

تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی برگر ماهی با روغن امگا-۳ ماهی ریزپوشانی شده به همراه عصاره‌های دارچین و رزماری بر کیفیت و مدت ماندگاری آن

عیسی بهرامی زاده^۱، کاوه رحمانی فرح^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، فرآوری محصولات شیلاتی، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار، گروه پاتوبیولوژی و کنترل کیفی، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۹)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی غنی‌سازی برگر ماهی با حالت‌های مختلف روغن امگا-۳ و عصاره‌های رزماری و دارچین و بررسی پایداری آنها در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد بود. روغن امگا-۳ ماهی به شکل‌های الف) امولسیون و عصاره گیاهی (به صورت جداگانه به خمیر ماهی اضافه شدند)، ب) پودر ریزپوشینه امگا-۳ و عصاره گیاهی و ج) امولسیون و عصاره گیاهی (به صورت ترکیب شده به خمیر ماهی اضافه شدند) به برگر ماهی کپور نقره‌ای اضافه شدند. تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد شامل پودر ریزپوشینه ماهی، روغن ماهی و روغن گیاهی مقایسه شدند. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی در پایان ماه-های صفر، اول، دوم، سوم و چهارم نگهداری برگرهای ماهی در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد صورت گرفت. در طول دوره نگهداری برگرها، تیمار حاوی امولسیون رزماری با مقدار ۶۹/۸۵ درصد بیشترین مقدار و تیمار ریزپوشانی و عصاره رزماری با ۶۸/۳۸ درصد کمترین مقدار رطوبت را در ماه چهارم از خود نشان داد. غنی‌سازی برگر ماهی با روغن امگا-۳ تأثیری بر میزان چربی برگرها در روز نخست نداشت ($P > 0/05$). برگرهای غنی‌سازی شده در تیمارهای امولسیون رزماری و امولسیون دارچین، اسیدهای چرب آزاد کمتری نسبت به برگرهای حاوی روغن خالص ماهی داشتند. غنی‌سازی برگرها با روغن امگا-۳ تأثیر نامطلوب بر تخریب ترکیبات نیتروژن‌دار و تجمع این ترکیبات در فرآورده نشان نداد ($P > 0/05$). امتیازهای حسی بیانگر کیفیت بافت و بوی برگرهای غنی شده نزدیک به تیمارهای شاهد با روغن گیاهی بود در حالیکه شاخص طعم بیشتر متأثر از فرایند غنی‌سازی بود. بنابر این پژوهش به منظور غنی‌سازی برگر ماهی، استفاده از امولسیون رزماری و دارچین پیشنهاد می‌شود.

کلید واژگان: امولسیون، امگا-۳، غنی‌سازی، برگر ماهی، ریزپوشینه.

* مسئول مکاتبات: k.rahmani@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

دریابی استفاده نمود [۱۱]. عصاره دارچین دارای خواص ضد میکروبی و سرشار از ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدان‌های قوی است که اکسیداسیون چربی را کاهش داده و سبب بهبود خواص حسی در فرآورده می‌شود [۱۲]. عصاره رزماری به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی در صنایع غذایی کاربرد بسیاری دارد و این خاصیت به دلیل وجود ترکیباتی است که زنجیره تولید رادیکال‌های آزاد را با دادن یک اتم هیدروژن می‌شکنند و متعاقب آن اکسیداسیون چربی را به تاخیر می‌اندازند. رزماری همچنین به عنوان یک ادویه پذیرفته شده است [۱۴-۱۳]. جهت تولید فرآورده‌های غنی شده با روغن ماهی در این پژوهش اثرات روغن امگا-۳ ماهی به شکل‌های امولسیون و پودر ریزپوشینه و عصاره‌های گیاهی بر تغییرات شیمیایی و خصوصیات حسی برگر ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) نگهداری شده در دمای منفی ۱۸ درجه سانتیگراد بررسی شد.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- تهیه تیمارهای آزمایشی

جهت انجام این پژوهش، در گام نخست روغن ماهی (*Polaris*, France) با مقدار اسیدهای چرب امگا-۳ به مقدار ۳۹ درصد و عصاره‌ی دارچین و رزماری (شرکت کشت و صنعت و داروسازی گیاه اسانس دکتر سلیمانی) از شرکت‌های معتبر خریداری گردید. صمغ‌های آلزینات و زانتان در مقادیر (۰/۲۵ درصد آلزینات + ۰/۷۵ درصد زانتان) به عنوان ماده دیواره استفاده شدند. برای آماده‌سازی ماده دیواره صمغ‌ها با آب به علاوه مالتودکسترین به مدت ۱ دقیقه توسط دستگاه هموژنایزر همگن شدند. سپس با افزودن روغن ماهی به محلول دیواره، مخلوط در دور بالاتر از ۱۰۰۰۰ rpm توسط دستگاه هموژنایزر به مدت بیش از ۲ دقیقه هموژن گردیدند [۹]. همچنین جهت تولید پودر برای تیمارهای پودر ریزپوشانی، امولسیون‌ها در دستگاه خشک کن انجمادی برای مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. در گام دوم برای تهیه برگرها، ابتدا ماهی کپور نقره‌ای

در سالهای اخیر تولید محصولات غذایی غنی شده با روغن‌های حاوی مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع از منابع مختلفی همچون بذر کانولا [۱] زیتون [۲] روغن ماهی [۴] افزایش یافته است. روغن ماهی غالباً به عنوان منبع اسیدهای چرب امگا-۳ در رژیم غذایی در نظر گرفته می‌شود. اثرات این اسیدهای چرب بر سلامت انسان، پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان، عملکرد صحیح مغز و بافت‌های عصبی به خوبی مشخص شده است [۵-۴]. یکی از راه‌های افزایش مصرف روغن ماهی، غنی‌سازی غذاهای مختلف با آن است. روغن ماهی معمولاً طعم و بوی مطلوبی ندارد و به اکسیداسیون بسیار حساس است [۶]. ریزپوشانی^۱ روغن‌های چند غیر اشباع جهت غنی کردن غذاهای گوناگون یکی از راهکارها برای کاهش واکنش اکسیداسیون و بنابراین بهبود طعم روغن افزوده شده است [۲]. در فناوری ریزپوشانی می‌توان از برخی از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها جهت تشکیل دیواره ریزپوشینه استفاده کرد [۷]. کربوهیدرات‌هایی نظیر زانتان و آلزینات به دلیل تنوع و قیمت ارزان و به علاوه خصوصیتی همچون حالیت مطلوب پتانسیل خوبی جهت استفاده در سیستم‌های ریزپوشانی شده دارند [۸]. در پژوهش پیشین بر تعیین مقادیر بهینه زانتان و آلزینات جهت تهیه ریزپوشینه روغن ماهی مشخص شد که ریزپوشانی روغن ماهی با زانتان ۰/۷۵ درصد + آلزینات ۰/۲۵ درصد کمترین اندازه ریزپوشینه، رطوبت و مقدار روغن سطحی رانشان داد [۹]. یکی دیگر از سیستم‌های محافظتی برای جلوگیری از اکسیداسیون روغن ماهی استفاده از سیستم‌های امولسیونی هست. در این سیستم‌ها از امولسیون روغن ماهی می‌توان جهت غنی‌سازی فرآورده‌های گوشتی استفاده کرد [۱۰]. اکسیداسیون چربی‌ها در محصولات گوشتی از مشکلات اصلی در افزایش زمان ماندگاری گوشت‌های منجمد شده می‌باشند [۱۱]. اکسیداسیون چربی‌ها سبب تخریب عطر و طعم روغن چند غیر اشباع می‌شود [۱]. برای جلوگیری از بروز و کنترل پدیده اکسیداسیون می‌توان از عصاره‌های گیاهی در طی فرآوری و نگهداری فرآورده‌های

1. Encapsulation
2. Lipids

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- رطوبت و چربی

رطوبت و چربی برگره‌های خام از روش AOAC، مورد بررسی قرار گرفت [۱۵].

