ ماه	۲ ماه	۳ ماه	۴ ماه
سرخ - شاهد	۴/۹۰±۰/۷۰ ^{Ae}	۶/۱۲±۰/۱۹ ^{Ad}	۹/۱۷±۰/۲۹ ^{Aa}	۷/۱۳±۰/۰۸ ^{Ac}	۸/۵۰±۰/۱۵ ^{Ab}
سرخ - شوید	۴/۸۸±۰/۰۹ ^{Ae}	۵/۱۴±۰/۱۲ ^{Bc}	۵/۴۳±۰/۳۸ ^{Cb}	۳/۵۲±۰/۲۹ ^{Cd}	۵/۹۹±۰/۰۷ ^{Ba}
سرخ - BHT	۴/۹۹±۰/۰۹ ^{Aa}	۵/۱۴±۰/۰۸ ^{Ba}	۵/۲۰±۰/۱۲ ^{Ca}	۳/۱۲±۰/۰۹ ^{CDc}	۴/۰۳±۰/۱۵ ^{Deb}
فر - شاهد	۱/۳۰±۰/۰۳ ^{De}	۳/۵۵±۰/۲۵ ^{Dd}	۶/۸۵±۱/۱۲ ^{Ba}	۴/۲۱±۱/۰۲ ^{Cc}	۵/۸۷±۰/۷۴ ^{BCb}
فر - شوید	۱/۱±۰/۰۵ ^{Dc}	۱/۰۱±۰/۰۱ ^{Fc}	۲/۰۲±۰/۱۹ ^{Eb}	۱/۱±۰/۰۲ ^{Ec}	۲/۸۹±۰/۰۸ ^{Ea}
فر - BHT	۱/۲۷±۰/۱۱ ^{Dd}	۱/۲۱±۰/۰۹ ^{Fd}	۳/۰۵±۰/۱۱ ^{Deb}	۲/۲۲±۰/۰۹ ^{Dec}	۴/۵۳±۰/۸۵ ^{Da}
بخار - شاهد	۳/۷۲±۰/۲۷ ^{Be}	۴/۳۲±۰/۳۱ ^{Cd}	۸/۵۵±۱/۲۴ ^{Aa}	۵/۸۹±۱/۱۳ ^{Bc}	۷/۳۴±۱/۱۰ ^{Ab}
بخار - شوید	۱/۲۵±۰/۰۹ ^{Dd}	۱/۲۴±۰/۰۳ ^{Fd}	۳/۵۲±۰/۴۸ ^{Deb}	۳/۱۷±۰/۱۹ ^{CDc}	۴/۳۱±۰/۰۷ ^{Da}
بخار - BHT	۲/۰۰±۰/۸۶ ^{Ce}	۲/۴۰±۰/۶۳ ^{Ed}	۴/۲۲±۰/۷۲ ^{CDb}	۳/۶۵±۰/۲۵ ^{Cc}	۴/۶۵±۰/۳۳ ^{Ca}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) در زمان های مختلف است؛ حروف بزرگ متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) بین تیمارها است

جدول ۵) تغییرات شاخص TBARS در فیله ماهی پیش پخته قزل آلائی رنگین کمان تیمار شده با اسانس های شوید و BHT طی دوره نگهداری منجمد در ۴ ماه

تیمارها	ابتدای دوره	۱ ماه	۲ ماه	۳ ماه	۴ ماه
سرخ - شاهد	۰/۳۲±۰/۰۴ ^{Bd}	۰/۸۴±۰/۰۱ ^{Ab}	۰/۹۲±۰/۰۵ ^{Ab}	۱/۲۱±۰/۱۸ ^{Aa}	۰/۶۳±۰/۰۳ ^{Bc}
سرخ - شوید	۰/۱۷±۰/۰۷ ^{Cd}	۰/۵۷±۰/۱۱ ^{Bcb}	۰/۷۱±۰/۰۵ ^{Aba}	۰/۷۹±۰/۱۲ ^{Bca}	۰/۳۷±۰/۰۳ ^{Cc}
سرخ - BHT	۰/۱۸±۰/۰۳ ^{Cc}	۰/۲۳±۰/۰۵ ^{Dcd}	۰/۴۴±۰/۰۵ ^{Db}	۰/۶۳±۰/۱۷ ^{Ca}	۰/۳۳±۰/۰۹ ^{Dcd}
فر - شاهد	۰/۳۸±۰/۰۹ ^{Bc}	۰/۴۸±۰/۱۴ ^{BCc}	۰/۶۹±۰/۱۳ ^{BCb}	۱/۰۸±۰/۲۳ ^{Aba}	۰/۷۳±۰/۰۷ ^{ABb}
فر - شوید	۰/۱۳±۰/۰۶ ^{Ce}	۰/۳۱±۰/۰۹ ^{CDd}	۰/۴۷±۰/۱۴ ^{CDb}	۰/۶۴±۰/۱۵ ^{Ca}	۰/۳۸±۰/۰۳ ^{Dcd}
فر - BHT	۰/۰۶±۰/۱۱ ^{Cd}	۰/۳۴±۰/۰۱ ^{CDc}	۰/۴۲±۰/۰۵ ^{Db}	۰/۷۲±۰/۰۴ ^{Bca}	۰/۴۱±۰/۰۹ ^{Db}
بخار - شاهد	۰/۵۸±۰/۱۱ ^{Ad}	۰/۶۸±۰/۲۳ ^{ABc}	۰/۷۱±۰/۱۳ ^{Bc}	۱/۰۸±۰/۱۳ ^{Aba}	۰/۸۳±۰/۰۳ ^{Ab}
بخار - شوید	۰/۱۲±۰/۰۱ ^{Cc}	۰/۳۷±۰/۰۱ ^{CDb}	۰/۳۹±۰/۰۹ ^{Db}	۰/۶۶±۰/۱۸ ^{Ca}	۰/۴۲±۰/۰۹ ^{Db}
بخار - BHT	۰/۱۱±۰/۰۱ ^{Cd}	۰/۲۴±۰/۰۸ ^{Dc}	۰/۵۲±۰/۰۸ ^{BCDb}	۰/۷۳±۰/۰۵ ^{Bca}	۰/۴۸±۰/۰۹ ^{CDb}

