

بهبود ارزش تغذیه‌ای و کیفیت سوسیس کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) غنی‌شده با روغن ماهی

سحر مقصودلو^۱، پرستو پورعاشوری^{۲*}، بهاره شعبان پور^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استاد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دریافت: ۹۵/۰۷/۲۷ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۷

*نویسنده مسئول مقاله: Pourashouri.p@gmail.com

چکیده:

تأثیر افزودن اسید چرب امگا-۳ به سه شکل روغن ماهی، امولسیون روغن در آب و امولسیون ژله‌ای بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی، میکروبی، بافت، رنگ و افت پخت سوسیس ماهی تولیدی از کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بررسی شد. ترکیبات تقریبی تفاوت معناداری در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($p > 0.05$). میزان pH در بین تمام تیمارها از ۶/۵۲-۶/۷۲ متغیر بود و در طی زمان کاهش یافت. غنی‌سازی سوسیس با روغن ماهی سبب افزایش EPA، DHA و کاهش نسبت امگا-۳ به امگا-۶ از ۲۲/۳۰ به ۹/۸۵ گردید ($p < 0.05$). مقدار شاخص تیوباریوتیک اسید در تیمار شاهد و روغن ماهی افزایش بیشتری در طول زمان داشت ($p < 0.05$). افت پخت در تیمار امولسیون ژله‌ای کمتر از سایر تیمارها بود. نتایج بافت‌سنجی نشان داد که سختی سوسیس‌های حاوی امولسیون ژله‌ای به مراتب بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. در ارزیابی حسی، در مجموع سوسیس تهیه شده با امولسیون ژله‌ای امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارها کسب کرد. به طور کلی، تیمار امولسیون ژله‌ای کاراجینان در بین تیمارها روش مناسبی برای غنی‌سازی سوسیس ماهی تعیین گردید.

کلید واژگان: سوسیس ماهی، امولسیون ژله‌ای، روغن ماهی، غنی‌سازی، کاراجینان

مقدمه

یکی از منابع اصلی چربی‌های اشباع هستند. بنابراین تغییر این مقدار چربی و ترکیب اسیدچرب می‌تواند به بهبود ارزش غذایی کمک کند (Fernández-Ginés et al., 2005). ماهی به لحاظ برخورداری از اسیدهای

در سال‌های اخیر، سازمان جهانی بهداشت^۱ مردم را به کاهش مصرف روغن‌های اشباع و افزایش مصرف روغن‌های غیراشباع تشویق می‌کند. محصولات گوشتی

۱. WHO

می‌شود (Theruvathil et al., 2008). سوسیس‌های امولسیونه مصرف‌کنندگان زیادی در کشورهای غربی و آسیایی دارند. مینس و سوریمی ماهی نیز به‌طور متداوله عنوان ماده اولیه برای تولید سوسیس، به‌ویژه در کشورهای آسیایی استفاده می‌شود (Konno, 2005). امروزه طیف وسیعی از محصولات طبیعی و فراوری‌شده، به گروه امولسیون‌ها تعلق دارند و یا در برخی مراحل تولید به شکل امولسیون می‌باشند. سیستم‌های امولسیون به علت ویژگی‌های رئولوژی و فیزیکوشیمیایی خود، در صنایع غذایی اهمیت فراوانی دارند (Karimi et al., 2013). غنی‌سازی مواد غذایی به کمک امولسیون‌ها سبب افزایش و بهبود عملکرد غذاها می‌شود که سلامت مصرف‌کنندگان را به همراه دارد (Salminen et al., 2013). امروزه محققان به دنبال یافتن راه‌های مناسب برای افزودن روغن ماهی به ترکیب مواد غذایی هستند. افزودن موفق این ترکیب به مواد غذایی به دلیل بو و طعم خاص آن، حلالیت، حساسیت نسبت به تجزیه در طی فراوری و نگهداری، با چالش‌های زیادی روبه‌رواست. از سوی دیگر افزودن اسیدهای چرب امگا-۳ به مواد غذایی سبب گسترش غذاهای فراسودمند می‌گردد. برای ایجاد و بهینه‌سازی این مواد، به راهبردهایی برای طراحی و گسترش آنها نیاز است. جایگزینی چربی با امولسیون‌های حاوی این ترکیبات می‌تواند روش و راهبرد خوبی برای دستیابی به ترکیب مناسب‌تر چربی، در محصولات غذایی باشد. بنابراین، در این تحقیق هدف استفاده از امولسیون روغن در آب و امولسیون ژله‌ای حاوی روغن ماهی، به عنوان جایگزین چربی در سوسیس ماهی و تولید محصولی با میزان بالای اسیدهای چرب امگا-۳ می‌باشد.