۲-۲-۲- پراکسید

۲۵۰ میلی لیتر نمونه روغن استخراج شده ماهی بدقت در یک ارلن مایر وزن گردید و حدود ۲۵ میلی لیتر از محلول اسید استیک کلروفرم (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول یدوریتاسیم اشباع، ۳۰ میلی لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی لیتر از محلول نشاسته ۱ درصد به مجموع افزوده شد، مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۱٪ نرمال تیترا گردید و مقدار پراکسید بر حسب میلی اکسی والان گرم در کیلوگرم ماده چرب طبق رابطه زیر محاسبه شد [۱۶].

$$۱۰۰۰ \times \text{نرمالیتة} \times \text{حجم تیوسولفات مصرفی} = \text{میزان پراکسید}$$

وزن نمونه روغن

۲-۲-۳- اسیدهای چرب آزاد^۱

ابتدا ۱۵ گرم برگر ماهی به ۶۰ سی سی متانول و ۶۰ سی سی کلروفرم اضافه شد. بعد از ۲۴ ساعت به آن ۴۸ سی سی آب مقطر اضافه شد و پس از ۱ ساعت روغن مورد نیاز جدا گردید. ۲۵ سی سی الکل اتیلیک خنثی شده به وسیله سود نرمال به نمونه روغن ماهی اضافه گردید. سپس در مرحله بعدی ۲-۳ قطره فنل فتالین و چند قطره NaOH ۰/۱ نرمال، اضافه شد. این محلول به ۲۵ میلی لیتر از محلول بدست آمده اضافه گردید و محلول تا ۷۰ درجه سانتی گراد گرم شد. سپس با NaOH ۰/۱ نرمال تیترا شد. مقدار اسیدهای چرب آزاد بر حسب درصد اسید اولئیک از رابطه زیر بدست آمد [۱۶].

$$\text{اسید اولئیک } ۰/۰۲۸۲ \text{ gr} = \text{NaOH } (۰/۱ \text{ N}) \times ۱ \text{ ml}$$

Hypophthalmichthys molitrix (ماهیان با وزن متوسط ۲۰۰ ± ۱۰۰۰ گرم) مورد استفاده در این تحقیق از شهر ارومیه تهیه گردید و بلافاصله برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه فرآوری آبزیان پژوهشکده آرتما و آبی پروری منتقل گردید. در آزمایشگاه ماهیان سرزنی، تخلیه امعاء و احشاء و پوست کنی و فیله شدند. پس از شستشو، فیله‌ها استخوان‌گیری شدند و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. پس از افزودن ادویه‌جات، امولسیون‌ها و پودر ریزپوشانی شده همراه با مواد پرکننده و اتصال دهنده مخلوط شدند. در این مرحله به تیمارهایی که دارای عصاره‌های گیاهی بودند (پودر ریزپوشینه یا امولسیون) عصاره‌ها اضافه شد. عصاره‌های گیاهی رزماری و دارچین در مقادیر ۰/۵ درصد به برگره‌های ماهی اضافه شدند. پس از قالب زدن برگرها توسط برگر زن دستی، آنها در نایلون‌های زیب کیپ قرار داده شدند و منجمد گردیدند (شکل ۱). تیمارهای حاوی امولسیون امگا-۳ و پودر ریزپوشانی شده با برگره‌های دارای پودر ریزپوشانی شده ساده (بدون عصاره)، روغن ماهی و روغن گیاهی مقایسه شدند. حالت افزودن روغن به برگر ماهی بر سه حالت بود: الف) افزودن و عصاره (دارچین یا رزماری) به طور جداگانه؛ ب) افزودن عصاره به امولسیون و سپس خشک کردن آنها (پودر ریزپوشانی) و ج) افزودن عصاره گیاهی به امولسیون و سپس غنی سازی برگر ماهی (غلظت عصاره‌ها در محصول نهایی برگر ۱ درصد وزنی بود)، بر پایه تیمارهای آزمایشی سطح روغن و رطوبت تیمارها یکسان در نظر گرفته شد. برگره‌های غنی شده با روغن ماهی جهت انجام آزمایشی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی در ماه‌های صفر، یک، دو، سه و چهار مورد آزمایش قرار گرفتند.

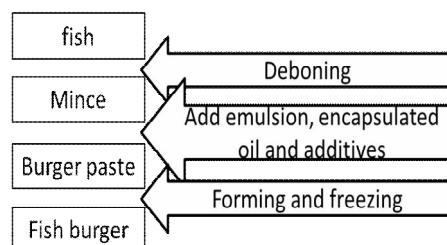


Fig 1 Diagram of fish burger production

1. Free fatty acid (FFA)

$$\frac{28}{100} \times 100 \times \text{حجم سود مصرفی} = \text{اسیدهای چرب آزاد}$$

وزن نمونه $1000 \times$

عدد بدست آمده در رابطه زیر قرار گرفت تا درصد رطوبت تحت فشار بدست آید [۱۵].

$$= \text{درصد رطوبت تحت فشار}$$

$$\frac{100 \times (\text{وزن بعد از سانتریفیوژ} - \text{وزن قبل از سانتریفیوژ})}{\text{وزن قبل از سانتریفیوژ (گرم)}} \times \text{وزن نمونه}$$

۲-۲-۴- میزان جمع شدگی

قطر و ضخامت برگ‌گر ماهی پیش و پس از سرخ شدن اندازه‌گیری شده و طبق رابطه زیر میزان جمع شدگی آنها محاسبه شد [۱۷].

$$= \text{میزان جمع شدگی} \%$$

$$\frac{\text{قطر برگ پخته} - \text{قطر برگ خام} + \text{ضخامت برگ پخته} - \text{ضخامت برگ خام}}{\text{ضخامت برگ خام} + \text{قطر برگ خام}}$$

۲-۲-۵- میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار^۱

میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار نمونه‌ها به روش تقطیر و تیتراسیون کلدال اندازه‌گیری شد [۱۸]. در این روش مقدار ۱۰ گرم نمونه به همراه اکسید منیزیم و آب مقطر در بالن تقطیر کلدال قرار گرفت. بالن تقطیر به دستگاه مربوطه اتصال یافت و قیف انتهایی دستگاه به محلول ۲ درصد اسید بوریک و معرف متیل رد وارد شد. محتویات بالن به مدت ۴۰-۳۰ دقیقه حرارت داده شد و در نهایت با اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال عمل تیتراسیون انجام شد. میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار از رابطه زیر محاسبه شد.

$$14 \times \text{مقدار اسید سولفوریک مصرفی (برای نمونه)} = \text{میزان}$$

$$\text{ترکیبات نیتروژنی فرار (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم نمونه)}$$

۲-۲-۶- رطوبت تحت فشار^۲

ابتدا یک تکه کاغذ صافی به ابعاد ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر تهیه کرده و مقدار ۵ گرم برگ‌ماهی روی کاغذ صافی قرار گرفت. سپس کاغذ تا شده و به داخل لوله فالكون منتقل شد. لوله فالكون‌ها در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در انتها لوله‌های سانتریفیوژ خارج شده و مقدار برگ‌ماهی داخل کاغذ صافی مجدد توزین شد. در نهایت

۲-۲-۷- ارزشیابی حسی

فیش برگ‌های تهیه شده، به طور یکسان سرخ شده و در اختیار گروه ارزیاب قرار گرفتند. ارزشیابی حسی با استفاده از یک گروه پنل آموزش دیده متشکل از ۲۲ نفر انجام گردید. این افراد نظرات خود را پس از ارزیابی بافت، بو و رنگ با معیار ۹ امتیازی (۹ عالی و ۱ بی نهایت بد) ارائه کردند [۱۷]. نقطه بحرانی مقبولیت هر کدام از ویژگی‌ها ۵ در نظر گرفته شد و امتیاز پایین‌تر از ۵ (کیفیت متوسط) به معنای رد خصوصیت حسی مورد نظر بود.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

روش نمونه برداری در کل دوره تحقیق به صورت تصادفی بود. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف استفاده شد. نتایج حاصله با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و یا دوطرفه ANOVA با کمک نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (برای داده‌های کمی) و آزمون توکی (جهت بررسی داده‌های ارزشیابی حسی) در سطح احتمال ۰/۵ درصد صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- رطوبت

نتایج میزان رطوبت برگ‌های ماهی غنی شده با روغن امگا-۳ در جدول ۱ نشان داده شده است. آنالیز دوطرفه واریانس بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار عامل عصاره‌های گیاهی بر شاخص رطوبت در

1. Total volatile base nitrogen (TVB-N)
2. Expressible moisture

تغییرات به لحاظ مقداری خیلی برجسته نبود. بنابراین میزان رطوبت برگ‌های غنی شده با روغن امگا-۳ قابل قبول بود.

۲-۳- چربی

بررسی آنالیز دوطرفه واریانس بیانگر عدم تاثیر معنی‌داری عامل نوع عصاره‌های گیاهی بر شاخص مقدار چربی در کل ماه‌های نگهداری بود ($P > 0.05$) (جدول ۱). اندازه‌گیری چربی کل به عنوان شاخص کیفی فساد ماهیان در مطالعات برخی از محققان دیده شده است [۲۲]. در زمان صفر تولید برگر ماهی تفاوتی میان تیمارهای آزمایشی مختلف از نظر میزان چربی برگ‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$). در ماه یک بررسی اکسایش برگ‌های ماهی تیمار امولسیون و عصاره دارچین با مقدار ۴/۹۷ درصد بیشترین مقدار تیمار برگر ریزپوشانی دارچین با ۳/۸۳ درصد نمونه کمترین مقدار چربی را نشان دادند ($P < 0.05$). کاهش نهایی مقادیر چربی در برخی فرآورده‌های گوشتی می‌تواند به دلیل اکسیداسیون چربی باشد. تیمار شاهد روغن ماهیدر پایان دوره نگهداری کمترین میزان چربی را نشان داد که ممکن است به دلیل اکسیداسیون چربی باشد. روند افزایشی میزان چربی کل در برخی تیمارها همچون تیمار امولسیون و دارچین و یا تیمار پودر ریزپوشانی که روغن به شکل پوشش داده شده داشتند، ممکن است تبدیل دشواری سنجش روغن‌های محافظت شده در روش سوکسله باشد. بدین ترتیب که روغن تیمارهای آزمایشی میان دیواره‌هایی با قابلیت محافظت‌کنندگی بالا قرار گرفته بود. در ماه‌های نخست و در روش سنجش چربی برگ‌ها که فقط از حلال چربی استفاده می‌شد، ممکن است دیواره‌های ریزپوشینه‌ها و امولسیون‌ها در خروج چربی مقاومت کنند ولی با گذشت زمان و تاثیر زمان و دمای انجماد بر دیواره‌های کپسول‌ها احتمالاً روغن بیشتری از آنها آزاد شده و به صورت افزایش چربی برگ‌ها در ماه‌های انتهایی آزمایش خود را نشان داده باشد.