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) در زمان های مختلف است؛ حروف بزرگ متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) بین تیمارها است

جدول ۶) تغییرات امتیاز پذیرش کلی در فیله ماهی پیش پخته قزل آلائی رنگین کمان تیمار شده با اسانس های شوید و BHT طی دوره نگهداری منجمد در ۴ ماه

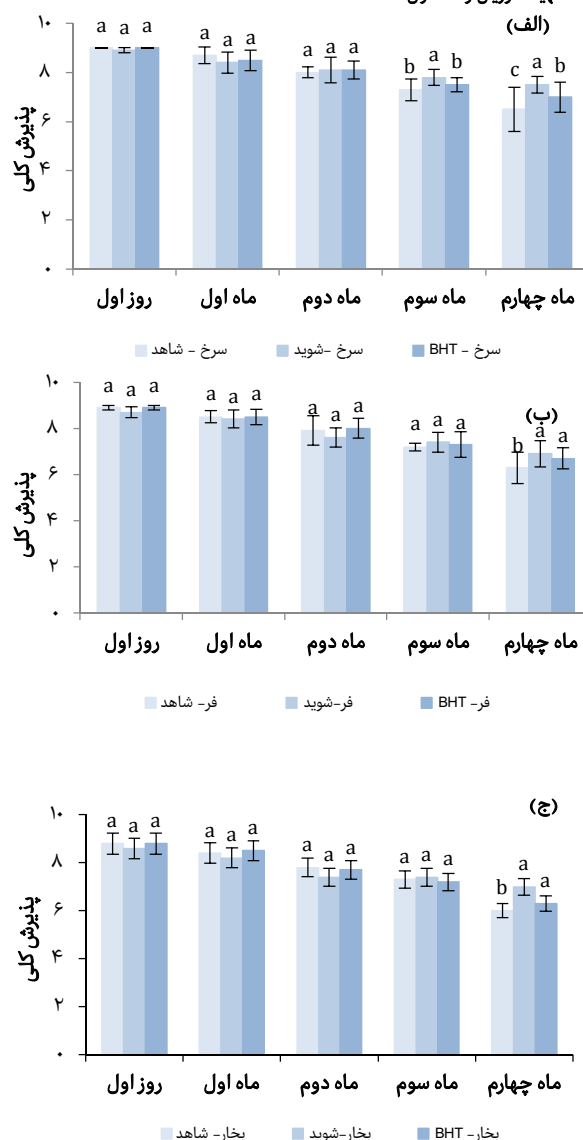
تیمارها	ابتدای دوره	۱ ماه	۲ ماه	۳ ماه	۴ ماه
سرخ - شاهد	۹/۰±۰/۰۰ ^A	۸/۷±۰/۲۳ ^{AB}	۸/۰±۰/۳۲ ^{BC}	۷/۳±۰/۵۴ ^C	۶/۵±۰/۹۹ ^D
سرخ - شوید	۸/۹±۰/۰۰ ^A	۸/۴±۰/۵۲ ^{AB}	۸/۱±۰/۶۳ ^B	۷/۸±۰/۶۲ ^C	۷/۵±۰/۴۴ ^D
سرخ - BHT	۹/۰±۰/۰۰ ^A	۸/۵±۰/۵۲ ^A	۸/۱±۰/۴۶ ^A	۵/۷±۰/۳۸ ^B	۷/۰±۰/۷۱ ^B
فر - شاهد	۸/۹±۰/۱ ^A	۸/۵±۰/۵۲ ^{AB}	۷/۹±۰/۷۴ ^C	۷/۲±۰/۲۷ ^C	۶/۴±۰/۷۸ ^D
فر - شوید	۸/۷±۰/۰۰ ^A	۸/۴±۰/۶۴ ^A	۷/۶±۰/۵۱ ^A	۷/۴±۰/۵۲ ^B	۶/۹±۰/۶۷ ^C
فر - BHT	۸/۹±۰/۱ ^A	۸/۵±۰/۴۳ ^A	۸/۰±۰/۵۳ ^{AB}	۷/۳±۰/۶۶ ^{BC}	۶/۷±۰/۵۶ ^C
بخار - شاهد	۸/۸±۰/۱۶ ^A	۸/۳±۰/۷۳ ^A	۷/۸±۰/۸۸ ^{AB}	۷/۳±۰/۶۶ ^{BC}	۶/۰±۰/۹۳ ^C
بخار - شوید	۸/۶±۰/۱۷ ^A	۸/۴±۰/۵۴ ^A	۷/۴±۰/۴۷ ^{AB}	۷/۴±۰/۷۳ ^{BC}	۷/۰±۰/۴۲ ^C
بخار - BHT	۸/۸±۰/۱۲ ^A	۸/۵±۰/۴۲ ^A	۷/۷±۰/۴۳ ^{AB}	۷/۲±۰/۴۷ ^{BC}	۶/۳±۰/۸۳ ^C

