مقاله تحقیقی
مجله تحقیقات دامپزشکی، ۱۳۹۷، دوره ۷۳، شماره ۴، ۴۴۶-۴۳۵
Original Article
DOI: 10.22059/jvr.2019.227646.2588

بررسی پارامترهای اکسیداسیون چربی فیله‌های پیش پخته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تیمار شده با اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*) در دمای ۱۸- °C

فهیمه توریان[۱] محمد ریحانی[۲] زلیخا شیروانی[۱]
[۱]گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
[۲]دانش آموخته گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، موسسه آموزش عالی خزر، محمود آباد، ایران

(دریافت مقاله: ۲۱ خرداد ماه ۱۳۹۷، پذیرش نهایی: ۱۳ شهریور ماه ۱۳۹۷)

چکیده

زمینه مطالعه: امروزه به منظور افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی پیش پخته، از اسانس‌های گیاهی با خاصیت آنتی اکسیدانی استفاده می‌گردد.

هدف: این مطالعه با هدف مقایسه تأثیر اسانس زیره سبز و سه روش سرخ کردن، پخت در فر و بخارپز بر روی تغییرات اکسیداتیو فیله‌های پیش پخته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای انجماد انجام گرفت. بدین منظور شاخص‌های شیمیایی(۱،۱-Diphenyl-۲-picryl hydrazin (DPPH) برای اسانس زیره سبز و اندیس‌های FFA (Free fatty acid)، PV (Peroxide value)، Thiobarbituric acid reactive substances) TBARS و حسی طی ۴ ماه نگهداری در دمای انجماد ارزیابی شد.

روش کار: نمونه‌های فیله با اسانس زیره سبز و BHT تیمار شدند. روش‌های پخت به صورت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C بمدت ۴ دقیقه در روغن آفتابگردان، پخت در فر در دمای ۲۰۰ °C بمدت ۲۲ دقیقه و روش بخار پز نیز در دمای ۲۰۰ °C بمدت ۲۲ دقیقه به‌کار گرفته شد و تغییرات اکسیداتیو فیله‌ها در طول دوره نگهداری بصورت انجماد، ارزیابی گردید.

نتایج: نتایج نشـان داد که میزان تشـکیل FFA در همه نمونه‌ها روند افزایشـی داشته و بیشترین میزان افزایش در فیله پخت شده در فر ($P<۰/۰۵$) و بالاترین مقدار شاخص PV برای فیله سرخ شده حاوی اسانس زیره سبز، ۰/۲۳ meq/kg ± ۴/۹۲ بدست آمد. بعد از فرآیند پخت اندیس TBARS در نمونه‌های کنترلی تفاوت معنی‌داری با نمونه خام نداشتند ($P>۰/۰۵$) اما نمونه‌های پخت شده حاوی اسانس تغییرات اکسیداتیو کمتری نسبت به نمونه‌های کنترلی داشتند. از لحاظ مقبولیت حسی نمونه‌های سرخ شده مناسب‌تر بودند و همچنین افزودن اسانس زیره سبز تأثیر مفیدی روی خواص حسی فیله پخت شده قزل‌آلای رنگین‌کمان داشت.

نتیجه‌گیری نهایی: تفاوت در روش‌های سرخ کردن، پخت در فر و بخارپز نشان داد که فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تیمار شده با اسانس زیره سبز تحت روش سرخ کردن نسبت به سایر گروه‌های تیمار از نظر تغییرات شیمیایی و ارزیابی حسی مطلوب‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، اکسیداسیون، فیله پیش پخته، اسانس زیره سبز

کپی رایت ©: حق چاپ، نشر و استفاده علمی از این مقاله برای مجله تحقیقات دامپزشکی محفوظ است.

*) نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۱-۴۴۲۷۱۰۵۷ نمابر: ۰۱۱-۴۴۲۷۱۰۵۴ Email: f.tooryan@ausmt.ac.ir

How to Cite This Article
Tooryan, F., Reihani, M., Shiravani, Z. (2019). Study of Lipid Oxidation Parameters on Pre-cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets Treated With Cumin (*Cuminum cyminum*) at Temperatures – 18 °C, Iran. J Vet Res, 73(4), 435-446. doi: 10.22059/jvr.2019.227646.2588

مقدمه

برای تهیه غذا در مقیاس وسیع یا برای مکان‌هایی که امکان طبخ عادی غذا وجود ندارد از شیوه‌های مختلف تهیه غذای آماده نظیر شیوه پخت، انجماد و گرم کردن مجدد ((Cooking– freezing– reheat) CFR) استفاده می‌گردد. شیوه CFR، یک سیستم جایگزین برای آماده‌سازی غذا است که در آن، ابتدا غذا با استفاده از شیوه سرخ کردن سریع (یا سایر روش‌های جایگزین) آماده و منجمد شده و کمی پیش از مصرف مجدد با استفاده از شیوه‌های مختلف (نظیر سرخ کردن نهایی) گرم می‌شود(۴۱).

در خلال عمل آوری و آماده سازی غذاهای پخته شده مخصوصاً فراورده‌های ماهی، واکنش‌ها و تغییرات فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهد که نوع و میزان آن بستگی به شیوه پخت و محتوای چربی فیله خام دارد (۱۵،۱۷). که یکی از این واکنش‌ها اکسیداسیون چربی است، که باعث تغییراتی در کیفیت ماده غذایی می‌گردد. برای مهار این تغییرات از آنتی اکسیدان‌ها استفاده می‌گردد. بیشتر آنتی اکسیدان‌هایی بکار رفته در صنعت سنتزی می‌باشند که برخی از مطالعات اثرات سمی و سرطان‌زایی آن‌ها را نشان داده‌اند.

اسانس‌ها و عصاره‌های حاصل از گیاهان دارویی به‌عنوان ترکیبات نگهدارنده طبیعی جدید با داشتن ترکیبات ضدمیکروبی، ضدسرطانی، آنتی اکسیدانی ، توان بسیار بالایی در جهت حافظت غذاهای خام و فرآوری شده دارند (۴،۱۸). زیره سبز، گیاهی علفی یکساله، ظریف و معطر از خانواده چتریان بوده و با نام علمی *Cuminum cyminum* L معروف می‌باشد، و جز گیاهان دارویی مهم و اقتصادی کشورمان بوده و در مناطق مختلفی از جمله تبریز، یزد، کرمان و برخی نقاط دیگر کشت می‌شود. از زیره سبز در درمان بیماری‌های مختلف استفاده شده و برای بیماران دیابتی نیز مفید است(۱۱). قسمت میوه زیره سبز حاوی ۲- ۵ ٪ اسانس است که قسمت اعظم آن پاراسیمول، آلفا و بتا پینن، کومین آلدهید، آلفا و بتا فلاندرن، میرسن و گاما ترپینن بوده که علاوه بر آرومای خاص دارای خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی نیز می‌باشند (۱۴).

قزل‌آلای رنگین‌کمان(*Oncorhynchus mykiss*) از خانواده آزاد ماهیان و جز ماهیان چرب و پرورشی بسیار با ارزش در بسیاری از نقاط جهان، بویژه ایران محسوب می‌شود(۴۵) که براحتی تحت تأثیر تغییرات اکسیداتیو که متاثر از عوامل بیرونی از قبیل ترکیب اسید چرب، غلظت پرواکسیدان‌ها، آهن فرو (Fe۲+) اندوژن، میوگلوبین، آنزیم‌ها، pH، دما، اکسیژن و نیروی یونی می‌باشد قرار می‌گیرد(۳۶). این تغییرات علاوه بر اثرات نامطلوب در سیستم‌های بیولوژیک، مسئول ایجاد طعم و پایین آمدن کیفیت غذا و فساد مواد غذایی نیز می‌گردد.