چرب بلندزنجیره چندغیراشباع و پروتئین زود هضم دارای ارزش غذایی بالایی است (Christos et al., 2005). در سال‌های اخیر، مصرف محصولات و غذاهای دریایی حاوی اسیدچرب امگا-۳ مورد توجه قرار گرفته است (Lee et al., 2007). امروزه گوشت و فراورده‌های ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ غنی‌سازی می‌شوند. جایگزینی چربی گوشت با روغن ماهی که دارای مقادیر بالایی از اسیدهای امگا-۳ است می‌تواند به کیفیت غذایی محصول کمک کند (Marchetti et al., 2011; Intatasirisawat et al., 2014). یکی از راه‌های افزایش مصرف اسیدهای چرب امگا-۳، می‌تواند افزودن روغن ماهی به تنهایی و یا به شکل امولسیون به محصولات غذایی باشد. اضافه کردن روغن ماهیان دریایی به سوسیس تهیه شده از ماهیان آب شیرین، می‌تواند پیشنهاد مناسبی برای بهبود کیفیت چربی و افزایش مصرف اسیدهای چرب بلند زنجیره باشد (Maqsood et al., 2012). تاکنون چندین ماده غذایی مانند شیر، نان و بستنی به طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از روغن ماهی و یا ریزجلبک‌ها غنی‌سازی شده است. یکی از مشکلات به کارگیری روغن ماهی در مواد غذایی، طعم و بوی نامطبوع آن و همچنین حساسیت بالای آنها نسبت به اکسیداسیون است. افزودن روغن ماهی به شکل امولسیون به سوسیس می‌تواند روی پایداری اکسیداسیون محصول اثر داشته باشد (Panpipat and Yongsawatdigul, 2008). سوسیس یکی از معروف‌ترین محصولات با ارزش افزوده است که در آن گوشت طی فرایندهای مختلف به فراورده‌ای با خواص حسی و شرایط نگهداری مطلوب و بهتر تبدیل

مواد و روش‌ها

تولید امولسیون‌ها

برای تولید امولسیون‌های پایدار قابل استفاده در تولید سوسیس، از غلظت‌های مختلف کاراگینان، ایزوله سویا و روغن ماهی پیش‌تیمارهایی تولید گردید. درصدهای مناسب هر یک از این مواد در تولید امولسیون پایدار در فرمولاسیون نهایی استفاده شدند. امولسیون روغن در آب (۲۰ درصد روغن ماهی) در طی دو مرحله تهیه شد. در ابتدا روغن ماهی به صورت تدریجی به محلول آبگیری شده پودر ایزوله سویا (۲ درصد) در طی ۱۰ دقیقه در دور پایین اضافه گردید. در مرحله بعد، امولسیون به مدت ۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ rpm، کاملاً هموژن شد و امولسیونی یک‌دست به دست آمد (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2010; Salminen et al., 2013). امولسیون ژله‌ای با مخلوط کردن روغن ماهی (۲۰ درصد) و فاز آبی حاوی کاراگینان (۱/۵ درصد) تولید گردید. این ترکیبات تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند و پس از هموژنیزاسیون، امولسیون در دمای اتاق خنک شده و زمان لازم برای تولید ژل به امولسیون داده شد تا پلیمریزه گردد. ژل تولیدی در دمای (یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد) به مدت یک شبانه‌روز قرار داده شد (Poyato et al., 2014).

تولید سوسیس

ماهی کپور نقره‌ای‌تازه با وزن متوسط ۱۰۰۰-۱۲۰۰ گرم همراه با یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از شستشو، پوست‌کنی، تخلیه امعاء و احشاء، استخوان‌گیری و شستشوی مجدد، گوشت چرخ شده ماهی با چرخ گوشت با قطر منافذ ۱/۵ میلی‌متر تهیه شد. سوسیس ماهی در این فرایند براساس فرمولاسیون (Rahmani

Farah, 2012) تهیه گردید که شامل ۶۰ درصد گوشت ماهی، روغن مایع، آب و یخ و افزودنی‌های دیگر شامل نمک، پلی‌فسفات، پرکننده‌ها، طعم‌دهنده‌ها و دیگر افزودنی‌های مجاز بود. در انتهای فرایند هموژن کردن و افزودن ادویه‌ها، امولسیون‌ها اضافه شدند و ۲ دقیقه با سرعت پایین مخلوط شدند (Salminen et al., 2013). در نمونه شاهد آب و یخ کامل اضافه گردید و تمامی روغن استفاده شده در فرمولاسیون، روغن آفتابگردان بود. در تیمارهای روغن ماهی (۱ درصد) و امولسیون ژله‌ای و امولسیون معمولی (۵ درصد) و روغن آفتابگردان (۱۰ درصد) به فرمولاسیون اضافه شدند. در مجموع مقدار روغن تیمارهای تولید شده یکسان بود (Salminen et al., 2013). فرایند تولید سوسیس شامل مراحل مخلوط کردن، پرکنی، حرارت‌دهی (۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه) و نگهداری در یخچال بود. پوشش استفاده شده از جنس پلی‌اتیلن سه لایه بود. سوسیس‌هایی با قطر ۲/۵ و طول ۱۵ سانتی‌متر تولید شد. سوسیس‌های تولیدشده تا زمان انجام آزمایش‌های مربوط به مدت ۱ ماه در یخچال نگهداری و آزمایش‌ها در فواصل زمانی ۱۰ روز انجام شدند.

آزمایش‌های شیمیایی

اندازه‌گیری رطوبت و چربی نمونه‌ها با روش (AOAC, 2005)، اندازه‌گیری پروتئین (AOAC, 1990) و میزان pH نمونه‌ها به کمک دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید (Suvanich et al., 2000).