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$) بین تیمارها است

(۲/۷٪)، سپس- دی‌هیدروکارون (۲/۶٪) و ایزوکروویسین (۰/۸٪) گزارش کرده‌اند. با توجه به جدول ۱، نتایج حاصل از بررسی ترکیب شیمیایی اسانس شوید در پژوهش حاضر تا حدودی با سایر بررسی‌های صورت گرفته در این راستا همخوانی داشت. همچنین در مطالعه‌ای که توسط ریچارت و همکاران انجام گرفته است، گزارش کرده‌اند که ترکیبات اسانس حاصل از قسمت‌های مختلف گیاه متفاوت است و در مراحل مختلف رسیدن گیاه به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند تغییر کند که ممکن است به شرایطی نظیر نوع کشت، شرایط خاک، آب و هوا، زمان برداشت، مدت زمان نگهداری، اسانس‌گیری از اندام‌های مختلف و در نهایت تفاوت ژنتیکی گیاه وابسته باشد [27].

مطابق داده‌های به‌دست آمده، فعالیت ضد رادیکالی اسانس وابسته به غلظت بود و با افزایش غلظت، به علت بالاتر رفتن غلظت ترکیبات آنتی‌رادیکالی، افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش و احتمال اهدا هیدروژن به رادیکال‌های آزاد، افزایش قدرت مهارکنندگی اسانس مشاهده شد [28]، اما در غلظت‌های بالاتر، در مهار رادیکال آزاد، تغییر قابل محسوسی مشاهده نشد، زیرا یک غلظت بحرانی از مونوترپن‌ها برای کسب فعالیت آنتی‌اکسیدانی مطلوب کافی است. در غلظت‌های بالاتر از این غلظت بحرانی، یک اثر اشباع‌کنندگی به وجود می‌آید که موجب می‌شود با توجه به حضور این ترکیبات، فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش نیابد. عیوقی و همکاران فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید را مورد بررسی و فاکتور IC_{50} برای اسانس شوید بر $2/57$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای BHT، $0/38$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کرده‌اند [29]. کامکار فاکتور IC_{50} اسانس شوید و BHT را به ترتیب $4/1$ و $0/05$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش نموده است [30] که مطالعه حاضر به طور تقریبی مشابه نتایج محققان ذکر شده در بالا بود و تفاوت‌های اندک دلیلی بر تنوع شرایط محیطی، فصلی و غیره است. اسانس شوید با داشتن ترکیبات اکسیژن‌دار نظیر د- کارون، دی‌آپیول و ترکیبات فنولیک نظیر لیمونن به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی، توانایی واکنش با رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون لیپیدها را داشته و موجب قطع واکنش‌های زنجیری و افزایش زمان اکسیداسیون کند و کاهش سرعت اکسیداسیون خودبه‌خودی می‌شود. نتایج سایر مطالعات نیز نشان داده‌اند که گیاهان با ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بالاتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نشان می‌دهند [31]. در این مطالعه نیز اسانس شوید به دلیل دارا بودن ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی داشت. پخت به شیوه‌های مختلف روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تاثیرگذار است و در طول پخت، چربی‌ها تحت تاثیر اکسیداسیون حرارتی قرار می‌گیرند که سریع‌تر از اکسیداسیون نمونه خام است. از آنجایی که اکثر اسیدهای چرب چندغیراشباعی در گوشت ماهی از نوع امگا-۶ و امگا-۳ هستند، در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز، بیشتر می‌تواند در کیفیت غذا تاثیر داشته باشد [32].