لذا با توجه به گسترش عرضه فیله ماهیان در مقیاس صنعتی، فراوانی گیاه درکشور، توجه به سلامت غذا و نیز ارائه راهکارهایی جدید جهت حفظ و نگهداری طولانی تر مواد غذایی و مطالعات محدود در مدل‌های غذایی (۱۲)، مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر استفاده از روش‌های مختلف پخت (سرخ، بخار پز و فر) به همراه اسانس زیره سبز بر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به صورت منجمد ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش کار

تهیه مواد شیمیایی: کلیه مواد شیمیایی مورد نیاز با درجه خلوص بالا از شرکت Merck (آلمان) تهیه شد و رادیکال آزاد DPPH° و بوتیلات هیدروکسی تولوئن ((Butylated Hydroxy Toluene) BHT) از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه شدند.

تهیه و آنالیز اسانس‌ها: اسانس زیره سبز از شرکت باریج اسانس (کاشان، ایران) تهیه شد. شناسایی ترکیبات اسانس توسط دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به طیف سنج جرمی (GC/MS) انجام پذیرفت که مشخصات دستگاه بدین شرح بود: دستگاه GC/MS از نوع Thermo FINNIGAN ۲۰۰۰ Quest Trace GC (انگلستان)، نوع ستون، DB-۵ به طول ۳۰ m و قطر داخلی ۰/۲۵ mm و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ µ بود.

بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس (فعالیت جذب DPPH), توانایی هیدروژن دهندگی اسانس، به‌واسطه بی‌رنگ نمودن محلول متانولی ارغوانی رنگ DPPH اندازه‌گیری شد. در این آزمون، ترکیباتی که قابلیت دهندگی هیدروژن را به رادیکال چربی دوست $DPPH^{\cdot}$ دارند به عنوان آنتی‌اکسیدان مطرح می‌شوند. نمونه‌ها با غلظت‌های مختلف به محلول ۰/۰۰۴ ٪ DPPH در متانول افزوده شد و بعد از ۳۰ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای اتاق جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ nm در برابر بلانک قرائت گردید. درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد از طریق رابطه زیر محاسبه گردید(۱۰).

$$I\% = (A_{blank} - A_{sample} / A_{blank}) \times ۱۰۰$$

که در این رابطه A_{blank}، جذب نوری کنترل منفی (دارای تمام معرف‌ها به جز غلظت مشخص از اسانس مورد نظر) می‌باشد. میزان جذب نوری غلظت‌های مختلف اسانس با A_{sample} بیان شد. سپس غلظتی از اسانس که دارای درصد مهار رادیکالی ۵۰ بود توسط نمودار محاسبه گردید. در این آزمایش از آنتی اکسیدان سنتزی BHT به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد.

آماده سازی نمونه: ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با متوسط وزن g ۱۲۰۰ از بازار محلی شهرستان محمود آباد خریداری و در کمتر از ۲ ساعت در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. ماهی‌ها در آزمایشگاه بلافاصله تخلیه شکمی و سر و دمزنی شدند و به فیله‌های با میانگین وزنی بین g۵۰- ۵۵ تبدیل شدند. سه گروه از نمونه‌ها با اسانس زیره سبز mg/ml ۱۲/۵ و سه گروه دیگر نیز با BHT ، ۲/۵ mg/ml به مدت ۲ دقیقه غوطه

جدول ۱. آنالیز اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*) با دستگاه GC/MS.

ردیف	ترکیب	میزان (٪)	شاخص بازداری (RI)
۱	آلفاتوژن	۰/۳۴	۹۳۱
۲	آلفاپینن	۰/۶۸	۹۳۹
۳	بتاپینن	۷/۷۲	۹۸۰
۴	میرسن	۱/۱۰	۹۹۱
۵	آلفافلاندرن	۰/۷۹	۱۰۰۳
۶	آلفاترپینن	۰/۳۱	۱۰۱۵
۷	پاراسیمن	۸/۵۵	۱۰۲۷
۸	بتافلاندرن	۰/۳۴	۱۰۳۰
۹	۱و ۸- سینئول	۰/۸۴	۱۰۳۱
۱۰	گاما-ترپینن	۱۲/۹۴	۱۰۶۱
۱۱	ترپینن ۴ ال	۰/۴۳	۱۱۷۴
۱۲	سیس دی هیدرو کاروون	۴/۴۵	۱۱۹۵
۱۳	کومین آلدهید	۲۹/۳۹	۱۲۴۷
۱۴	آلفا ترپینن ۷ ال	۲۰/۷۰	۱۲۸۹
۱۵	گاما ترپینن ۷ ال	۸/۹	۱۳۰۴
مجموع		۹۷/۴۸	-

جدول ۲. مقایسه درصد فعالیت مهار کنندگی رادیکال آزاد زیره سبز و BHT. حروف کوچک متفاوت(a,b,c) درهر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P<۰/۰۵$) بین اسانس‌های مختلف است. حروف بزرگ متفاوت (A,B,C...) در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار($P<۰/۰۵$) بین غلظت‌های مختلف هر اسانس است.

غلظت (mg/ml)	زیره سبز	BHT
۰/۵	۳۳/۳۴ ^{Gb}	۵۲/۲ ^{Da}
۱	۴۶/۰۱ ^{Fb}	۶۳/ ۳۱ ^{Ca}
۲/۵	۶۰/۰۲ ^{Eb}	۸۵/۷۲ ^{Ba}
۵	۷۴/۱۲ ^{Db}	۹۴/۰۲ ^{Aa}
۷	۷۹/۸۲ ^{Cb}	۹۴/۹۱ ^{Aa}
۱۰	۸۴/۷۵ ^{Ba}	_____
۱۲/۵	۷۸/۸۰ ^{Aa}	_____
۱۵	۸۶/۹۷ ^{Aa}	_____
۲۰	۸۶/۹۰ ^{Aa}	_____

ور و به روش‌های مختلف طبخ گردید.یک گروه از نمونه‌های 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 گردید. سه گروه بدون اسانس نیز به عنوان کنترل با روش‌های مشابهی تهیه شد. یک گروه از نمونه‌ها، بلافاصله آنالیز شده (عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید)، و به عنوان نمونه تازه- خام به کار رفت. و بقیه نمونه‌ها در فریزر ۱۸ °C- به مدت ۴ ماه نگهداری شده و در پایان هر ماه مورد آنالیز قرار گرفت(۳۲).

استخراج چربی فیله ماهی: ۲/۵ g از نمونه ماهی را به محلول کلروفرم - متانول (۱:۲ حجمی/حجمی، ۵۰ ml) اضافه و مخلوط شد. سپس ml ۱۰ کلریدکلسیم یک میلی مولار اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در g ۱۵۰۰ سانتریفوژ گردید. سپس فاز کلروفرم جدا شده و تا رسیدن به وزن ثابت در تبخیر کننده قرار داده شد روغن استخراج شده برای اندازه گیری PV ، FFA و TBARS مورد استفاده قرار گرفت (۲۴).