ماه‌های صفر تا سه سنجش کیفیت برگ‌ها بود ($P > 0.05$) درحالی‌که در ماه چهار تاثیر عصاره‌های گیاهی بر مقدار رطوبت معنی‌دار بود ($P < 0.05$). شاخص حالت روغن به استثناء ماه دو تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت برگ‌ها نداشت ($P > 0.05$). همچنین نتایج نشان داد که میزان رطوبت برگ‌های تیمار شاهد پایین‌تر از سایر تیمارها بود و اختلاف آماری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). رطوبت کمتر تیمار شاهد بدلیل عدم استفاده از امولسیون در برگ‌ها بود. با توجه به برخورداری مقداری رطوبت در امولسیون‌ها این اختلاف قابل توجه می‌باشد. در دوره بررسی کیفی برگ‌ها، تیمار حاوی امولسیون رزماری با مقدار ۶۹/۸۵ درصد بیشترین مقدار و تیمار برگر ریزپوشانی+عصاره رزماری با ۶۸/۳۸ درصد کمترین مقدار رطوبت را در ماه چهار از خود نشان داد ($P < 0.05$). همانطور که نتایج نشان داد تیمار حاوی امولسیون رزماری از بیشترین مقدار رطوبت در طی مدت نگهداری برخوردار بود. رطوبت در پایان مدت زمان نگهداری نسبت به شروع دوره افزایش یافت. این افزایش می‌تواند به دلیل داشتن مواد کربوهیدرات همچون صمغ‌ها با خاصیت ویسکوزیته و جذب آب بالا باشد [۱۹]. در تحقیقی بر روی فیش بال‌های ماهی باربوس *Barbus luteus* نگهداری شده به شکل منجمد، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری را در میزان تغییرات رطوبت در طی مدت زمان نگهداری مشاهده نکردند [۲۰]. نتایج پژوهشی بر روی مینس و سوریمی گربه ماهی روگامی در طی سه ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد، نیز نشان داد که علی‌رغم اینکه بین میزان رطوبت مینس و سوریمی اختلاف وجود دارد اما در طی این مدت در میزان رطوبت تغییری دیده نشده است [۲۱]. هر چند در این پژوهش مقدار رطوبت میان تیمارها و در طول دوره نگهداری در فریزر تغییراتی نشان داد اما این

Table 1 Moisture and fat values (%) of omega-3 oil enriched fishbergers during storage at -18 ° C

	Time (month)	0	1	2	3	4
Moisture	Emulsion and cinnamon	68.45±0.13 ^{bcB}	69.24± ^{bcAB} 0.38	69.14± ^{aAB} 0.84	69.51± ^{dB} 0.43	69.56± ^{abcA} 0.41
	Microencapsulation powder + cinnamon	68.41± ^{bcdB} 0.14	69.58± ^{abA} 0.55	68.18± ^{aB} 0.72	68.71± ^{cdAB} 0.47	69.09± ^{bcdAB} 0.35
	Cinnamon emulsion	69.51± ^{aA} 0.22	69.87± ^{abA} 0.41	69.37± ^{aA} 0.45	69.36± ^{abcA} 0.38	69.47± ^{abcA} 0.11
	Emulsion and rosemary in burger	69.31± ^{aA} 0.49	69.78± ^{abA} 0.49	69.01± ^{aA} 1.30	69.15± ^{abcdA} 0.40	69.38± ^{abcA} 0.32
	Microencapsulation Powder + Rosemary	68.42± ^{bcdA} 0.61	69.38± ^{abcA} 0.56	69.39± ^{aA} 1.29	68.93± ^{bcdA} 0.32	68.38±0.61 ^{eA}
	Rosemary emulsion	69.19± ^{abB} 0.11	70.07± ^{aA} 0.10	69.05± ^{aB} 0.42	69.68± ^{abA} 0.18	69.85± ^{aA} 0.23
	Microencapsulation powder	68.84± ^{abcA} 0.33	69.09± ^{abcA} 0.12	69.42± ^{aA} 0.72	69.88± ^{aA} 0.70	69.72± ^{abA} 0.78
	Check with fish oil	68.27± ^{cdA} 0.63	68.40± ^{dA} 0.48	68.67± ^{aA} 0.33	68.65± ^{cdA} 0.47	69.06± ^{cdA} 0.29
	Check with vegetable oil	67.68± ^{cB} 0.64	68.63± ^{cdAB} 0.37	68.76± ^{aA} 0.93	68.86± ^{cdA} 0.24	68.64± ^{deAB} 0.13
	Fat	Emulsion and cinnamon	3.12±1.22 ^{aA}	4.97± ^{aA} 0.28	5.06± ^{aA} 0.38	4.93± ^{aA} 0.59
Microencapsulation powder + cinnamon		3.86± ^{aAB} 0.60	3.83± ^{dAB} 0.10	4.49± ^{abA} 0.39	4.15± ^{abAB} 0.52	3.54± ^{bb} 0.11
Cinnamon emulsion		4.17± ^{aA} 0.33	4.49± ^{bA} 0.20	4.43± ^{abcA} 0.37	4.00± ^{bcdA} 0.46	4.08± ^{abA} 0.49
Emulsion and rosemary in burger		4.01± ^{aBC} 0.21	4.23± ^{bcdAB} 0.50	4.53± ^{abA} 0.32	3.83± ^{bcdBC} 0.17	3.79± ^{bc} 0.24
Microencapsulation Powder + Rosemary		4.35± ^{ab} 0.25	4.29± ^{abB} 0.81	4.74± ^{aA} 0.27	4.32± ^{abB} 0.12	4.28±0.91 ^{abB}
Rosemary emulsion		3.77± ^{aA} 0.88	4.25± ^{bcdA} 0.19	4.61± ^{abA} 0.28	4.17± ^{abA} 0.26	5.88± ^{aA} 3.03
Microencapsulation powder		3.70± ^{aBC} 0.14	4.26± ^{bcdA} 0.24	4.05± ^{bcAB} 0.25	3.52± ^{cdC} 0.13	3.82± ^{bBC} 0.11
Check with fish oil		3.71± ^{aAB} 0.20	4.01± ^{cdA} 0.16	3.82± ^{cAB} 0.17	3.32± ^{dC} 0.37	3.67± ^{abAB} 0.40
Check with vegetable oil		3.54± ^{aA} 1.72	4.39± ^{abA} 0.47	4.06± ^{bcA} 0.51	3.93± ^{dA} 0.27	4.08± ^{abA} 0.49

The numbers represent mean ± SD.

(A-B) Various capital letters in each row indicate a significant difference between various test times in a treatment.

(a-b) Various small letters in each column indicate a significant difference between various treatments at a specific sampling time.

میزان پراکسید را نشان دادند و روند تغییرات پس از آن کاهش بود. کاهش پروکسید در پایان مدت نگهداری به علت تجزیه هیدروپراکسیدها و تشکیل ترکیبات دومین اکسیداسیون چربی است به طوری که با گذشت زمان پراکسید کاهش پیدا می‌کند [۴۲]. در پژوهش حاضر در بیشتر تیمارها تا پایان ماه ۴ روند افزایشی مقدار پراکسید ادامه داشت.

از مهمترین دلایل افزایش پراکسید تغییرات در اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌باشد که از واحدهای اصلی تشکیل دهنده چربی ماهی محسوب می‌شود. حداکثر میزان مجاز پراکسید در محصولات برای مصرف انسانی ۲۰ میلی اکی والان بر کیلوگرم

۳-۳- پراکسید

نتایج فساد اکسیداسیونی نمونه‌های برگ‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. پراکسید از شاخص‌های مهم فساد چربی می‌باشد که افزایش آن در طی مدت زمان نگهداری ماهی یا گوشت چرخ شده آن به شکل منجمد در مطالعات متعددی گزارش شده است و از آن به عنوان اندیکاتور جذب اکسیژن یاد شده است [۴۱]. روند تغییرات میزان پراکسید با گذشت زمان در دوره نگهداری برگ‌های ماهی در این پژوهش روند افزایشی و گهگاه روند افزایشی و سپس کاهش را داشت. به طور مثال تیمار برگ‌های دارای روغن ماهی بدون ریزپوشانی در ماه اول نگهداری بیشترین

والان بر کیلوگرم معنی‌دار بوده است. در نتایج تحقیقات Al-bulushi و همکاران در سال ۲۰۰۵، بررسی فیش برگ‌های ماهی *Argyrosomus heinii* در طی ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد دیده شده است که میزان پراکسید در ابتدای دوره (۲ هفته اول) با تغییرات کمی همراه بوده است و پس از آن افزایش یافته (تا ماه دوم) است و سپس با تغییرات اندکی همراه بوده است [۳۹].