اندازه‌گیری ترکیبات واکنش‌دهنده با تیوباربتوریک اسید (TBARS^۳)

۳. ThioBarbituric Acid Reactive Substances

سلول بار^۵ دستگاه مورد استفاده ۴/۵ کیلوگرم به کار گرفته شد. سختی^۶، انسجام^۷ و فنریست^۸ نمونه‌ها ارزیابی شد (Rahmani Farah et al., 2012).

اندازه‌گیری ترکیب اسید چرب روغن

به منظور استری کردن چربی از روش Metcalfe و همکاران (۱۹۶۱)، استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲ درصد (۲ گرم سود در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) به ۰/۰۵ گرم چربی استخراج شده اضافه شد. سپس درب ظرف را بسته و به شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن، ۲/۲ میلی‌لیتر محلول BF₃ (تری فلوراید بور) ۲۰ درصد (Merck-Germany) به ترکیب فوق اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن به مواد حاصل ۱ میلی‌لیتر هگزان نرمال اضافه و پس از تکان دادن مواد به آن ۱ میلی‌لیتر نمک اشباع (۳۰۰ گرم کلرید سدیم در یک لیتر آب مقطر) اضافه گردید. محلول به دست آمده به شدت تکان داده شد و در جایی مستقر گردید. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی به دقت جدا گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در روغن از دستگاه گازکروماتوگرافی (Unicam 4600 gas chromatograph, England, UK) کاپیلاری (25m x 0.2mm, film thickness, BPX70 SGE Australia Pty. Ltd., analytical product) بود. درجه حرارت تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، دمای دتکتور ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، دمای آون در طی ۲۰ دقیقه از ۱۶۰ به

برای اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون چربی از روش Tarladgis و همکاران (۱۹۶۰) با اندازه‌گیری سطح مالون‌دی‌آلدئید استفاده شد. ۱۰ گرم از محصول با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت دو دقیقه همزده و در یک فلاسک تقطیر، با ۴۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر شستشو گردید. ۲/۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۴ مولار برای رساندن اسیدیته آن به ۱/۵ اضافه شد. فلاسک حرارت داده شد تا ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در عرض ۱۰ دقیقه از زمان جوش به دست آمد. ۵ میلی‌لیتر از محلول تقطیر شده و ۵ میلی‌لیتر معرف TBA (محلول حاصل از ۰/۲۸۸۳ گرم TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال ۹۰ درصد) به لوله درب‌دار منتقل گردید و به مدت ۳۵ دقیقه در آب در حال جوش حرارت داده شد. نمونه شاهد با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی‌لیتر معرف تهیه گردید و سپس لوله‌ها در آب به مدت ۱۰ دقیقه سرد شده و جذب (D) در طول موج ۵۳۸ نانومتر با استفاده از اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. $TBA = \frac{V}{8} D$ (میلی گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم گوشت).

بافت‌سنجی

برای ارزیابی بافت نمونه‌های سوسیس از روش Rahmani Farah و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات استفاده شد. پس از هم‌دمای نمونه‌های سوسیس با محیط، از هر سوسیس ۴ استوانه با قطر ۲/۵ و ارتفاع ۲/۵ سانتی‌متر تهیه گردید. هر برش در دو مرحله با دستگاه (LFRA, 4500, USA) تحت فشار قرار گرفت. برای این منظور از پروب پلاستیکی با قطر ۵۰ میلی‌متر (TA1000)، سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه، درصد تغییر شکل ۵۰ درصد، تریگر پوینت ۲۰^۴ و

۵. Load cell

۶. Hardness

۷. Cohesiveness

۸. Springness

۴. Trigger point

۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. گاز هلیوم به‌عنوان حامل بود.

رنگ سنجی

رنگ نمونه‌های سوسیس با دستگاه رنگ‌سنج Lovibond (CAM-System, England 500) آنالیز شد. نمونه‌های سوسیس ابتدا از یخچال خارج شدند و پس از هم‌دمایی با دمای محیط نمونه‌هایی با قطر ۲/۵ سانتی‌متر برش داده شده و ارزیابی شدند. شاخص *L برای بیان شاخص روشنایی گوشت از ۰ (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص *a برای بیان بعد قرمزی-سبزی (a+ نشان‌دهنده قرمزتر و a- نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص *b برای بیان بعد زرد-آبی (b+ نشان‌دهنده زردتر و b- نشان‌دهنده آبی‌تر) بودند (Raju et al., 2003).

افت پخت^۹

این شاخص با اندازه‌گیری وزن نمونه پیش و پس از تیمار حرارتی محاسبه شد و به‌صورت گرم/۱۰۰ گرم وزن اولیه نمونه گزارش گردید (Marchetti et al., 2014).