سنجش هیدرولیز چربی‌ها (FFA)، مقدار اسیدهای چرب آزاد به روش Egan و همکاران در سال ۱۹۹۷، بر حسب درصد اولئیک اسید اندازه گیری شد (۲۰).

اندازه گیری عدد پراکسید ((Peroxide value) PV)، تعیین اسپکتروفتومتری عدد پراکسید بر اساس روش Ye و همکاران در سال ۲۰۰۹، که بر مبنای اکسیداسیون آهن (II) به آهن (III) توسط هیدروپراکسیدها و تشکیل کمپلکس آهن (III) – تیوسیانات می‌باشد (۴۷).

اندازه گیری عدد تیوباربیتوریک اسید ((Thiobarbituric acid- reactive Substances) TBARS)، به روش Kristensen و همکاران در سال ۱۹۹۹ انجام شد و جذب آن در طول موج ۵۳۲ nm با دستگاه

جدول ۳. تغییرات شاخص تیوباربیتوریک اسید (MA mg/kg) در فیله ماهی پیش پخته قزل آلای تیمار شده با اسانس زیره سبز و BHT طی دوره نگهداری منجمد. حروف کوچک متفاوت(a,b,c) درهر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P<۰/۰۵$) در زمان‌های مختلف است. حروف بزرگ متفاوت (A,B,C,...) در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارها است.

تیمارها	دوره ی نگهداری (ماه)				
	۰	۱	۲	۳	۴
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 BCc
سرخ- زیره سبز	۰/۱۸±۰/۰۱ Ce	۰/۵۲±۰/۰۳ BCc	۰/۶۸±۰/۰۹ BCbc	۰/۸۲±۰/۱۴ BCa	۰/۳۳±۰/۰۸ Dd
سرخ - BHT	۰/۱۸±۰/۰۳ Cc	۰/۲۳±۰/۰۵ Ddc	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- زیره سبز	۰/۱۱±۰/۰۴ Cc	۰/۳۷±۰/۰۳ CDb	۰/۴۲±۰/۰۱ Db	۰/۷۸±۰/۰۶ BCa	۰/۴۴±۰/۰۶ Db
فر - BHT	۰/۱۱±۰/۰۶ 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- زیره سبز	۰/۱۲±۰/۰۳ Ce	۰/۴۰±۰/۰۵ CDb	۰/۴۳±۰/۰۳ Db	۰/۶۱±۰/۲۱ Ca	۰/۴۲±۰/۰۹ Gb
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

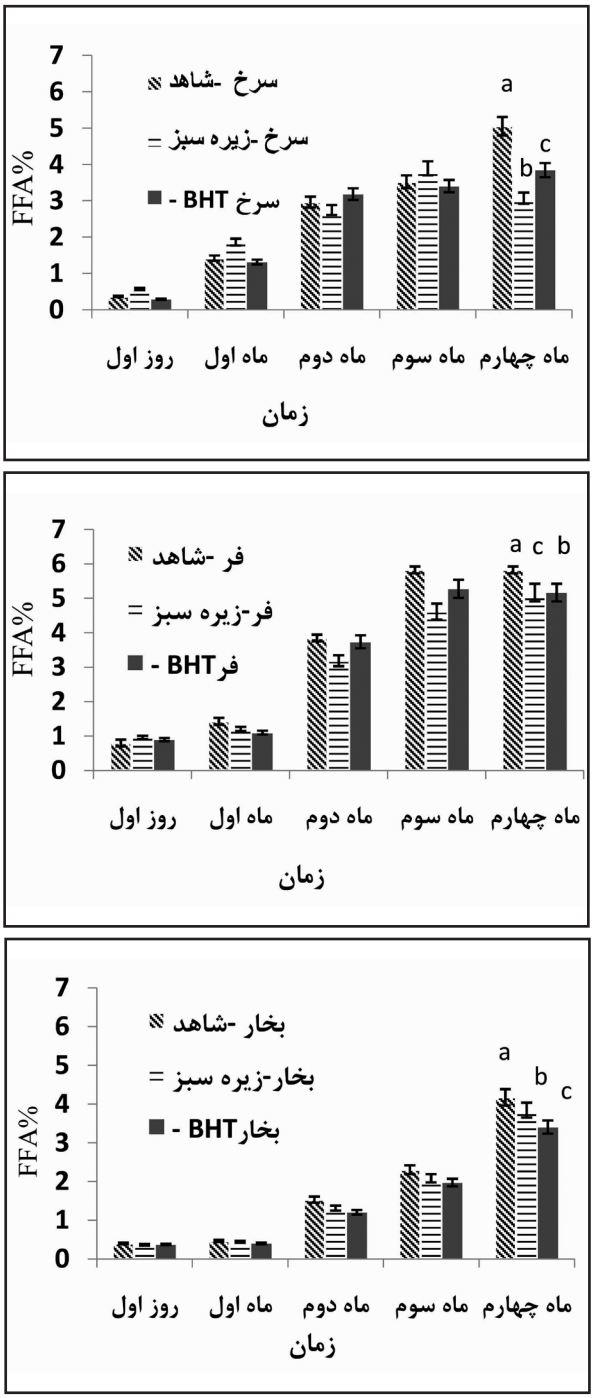
اسپکتروفتومتر قرائت گردید(۲۷).

ارزیابی حسی: ارزیابی نمونه‌ها توسط ۸ فرد آموزش دیده و با معیار ۹ امتیازی (Nine Point Scale) انجام پذیرفت(۲۵). به این صورت که بالاترین میزان پذیرش امتیاز ۹ و کمترین آن امتیاز ۱ دریافت نمودند.