توصیه شده است [۴۳] و اگر میزان پراکسید به بیش از این مقدار برسد، در این صورت روند اکسیداسیون چربی‌ها آغاز شده است [۴۰]. در مطالعه‌ای اثر عصاره رزماری بر روی فیش برگ ماهی ماکرل *Mackerel* توسط Ucak و همکاران در سال ۲۰۱۱ بررسی گردید. آنها گزارش دادند که در طول دوره نگهداری تغییراتی در شاخص پراکسید برای همه گروه‌ها مشاهده گردید و شاخص پراکسید برای گروه تیمار کنترل ۴/۸۷ میلی اکی

Table 2 peroxide values of omega-3 oil enriched fish bergers during storage at -18 ° C

4	3	2	1	0	Time (month) Treatment	peroxide
15.08± ^{bA} 0.83	13.36± ^{abA} 0.49	5.54± ^{cC} 0.18	8.65± 0.35 ^{cB}	3.32±2.10 ^{cB}	Emulsion and cinnamon	
6.77± ^{aB} 0.99	10.38± ^{bcB} 0.52	7.85± ^{aB} 0.14	7.15± 1.25 ^{dC}	5.65±1.74 ^{ac}	Microencapsulation powder + cinnamon	
12.43± ^{cC} 0.60	7.94± ^{eB} 0.49	5.48± ^{cC} 0.25	6.54± 1.23 ^{cdC}	4.34± ^{abc} 0.71	Cinnamon emulsion	
11.22± ^{dB} 0.37	14.57± ^{aA} 0.38	9.58± ^{bcB} 0.12	6.86±0.50 ^{cdC}	4.92± ^{abc} 2.22	Emulsion and rosemary in burger	
14.45±0.43 ^{bA}	8.67± ^{eB} 0.71	6.33± ^{cC} 0.19	6.24±0.96 ^{dC}	4.53± 1.05 ^{abc}	Microencapsulation Powder + Rosemary	
9.48± ^{cC} 0.51	13.98± ^{aA} 1.24	10.13± ^{bBC} 0.86	12.87±2.56 ^{baB}	5.32± ^{aB} 2.11	Rosemary emulsion	
11.29± ^{dA} 0.18	11.58± ^{cAD} 0.60	8.48± ^{cdB} 0.33	11.29±0.74 ^{bA}	3.85± ^{abcA} 1.47	Microencapsulation powder	
12.46± ^{cB} 0.94	9.11± ^{cC} 0.60	12.69± ^{aB} 0.59	15.86±1.37 ^{aA}	4.57± ^{abcA} 1.27	Check with fish oil	
20.85± ^{fA} 0.70	12.57± ^{dA} 0.78	68.76± ^{aA} 0.93	5.81±0.34 ^{cdB}	5.62± ^{aA} 1.19	Check with vegetable oil	

The numbers represent mean ± SD.

(A-B) Various capital letters in each row indicate a significant difference between various test times in a treatment.

(a-b) Various small letters in each column indicate a significant difference between various treatments at a specific sampling time.

گیاهی و حالت روغن اضافه شده به برگ ماهی در ماه صفر و چهار معنی‌دار بود ($P < 0.05$) و در سایر ماه‌های اول، دوم و سوم معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). در ماه چهار تیمار ریزپوشانی با مقدار ۵/۷۲ درصد بیشترین مقدار و تیمار برگر امولسیون و رزماری با ۱/۶۰ درصد کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد را نشان دادند ($P < 0.05$). میزان اسیدهای چرب آزاد در برخی تیمارها در طی نگهداری برگ‌های ماهی طی مدت چهار ماه در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد، روند صعودی را دنبال کرد ($P < 0.05$). اگر چه تغییرات اسیدهای چرب آزاد در طی دوره نگهداری روند افزایشی داشت اما این روند منظم نبود.

۳-۴- اسیدهای چرب آزاد

پس از مرگ ماهیان آنزیم‌های هیدرولیز کننده چربی می‌تواند میزان اسیدهای چرب آزاد را افزایش دهد [۲۴-۲۳]. بنابراین می‌توان اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد را به عنوان یک شاخص خوب برای بیان تاثیر آنزیم‌های لیپولیتیک بر چربی ماهی و سایر فرآورده‌های گوشتی در نظر گرفت [۲۵]. نتایج اسیدهای چرب آزاد در جدول ۲ نشان داده شده است. در زمان صفر تولید برگر ماهی تفاوتی میان مقادیر اسیدهای چرب آزاد تیمارهای آزمایشی مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$). برهمکنش نوع عصاره‌های

تنهایی سبب کاهش ارزش غذایی محصولات نمی‌گردد. ثابت شده است که تجمع اسیدهای چرب آزاد با افزایش اکسیداسیون چربی ارتباط دارد و بر طعم و بو نیز اثر می‌گذارد [۲۹]. در این پژوهش تغییرات اسیدهای چرب آزاد در محدوده قابل پذیرش (۵ درصد) بود، اما تیمارهایی که دارای عصاره‌های گیاهی بودند کیفیت بهتری از نظر اسیدهای چرب آزاد در ماه‌های انتهایی بررسی کیفیت داشتند [۳۰].

۳-۵- جمع‌شدگی

نتایج آنالیز دوطرفه واریانس بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار عامل نوع عصاره‌های گیاهی بر شاخص میزان جمع‌شدگی در ماه‌های نگهداری بود ($P > 0/05$) (جدول ۲). در ماه صفر تولید برگرها، تیمار ریزپوشانی معمولی با مقدار ۳/۶۷ درصد بیشترین مقدار تیمار برگر شاهد حاوی روغن ماهی با ۱/۵۶ درصد کمترین مقدار جمع‌شدگی را نشان دادند ($P < 0/05$). بررسی نتایج جمع‌شدگی برگرهای ماهی غنی شده با روغن ماهی در این پژوهش نشان داد که به جز تیمار شاهد با روغن ماهی، سایر تیمارها تغییر معنی‌داری در میزان جمع‌شدگیبا گذشت زمان نداشتند. به علاوه اختلاف جمع‌شدگی برگرها در زمان‌های ثابت، فقط در زمان صفر معنی‌دار بود و در سایر زمان‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P > 0/05$). کم بودن میزان چروکیدگی و جمع‌شدگی برگر یکی از شاخص‌های مهم کیفی آن می‌باشد چراکه در صورت چروکیدگی زیاد برگر پس از پخت می‌تواند تأثیر منفی به سبب برخورداری از آب بالا بر مصرف‌کننده بنهد [۳۱]. در این پژوهش میزان جمع‌شدگی برگرهای ماهی غنی شده با روغن ماهی در محدود ۵/۵ تا ۱/۵ درصد بود که بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار روغن‌های افزوده شده با حالات مختلف و عصاره‌های گیاهی مختلف بود.

در مطالعه حسن پور و همکاران [۲۶]، به بررسی تأثیر استفاده از عصاره و پودر گیاهی شوید در طی نگهداری فیش برگر از کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) دریخچال، نتایج نشان داد که مقدار اسیدهای چرب آزاد در همه تیمارها در طول زمان افزایش پیدا کرد. در پژوهش حاضر میزان اسیدهای چرب آزاد در برخی دیگر از تیمارها طی زمان روند افزایشی و سپس کاهش را نشان داد. تفاوت اساسی پژوهش حاضر با مطالعه حسن پور و همکاران [۲۶]، بررسی کیفیت فیش برگر در مطالعه ایشان در یخچال و فریزر بود. در مطالعه این محققین با توجه به دمای بالای صفر درجه سانتیگراد فعالیت آنزیم‌ها و باکتری‌ها سبب افزایش رشد باکتری‌ها شد که در این پژوهش با توجه به دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری برگرهای غنی شده، سبب کند شدن و متوقف شدن برخی فعالیت‌ها و در نتیجه کاهش رشد باکتری‌ها در برخی مقاطع زمانی شد [۲۶].

در مطالعه حاضر در چهارمین ماه بررسی کیفیت برگرهای ماهی، تیمار پودر ریزپوشانی شده با مقدار ۵/۷۲ درصد اسید اولئیک بیشترین مقدار و تیمار برگر امولسیون و رزماری با ۱/۶۰ درصد اسید اولئیک کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد را نشان دادند ($P < 0/05$). در پژوهش حاضر به طور کلی تیمارهای دارای عصاره‌های گیاهی مقادیر اسیدهای چرب آزاد کمتری نسبت به تیمارهای فاقد عصاره گیاهی داشتند. این تفاوت می‌تواند به اثر ضد باکتریایی عصاره‌های دارچین و رزماری [۱۰-۱۱] مرتبط باشد. بدین گونه که این عصاره‌ها فعالیت میکروب‌ها و آنزیم‌های میکروبی را که در دمای انجماد دارای فعالیت محدود هستند، کنترل کرده و در نتیجه اسید چرب آزاد کمتری تولید شده است. کنترل هیدرولیز چربی‌ها در اثر حضور عصاره رزماری در تحقیقات مشابهی نیز گزارش شده است [۲۷].