ارزشیابی حسی

سوسیس‌های ماهی تولید شده در این پژوهش از سوی ۱۰ نفر ارزیاب آشنا با نحوه امتیازدهی بررسی حسی شدند. سوسیس‌ها با ضخامت حدود ۳/۵ سانتی‌متر برای ارزیاب‌ها برش داده و آماده ارزشیابی شدند. ۶ صفت ظاهر، رنگ، بافت، بو، و پذیرش کلی ارزیابی گردید و هر صفت از ۱ تا ۹ درجه‌بندی شد. درجه‌بندی به شرح زیر بود: عالی=۹، خیلی خوب=۸، خوب=۷، به نسبت خوب=۶، متوسط (نه خوب و نه بد)=۵، به نسبت بد=۴، بد=۳، خیلی بد=۲، بی‌نهایت بد=۱. حدنمره قابل پذیرش ۵ بود (Raju et al., 2003).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی^{۱۰} با اندازه‌گیری‌های تکرار شده^{۱۱} در واحد زمان انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت. اطلاعات و نتایج جمع‌آوری شده از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شد.

بحث و نتیجه‌گیری

ترکیبات تقریبی

۱۰. Completely randomized design

۱۱. Repeated measures

۹. Cooking loss

جدول ۱ مقادیر ترکیبات تقریبی سوسیس‌های ماهی تهیه شده با اسیدهای چرب امگا-۳ طی مدت زمان نگهداری ۴ درجه سانتی‌گراد

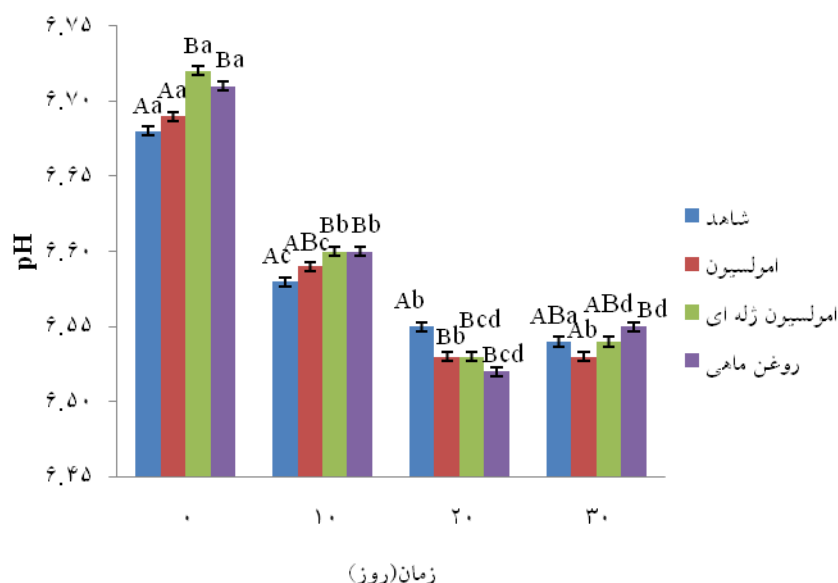
تیمار	زمان	درصد رطوبت	درصد چربی	دز صد پروتئین
شاهد	۰	۶۱/۳۱±۰/۶۱ Aa	۱۲/۸۵±۰/۱۹ Aa	۱۹/۱۱±۰/۲۶ Aa
	۱۰	۶۱/۳۲±۰/۶۱ Aa	۱۱/۹۱±۰/۱۹ Aa	-
	۲۰	۶۱/۲۵±۰/۶۱ Aa	۱۱/۸۶±۰/۱۹ Aa	-
	۳۰	۶۱/۲۸±۰/۶۱ Aa	۱۲/۲۱±۰/۱۹ Aa	۱۹/۰۶±۰/۲۶ Aa
روغن ماهی	۰	۶۱/۰۴±۰/۶۱ Aa	۱۲/۳۱±۰/۱۹ Aa	۱۹/۰۱±۰/۲۶ Aa
	۱۰	۶۱/۰۲±۰/۶۱ Aa	۱۲/۱۲±۰/۱۹ Aa	-
	۲۰	۶۰/۹۸±۰/۶۱ Aa	۱۱/۴۵±۰/۱۹ Aa	-
	۳۰	۶۰/۸۵±۰/۶۱ Aa	۱۲/۴۰±۰/۱۹ Aa	۱۹/۰۷±۰/۲۶ Aa
امولسیون	۰	۶۱/۵۳±۰/۶۱ Aa	۱۱/۷۶±۰/۱۹ Aa	۱۹/۱۹±۰/۲۶ Aa
	۱۰	۶۱/۶۹±۰/۶۱ Aa	۱۱/۵۶±۰/۱۹ Aa	-
	۲۰	۶۱/۷۶±۰/۶۱ Aa	۱۱/۶۴±۰/۱۹ Aa	-
	۳۰	۶۱/۶۳±۰/۶۱ Aa	۱۱/۰۱±۰/۱۹ Aa	۱۹/۰۳±۰/۲۶ Aa
امولسیون ژله‌ای	۰	۶۲/۵۶±۰/۶۱ Aa	۱۱/۱۷±۰/۱۹ Aa	۱۹±۰/۲۶ Aa
	۱۰	۶۲/۶۷±۰/۶۱ Aa	۱۱/۳۲±۰/۱۹ Aa	-
	۲۰	۶۲/۴۷±۰/۶۱ Aa	۱۱/۹۴±۰/۱۹ Aa	-
	۳۰	۶۲/۴۳±۰/۶۱ Aa	۱۱/۶۵±۰/۱۹ Aa	۱۹/۰۷±۰/۲۶ Aa