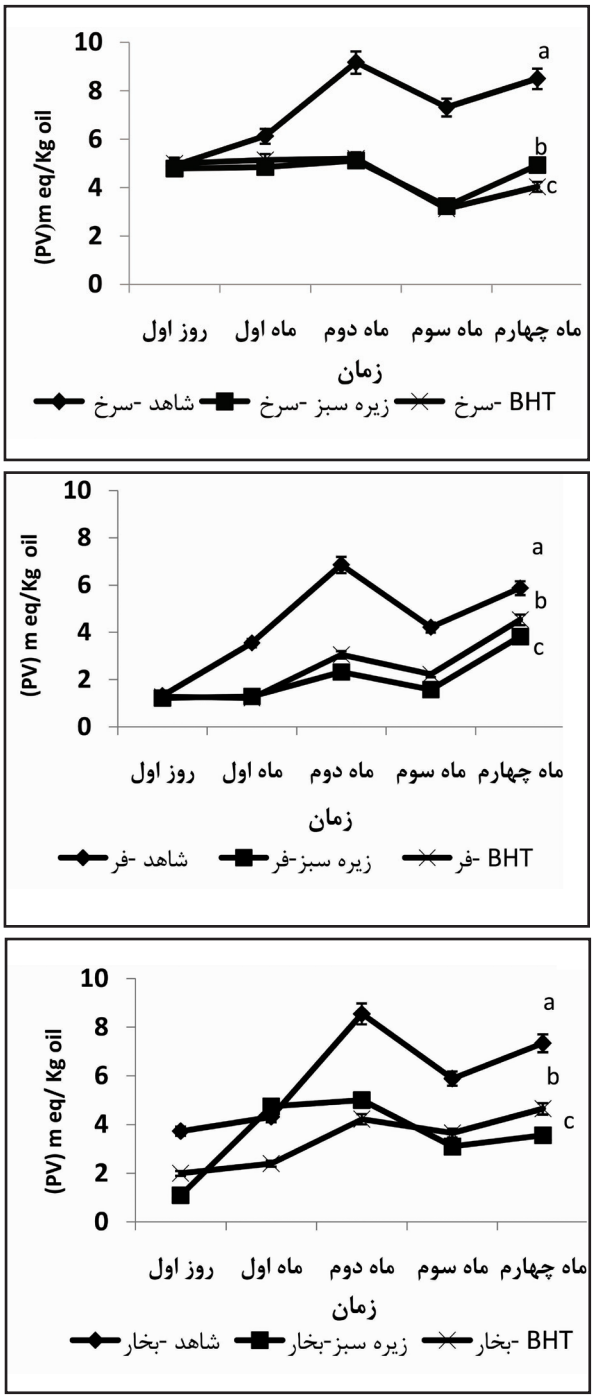
تجزیه و تحلیل آماری: کلیه آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد و داده‌ها به صورت میانگین Mean±SD گزارش گردید و $P<۰/۰۵$ معنی دار در نظر گرفته شد. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس دو طرفه (two-way ANOVA) (طبخ با یا بدون اسانس × مدت زمان نگهداری) جهت آنالیز ویژگی‌های شیمیایی انجام گردید. بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل با استفاده از آزمون توکی (Tukey) انجام گرفت. البته قبل از آزمون آنالیز واریانس، ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov) و همگنی واریانس داده‌ها به وسیله آزمون لون (Levene) تست شد. آزمون کروسکال والیس (Kruskal–Wallis) و مقایسه چندتایی غیرپارامتری جهت تعیین تأثیر مدت زمان نگهداری بر نتایج حسی و همچنین برای تعین تأثیر افزودن اسانس بر وبژگی‌های حسی از آزمون من–ویتنی (Mann–Whitney U) استفاده گردید. از نرم افزار SPSS ۲۰ برای آنالیز آماری و Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز اسانس توسط دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف نگار جرمی (GC/MS)، شامل درصد کمی، نوع ترکیبات، شاخص بازداری آن‌ها در جدول ۱ ارائه شد. در این تحقیق ۱۵ ترکیب در مجموع ۹۷/۴۸ ٪ در اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*) شناسایی گردید. ترکیبات عمده اسانس زیره سبز را ، کومین آلدهید (۲۹/۳۰ ٪)، آلفا ترپینن ۷ ال (۲۰/۷ ٪) و گاما –ترپنین (۱۲/۹۴٪) را تشکیل دادند. جهت ارزیابی خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس زیره سبز در مقایسه با BHT، از قدرت جذب رادیکال آزاد $DPPH^{\cdot}$ استفاده شد. فعالیت گیرندگی رادیکال آزاد اسانس زیره سبز و آنتی اکسیدان سنتزی BHT با افزایش غلظت به ترتیب تا ۱۲/۵ mg/ml و ۲/۵ افزایش یافت و به مقدار ثابتی رسید. با توجه به جدول ۲ آنتی اکسیدان سنتزی BHT بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بعد از آن اسانس زیره سبز به طور معنی‌داری بالاترین درصد فعالیت ربایش رادیکال را از خود نشان داد ($P<۰/۰۵$). همچنین شاخص IC۵۰ برای اسانس زیره سبز در مقایسه با BHT به عنوان کنترل مثبت به ترتیب ۱/۴۲ mg/ml و ۰/۴۸ به دست آمد. در تصویر ۱ میزان اسیدهای چرب آزاد فیله پیش پخته ماهی قزل‌آلای تیمار شده با غلظت‌های اسانس زیره سبز و BHT نگهداری شده در دمای انجماد در طول ۴ ماه نشان داده شد. در روز اول دوره نگهداری، میزان اسید چرب آزاد (FFA) در فیله تازه خام۰/۲۳٪ اسید اولئیک بود و در پایان دوره نگهداری، میزان FFA فیله‌های پیش پخته شده به روش سرخ کردن که حاوی اسانس زیره سبز بودند کمترین مقدار اسید چرب آزاد (۳/۰۸ ٪ اسید اولئیک) و نمونه شاهد پخت شده در فر (۵/۸۳ ٪ اسید اولئیک) بیشترین مقدار اسید چرب آزاد را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که یک رابطه مستقیمی بین پختن و مدت زمان نگهداری با مقدار FFA وجود دارد و سبب افزایش مقدار FFA می‌شود و این افزایش در تیمارهای شاهد نسبت به تیمارهای حاوی اسانس بیشتر بود و همچنین در پایان دوره نگهداری، FFA نمونه‌های پیش پخته به روش فر و بخار پز شده نسبت به نمونه‌های سرخ شده به طور قابل توجهی افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). مراحل اولیه اکسیداسیون چربی با استفاده از اندازه‌گیری شاخص پراکسید(PV) ، میلی اکی والان / کیلوگرم روغن (meq/kg oil) می‌باشد. مطابق تصویر ۲، مقدار اولیه PV فیله خام ۰/۹۸ meq/kg بدست آمد. همچنین مقدار این شاخص در هر سه روش پخت به ویژه نمونه‌های پیش پخته به روش سرخ کردن با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت به طوری‌که عدد پراکسید در پایان دوره نگهداری در همه گروه‌های تیمار شده، به خصوص فیله سرخ شده و تیمارشده با اسانس به meq /kg oil ۵/۰۸ افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). همچنین مقدار اندیس پر اکسید نمونه شاهد پخت شده به روش سرخ کردن ۹/۱۷ meq /kg oil در پایان

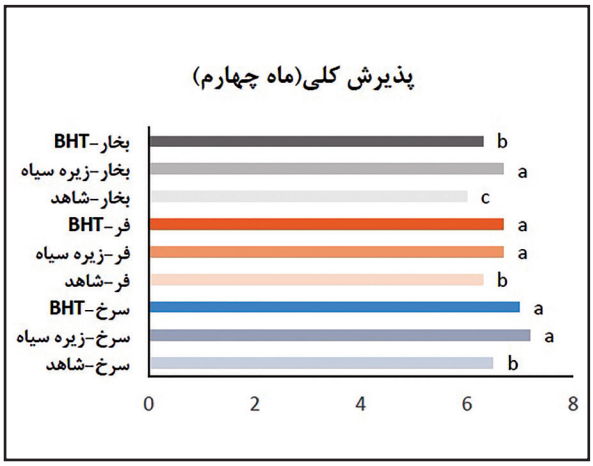


تصویر ۱. تغییرات اسیدهای چرب آزاد (FFA) فیله پیش پخته به روش سرخ کردن، پخت در فر و بخار پز حاوی اسانس زیره سبز و BHT در طی نگهداری به روش انجماد.



تصویر ۲. تغییرات میزان عدد پر اکسید (meq /kg oil) فیله پیش پخته به روش سرخ کردن، پخت در فر و بخار پز حاوی اسانس زیره سبز و BHT.