اسیدهای چرب آزاد به عنوان علت فساد شناخته می‌شوند زیرا با پروتئین واکنش می‌دهند و سبب دناتوره شدن پروتئین و تغییرات بافتی می‌گردد [۲۸]. اما تشکیل اسیدهای چرب آزاد خود به

Table 3 Free fatty acids (% Oleic Acid) and Shrinkage (%) of omega-3 oil enriched fish burgers during storage at -18 °C

4	3	2	1	0	Time (month) Treatment	
2.06± ^{fB} 0.18	2.89± ^{bA} 0.51	2.20± ^{bB} 0.26	3.03± ^{deA} 0.65	1.57±0.11 ^{aA}	Emulsion and cinnamon	Free fatty acid
2.69± ^{eB} 0.23	2.95± ^{bB} 0.57	1.90± ^{cC} 0.15	4.28± ^{aA} 0.51	1.45± ^{aA} 0.39	Microencapsulation powder + cinnamon	
1.92± ^{fB} 0.14	1.89± ^{bB} 0.28	1.56± ^{dB} 0.14	2.64± ^{efA} 0.29	1.31± ^{aA} 0.60	Cinnamon emulsion	
1.60± ^{gB} 0.33	1.84± ^{bB} 0.12	1.57± ^{dB} 0.27	3.27± ^{bcA} 0.20	1.61± ^{aA} 0.92	Emulsion and rosemary in burger	
5.60±0.19 ^{aA}	3.09± ^{bC} 0.59	1.50± ^{dD} 0.18	3.72± ^{bb} 0.32	1.57± ^{aA} 0.80	Microencapsulation Powder + Rosemary	
3.12± ^{dA} 0.22	3.13± ^{bA} 0.58	2.75± ^{aA} 0.10	2.57± ^{efA} 0.32	1.49± ^{aA} 0.50	Rosemary emulsion	
5.72± ^{aA} 0.44	5.25± ^{aA} 0.48	2.47± ^{bD} 0.12	3.13± ^{cdB} 0.45	1.52± ^{aA} 0.28	Microencapsulation powder	
3.98± ^{cA} 0.3	5.22± ^{aA} 0.46	2.21± ^{bb} 0.20	2.47± ^{fB} 0.24	1.44± ^{aA} 0.36	Check with fish oil	
4.52± ^{bA} 0.86	5.05± ^{aA} 0.77	2.27± ^{bb} 0.30	2.87± ^{gC} 0.97	1.93± ^{aA} 0.72	Check with vegetable oil	
3.35± ^{aA} 0.93	2.55± ^{aA} 1.47	5.46± ^{aA} 1.25	4.28± ^{aA} 0.54	1.87±0.45 ^{bcA}	Emulsion and cinnamon	Shrinkage
2.65± ^{aA} 0.28	4.02± ^{aA} 1.50	3.33± ^{aA} 0.34	4.03± ^{aA} 0.84	1.99± ^{abcA} 1.11	Microencapsulation powder + cinnamon	
2.46± ^{aA} 0.03	3.82± ^{aA} 0.51	2.56± ^{aA} 0.25	3.94± ^{aA} 1.43	2.88± ^{abcA} 0.71	Cinnamon emulsion	
2.11± ^{aA} 0.35	3.19± ^{aA} 0.02	1.88± ^{aA} 1.17	3.11± ^{aA} 1.29	2.42± ^{abcA} 1.42	Emulsion and rosemary in burger	
3.22±0.23 ^{aA}	2.63± ^{aA} 0.86	2.15± ^{aA} 0.23	2.49± ^{aA} 1.53	3.39± ^{abA} 0.42	Microencapsulation Powder + Rosemary	
2.83± ^{aA} 1.18	2.42± ^{aA} 1.79	4.74±1.33 ^{aA}	3.80± ^{aA} 1.81	3.16± ^{abcA} 0.89	Rosemary emulsion	
4.05± ^{aA} 1.38	3.28± ^{aA} 2.43	4.37± ^{aA} 1.65	3.86± ^{aA} 1.67	3.67± ^{aA} 1.34	Microencapsulation powder	
2.64± ^{ab} 0.71	5.64± ^{aA} 2.06	4.07± ^{aAB} 0.62	3.01± ^{ab} 0.93	1.56± ^{cB} 0.87	Check with fish oil	
3.42± ^{aA} 0.56	3.06± ^{aA} 0.27	2.92± ^{aA} 0.90	3.19± ^{aA} 1.61	2.40± ^{abcA} 0.58	Check with vegetable oil	

The numbers represent mean ± SD.

(A-B) Various capital letters in each row indicate a significant difference between various test times in a treatment.

(a-b) Various small letters in each column indicate a significant difference between various treatments at a specific sampling time.

جدول شماره ۳ نشان داده شده است. روند تغییرات میزان

ترکیبات نیتروژن دار فرار در طول دوره نگهداری از الگوی ثابتی پیروی نکرد. در تحقیق Chinnamma و همکاران [۳۳] بر روی ماهی ماکرل *Rastelliger kanagurta* در طی دوره نگهداری در دمای ۲۰-درجه سانتیگراد، میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار نیز افزایش یافت که بر خلاف نتایج این تحقیق می باشد. افزایش میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار ممکن است به دلیل فرایندهای آنزیمی مختلف نظیر آمین زدایی اسیدهای آمینه آزاد، تجزیه

۳-۶- ترکیبات نیتروژن دار فرار

اگرچه ترکیبات نیتروژن دار فرار، یک شاخص ضعیف برای ارزیابی تازگی می باشد ولی به میزان گسترده برای ارزیابی کیفی استفاده می شود. مقدار ترکیبات نیتروژن دار فرار گوشت ماهی یکسان نبوده و به گونه ماهی و حد پیشرفت تغییرات پس از مرگ بستگی دارد و از آن معمولاً جهت ارزیابی فساد گوشت استفاده می شود [۳۲]. نتایج شاخص ترکیبات نیتروژن دار فرار برگزیده ماهی غنی شده با روغن های امگا-۳ و عصاره های گیاهی مختلف در

رطوبت تحت فشار نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۳). در زمان صفر تولید برگ‌ماهی تفاوتی میان تیمارهای آزمایشی مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$). رطوبت تحت فشار برگ‌ماهی با گذشت زمان نگهداری به صورت منجمد تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقدار این شاخص نشان ندادند. کمترین و بیشترین میزان این شاخص در کل دوره آزمایش به ترتیب ۴/۵۴ و ۴/۸۵ درصد بود. آب آزاد شده و رطوبت تحت فشار از جمله شاخص‌های کیفی و فیزیکی برگ‌ماهی باشند که با ظرفیت نگهداری آب گوشت ارتباط مستقیم دارند.

مقادیر کمتر آب آزاد شده و رطوبت تحت فشار نشان‌دهنده‌ی ظرفیت نگهداری آب بیشتر گوشت ماهی می‌باشد [۲۱]. افزایش رطوبت تحت فشار می‌تواند ناشی از تخریب ریز ساختارهای عضلانی باشد. بر بررسی میزان رطوبت تحت فشار و یا ظرفیت نگهداری آب برگ‌ماهی غنی شده با امولسیون و یا روغن ریزپوشانی شده مطالعات چندانی صورت نگرفته است. پروتئین‌های ساختاری^۱ که مسئول نگهداری آب در بافت می‌باشند، در طی مدت نگهداری فرآورده گوشتی واسرشت شده و با افزایش زمان نگهداری این پروتئین‌ها تغییر ماهیت می‌یابند. پروتئین‌های گوشت در این حالت میل ترکیبی کمتری با آب دارند و این مساله باعث می‌شود فرآورده تولید شده ظرفیت کمتری برای نگهداری آب داشته باشد [۳۶]. در مطالعه حاضر آزمایش بررسی ترکیبات نیتروژنه فرار نشان داد که در طول دوره نگهداری تغییر قابل ملاحظه‌ای در میزان تخریب شیمیایی پروتئین‌ها در برگ‌ماهی مورد مطالعه رخ نمی‌دهد. آزمایش رطوبت تحت فشار همچنین نشان داد که چهار ماه نگهداری برگ‌ماهی و همچنین افزودن روغن امگا-۳ و عصاره‌های گیاهی دارچین و رزماری به حالت‌های مختلف تأثیر قابل توجهی بر کیفیت فیزیکی برگ‌ماهی نمی‌نهد.

نوکلئوتیدها و اکسیداسیون آمینها باشد [۳۲]. به علاوه دمای نگهداری اثر معنی‌داری بر مقدار میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار دارد [۳۳]. در بررسی ترکیبات نیتروژن دار فرار مینس گربه ماهی *Ictalurus punctatus* مشخص شد که در دمای ۵ درجه سانتیگراد مقدار آن به تدریج افزایش پیدا می‌کند. اما در طی ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد تغییر معنی‌داری در میزان این شاخص دیده نشد. Suvanich و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که این موضوع می‌تواند نشان دهنده اثر دمای نگهداری در تغییر مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار باشد [۲۱]. در تمام زمان ۴ ماه بررسی کیفیت برگ‌ماهی در این تحقیق، تیمار ریزپوشانی رزماری با مقدار ۲۳/۴۶ میلی گرم نیتروژن در صد گرم نمونه در ماه آخر بیشترین مقدار و تیمار برگ‌ماهی امولسیون+رزماری با ۱۱/۶۶ میلی گرم در ماه دوم کمترین مقدار ترکیبات نیتروژن دار فرار را نشان داد.