با توجه به نتایج به‌دست آمده، پخت باعث افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد به‌ویژه نمونه‌های پخت‌شده در فر شد که با نتایج دیگر محققان نیز مطابقت داشت. بسیاری از محققان عامل افزایش اسیدهای چرب آزاد در اثر فرآیندهای حرارتی را شکست مولکول‌هایی با وزن بالا مثل تری‌گلیسیریدها و فسفولیپیدها گزارش کرده‌اند [33-35]. باکار و همکاران نیز گزارش نموده‌اند که فرآیندهایی چون سرخ‌کردن، کباب‌کردن، بخارپز و پخت در مایکروویو باعث افزایش اسیدهای چرب آزاد فیله ماهی مکرل



نمودار ۱) تغییرات امتیاز پذیرش کلی فیله پخت‌شده به روش سرخ‌کردن، پخت در فر و بخارپز حاوی اسانس شوید و BHT
الف- تغییرات امتیاز پذیرش کلی به روش سرخ‌کردن، ب- تغییرات امتیاز پذیرش کلی به روش پخت در فر، ج- تغییرات امتیاز پذیرش کلی به روش بخارپز (حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است: $p < 0/05$)

بحث

هدف پژوهش حاضر ارزیابی پایداری اکسایشی فیله پیش‌پخته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تیمار شده با اسانس شوید بود. با توجه به اجزای شناسایی‌شده در اسانس شوید، بیشتر ترکیبات، مونوترپن‌های فنلی و اکسیژن‌دار بودند که این مونوترپن‌ها به علت بالا بودن ظرفیت هیدروژن‌دهندگی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل ملاحظه‌ای بودند و مطالعات متعددی نیز رابطه میان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و وجود ترکیبات مونوترپنی در اسانس‌ها را گزارش کرده‌اند. قابل ذکر است که تصور می‌شود فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل ملاحظه اسانس در این پژوهش مربوط به وجود این ترکیبات باشد. سفیدکن [25] ترکیبات عمده اسانس بذر شوید را د- کارون (۵۷/۲۸٪) و لیمونن (۳۳/۱۹٪) گزارش کرده است. در مطالعه‌ای که توسط سینگ و همکاران [26] در مورد اسانس بذر شوید انجام گرفته است، عمده‌ترین ترکیبات اسانس را د- کارون (۵۵/۲٪)، دی‌آپیول (۱۴/۴٪)، لیمونن (۱۶/۶٪)، ترانس- دی‌هیدروکارون