ماه دوم رسید که خارج از حد مجاز بود. جهت ارزیابی محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی از شاخص TBARS که مربوط به اندازه گیری میزان میلی گرم مالون آلدهید به ازای هر کیلوگرم (mg/kg MD) فیله ماهی است، استفاده گردید. با توجه به جدول ۳، میزان مالون آلدهید تولید شده در نمونه‌های کنترل پیش پخته تفاوت معنی‌داری با فیله تازه خام mg/kg MD ۰/۳۹ نداشت ($P>0/05$)، اما مقدار آن در نمونه‌های حاوی اسانس به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های شاهد و خام بود ($P<0/05$). با توجه به جدول ذکر شده، میزان TBARS در روز اول کمترین و در ماه سوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد، به‌طوریکه این شاخص تا پایان ماه دوم افزایش و از ماه سوم میزان آن به تدریج کاهش یافت. در پایان دوره نگهداری نمونه پیش پخته به روش سرخ کردن حاوی اسانس زیره سبز و BHT، دارای کمترین مقدار شاخص TBARS ، mg mda/kg ۰/۳۳ و



تصویر ۳. تغییرات امتیاز پذیرش کلی فیله پخته شده قزل آلا به روش سرخ کردن، پخت در فر و بخار پز حاوی اسانس زیره سبز و BHT.

نمونه شاهد پیش پخته به روش بخارپز دارای بیشترین مقدار شاخص TBARS، ۰/۸۳ mg mda/kg بودند، به طور کلی در طول دوره نگهداری شاخص TBARS در هر سه روش پخت در تیمارهای حاوی اسانس و BHT به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($P<0/05$).

ارزیابی پذیرش کلی نمونه‌های پخته تیمارشده با اسانس و BHT در طول ۴ ماه نگهداری به صورت انجماد در تصویر ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده یک کاهش پذیرش از کیفیت بالا (۹-۸) به کیفیت خوب (۷-۶) در همه نمونه‌های آزمایشی رخ داده است اما این کاهش پذیرش، در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پیش پخته حاوی اسانس بود ($P<0/05$). به طوری که نمونه‌های پخت شده به روش سرخ کردن دارای بالاترین امتیاز نسبت به سایر نمونه‌های پخت شده بود.

بحث

با توجه به جدول۱، کومین آلدهید (۲۹/۳۰ ٪) و آلفا ترپینن (۲۰/۷ ٪) ترکیبات عمده موجود در اسانس را تشکیل دادند که نتایج حاصل از بررسی ترکیب شیمیایی اسانس زیره سبز در پژوهش حاضر تا حدودی با سایر بررسی‌های صورت گرفته در این راستا همخوانی داشت. Mahmoudi و همکاران در سال۲۰۱۲، ترکیبات اسانس دانه زیره سبز را کومین آلدهید (۲۹/۰۲ ٪)، آلفاتریپنن (۲۰/۰۷ ٪)، گاماتریپنن (۱۲/۹۴٪)، گاماتریپنن ۷ ال (۸/۹ ٪)، پاراسیمن (۸/۵۵ ٪) و بتاپینن (۷/۷۲ ٪) گزارش کردند(۳۲). در اغلب مطالعات ترکیباتی همچون کومین آلدهید، آلفا ترپینن، بتا پینن، گاما ترپینن و سیمن عمده‌ترین اجزاء اسانس زیره سبز بودند(۱،۴) و Reichert و همکاران در سال ۱۹۹۸بیان نمودند ترکیبات اسانس حاصل از قسمت‌های مختلف گیاه می‌تواند تحت شرایط اقلیمی، آب و هوایی و ژنتیکی متفاوت باشد (۳۹).

در سیستم DPPH آنتی اکسیدان‌ها با رادیکال پایدار DPPH واکنش داده و آن‌را کم‌رنگ یا بی‌رنگ می‌نمایند و میزان کاهش رنگ با قدرت آنتی اکسیدانی نمونه رابطه مستقیم دارد و با افزایش غلظت ترکیبات فنلی یا درجه هیدروکسیلاسیون ترکیبات فنلی، فعالیت مهار رادیکالی اسانس افزایش پیدا می‌کند(۴۳). Mahmoudi و همکاران در سال ۲۰۱۲ IC۵۰ اسانس زیره سبز را ۲/۱۳ µg/ml اعلام نمودند که در مقایسه با BHT ضعیف تر بود(۲۹). همچنین در مطالعه Souri و همکاران در سال ۲۰۰۸ نیز مقدار IC۵۰ این گیاه ۵/۷۶ µg/ml بدست آمد(۴۲). که مطالعه ما مشابه نتایج محققین ذکر شده در بالاست و تفاوت‌های اندک دلیلی بر تنوع شرایط محیطی، فصلی و ... می‌باشد. اسانس زیره سبز با داشتن ترکیبات آلدهیدی مانند کومین آلدهید و به عنوان آنتی اکسیدان 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 خود بخودی می‌شود. مطابق نتایج این مطالعه، اسانس زیره سبز بعد از BHT، خاصیت آنتی رادیکالی بیشتری نشان داد و همچنین نتایج سایر مطالعات نشان داد که، گیاهانی که دارای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بیشتری می‌باشند، فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری را نشان می‌دهند(۴۲). در این مطالعه اسانس زیره سبز به علت دارا بودن ترکیبات فنلی و آلدهیدی بالا دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری می‌باشد لذا از این ویژگی جهت افزایش مدت زمان ماندگاری محصولات پیش پخته ماهیان چرب مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده شد.

گلیسریدها، گلیکولیپیدها و فسفولیپیدها توسط آنزیم‌های لیپاز هیدرولیز و به اسیدهای چرب آزاد تبدیل می‌شوند که در ادامه روند اکسیداسیون به آلدهیدها و کتون‌ها تبدیل و طعم و مزه نامطلوب در ماهی به وجود می‌آورند(۲۷). بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان تأثیر آنزیم‌های لیپولیتیک بر چربی ماهی و سایر فرآورده‌های گوشتی می‌باشد (۲،۲۰). اگرچه گزارش‌های موجود FFA را به عنوان عامل مستقیم افت کیفیت بیان نکرده‌اند، اما افزایش مقادیر آن باعث افزایش اکسیداسیون چربی، پیشرفت طعم نامطلوب، ایجاد تغییرات بافتی بر اثر تغییر ساختار پروتئین‌ها و در نهایت کاهش کیفیت محصول می‌شود(۳۴). پخت به شیوه‌های مختلف روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تأثیرگذار می‌باشد و در خلال پخت، چربی‌ها تحت تأثیر اکسیداسیون حرارتی قرار می‌گیرند که سریعتر از اکسیداسیون نمونه خام می‌باشد(۱۲). در هر سه روش پخت مقدار اندیس اسیدهای چرب در نمونه‌های تیمارشده با اسانس زیره سبز و BHT، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد داشت و نمونه‌های پخت شده به روش فر مقدار FFA بیشتری نسبت به نمونه‌های پخت شده به دو روش دیگرداشت. نتایج بدست آمده با نتایج دیگر محققین نیز مطابقت داشت. بسیاری از محققین عامل افزایش اسیدهای چرب آزاد در اثر فرایندهای حرارتی را شکست مولکول‌های با وزن بالا مثل تری گلیسیریدها و فسفو لیپیدها گزارش کردند (۱۶،۲۸،۳۱). در مطالعه حاضر، میزان FFA در همه گروه‌های پیش پخته (فر، بخار، سرخ) طی مدت ذخیره سازی در حالت

انجماد افزایش یافت که با مطالعه Rezaei و همکاران در سال ۲۰۱۱ در بررسی تأثیر پوشش آلژینات سدیم به همراه اسانس آویشن بر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در یخچال مطابقت داشت(۳۷). در سال ۲۰۱۰، de Abreu و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش کردند که افزودن ترکیبات آنتی اکسیدان استخراج شده از پوسته جو در فیلم‌های پلی اتیلنی با دانسیته پایین، تأثیر زیادی در جلوگیری از تشکیل FFA در ماهی سالمون منجمد داشته است(۷). در پژوهش حاضر، اختلاف معنی‌دار نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی اسانس را می‌توان به خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس مربوط دانست که فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده هیدرولیز چربی را محدود می‌کند (۲۶)