حد مجاز ترکیبات نیتروژن دار فرار برای فرآورده‌های شیلاتی حدود ۳۵ - ۳۰ میلی گرم نیتروژن در صد گرم گوشت است [۳۲]. بنابراین مقدار ترکیبات نیتروژن دار فرار اندازه‌گیری شده در این تحقیق در طول مدت نگهداری فرآورده در حد قابل قبول بود. همچنین با توجه به نزدیکی میانگین مقادیر این شاخص میان تیمارهای حاوی عصاره‌های گیاهی مختلف و همچنین میان حالت‌های روغن مختلف می‌توان نتیجه گرفت که عوامل مورد بررسی در این پژوهش بر میزان ترکیبات نیتروژن دار فرار تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارند و همه تیمارها طی چهار ماه نگهداری از نظر این شاخص مورد تأیید بودند.

۳-۷- رطوبت تحت فشار

عامل نوع عصاره‌های گیاهی و شاخص حالت روغن به استثناء ماه چهار در بقیه زمان‌های مورد سنجش تأثیری بر مقدار شاخص

1. Myofibril

Table 4 TVBN(mg/100g) and Expressible moisture (%) of omega-3 oil enriched fish bergers during storage at -18 °C

4	3	2	1	0	Time (month) Treatment	TVBN (mg/100 g)
17.26± ^{dB} 0.80	13.06± ^{deC} 0.80	16.33± ^{dB} 0.80	21.53± ^{bA} 0.75	20.00± ^{0.91} ^{aA}	Emulsion and cinnamon	
17.73± ^{dC} 0.80	14.40± ^{cd} 0.69	14.46± ^{ed} 0.80	23.26± ^{aA} 0.75	21.53± ^{ab} 0.75	Microencapsulation powder + cinnamon	
18.66± ^{cdAB} 0.80	17.33± ^{bB} 0.75	19.13± ^{cA} 0.80	19.26± ^{cd} 0.94	20.06± ^{bA} 0.80	Cinnamon emulsion	
15.06± ^{bAB} 0.94	20.60± ^{ed} 0.69	20.76± ^{bcB} 0.40	14.53± ^{aA} 0.75	22.13± ^{bB} 0.83	Emulsion and rosemary in burger	
23.46± ^{0.57} ^{aA}	16.13± ^{bC} 0.70	23.26± ^{aA} 0.92	20.46± ^{bcB} 0.75	22.66± ^{aA} 0.46	Microencapsulation Powder + Rosemary	
21.13± ^{bA} 0.61	16.33± ^{bC} 0.80	11.66± ^{fd} 0.80	19.26± ^{cdB} 0.94	17.06± ^{cC} 0.46	Rosemary emulsion	
22.93± ^{aA} 0.75	12.26± ^{eC} 0.94	19.13± ^{cB} 0.80	18.53± ^{dB} 0.94	22.00± ^{aA} 0.69	Microencapsulation powder	
19.26± ^{cAB} 0.94	14.26± ^{cdCD} 0.46	16.46± ^{dB} 0.94	24.66± ^{aA} 0.92	19.13± ^{bB} 0.80	Check with fish oil	
17.26± ^{dB} 0.80	13.06± ^{deC} 0.80	16.33± ^{dB} 0.80	21.53± ^{bA} 0.75	20.00± ^{aA} 0.91	Check with vegetable oil	
5.54± ^{dA} 0.14	4.69± ^{bcA} 0.98	4.63± ^{aA} 0.68	4.60± ^{abA} 0.58	4.60± ^{0.10} ^{aA}	Emulsion and cinnamon	Expressible moisture
4.63± ^{bcdAB} 0.40	4.72± ^{abcA} 0.72	4.64± ^{aAB} 0.20	4.70± ^{aA} 0.91	4.57± ^{ab} 0.55	Microencapsulation powder + cinnamon	
4.69± ^{abcdA} 0.40	4.71± ^{abcA} 0.55	4.70± ^{aA} 0.26	4.65± ^{abA} 0.23	4.68± ^{aA} 0.30	Cinnamon emulsion	
4.79± ^{abA} 0.18	4.65± ^{cAB} 0.46	4.61± ^{abAB} 0.11	4.62± ^{abAB} 0.10	4.52± ^{ab} 0.15	Emulsion and rosemary in burger	
4.54± ^{0.35} ^{dAB}	4.63± ^{cA} 0.63	4.49± ^{bB} 0.76	4.46± ^{bb} 0.41	4.51± ^{aAB} 0.10	Microencapsulation Powder + Rosemary	
4.74± ^{abcA} 0.65	4.72± ^{abcA} 0.11	4.61± ^{abA} 0.92	4.56± ^{abA} 0.11	4.58± ^{aA} 0.92	Rosemary emulsion	
4.59± ^{cdB} 0.94	4.73± ^{abcA} 0.55	4.65± ^{aAB} 0.47	4.59± ^{abB} 0.47	4.58± ^{ab} 0.62	Microencapsulation powder	
4.84± ^{aA} 0.20	4.85± ^{aA} 0.35	4.73± ^{aAB} 0.40	4.69± ^{ab} 0.72	4.68± ^{ab} 0.13	Check with fish oil	
4.85± ^{aA} 0.45	4.82± ^{abA} 0.95	4.70± ^{aA} 0.52	4.74± ^{aA} 0.21	4.60± ^{aA} 0.10	Check with vegetable oil	

The numbers represent mean ± SD.

(A-B) Various capital letters in each row indicate a significant difference between various test times in a treatment.

(a-b) Various small letters in each column indicate a significant difference between various treatments at a specific sampling time.

بیشترین و تیمار امولسیون دارچینی با میانگین امتیاز ۵/۸۰ کمترین امتیاز حسی را کسب کردند و این اختلاف معنی دار بود ($P < 0.05$). امتیازات حسی بافت برگره‌های مورد آزمایش با گذشت زمان کاهش یافتند اما این کاهش نیز معنی دار نبود ($P > 0.05$). نتایج بررسی بافت بیانگر کیفیت مناسب بافت برگره‌های غنی شده و برگره‌های تیمار شاهد طی دوره آزمایش بود. در واقع حالت روغن افزودنی و عصاره گیاهی تاثیر چشمگیری بر کیفیت بافت برگره‌ها نداشت که می‌تواند با سهم بیشتر گوشت و ترکیبات بافت دهنده در فرمولاسیون برگره‌های ماهی نسبت به روغن افزودنی در ارتباط باشد.

۳-۸- ارزشیابی حسی

۳-۸-۱- بافت

نتایج شاخص بافت برگره‌های ماهی غنی شده با روغن امگا-۳ و عصاره‌های گیاهی طی مدت نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد در جدول ۵ آورده شده است. یافته‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر کیفیت بافت برگره‌های ماهی ندارند ($P > 0.05$). آنالیز دوطرفه واریانس نیز بیانگر عدم تاثیر معنی‌دار عوامل مورد بررسی بر بافت برگره‌ها بود ($P > 0.05$). در ماه صفر تیمار شاهد حاوی روغن گیاهی با مقدار ۷/۳۰ امتیاز

Table 5 Sensory index of omega-3 oil-rich burgers and herbal extracts during storage at -18 °C