اسانس شوید در نمونه‌های تیمار شده منجر به کند شدن اکسیداسیون نسبت به نمونه شاهد شد و اسانس شوید در جلوگیری از تشکیل هیدروپراکسیدها در فیله قزل آلا پیش پخته در طول ذخیره سازی در حالت انجماد موثر بود. همان طور که در جدول ۳ مشاهده شد، نوساناتی در میزان مالون دی آلدئید تولید شده در نمونه‌ها طی دوره نگهداری ۴ ماهه در فریزر دیده شد. توکور در مطالعه‌ای بیان کرده است که مقدار اولیه شاخص TBARS از ۰/۲۲ میلی گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم در فیله ماهی قزل آلا رنگین کمان به ۵/۷۸ میلی گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم در روش پخت به روش سرخ کردن و کباب پز افزایش پیدا کرده است [38]. با کار و همکاران گزارش نموده‌اند که میزان TBARS اولیه فیله خام ماهی ماکرل از ۰/۵۴ میلی گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم به ۳/۱۳، ۲/۹۸ و ۲/۶۵ میلی گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم به ترتیب بعد از پخت به روش مایکروویو، کباب پز و سرخ کردن افزایش یافته است. فرآیند پختن، ترکیبات آنتی اکسیدانی را دچار تغییر و به ساختار سلول آسیب وارد می‌کند، همچنین غشای لیپیدی را در معرض محیط قرار می‌دهد [36]. گوشت خام دارای اثرات آنتی اکسیدانی است، مگر آنکه حرارت ببیند یا دنا توره شود یا پرواکسیدان به آن اضافه شود. افزایش مقدار TBARS در گوشت پخته می‌تواند به علت افزایش تولید میوگلوبین اکسید شده باشد که آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارد [43]. در این مطالعه، شاخص TBARS تیمارهای حاوی اسانس و BHT به طور معنی داری کمتر از تیمار شاهد بود که با نتایج دیگر محققان مطابقت داشت. افزایش مقدار TBARS تیمارهای طی دوره را می‌توان به اکسیداسیون لیپید و تولید متابولیت‌های فرار در حضور اکسیژن مربوط دانست. بالابودن مقدار TBARS نمونه شاهد نیز بیانگر بالابودن فساد است، همان طور که مقدار پراکسید آن نیز بیشتر بود [44]. با توجه به جدول ۳ میزان TBARS نمونه‌ها در طول دوره نگهداری به تدریج تا پایان ماه دوم افزایش پیدا کرد و سپس از ماه سوم میزان TBARS به تدریج کاهش یافت. افزایش میزان TBARS ممکن است به دلیل افزایش تبدیل هیدروپراکسید به مالون دی آلدئید و کاهش میزان TBARS به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون دی آلدئید و پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه یا گلیکوژن‌ها باشد. یک رابطه معکوس بین مقدار عدد TBARS و PV وجود داشته که به دلیل تولید هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسیداسیون و تبدیل آن به محصولات ثانویه مانند مالون دی آلدئیدها است [45] و نتایج این تحقیق نیز این رابطه معکوس را نشان داد. حد مجاز تیوباربتنیوریک اسید ۵ میلی گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم است [46] که با توجه به نتایج مطالعه حاضر، مقدار TBARS در همه تیمارها پایین تر از حد مجاز تعیین شده توسط محققان بود. پخت باعث افزایش طعم مطلوب و مزه تازه، غیرفعال کردن آنزیم‌ها و از بین بردن میکروارگانیسم‌ها می‌شود، اما تیمار حرارتی می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند اکسیداسیون لیپیدها، دنا توره‌اسیون پروتئین‌ها و تغییرات رنگ در گوشت نیز شود. همچنین ثابت شده است که فیله کردن، خمیر کردن و پختن روی پایداری چربی‌های گوشت و محصولات گوشتی تاثیر می‌گذارد [47].

ذخیره سازی گوشت پخته حاوی اسیدهای چرب غیراشباع منجر به افزایش اکسیداسیون و کاهش کیفیت آن می‌شود. بنابراین صنعت غذا به دنبال راهکاری برای کاهش افت کیفیت این گونه محصولات

(*Scomberomorus guttatus*) شده است که به نظر می‌رسد وجود همزمان دو عامل دما و میزان آب آزاد موجب تسهیل فرآیند لیپولیز می‌شود [36]. وزورت و همکاران گزارش نموده‌اند که میزان FFA در ماهی سی بریم (*sea bream*) پیش پخته به روش کباب کردن و پخت در آن از مقدار اولیه ۱۳٪ اولئیک اسید به ۳۳٪ و ۳۹٪ اولئیک اسید به ترتیب افزایش پیدا کرد [20]. در مطالعه حاضر، میزان FFA در همه گروه‌های پیش پخته طی مدت ذخیره سازی در حالت انجماد افزایش یافت که با تحقیق /وشیما و همکاران همخوانی داشت که گزارش داده‌اند آنزیم‌های لیپولیتیک در دمای ۱۸°C فعال باقی می‌مانند و موجب افزایش اسیدهای چرب آزاد در طول مدت نگهداری منجمد می‌شوند [37]. در پژوهش حاضر، اختلاف معنی دار نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی اسانس را می‌توان به خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس مربوط دانست که فعالیت آنزیم‌های کاتالیزکننده هیدرولیز چربی را محدود می‌کند.