اکسیداسیون چربی یک مشکل اصلی در ماهی و سایر فراورده‌های منجمد دریایی است و در فراورده‌های پخت شده با توجه به افزایش سطح در معرض تماس با اکسیژن و اکسیداسیون سریع تر اتفاق می‌افتد(۲۷) در تحقیق حاضر، مقدار PV در همه نمونه‌ها به ویژه نمونه‌های پخت شده به روش سرخ کردن به دلیل بهره گیری از شرایط حرارتی سرخ کردن در روغن درمعرض هوا افزایش پیدا کرده است که با نتایج دیگر محققین نیز همسو می‌باشد. Eder و همکاران در سال ۲۰۰۳ گزارش کردند، محصولات اکسیداسیون لیپیدها، وقتی مواد غذایی در معرض حرارت قرار می‌گیرند بیشتر تولید می‌شوند(۹). با توجه به نتایج تصویر ۲، افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار PV همه نمونه‌ها بخصوص فیله‌های سرخ شده تیمارشده با اسانس در طول نگهداری دمای ۱۸ °C- مشاهده گردید. اما، با این حال، تشکیل هیدروپراکسید در نمونه‌های تیمار شده با اسانس زیره سبز و BHT افزایش کمتری، نسبت به نمونه‌های کنترلی داشت($P<0/05$). حد مجاز اندیس PV، meq /kg ۸-۷ گزارش شده است(۴۴) ولی مقدار اندیس پر اکسید نمونه شاهد پخت شده به روش سرخ کردن ۹/۱۷ meq /kg oil بدست آمد که از حد مجاز عبور نموده و دچار فساد شده بود. Özyurt و همکاران در سال ۲۰۱۰ تأثیر عصاره رزماری را بر خواص اکسیداتیو ماهی sea bream (*Sparus aurata*) پخت شده را مو قع نگهداری در (°C ۱۸-) برای ۴ ماه مورد بررسی قرار دادند. مقدار PV در نمونه‌های پخت شده حاوی عصاره رزماری (پخت در آون، کباب پز و سرخ کردن) به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های کنترلی بود. افزایش سریع شاخص پراکسید طی دوره نگهداری در نمونه‌های شاهد و روند کند افزایش شاخص پراکسید در تیمار حاوی اسانس می‌تواند به دلیل خواص آنتی اکسیدانی این اسانس و محافظت از چربی‌های ماهی در برابر اکسیداسیون باشد(۳۳). در مطالعه حاضر تا ماه دوم دوره نگهداری میزان پراکسید در تیمارهای مختلف روند افزایشی داشت. بعد از این مدت در ماه سوم یک کاهش ناگهانی در هر دو تیمار مشاهده شد که ممکن است به دلیل واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون و تولید کربونیل‌ها و ترکیبات فرار باشد. واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون از جمله واکنش با پروتئین‌های قابل حل در نمک و تولید ترکیبات کربونیلی و اسیدهای چرب فرار و نیز گازهای فرار نیز می‌تواند دلایل چنین کاهشی باشد. در ماه چهارم، مجددا افزایش اندکی در عدد پراکسید نمونه‌ها مشاهده گردید که می‌تواند به علت تجزیه بیشتر تری گلیسریدهای باقیمانده در بافت، آزاد شدن اسیدهای چرب بیشتر و اکسیداسیون آن‌ها باشد(۴۶).

به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون لیپید در ماهی‌ها به طور وسیعی از شاخص TBARS استفاده می‌گردد که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد. و میزان ترکیبات ثانویة اکسیداسیون تا هنگامی که هیدرو پراکسیدها وجود دارند رو به افزایش است. روند افزایشی این شاخص به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در ماهیچه و همچنین تولید آلدهیدها از محصولات ثانویه حاصل از تجزیه هیدروپراکسید می‌باشد(۲۳). با توجه به جدول ۳ نوساناتی در میزان مالون آلدهید تولید شده در نمونه‌ها طی دوره نگهداری ۴ ماهه در فریزر مشاهده شد و در طول دوره نگهداری به تدریج تا پایان ماه دوم افزایش و سپس از ماه سوم میزان TBARS به تدریج کاهش یافت. دلیل افزایش تبدیل هیدروپراکسید به مالون آلدهید و کاهش میزان TBARS به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون آلدئید و پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه یا گلیکوژن‌ها می‌باشد. Zakipour Rahimabadi و Bakar در سال ۲۰۱۱ گزارش دادند که میزان تیوباربیتوریک از ۰/۶ برای نمونه خام به ترتیب به ۱/۵۸ mg/kg، ۱/۰۹، ۱/۸۰ و ۱/۴۰ در نمونه‌های پخته شده با مایکروویو، کباب کردن، بخار پز و سرخ کردن افزایش یافت ($P<0/05$) (۴۸). در این تحقیق شاخص TBARS در تیمارهای حاوی اسانس و BHT به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود. Cadun و همکاران در سال ۲۰۰۸ اندیس TBARS میگو (Parapenaeus longirostris) تیمار شده با عصاره رزماری ۲/۷ برابر کمتر از نمونه‌های شاهد گزارش کردند(۵). Foroughi و همکاران در سال ۲۰۱۳ اثرات نگهدارندگی ترکیب عصاره زرد چوبه و عصاره موسیر برخمیر ماهی کپور نقره‌ای در شرایط انجماد را بررسی نمودند، نتایج نشان داد که، ترکیب عصاره زردچوبه و موسیر اکسیداسیون چربی را به تعویق انداخته است(۱۳). همچنین نمونه شاهد خمیر ماهی ساردین (*Sardina pilchardus*) تیمارشده با عصاره رزماری در پایان دوره نگهداری به صورت انجماد بیشتر دچار فساد شده است(۳۹). افزایش مقدار TBARS تیمارها طی دوره را می‌توان به اکسیداسیون لیپید و تولید متابولیت‌های فرار در حضور اکسیژن مربوط دانست. افزایش مقدار تیوباربیتوریک اسید همانند بالا بودن مقدار پراکسید نمونه شاهد نیز بیانگر فساد است (۲۱) و یک رابطه معکوسی بین مقدار عدد TBARS و PV وجود دارد (۸). حد مجاز تیوباربیتوریک اسید (MD) ۵ mg/kg بیان شده است(۷) که با توجه به نتایج حاصل، مقدار TBARS در همه تیمارها پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط محققین بود.