در هر ستون حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان داده‌ها به صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

بود. محتوای پروتئین نمونه‌ها نیز در طی زمان و بین تیمارها نیز تغییر معناداری نشان ندادند. Rahmani Farah (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود بر روی ترکیبات مغذی سوسیس ماهی در طی زمان تغییر معناداری مشاهده نکردند.

pH
این شاخص در کیفیت فراورده‌های گوشتی مؤثر است. میزان pH در بین تمام تیمارها از ۶/۵۲-۶/۷۲ متغیر بود در طی زمان pH نمونه‌ها کاهش یافت. این کاهش ناشی از ترشیدگی کربوهیدرات‌ها و نشاسته موجود در فرمولاسیون سوسیس است (etal., 2002 Pexara). کاهش pH در سایر مطالعات انجام شده بر روی سوسیس ماهی نیز مشاهده شد (Rahmani Farah et al., 2012; Raju et al., 2003; Filho et al., 2010; Ozpolat et al., 2015).

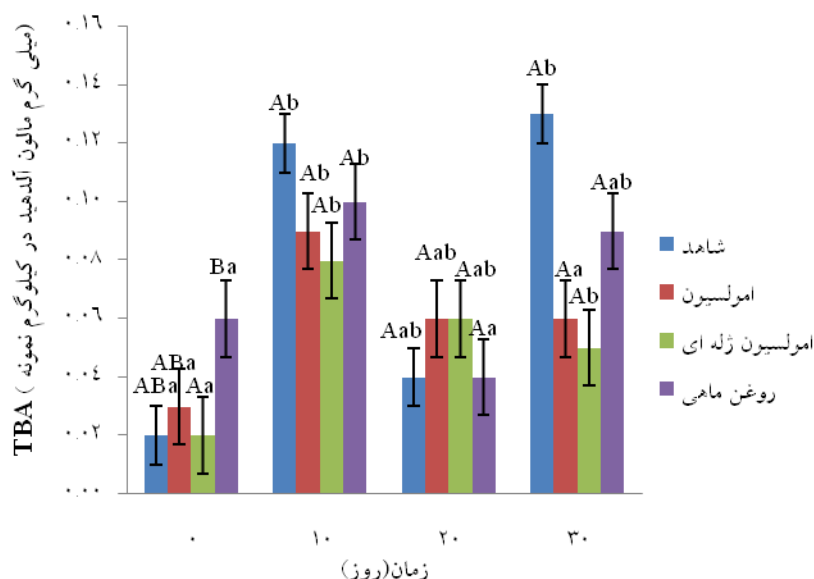
نتایج ترکیبات تقریبی نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است. نتایج مطالعه میزان چربی کل، بیانگر کاهش میزان چربی در طی زمان در تمام تیمارها بود ($p > 0.05$). این نتایج هم‌سو با نتایج حاصل از بررسی Poyato و همکاران (۲۰۱۴) و Valencia و همکاران (۲۰۰۸) است. نتایج بررسی میزان رطوبت کل طی ۳۰ روز نگهداری هیچ تفاوت معناداری نشان نداد. معمولاً رطوبت محصولات گوشتی در طی دوره نگهداری کاهش می‌یابد. اما در این تحقیق به دلیل استفاده از پوشش‌های چند لایه کاهش رطوبت مقدار قابل توجهی نبود (Rahmani Farah et al., 2012). بالاترین میزان رطوبت در بین تیمارها مربوط به تیمار امولسیون ژله‌ای



شکل ۱ تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص pH نمونه‌ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)

سایرین بود ($p < 0.05$). افزودن روغن به حالت ژله‌ای سبب کاهش معنادار میزان اکسیداسیون در نمونه‌ها گردید. در طی زمان نوسانات کاهشی در مقدار تیوباربیتوکشمشاهده شد که این امر به دلیل واکنش بین مالون‌آلدهید و اسید آمینه‌هاست که به شکل‌گیری ترکیبات کربونیل منجر می‌شود (Silva and Ammerman, 1993). در سایر مطالعات نیز روند افزایشی TBA مشاهده شد (Dincer and Cakli, 2005; Lopez-Caballerro et al, 2010).

ترکیبات واکنش‌دهنده با تیوباربیتوریک اسید (TBARS)
تیوباربیتوریک اسید از جمله شاخص‌هایی است که برای برآورد میزان اکسایش چربی‌ها استفاده می‌شود (Chouliara et al., 2004). میزان TBA در طول دوره نگهداری در همه تیمارها به صورت تدریجی افزایش یافت، اما این مقدار کمتر از حد مجاز در طول دوره نگهداری بود. حد مجاز TBA حدود ۳ تا ۴ میلی‌گرم مالون‌آلدهید بر کیلوگرم نمونه می‌باشد (Karakam and Boran, 1996). میزان شاخص TBA در تیمار روغن ماهی و شاهد بیشتر از