در تحقیق حاضر، مقدار PV در همه نمونه‌ها به ویژه نمونه‌های پخت شده به روش سرخ کردن افزایش پیدا کرد که با نتایج دیگر محققان نیز همسو بود. توکور نیز افزایش شاخص پراکسید در ماهی قزل آلا رنگین کمان پخت شده به روش سرخ کردن، پخت در آن و کباب کردن را گزارش نموده است [38]. همچنین با کار و همکاران گزارش نموده‌اند که مقدار اندیس PV در فیله ماهی ماکرل از مقدار اولیه ۱/۷۸ میلی اکی والان بر کیلوگرم به ۲/۶۵، ۲/۰۸ و ۳/۱۲ میلی اکی والان بر کیلوگرم به ترتیب بعد از پخت به روش سرخ شده، کباب پز و بخار پز افزایش پیدا کرده است [36]. افزایش حرارت همراه با هجوم رادیکال‌های آزاد اکسیژن به پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع می‌تواند منجر به تولید محصولات اولیه اکسیداسیون و افزایش اندیس PV شود [39]. با توجه به نتایج نمودار ۲ افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار PV همه نمونه‌ها به خصوص فیله‌های سرخ شده حاوی اسانس در طول نگهداری دمای ۱۸°C مشاهده شد. اما با این حال، تشکیل هیدروپراکسید در نمونه‌های تیمار شده با اسانس شوید و BHT افزایش کمتری نسبت به نمونه‌های کنترلی داشت. حد مجاز اندیس PV، ۸-۷ میلی اکی والان/کیلوگرم گزارش شده است [40]، ولی مقدار اندیس پراکسید نمونه شاهد پخت شده به روش سرخ کردن ۹/۱۷ میلی اکی والان/کیلوگرم روغن به دست آمد که از حد مجاز عبور نمود و دچار فساد شد. افزایش سریع شاخص پراکسید طی دوره نگهداری در نمونه‌های شاهد و روند کند افزایش این شاخص در نمونه‌های حاوی اسانس می‌تواند به دلیل خواص آنتی اکسیدانی این اسانس بر چربی‌های ماهی در برابر اکسیداسیون باشد که نتایج به دست آمده مطابق با نتایج گزارش شده توسط /وزورت و همکاران روی ماهی گلدبندگوتفیش (*Gold band goatfish*) و ردمولت (*Red mullet*) بود [41]. در مطالعه حاضر تا ماه دوم دوره نگهداری، میزان پراکسید در تیمارهای مختلف روند افزایشی داشت، اما در ماه سوم یک کاهش ناگهانی در هر دو تیمار مشاهده شد که ممکن است به دلیل واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون از جمله واکنش با پروتئین‌های قابل حل در نمک و تولید ترکیبات کربونیلی نظیر استالددید، پروپیونالدئید و استن و اسیدهای چرب فرار نظیر اسید کاپروئیک و اسید پروپیونیک و نیز گازهای فرار باشد. در ماه چهارم، مجدداً افزایش اندکی در عدد پراکسید نمونه‌ها مشاهده شد که می‌تواند به علت تجزیه بیشتر تری گلیسریدهای باقیمانده در بافت، آزاد شدن اسیدهای چرب و اکسیداسیون آنها باشد [42].

منابع

- 1- Vijayan D, Deepamol K, Manjula R, Mohan S, Valsa AK. Antibacterial activity of Piper nigrum, Coriandrum sativum, Trigonella foenum-graecum and Ferula narthex. J Spices Aromat Crops. 2003;12(1):86-8.
- 2- Steffens W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. Aquaculture. 1997;151(1-4):97-119.
- 3- Rezaei M, Hosseini SF. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. J Food Sci. 2008;73(6):H93-6.
- 4- Pacheco-Aguilar R, Lugo-Sánchez ME, Robles-Burgueño MR. Postmortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0°C. J Food Sci. 2000;65(1):40-7.
- 5- Toyomizu M, Hanaoka K, Yamaguchi K. Effect of release of free fatty acids by enzymatic hydrolysis of phospholipids on lipid oxidation of fish muscle during storage at -05°C. Nippon Suisan Gakkaishi. 1981;47(5):605-10.
- 6- Guillén MD, Cabo N. Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats. J Sci Food Agric. 1997;75(1):1-11.
- 7- R Timothy McLay. Canning. In: Aitken A, Torry Research Station. Fish handling & processing. Edinburgh: Ministry of Agriculture, Fisheries & Food, Torry Research Station; 1982. pp. 115-25.
- 8- Kumar P, Wu H, McBride JL, Jung KE, Kim MH, Davidson BL, et al. Transvascular delivery of small interfering RNA to the central nervous system. Nature. 2007;448:39-43.
- 9- Schmid A, Collomb M, Sieber R, Bee G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. Meat Sci. 2006;73(1):29-41.
- 10- Kashiri H, Haghparast S, Shabanpour B. Effects of sodium salt solutions (Sodium acetate, lactate and citrate) on physicochemical and sensory characteristics of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) fillets under refrigerated storage. J Agric Sci Technol. 2011;13(1):89-98.
- 11- Ito N, Fukushima Sh, Haqlwara A, Shibata M, Ogiso T. Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. J Natl Cancer Inst. 1983;70(2):343-52.
- 12- Vinson JA, Proch J, Bose P. Determination of quantity and quality of polyphenol antioxidants in foods and beverages. Method Enzymol. 2001;335:103-14.
- 13- Jana S, Shekhawat GS. Anethum graveolens: An Indian traditional medicinal herb and spice. Pharmacogn Rev. 2010;4(8):179-84.
- 14- Al-Snafi AE. The pharmacological importance of Anethum graveolens-A review. Int J Pharm Pharm Sci. 2014;6(4):11-3.
- 15- Taher M, Ghanadi AR, Karimiyan R. Effects of volatile oil extracts of Anethum graveolens L. and Apium graveolens L. seeds on activity of liver enzymes in rat. J Qazvin Univ Med Sci. 2007;11(2):8-12. [Persian]
- 16- Weber J, Bochi VC, Ribeiro CP, Victório ADM, Emanuelli T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. Food Chem. 2008;106(1):140-6.
- 17- Alfaia CMM, Alves SP, Lopes AF, Fernandes MJE, Costa ASH, Fontes CMGA, et al. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and