ذخیره سازی گوشت پخته حاوی اسیدهای چرب سیرنشده بالا، منجر به افزایش اکسیداسیون و کاهش کیفیت آن می‌شود. بنابراین صنعت غذا به

دنبال راهکاری برای کاهش افت کیفیت اینگونه محصولات می‌باشد(۴۰). شاخص‌های ارگانولپتیک به‌عنوان سریع‌ترین و کاراترین شاخص ارزیابی کیفیت محسوب می‌گردند و می‌توان آن را به عنوان مطمئن‌ترین راه ارزیابی کیفیت، بخصوص سنجش تازگی ماهی معرفی نمود(۳۰). بر اساس ارزیابی‌های حسی به طور کلی یک کاهش از امتیاز کیفیت بالا (۹-۸) به امتیاز کیفیت خوب (۷-۶) در پایان ۴ ماه دوره نگهداری به صورت انجماد رخ داده است اما این کاهش کیفیت در نمونه‌های شاهد شدیدتر بود وکمترین امتیاز پذیرش کلی را به خود اختصاص داد اما هنوز قابل پذیرش بودند. نمونه‌های پخت شده حاوی اسانس به روش سرخ کردن دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بودند. بررسی Jafarpour و همکاران در سال ۲۰۱۵ بر روی تأثیر روش‌های پخت بر ویژگی‌های فیزیکی و آنالیز حسی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که تیمارهای سرخ شده از مقبولیت بهتری نسبت به سایر تیمارهای پخت شده به روش بخار پز (اتوکلاو) و مایکروویو داشتند (۱۹). که نتایج بدست آمده با نتایج دیگر ما مطابقت داشت.

نتیجه گیری: نتایج تجزیه و تحلیل شیمیایی و حسی فیله ماهی قزل‌آلای پیش پخته تیمار شده با اسانس زیره سبز در طول دوره نگهداری نشان داد که، اسانس زیره سبز به علت دارا بودن ترکیبات آنتی اکسیدانی سبب کند شدن روند افزایشی شاخص‌های اکسیداتیو و افزایش ماندگاری فیله ماهی پیش پخته در حالت انجماد می‌گردد. در روش‌های بکار گرفته شده فیله‌های سرخ شده نسبت به سایر روش‌های پخت (بخار و فر) بالاترین امتیاز پذیرش کلی را به خود اختصاص داد که می‌توان با بهره گیری از فاکتور مدت زمان نگهداری و حفظ ارزش‌های کیفیتی با مشخص کردن طول مدت زمان مصرف اثر افزایشی فرایند اکسیداسیون را به تعویق انداخت. تیمار شاهد تقریبا در تمام شاخص‌ها از ماه سوم به بعد فراتر از حد مجاز خود بود. تیمارهای پیش پخته حاوی اسانس با وجود داشتن ترکیبات مؤثره نسبت به گروه شاهد، در شاخص‌های آنتی اکسیدانی و حسی اثر قوی‌تری را از خود نشان دادند و روند فساد ماهی را به تعویق انداختند.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر در راستای بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی موسسه غیر انتفاعی آموزش عالی خزر محمود آباد انجام شده است. بدینوسیله نویسندگان مراتب سپاس خود را از همکاری مسئولین محترم دانشگاه تخصصی فناوری نوین آمل و دانشکده کشاورزی، موسسه غیر انتفاعی آموزش عالی خزر اعلام می‌دارند

تعارض در منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارض در منافع گزارش نشده است.

References

1. Allahghadri, T., Rasooli, I., Owlia, P., Nadooshan, M. J., Ghazanfari, T., Taghizadeh, M., Astaneh, S. D. A. (2010). Antimicrobial property, antioxidant capacity, and cytotoxicity of essential oil from cumin produced in Iran. J Food Sci, 75(2), H54-H61.
2. Aubourg, S. P. (1993). Interaction of malondialdehyde with biological molecules—new trends about reactivity and significance. Int J Food Sci Tech, 28(4), 323-335.
3. Bettaieb, I., Bourgou, S., Wannes, W. A., Hamrouni, I., Limam, F., Marzouk, B. (2010). Essential oils, phenolics, and antioxidant activities of different parts of cumin (*Cuminum cyminum* L.). J Agric Food Chem, 58(19), 10410-10418.
4. Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., Anackov, G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. J Agric Food Chem, 54(5), 1822-1828.
5. Cadun, A., Kışla, D., Çaklı, Ş. (2008). Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. Food Chem, 109(1), 81-87.
6. Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiol, 21(2), 157-165.
7. De Abreu, D. P., Losada, P. P., Maroto, J., Cruz, J. M. (2010). Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Food Res Int, 43(5), 1277-1282.
8. de Azevedo Gomes, H., da Silva, E. N., do Nascimento, M. R. L., Fukuma, H. T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. Food Chem, 80(3), 433-437.
9. Eder, K., Keller, U., Hirche, F., Brandsch, C. (2003). Thermally oxidized dietary fats increase

the susceptibility of rat LDL to lipid peroxidation but not their uptake by macrophages. J Nutr, 133(9), 2830-2837.

10. Egan, H., Kirk, R., Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical analysis of food. (No. Ed. 9) Longman Group Ltd.Churchill Livingstone, Edinburgh, UK. p. 609–634.

11. Evans, W. (1996). Trease and Evans' Pharmacognosy, WB Saunders Company Ltd, WB Saunders Co. Ltd, London, UK. p. 24-28.

12. Fogerty, A. C., Whitfield, F. B., Svoronos, D., Ford, G. L. (1990). Changes in the composition of the fatty acids and aldehydes of meat lipids after heating. Int J Food Sci Tech, 25(3), 304-312.

13. Foroughi, F., Hosseini, H., Khaksar, R., Rashedi, H., Kamran, M., Shahraz, F., Ghias-Yeghaneh, A. (2013). The protective effects of combined turmeric (*Curcuma longa*) and shallot (*Allium ascalonicum*) extracts on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) paste stored at-18° C. Iran J Sci Technol, 8(1), 197-207.

14. Gachkar, L., Yadegari, D., Rezaei, M. B., Taghizadeh, M., Astaneh, S. A., Rasooli, I. (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and Rosmarinus officinalis essential oils. Food Chem, 102(3), 898-904.

15. Gall, K. L., Otwell, W. S., Koburgier, J. A., Appledorf, H. (1983). Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. J Food Sci, 48(4), 1068-1074.

16. Gallardo, J. M., Aubourg, S. P., Pérez-Martin, R. I. (1989). Lipid classes and their fatty acids at different loci of albacore (*Thunnus alalunga*), effects of the precooking. J Agric Food Chem, 37(4), 1060-1064.

17. Garcıa-Arias, M. T., Pontes, E. Á., Garcıa-Linares, M. C., Garcıa-Fernandez, M. C., Sanchez-Muniz, F. J. (2003). Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. Food Chem, 83(3), 349-356.

18. Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. Food Chem, 108(3), 986-995.

19. Jafarpour, S. A. (2015). Effects of different cooking methods on physical properties and sensory evaluation of rainbow trout fillets (*Oncorhychus mykiss*). J Fish Sci Tec, 4(1), 19-31.

20. Karpinska-Tymoszczyk, M. (2011). The effect of water-soluble rosemary extract, sodium erythorbate, their mixture and packaging method on the quality of Turkey meatballs. Ital J Food Sci, 23(3), 318.

21. Keshri, R. C., Sanyal, M. K. (2009). Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated (4±1c) storage. J Muscle Foods, 20(3), 275-292.

22. Koksoy, A., Kilic, M. (2004). Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. Food hydrocolloids, 18(4), 593-600.

23. Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. Food Microbiol, 26(5), 475-482.

24. Kristensen, D., Skibsted, L. H. (1999). Comparison of three methods based on electron spin resonance spectrometry for evaluation of oxidative stability of processed cheese. J Agric Food Chem, 47(8), 3099-3104.

25. Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. Food Chem, 100(2), 526-534.

26. Li, Y. Q., Wang, L., Liu, N., Wang, Q., He, Y. J., Meng, F. (2008). Effects of cadmium on enzyme activity and lipid peroxidation in freshwater crab Sinopotamon yangtsekiense. Acta Hydrobiologica Sinica, 32, 373-379 .