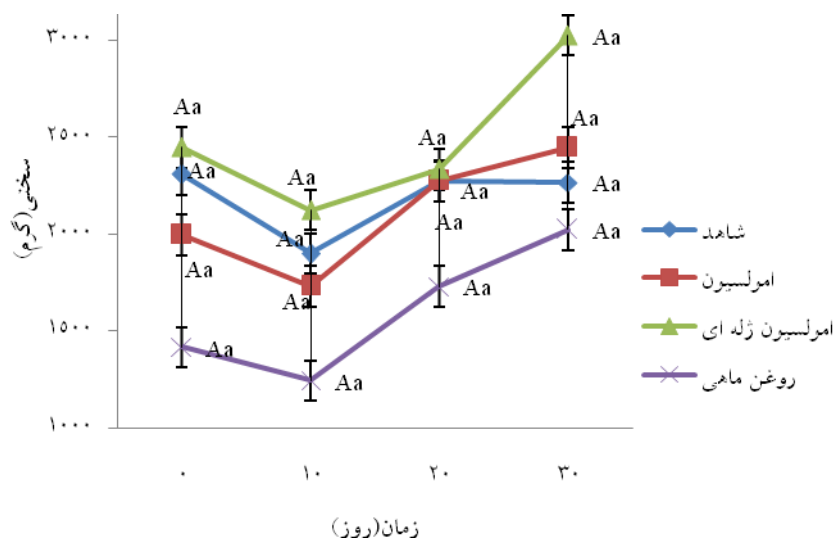


شکل ۲ تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص تیوباریتوریک نمونه‌ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)

سنجش بافت

سنجش بافت از مهم‌ترین آزمایش‌های استاندارد بررسی کیفیت محصولات شیلاتی همچون سوسیس ماهی می‌باشد. (Kasapis, 2009). مطالعات بافت‌سنجی سوسیس‌ها در این تحقیق نشان داد که تغییرات سختی در طول زمان معنادار نبود. Poyata و همکاران (۲۰۱۴) افزایش سختی را در طول زمان در نمونه‌های سوسیس غنی‌شده

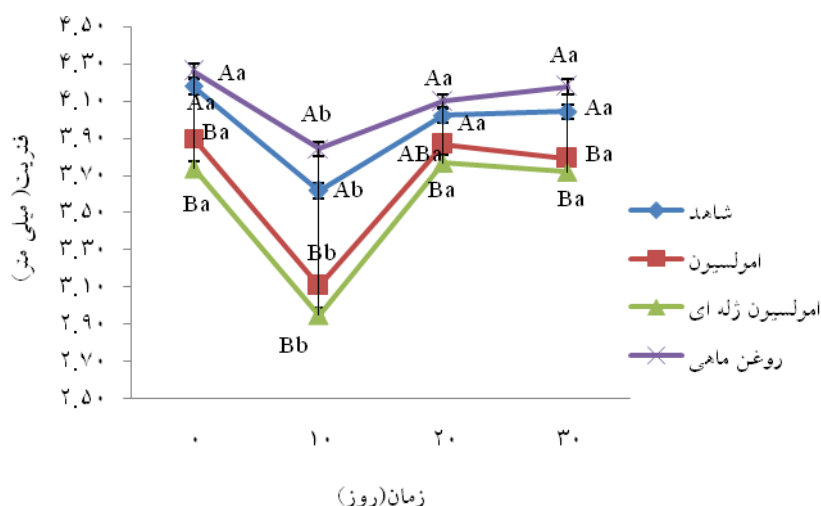
مشاهده کردند و دلیل آن را کاهش اندک مقدار رطوبت دانستند. نتایج نشان داد که سختی سوسیس‌های حاوی امولسیون ژله‌ای به‌مراتب بیشتر از سایر نمونه‌ها بود که می‌توان آن را به کاراگینان استفاده شده در تهیه ژل نسبت داد. Ayadi و همکاران (۲۰۰۹) افزودن کاراگینان را سبب افزایش سختی و ظرفیت نگهداری آب عنوان کردند.



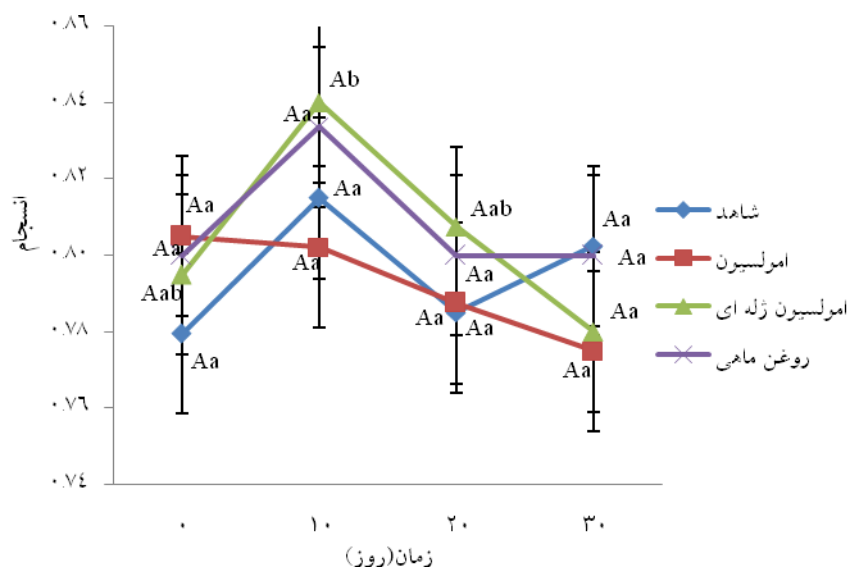
شکل ۳ تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص سختی نمونه‌ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)

کردند. میزان انسجام نمونه‌ها به یکدیگر نزدیک بود و تفاوت معناداری بین آنها مشاهده نشد. در طی زمان این شاخص در برخی از تیمارها به‌صورت تدریجی کاهش داشت (شکل ۴).