هستند[48]. روند تغییر وضعیت ویژگی‌های حسی در تیمارها طی مدت نگهداری، هماهنگ و همسو با تغییرات اکسیداسیون در تیمارهای مورد آزمایش بود. براساس ارزیابی‌های حسی به‌طور کلی یک کاهش از امتیاز کیفیت بالا (۸-۹) به امتیاز کیفیت خوب (۶-۷) در پایان چهار ماه دوره نگهداری به‌صورت انجماد رخ داد، اما این کاهش کیفیت در نمونه‌های شاهد شدیدتر بود. براساس امتیازات داده‌شده توسط پانلیست‌ها در همه روش‌های پخت، نمونه‌های بدون اسانس یا شاهد کمترین امتیاز پذیرش کلی را به خود اختصاص دادند، اما هنوز قابل پذیرش بودند. همچنین نمونه‌های پخت‌شده به روش سرخ‌کردن دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بودند که نتایج به‌دست‌آمده با نتایج محققان دیگر مطابقت داشت. نتایج بررسی/وزورت و همکاران روی تاثیر عصاره رزماری بر خواص اکسیداتیو ماهی پخته‌شده بریم نشان داده است که نمونه‌های پیش‌پخته به روش سرخ‌کردن حاوی عصاره رزماری دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بودند و بهبود امتیازات حسی نمونه‌های تحت تاثیر این اسانس به دلیل اثر آن بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها، کاهش تخریب پروتئین‌ها و همچنین کاهش اکسیداسیون چربی در طول نگهداری به‌صورت انجماد بوده است[20].

از محدودیت‌های پژوهش حاضر، تهیه مواد آزمایشگاهی و گران بودن برخی از مواد آزمایشگاهی بود.

پیشنهاد می‌شود به‌صورت توأم از اسانس‌های مختلف برای بهره‌گیری از تاثیرات سینرژیستی آنها و ایجاد ترکیب طعمی جدید و مطلوب برای مصرف‌کنندگان استفاده شود و غلظت اسانس‌ها در صورت استفاده توأم کاهش یابد. همچنین از درصدهای بالاتر اسانس فوق به‌صورت میکروکپسول به‌منظور افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش تاثیرات ارگانولپتیک استفاده شود.

نتیجه‌گیری

در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، اکسیداسیون لیپیدها با فرآیند حرارتی افزایش می‌یابد، اما اسانس شوید، اکسیداسیون را در طول مدت نگهداری به‌صورت منجمد به تعویق می‌اندازد. در نمونه‌های پخت‌شده با اسانس شوید مقدار اسیدچرب آزاد، اندیس پراکسید و تیوباریتوریک‌اسید کمتری نسبت به نمونه‌های بدون اسانس وجود دارد. در ارزیابی حسی، نمونه‌های سرخ‌شده از مقبولیت بیشتری برخوردار است و افزودن اسانس شوید تاثیر سودمندی روی خواص حسی فیله پخت‌شده قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد.

تشکر و قدردانی: تحقیق حاضر در راستای بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی موسسه غیرانتفاعی آموزش عالی خزر محمودآباد انجام شده است. بدین وسیله، نویسندگان مراتب سپاس خود را از همکاری مسئولان محترم دانشگاه تخصصی فناوری نوین آمل و دانشکده کشاورزی، موسسه غیرانتفاعی آموزش عالی خزر اعلام می‌دارند.

تأییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی وجود نداشته است.

سهم نویسندگان: فیهیمه توریان (نویسنده اول)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۸۰٪)؛ محمد ربیحانی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه (۱۰٪)؛ مریم عزیزخانی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰٪)