4	3	2	1	0	Time (month) Treatment	
6.20± ^{aA} 0.83	6.57± ^{aA} 1.22	6.56± ^{aA} 1.34	7.42± ^{aA} 0.97	7.50±1.22 ^{aA}	Emulsion and cinnamon	Texture
6.40± ^{aA} 0.54	6.28± ^{aA} 1.26	6.53± ^{aA} 1.30	6.28± ^{aA} 1.79	7.10± ^{aA} 1.34	Microencapsulation powder + cinnamon	
6.20± ^{aA} 0.83	6.71± ^{aA} 1.32	6.00± ^{aA} 1.88	6.28± ^{aA} 1.11	5.80± ^{aA} 1.64	Cinnamon emulsion	
6.40± ^{aA} 0.89	6.57± ^{aA} 1.39	6.80± ^{aA} 1.32	7.00± ^{aA} 0.81	7.30± ^{aA} 0.97	Emulsion and rosemary in burger	
6.20±0.83 ^{aA}	6.14± ^{aA} 2.03	6.33± ^{aA} 1.23	6.28± ^{aA} 1.25	6.70± ^{aA} 1.64	Microencapsulation Powder + Rosemary	
6.20± ^{aA} 0.83	6.78± ^{aA} 1.31	6.67±1.39 ^{aA}	6.71± ^{aA} 1.11	6.90± ^{aA} 1.02	Rosemary emulsion	
6.40± ^{aA} 0.54	6.85± ^{aA} 1.46	6.80± ^{aA} 1.26	6.42± ^{aA} 1.27	7.30± ^{aA} 0.97	Microencapsulation powder	
6.20± ^{aA} 0.83	6.57± ^{aA} 1.22	6.80± ^{aA} 1.52	6.57± ^{aA} 1.27	7.00± ^{aA} 0.70	Check with fish oil	
6.60± ^{aA} 0.54	6.92± ^{aA} 1.26	7.06± ^{aA} 1.43	6.42± ^{aA} 1.39	7.30± ^{aA} 0.97	Check with vegetable oil	
6.33± ^{aA} 1.58	6.60± ^{aA} 0.54	7.00± ^{aA} 1.52	7.14± ^{aA} 1.16	7.60±1.14 ^{aA}	Emulsion and cinnamon	Odor
6.53± ^{aA} 1.55	6.60± ^{aA} 0.54	5.57± ^{aA} 1.11	6.85± ^{aA} 1.56	6.40± ^{abA} 0.54	Microencapsulation powder + cinnamon	
5.80± ^{aA} 1.52	6.20± ^{aA} 0.83	5.85± ^{aA} 1.34	6.57± ^{aA} 1.34	6.40± ^{abA} 1.14	Cinnamon emulsion	
6.53± ^{aA} 1.35	6.80± ^{aA} 0.83	6.57± ^{aA} 0.97	7.00± ^{aA} 1.41	7.60± ^{aA} 1.14	Emulsion and rosemary in burger	
6.03±1.60 ^{aA}	6.40± ^{aA} 0.54	5.85± ^{aA} 0.89	6.85± ^{aA} 1.35	6.40± ^{abA} 0.54	Microencapsulation Powder + Rosemary	
6.13± ^{aA} 1.18	6.40± ^{aA} 0.89	6.14± ^{aA} 1.06	6.71± ^{aA} 1.32	7.00± ^{abA} 1.22	Rosemary emulsion	
6.10± ^{aA} 1.75	6.40± ^{aA} 0.89	6.28± ^{aA} 1.25	7.28± ^{aA} 1.06	5.80± ^{abA} 1.64	Microencapsulation powder	
6.86± ^{aA} 1.45	6.00± ^{aA} 1.41	6.14± ^{aA} 1.60	7.00± ^{aA} 1.70	4.60± ^{bA} 1.34	Check with fish oil	
6.86± ^{aA} 1.06	6.80± ^{aA} 1.30	6.14± ^{aA} 1.46	7.57± ^{aA} 1.28	7.30± ^{aA} 1.39	Check with vegetable oil	
6.00± ^{aA} 1.65	6.80± ^{aA} 0.84	8.00± ^{aA} 0.58	7.64± 0.93 ^{aA}	7.80±1.79 ^{aA}	Emulsion and cinnamon	Taste
6.33± ^{aA} 1.45	6.80± ^{aA} 0.84	6.43± ^{aA} 1.90	7.43± 1. 16 ^{aA}	7.40±1.52 ^{aA}	Microencapsulation powder + cinnamon	
6.00± ^{aA} 1.65	6.80± ^{aA} 0.84	7.00± ^{aA} 1.15	7.43± 0.94 ^{aA}	7.60± ^{aA} 1.67	Cinnamon emulsion	
6.47± ^{aA} 1.51	6.80± ^{aA} 0.85	7.57± ^{aA} 0.53	7.29± 0.73 ^{aA}	7.60± ^{aA} 1.34	Emulsion and rosemary in burger	
6.13±1.30 ^{aA}	6.80± ^{aA} 0.86	6.57± ^{aA} 1.40	7.21± 1.05 ^{aA}	7.80± 1.30 ^{aA}	Microencapsulation Powder + Rosemary	
6.87± ^{aA} 1.19	7.40± ^{aA} 0.55	7.14± ^{aA} 0.69	7.36± 1.15 ^{aA}	8.20± ^{aA} 1.10	Rosemary emulsion	
6.97± ^{aA} 1.20	7.20± ^{aA} 0.84	7.29± ^{aA} 0.76	7.21± 0.89 ^{aA}	7.80± ^{aA} 0.84	Microencapsulation powder	
7.10± ^{aA} 1.14	7.00± ^{aA} 1.00	7.29± ^{aA} 1.11	7.36±0.84 ^{aA}	8.00± ^{aA} 1.00	Check with fish oil	
7.20± ^{aA} 1.08	7.20± ^{aA} 0.84	6.86± ^{aA} 1.07	7.86± 0.95 ^{aA}	8.20± ^{aA} 0.84	Check with vegetable oil	

The numbers represent mean ± SD.

(A-B) Various capital letters in each row indicate a significant difference between various test times in a treatment.

(a-b) Various small letters in each column indicate a significant difference between various treatments at a specific sampling time.

۳-۸-۲- بو

پژوهشگران افترننگ قهوه‌ای به علت حرارت بیش از حد در طی سرخ کردن در روغن یا وجود مقدار جزئی عضله سیاه در گوشت چرخ کرده ماهی عنوان کردند (Monjurul et al., 2013).

شاخص حسی بوی برگره‌های ماهی غنی شده با روغن امگا-۳ به جز روز نخست آزمایش‌ها در سایر روزهای نمونه برداری فاقد تفاوت معنی‌دار بودند ($P > 0.05$). همچنین با گذشت زمان به لحاظ آماری تغییری در میزان امتیازهای حسی بو مشاهده نشد ($P > 0.05$). در روز نخست تولید برگره‌های غنی شده تیمار شاهد با روغن ماهی با $4/60$ کمترین میزان امتیاز حسی را داشت و تیمار امولسیون و رزماری و امولسیون و دارچین با میانگین $7/60$ بیشترین کیفیت از نظر بو را داشتند. امتیاز بیشتر تیمارهای حاوی دارچین و رزماری می‌تواند به دلیل پوشش مناسب بوی روغن ماهی در امولسیون تشکیل شده باشد. امولسیون با کاهش سطح تماس ذرات روغن با هوا از اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباع جلوگیری می‌کند [۳۷]. همچنین عصاره رزماری و دارچین به لحاظ بوی خاص سبب بیشتر پوشاندن بوی روغن ماهی و حتی بهبود کیفیت حسی آنها از نظر بو شدند. از نکات عجیب این پژوهش بهبود امتیاز حسی بوی برگره‌های تیمار شاهد با روغن ماهی با گذشت زمان بود. از ماه اول نگهداری امتیاز حسی بوی برگره‌ها افزایش یافت. عدم کاهش معنی‌دار امتیاز بو که به طور کلی در اکثر زمان‌های نمونه برداری بالای 6 بود نشان دهنده کیفیت مناسب برگره‌ها در پایان دوره آزمایش از نظر بو بود. از جمله دیگر ویژگی‌های برگره‌های حاوی عصاره گیاهی می‌توان تاثیر آن عصاره‌ها بر کیفیت بو را بررسی کرد. بر اساس مشاهدات افزودن عصاره‌ها تاثیر منفی بر بوی برگره‌ها نداشتند.

۳-۸-۳- رنگ

بر اساس نتایج بررسی حسی رنگ برگره‌ها هیچ‌گونه تفاوت معنی‌دار میان تیمارها و با گذشت زمان مشاهده نشد ($P > 0.05$). هرچند امتیاز رنگ با گذشت زمان کاهش یافت اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). آنالیز دوطرفه واریانس نیز عدم تاثیر معنی‌دار عوامل نوع عصاره و حالت روغن را نشان داد ($P > 0.05$). Monjurul و همکاران در سال ۲۰۱۳، ارزیابی کیفیت فیش برگره‌های تولید شده از کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) را بررسی نمودند. در ارزیابی حسی فیش برگره‌های تولیدی مشخص شد نمونه‌هایی که رنگ قهوه‌ای روشن داشتند از نظر مصرف کننده بهتر بود. این

۴- نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی در این پژوهش تیمارهای با روغن ماهی به شکل امولسیون و یا روغن به شکل پودر ریزپوشینه همراه با عصاره‌های دارچین و رزماری، کیفیت بهتری نسبت به افزودن روغن ماهی بدون آماده‌سازی به برگره ماهی نشان دادند. در بخش ارزشیابی حسی تاثیر واکنش‌های شیمیایی ناشی از تخریب چربی و پروتئین آنقدر قابل توجه نبود که بو و بافت برگره‌ها را متحول کند. البته با توجه به نتایج بخش طعم در بخش پیشین مشخص شد که تاثیر واکنش‌های شیمیایی در هنگام خورده شدن بیشتر بروز پیدا می‌کند. بر اساس این تحقیق روش افزودن امولسیون و عصاره گیاهی به صورت جداگانه روش بهتری نسبت به سایر روش‌های استفاده شده بود. همچنین عصاره رزماری کارآمدی بیشتری جهت کند کردن روند فساد محصول نسبت به عصاره دارچین داشت.

۵- منابع

- [1] Wang, W., Waterhouse, G.I.N., Sun-Waterhouse, D. (2013). Co-extrusion encapsulation of canola oil with alginate: Effect of quercetin addition to oil core and pectin addition to alginate shell on oil stability. *Food Res Int.*, 54, 837-851.
- [2] Calvo, P., Hernández, T., Lozano, M., González-Gómez, D. (2012). Influence of the microencapsulation on the quality parameters and shelf-life of extra-virgin olive oil encapsulated in the presence of BHT and different capsule wall components. *Food Res Int.*, 45, 256-261.
- [3] Josquin, N.M., Linssen, J.P., Houben, J.H. (2012). Quality characteristics of Dutch-style fermented sausages manufactured with partial replacement of pork back-fat with pure, pre-emulsified or encapsulated fish oil. *Meat Sci.*, 90(1), 81-86.