تغییرات فنریت بافت نمونه‌ها الگوی تغییرات نامنظمی داشت، اما میزان فنریت تیمار روغن ماهی و شاهد بیش از سایرین بود ($p < 0.05$). تیمار امولسیون ژله‌ای فنریت کمتری نسبت به سایرین داشت. Garcia و همکاران (۲۰۰۷) رابطه مستقیمی بین میزان چربی و فنریت گزارش



شکل ۴ تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص فنریت نمونه‌ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)



شکل ۵ تأثیر روش های مختلف غنی سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص انسجام نمونه ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)

دیگر Ruiz-Capillas و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاهش مقدار چربی و افزایش سطح ژل کنجاک باعث افزایش سختی می شود در حالی که انسجام کاهش یافته و این تفاوت ها به دلیل تفاوت در ویژگی های محصول است.

در سایر مطالعات انجام شده، Marchetti و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که جایگزینی ژل کنجاک با چربی حیوانی باعث کاهش سختی و افزایش انسجام نمونه ها می شود، اما تأثیری بر روی فنریت ندارد. در مطالعه

ترکیب اسید چرب روغن

جدول ۲ ترکیبات اسیدهای سوسیس های ماهی تهیه شده با اسیدهای چرب امگا-۳ در طی مدت نگهداری در ۴ درجه سانتی گراد

اسید چرب	شاهد	روغن ماهی	امولسیون	امولسیون ژله ای	شاهد	روغن ماهی	امولسیون	امولسیون ژله ای
روز صفر				روز ۳۰				
C14:0	۱/۴۵±۰/۰۰	۲/۴۸±۰/۰۰	۲/۰۰±۰/۰۰	۲/۱۷±۰/۰۰	۱/۴۴±۰/۰۱	۲/۰۵±۰/۰۱	۲/۱۵±۰/۰۱	۲/۱۶±۰/۰۱
C16:0	۱۰/۲۳±۰/۰۰	۱۱/۲۵±۰/۰۰	۱۱/۲۴±۰/۰۰	۱۱/۱۵±۰/۰۰	۱۰/۶۰±۰/۰۱	۱۱/۰۲±۰/۰۱	۱۱/۱۷±۰/۰۱	۱۱/۱۶±۰/۰۱
C18:0	۳/۷۲±۰/۰۰	۳/۷۷±۰/۰۰	۳/۷۵±۰/۰۰	۳/۷۶±۰/۰۰	۳/۸۸±۰/۰۱	۳/۸۲±۰/۰۱	۳/۷۹±۰/۰۱	۳/۷۹±۰/۰۱
C20:0	۰/۱۳±۰/۰۰	۰/۰۶±۰/۰۰	۰/۱۳±۰/۰۰	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۱
C22:0	۰/۴۷±۰/۰۰	۰/۴۱±۰/۰۰	۰/۴۵±۰/۰۰	۰/۴۸±۰/۰۰	۰/۵۱±۰/۰۱	۰/۴۵±۰/۰۱	۰/۴۴±۰/۰۱	۰/۵۱±۰/۰۱
C16:1	۱/۸۴±۰/۰۱	۲/۰۳±۰/۰۱	۲/۸۵±۰/۰۱	۲/۸۲±۰/۰۱	۰/۱۹±۰/۰۱	۲/۷۰±۰/۰۱	۲/۵۷±۰/۰۱	۲/۶۴±۰/۰۱
C18:1	۲۷/۲۳±۰/۰۱	۲۶/۸±۰/۰۱	۲۶/۲۳±۰/۰۱	۲۶/۳۳±۰/۰۱	۲۷/۸۱±۰/۰۱	۲۶/۳۰±۰/۰۱	۲۶/۳۳±۰/۰۱	۲۶/۲۶±۰/۰۱
C20:1	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۲۲±۰/۰۱	۰/۳۹±۰/۰۱	۰/۲۹±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۳۵±۰/۰۱	۰/۳۴±۰/۰۱	۰/۳۴±۰/۰۱