منابع مالی: هزینه پایان‌نامه توسط نویسندگان تأمین شده و از

- 33- Medina I, Sacchi R, Aubourg SP. A ^{13}C -NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. *J Sci Food Agric*. 1995;69(4):445-50.
- 34- Losada V, Barros-Velázquez J, Aubourg SP. Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT-Food Sci Technol*. 2007;40(6):991-9.
- 35- Gallardo JM, Aubourg SP, Perez-Martin RI. Lipid classes and their fatty acids at different loci of albacore (*Thunnus alalunga*): Effects of the precooking. *J Agric Food Chem*. 1989;37(4):1060-4.
- 36- Bakar J, Zakipour Rahimabadi E, Che Man YB. Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*). *LWT-Food Sci Technol*. 2008;41(10):2144-50.
- 37- Ohshima H, Healy TW, White LR, O'Brien RW. Sedimentation velocity and potential in a dilute suspension of charged spherical colloidal particles. *J Chem Soc, Faraday Trans 2, Mol Chem Phys*. 1984;80(10):1299-317.
- 38- Tokur B. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Int J Food Sci Technol*. 2007;42(7):874-9.
- 39- Tang X, Cronin DA. The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked turkey breast rolls during storage. *Food Chem*. 2007;100(2):712-8.
- 40- Memon NN, Talpur FN, Sherazi STH, Bhangar MI. Impact of refrigerated storage on quality of oil from freshwater jarko (*Wallago attu*) fish. *Pak J Anal Environ Chem*. 2010;11(2):37-43.
- 41- Özyurt G, Kuley E, Özkütük S, Özogul F. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chem*. 2009;114(2):505-10.
- 42- Vidya Sagar Reddy G, Srikar LN. Effect of preprocess ice storage on the lipid changes of Japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) mince during frozen stage. *Asian Fish Sci*. 1996;9(2):109-14.
- 43- Chaijan M, Benjakul S, Visessanguan W, Faustman C. Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. *Food Chem*. 2006;99(1):83-91.
- 44- Chidanandaiah, Keshri RC, Sanyal MK. Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated ($4\pm 1^\circ\text{C}$) storage. *J Muscle Foods*. 2009;20(3):275-92.
- 45- De Azevedo Gomes H, Da Silva EN, Do Nascimento MRL, Takuji Fukuma H. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chem*. 2003;80(3):433-7.
- 46- Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN, Kontominas MG. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiol*. 2004;21(2):157-65.
- 47- serdaroglu M, Felekoğlu E. Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) mince. *J Food Qual*. 2005;28(2):109-20.
- 48- Ladikos D, Lougovois V. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chem*. 1990;35(4):295-314.
- nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Sci*. 2010;84(4):769-77.
- 18- Juárez M, Failla S, Ficco A, Peña F, Avilés C, Polvillo O. Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food Bioprod Process*. 2010;88(2-3):145-8.
- 19- Türkkan AU, Cakli S, Kilinc B. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food Bioprod Process*. 2008;86(3):163-6.
- 20- Özyurt G, Özkütük AS, Polat A. Capability of the rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the oxidative stability of cooked sea bream (*Sparus aurata*) during frozen storage. *J Consum Prot Food Saf (Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit)*. 2011;6(2):167-74.
- 21- Egan H, Kirk RS, Sawyer R. Pearson's chemical analysis of foods. 8th Edition. London: Churchill Livingstone; 1981.
- 22- Kristensen D, Hansen E, Arndal A, Trinderup RA, Skibsted LH. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *Int Dairy J*. 2001;11(10):837-43.
- 23- Ye H, Zhou C, Sun Y, Zhang X, Liu J, Hu Q, et al. Antioxidant activities in vitro of ethanol extract from brown seaweed *Sargassum pallidum*. *Eur Food Res Technol*. 2009;230:101.
- 24- Koksoy A, Kilic M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocoll*. 2004;18(4):593-600.
- 25- Sefidkon F. Essential oil composition of *Anethum graveolens* L. *Pajouhesh va Sazandegi*. 2001;14(51):73-7. [Persian]
- 26- Singh G, Maurya S, De Lampasona MD, Catalan C. Chemical constituents, antimicrobial investigations, and antioxidative potentials of *Anethum graveolens* L. essential oil and acetone extract: Part 52. *J Food Sci*. 2005;70(4):M208-15.
- 27- Reichert S, Wüst M, Beck T, Mosandl A. Stereoisomeric flavor compounds LXXXI: Dill ether and its cis-Stereoisomers: Synthesis and enantioselective analysis. *J High Resolut Chromatogr*. 1998;21(3):185-8.
- 28- Sánchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F. Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. *Food Res Int*. 1999;32(6):407-12.
- 29- Ayoughi F, Barzegar M, Sahari MA, Naghdi Badi HA. Antioxidant effect of dill (*Anethum graveolens* boiss.) oil in crude soybean oil and comparison with chemical antioxidants. *J Med Plants*. 2009;8(2):71-83. [Persian]
- 30- Kamkar A. The study of antioxidant activity of essential oil and extract of Iranian *Anethum graveolens*. *Horizon Med Sci*. 2009;15(2):11-7. [Persian]
- 31- Küçük M, Kolaylı S, Karaoğlu Ş, Ulusoy E, Baltacı C, Candan F. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chem*. 2007;100(2):526-34.
- 32- Fogerty AC, Whitfield FB, Svoronos D, Ford GL. Changes in the composition of the fatty acids and aldehydes of meat lipids after heating. *Int J Food Sci Technol*. 1990;25(3):304-12.