- accelerated storage. Food Chem., 118, 656-662.
- [14] Erkan, N., Ayranci G., Ayranci E. (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) ex tract, blackseed (*Nigella sativa L.*) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. Food Chem., 110, 76-82.
- [15] AOAC, (2005). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, AOAC International.
- [16] Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical analysis of foods. 9th, 609-634.
- [17] A.M.S.A., (1995). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Beef. American Meat Science Assoc., Chicago, U.S.A., 240pp.
- [18] Pearson A., T. S. Wong A. (1971). A direct titrimetric method for the rapid estimation of sulphur dioxide in fresh pork sausage. Food Technol. 6, 179-185.
- [19] Garcia-Ochoa, F., Santos, V. E., Casas, J. A. and Gómez, E. (2000). Xanthan Gum: Production, Recovery, and Properties. Biotechnol. Adv., 18, 549-579.
- [20] Ersoy, B., and Yilmaz, A. B. (2005). Frozen storage of barbus (*Barbus luteus Heckel, 1843*) mince balls. J AdvFood Sci., 27, 172-176.
- [21] Suvanich, V., Jahncke, M. L., and Marshall, D. L. (2000). Changes in Selected Chemical Quality Characteristic of Channel Catfish Frame Mince during Chill and Frozen Storage, J Food Sci., 65(1), 24-29.
- [22] Dragoev, S.G., Kiosev, D.D., Danchev, S.A., Ionchev, N.I. Genv, N.S. (1999). Study on oxidative eprocesses in frozen fish, Bulg J Agric Sci., 4, 55-65.
- [23] Silva, J.L., Harkness, E., White, T.D. (1993). Residual effect of CO₂ on bacterial counts and surface pH of channel cat fish. J Food Prot. 56, 1051-1053.
- [24] Silva, J. L., and Ammerman, G. R. (1993). Composition, lipid change, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage. J Appl Aquacult., 2(2), 39-49.
- [25] Sanker, T.V., Raghunath, M.R. (1995). Effect of pre-freezing iced storage on the lipid fraction of *Ariomma indica* during frozen storage. Fish Technol., 32(2), 88-92.
- [4] Semo, E., Kesselman, E., Danino, D., Livney, Y.D. (2007). Casein micelle as a natural nano-capsular vehicle for nutraceuticals. Food Hydrocolloids, 21, 936-42.
- [5] Zimet, P., Livney, Y.D. (2009). Beta-lactoglobulin and its nanocomplexes with pectin as vehicles for omega 3 polyunsaturated fatty acids. Food Hydrocolloids. 23, 1120-26.
- [6] Pérez-Alonso, F., Arias, C., Aubourg, S.P. (2003). Lipid deterioration during chilled storage of Atlantic pomfret (*Brama brama*). Eur J Lipid Sci Technol., 105, 661-667.
- [7] McNamee, B.F., O'Riodan, E.D. O'Sullivan, M. (1998). Emulsification and microencapsulation properties of gum arabic. Agric Food Chem., 46, 4551-4555.
- [8] Ben Salah. R., Chaari, K., Besbes, S., Ktari, N., Blecker, C., Deroanne, C. (2010). Optimization of xanthan gum production by palm date (*Phoenix dactylifera L.*) juice by-products using response surface methodology. Food Chem., 121(2), 627-33.
- [9] Bahramizadeh, I., Rahmanifarah, K. (2017). Effect of different concentrations of xanthan and alginate on the quality of encapsulated fish oil. Iran J Fish Sci., 26 (4), 139-150.
- [10] Beriain, M. J., Gómez, I. Petri, E. Insausti, K. Sarriés M.V. (2011). The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. Meat Sci., 88, 189-197.
- [11] De Oliveira Monteschio, J., de Souza, K.A., Vital, A.C.P., Guerrero, A., Valero, M.V., Kempinski, E.M.B.C., Barcelos, V.C., Nascimento, K.F., do Prado, I.N. 2017. Clove and rosemary essential oils and encapsuled active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers. Meat Sci., 130, 50-57.
- [12] Singh, G., Maurya, S., DeLampasona, M.P., Catalan, C.A.N. (2007). A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. Food Chem Toxicol., 45, 1650-1661.
- [13] Zhang, Y., Yang. L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F., Liu, F. (2010). Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during

- [34] Jeon, Y. J., Kamil, J. Y. and Shahidi, F. (2002). Chitosan as an Edible Invisible Film for Quality Presevation of Herring and Atlantic Cod. *J Agric Food Chem.*, 50, 5167-5178.
- [35] Kose, S, Erdem ME. (2004). An investigtion of quality changes in anchovy (*Engraulis encraicolus* L, 1758) stored at different temperature. *Turk J Vet Anim Sci.*, 28, 575-582.
- [36] Visessanguan, W., Chutima, T., and Munehiko, T. (2005). Effects of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. *Food Hydrocolloids.*, 19, 197-207.
- [37] Atares, L., Marshall, L.J., Akhtar, M., Murray, B.S. (2012). Structure and oxidative stability of oil in water emulsions as affected by rutin and homogenization procedure. *Food Chem.*, 134, 1418-1424.
- [38] Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G., Ozyurt, C.E. (2006). Chemical and sensory quality changes of fish finger made from mirror carp (*Cyprinus carpio*) during frozen storage (-18 °C). *Food Chemistry*, 99, 335-3413.
- [39] Al-Bulushi, I. M., Kaspas, S., Al-Oufi, H., Al-Mamari, S. (2005). Evaluating the quality and storage stability of fish burgers during frozen storage. *J fisheries sci.*, 71 (3), 648-654.
- [40] Razavi Shirazi, H. 2006. Seafood technology (1). Naghshemehr. press. 325p
- [41] Shenouda, S. 1980. Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. *Adv. Food Res.* 26 275-311.
- [42] Rezaei M., Barzegar, M., 2010. The effect of survival of cinnamon essential oils and wild straw on the growth of *Sprague Flavus* mold in tomato paste, Tarbiat Modarres University, MSc.
- [43] Ucak I., Ozogul. & Durmus M., 2011. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers, *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1157-1163.
- [26] Hassanpour S., Zamini A., and Khanipour A, A. (2015). Qualitative Assessment of Burger fish of (*Hypophthalmichthys molitrix*) by using extract and Powder of Dill Plant during Preservation in Fridge. *J Biol Forum.*, 7(1), 893-900.
- [27] Ozogul, F. Kenar, M., & Kuley, E. (2010). Effects of rosemary and sage tea extracts on the sensory, chemical and microbiological changes of vacuum-packed and refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. *Int J Food Sci Tech.*, 45, 2366-2372.
- [28] Roldan HA, Roura SI, Montecchia CL, Borla OP, Crupkin M. (2005). Lipid changes in frozen stored fillets from pier and post spawned hake (*merluccius hubbsi marini*) *J Food Biochem.*, 29, 187-204.
- [29] Serdaroglu, M., and Felekoglu, E. (2005). Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidatiove stability of sardine (*Sardine pilchardus*) mince. *J Food quality.*, 28, 109-120.
- [30] Kirk, R.S., Sawyer, R., (1991). *Pearson's Chemical Analysis of Foods.* (9th Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK.
- [31] López-Vargas, J.H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J., Á, Viuda-Martos, M. (2014). Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Meat Sci.*, 97, 270-276.
- [32] Ozyurt, G., Polat, A. and Tokur, B. (2007). Chemical and sensory changes in frozen (-18°C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *Int J Food Sci Tech.*, 42, 887-893.
- [33] Chinnamma, G., Muraledharan, V., Peri green, P.A and Gopakumar, K. (1995). Effect of storage temperature on the keeping quality of frozen mackerel (*Rastrelliger kanaguna*). Research contributions presented at the 9th session of the Indo Pacific Fishery Commission working party on fish technology and marketing. Cochin, *FAO Suppl.* 514, 87-98.

The effects of different encapsulated omega-3 oil enrichment methods with Cinnamon and Rosemary extracts on fish burger quality and its shelf life

Bahramizadeh, I¹, RahmaniFarah, K^{2*}

1. Ms.C of Seafood Processing, Department of Pathology and Quality Control, Urmia Lake Research Institute, Urmia University, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Pathology and Quality Control, Urmia Lake Research Institute, Urmia University, Iran.

(Received: 2018/05/22 Accepted:2019/01/19)

The aim of this study was to fish burger enrichment with different omega-3 oil formation accompanied with Rosemary and Cinnamon extracts and evaluation of its stability in -18 °C. Omega-3 fish oil in forms of a) Emulsion and herbal extract (separately added to fish burger paste), b) encapsulated fish oil with herbal extract and c) emulsion and herbal extract (together added to fish burger paste) were added to Silver carp fish burger. Experimental treatments compared with different control treatments consist of encapsulated fish oil, fish oil and vegetable oil. Physico-chemical and sensorial assessments performed at 0, 1, 2, 3, 4 month during fish burger storage at -18 °C. Emulsion and rosemary extracts treatment showed the highest (69.85%) and encapsulated fish oil with rosemary extract depicted the lowest moisture content (68.38%) at fourth month, over burgers storage time. Fish burger enrichment with omega-3 oil had no distinctive effect on fat content at first day ($P < 0.05$). Fortified burger in emulsion and rosemary and cinnamon treatments had lower free fatty acid contents than burgers with pure fish oil. Enrichment of fish burger with omega-3 oil showed no undesirable effects on nitrogenous compounds decomposition and accumulation of TVB-N in products ($P > 0.05$). Panelist scores declared comparable texture and odor quality of fortified burger with control treatment, while flavor index was more impressed as enrichment process. From the results of this study in order to enrichment of fish burger rosemary and cinnamon emulsion is suggested.

Keywords: Emulsion, Omega-3, Enrichment, Fish burger, Microcapsule.

* Corresponding Author E-Mail Address: k.rahmani@urmia.ac.ir