27. Lin, C. C., Lin, C. S. (2005). Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. Food control, 16(2), 169-175.

28. 28. Losada, V., Barros-Velázquez, J., Aubourg,

S. P. (2007). Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. Food Sci Technol-LEB, 40(6), 991-999.

29. Mahmoudi, R., Ehsani, A., Zare, P. (2012). Phytochemical, antibacterial and antioxidant properties of *Cuminum cyminum* L. essential oil. Food Res, 22(3), 311-321.
30. Manousaridis, G., Nerantzaki, A., Paleologos, E. K., Tsiotsias, A., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. (2005). Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. Food Microbiol, 22(1), 1-9.
31. Medina, I., Sacchi, R., & Aubourg, S. P. (1995). A 13C-NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. J Sci Food Agric, 69(4), 445-450.
32. Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S., Özogul, F. (2009). Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Food Chem, 114(2), 505-510.
33. Özyurt, G., Özkütük, A. S., Polat, A. (2011). Capability of the rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the oxidative stability of cooked sea bream (*Sparus aurata*) during frozen storage. J Verbrauch Lebensm, 6(2), 167-174.
34. Pezeshk, S., Rezaei, M., Hosseini, H. (2011). Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4±1° C. J Food Sci, 76(6), M387-M391.
35. Reichert, S., Wüst, M., Beck, T., Mosandl, A. (1998). Stereoisomeric flavor compounds LXXXI: Dill ether and its cis-stereoisomers: synthesis and enantioselective analysis. J High Resolut Chromatogr, 21(3), 185-188.
36. Renerre, M., Labas, R. (1987). Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. Meat Sci, 19(2), 151-165.
37. Rezaei, M., Hamzeh, A. (2011). Antioxidant and antibacterial effects of sodium alginate coating enriched with thyme essential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. Iran J Nutr Sci, 6(3), 11-20.
38. Sarikurkcu, C., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Harmandar, M. (2008). Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum* subsp. globosum (lamiaceae) by three different chemical assays. Bioresource Technol, 99(10), 4239-4246.
39. Serdaroglu, M., Felekoglu, E. (2005) Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) mince. J Food Quality, 28(2), 109-120.
40. Skibsted, L. H., Mikkelsen, A., Bertelsen, G. (1998). Lipid-derived off-flavours in meat. In: Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods. Shahidi, F. (ed.). (2nd ed.) Blackie Academic Publisher Ltd, London, UK, p. 217-256.
41. Skjöldebrand, C., Ohlsson, T., O'Sullivan, K., Turner, M. (1984). Reheating of food in catering. Thermal Processing and Quality of Foods, Elsevier Applied Science Publisher Ltd, New York, USA, p. 425- 431.
42. Souri, E., Amin, G., Farsam, H., Barazandeh, T. M. (2008). Screening of antioxidant activity and phenolic content of 24 medicinal plant extracts. DARU, 16, 83- 87.
43. Sülzle, A., Hirche, F., Eder, K. (2004). Thermally oxidized dietary fat upregulates the expression of target genes of PPARα in rat liver. J Nutr, 134(6), 1375-1383.
44. Talpur, F. N., Memon, N. N., Sherazi, S. T. H., Bhanger, M. I. (2010). Impact of refrigerated storage on quality of oil from freshwater jarko (*Wallago attu*) fish. Pakistan J Anal Environ Chem, 11(2), 37-43.
45. Tarmani pak, M., Ehsani, A., Qajarbeygi, P. (2017). Investigating - increase the shelf life of fish with edible alginate sodium-based film containing α-tocopherol. J Food Sci Tech, 13, 2008-8787.
46. Vidya, S., Srikar, L. (1996). Effect of preprocess ice storage on the lipid chenges of japanese hreadfin bream (*Nemipterus japonicus*) mince during frozen. Asian Fisher Sci. 9, 109- 114.
47. Ye, H., Zhou, C., Sun, Y., Zhang, X., Liu, J., Hu, Q., Zeng, X. (2009). Antioxidant activities in vi-

tro of ethanol extract from brown seaweed *Sargassum pallidum*. Eur Food Res Technol, 230(1), 101-109.

48. Zakipour Rahimabadi, E., Bakar, J. (2011). Effects of four cooking methods (microwave, grilling, steaming and Shallow fat frying) on lipid oxidation and fatty acid composition of Scomberomorous Commerson, 8, 53- 61.

Study of Lipid Oxidation Parameters on Pre-cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets Treated With Cumin (*Cuminum cyminum*) at Temperatures – 18 °C

Fahimeh Tooryan[1], Mohammad Reyhani[2], Zoleikha Shiravani[1]

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

[2]*Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Khazar University of Higher Education, Mahmoudabad, Iran*

(Received 11 June 2018, Accepted 4 September 2018)

Abstract:

BACKGROUND: Nowadays essential oils with antioxidant properties are used in order to increase the shelf life of pre-cooked food.

OBJECTIVES: This study was carried out to compare the effect of Cumin and three methods of cooking, frying, oven baking and steaming on oxidative changes of pre-cooked fillet of rainbow trout. Chemical (DPPH(1,1- Diphenyl- 2- picryl hydrazine) for Cumin and FFA (Free Fatty Acid), PV(Peroxide value), TBARS) ، Thiobarbituric acid reactive substances) and sensory indicators, were evaluated during 4 months storage at freezing temperatures.

METHODS: Fillet samples were treated with *Cuminum cyminum* EOs and BHT. The study was based on application of cooking methods, frying at 180° C for 4 min in sunflower oil, baked in the oven at 200 °C for 22 min and steamed at 200 °C for 22 min and oxidative changes were evaluated during the period of storage as frozen fillets.

RESULTS: The FFA formation showed increase in all groups, oven baked rainbow trout fillets gave the highest increase (P<0.05). The highest value of PV was obtained from fried fillets treated with *C. cyminum* EOs (4.92 ± 0.23 meq/kg). The TBARS values were not significantly different with fresh-raw fillet after cooking (P>0.05), but the treated samples with EOs generally showed slower oxidative changes than those of the untreated samples. Based on the sensory evaluation, fillet fried was found as a preferred cooking method and also, the additions of *C. cyminum* EOs have positive effect on sensory quality of baked rainbow trout.

CONCLUSIONS: Differences in cooking methods includin frying, oven baking and steaming showed that rainbow trout fillet treated with *C. cyminum* EOs under the frying method are more desirable in terms of chemical changes and sensory analysis compared with the other treatments.

Keyword:

Rainbow trout, Oxidation, Pre- cooked fillets, Cumin

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Composition of cyminum Cuminum EO, identified by GC/MS.

Table 2. Comparison between radical scavenging activity of DPPH◦ with different concentrations of cyminum Cuminum EO and BHT.

Table 3. Changes in TBARS values (mg MA/kg) of rainbow trout fillets treated with *Cuminum cyminum* and BHT during freezing storage.

Figure 1. Changes in FFA values of rainbow trout fillets treated with *Cuminum cyminum* and BHT cooked by frying, oven, and steam during freezing storage.

Figure 2. Changes in PV values (meq /kg oil) of rainbow trout fillets treated with *Cuminum cyminum* and BHT cooked by frying, oven, and steam.

Figure 3. Changes in Overall acceptability scores of rainbow trout fillets treated with *Cuminum cyminum* and BHT cooked by frying, oven, and steam.

***Corresponding author's email: f.tooryan@ausmt.ac.ir, Tel: 011-44271057, Fax: 011-44271054**