۰/۳۶±۰/۰۱	۰/۴۲±۰/۰۱	۰/۳۶±۰/۰۱	۰/۳۵±۰/۰۱	۰/۳۷±۰/۰۱	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۳۳±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۱	C22:1
۴۷/۰۱±۰/۰۱	۴۷/۱۴±۰/۰۱	۴۷/۴۶±۰/۰۱	۵۱/۷۴±۰/۰۰	۴۶/۸۳±۰/۰۱	۴۷/۱۵±۰/۰۱	۴۷/۹۴±۰/۰۱	۵۱/۴۴±۰/۰۰	C18:2n6
۰/۳۸±۰/۰۱	۰/۳۸±۰/۰۱	۰/۳۸±۰/۰۰	۰/۳۳±۰/۰۰	۰/۳۷±۰/۰۱	۰/۴۳±۰/۰۱	۰/۱۷±۰/۰۰	۰/۳۱±۰/۰۰	C20:2 n6
۱/۳۶±۰/۰۱ ^b	^a ۱/۴۷±۰/۰۱	^b ۱/۳۵±۰/۰۱	^b ۱/۳۷±۰/۰۰	۱/۳۶±۰/۰۱ ^b	۱/۴۴±۰/۰۱ ^a	۱/۳۴±۰/۰۱ ^c	۱/۲۹±۰/۰۰ ^d	C18:3n3
۰/۵۰±۰/۰۱	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۳۵±۰/۰۰	۰/۲۹±۰/۰۱	۰/۳۹±۰/۰۱	۰/۳۶±۰/۰۱	۰/۴۱±۰/۰۰	۰/۳۱±۰/۰۱	C20:4n6
۱/۷۶±۰/۰۱ ^a	۱/۷۰±۰/۰۱ ^b	۱/۵۸±۰/۰۰ ^c	۰/۵۳±۰/۰۱ ^d	۱/۸۵±۰/۰۰ ^a	۱/۵۹±۰/۰۰ ^b	۱/۵۰±۰/۰۰ ^c	۰/۴۸±۰/۰۱ ^d	C20:5n3 (EPA)
۰/۲۳±۰/۰۱	۰/۲۳±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۲۳±۰/۰۱	۰/۱۹±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۱	C22:5 n3
۱/۳۶±۰/۰۱ ^a	^{ba} ۱/۲۴±۰/۰۱	۱/۰۸±۰/۰۱ ^b	۰/۵۵±۰/۰۱ ^c	۱/۴۱±۰/۰۳ ^a	۱/۲۴±۰/۰۳ ^b	۱/۱۵±۰/۰۳ ^b	۰/۴۶±۰/۰۳ ^c	C22:6n3 (DHA)
۱۷/۷۶±۰/۰۱ ^a	۱۷/۶۷±۰/۰۱ ^b	۱۷/۵۰±۰/۰۱ ^c	۱۷/۵۹±۰/۰۱ ^d	۱۷/۷۳±۰/۰۰ ^b	۱۷/۵۹±۰/۰۰ ^c	۱۷/۹۸±۰/۰۱ ^a	۱۶/۱۰±۰/۰۰ ^d	SFA
۲۹/۶۱±۰/۰۱ ^c	۲۹/۶۷±۰/۰۱ ^b	۲۹/۷۳±۰/۰۱ ^a	۲۷/۵۰±۰/۰۱ ^d	۲۹/۸۳±۰/۰۱ ^a	۲۹/۸۹±۰/۰۱ ^a	۲۹/۳۹±۰/۰۷ ^b	^b ۲۹/۴۸±۰/۰۱	MUFA
۵۲/۶۳±۰/۰۱ ^b	۵۲/۵۹±۰/۰۱ ^b	۵۲/۴۸±۰/۰۱ ^c	۵۴/۹۰±۰/۰۱ ^a	^c ۵۲/۴۷±۰/۰۲	۵۲/۴۳±۰/۰۲ ^c	۵۲/۶۷±۰/۰۷ ^b	^a ۵۴/۴۱±۰/۰۱	PUFA
۴۷/۹۰±۰/۰۰ ^c	۴۷/۹۳±۰/۰۰ ^c	^b ۴۸/۲۰±۰/۰۰۵	۵۲/۳۷±۰/۰۰ ^a	۴۷/۶۰±۰/۰۱ ^d	۴۷/۹۵±۰/۰۱ ^c	۴۸/۵۳±۰/۰۱ ^b	^a ۵۲/۰۷±۰/۰۱	ω6
۴/۷۳±۰/۰۰ ^a	۴/۶۶±۰/۰۱ ^a	۴/۲۷±۰/۰۱ ^b	۲/۵۳±۰/۰۰ ^c	۴/۸۷±۰/۰۳ ^a	۴/۴۸±۰/۰۳ ^b	۴/۱۴±۰/۰۳ ^c	۲/۳۴±۰/۰۳ ^d	ω3
۱۰/۱۲±۰/۰۰ ^c	۱۰/۲۷±۰/۰۲ ^c	^b ۱۱/۲۶±۰/۰۰۴	۲۰/۶۵±۰/۰۰ ^a	۹/۷۷±۰/۰۷ ^d	^c ۱۰/۷۰±۰/۰۷	۱۱/۷۲±۰/۰۷ ^b	^a ۲۲/۲۰±۰/۰۰۷	ω6/ ω3

^{a-c}حروف غیرمشترک در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین میانگین داده‌ها در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

داده‌ها به صورت میانگین ± تکرار ۳ انحراف معیار بیان شده‌اند.

نسبت اسیدهای چرب چندغیراشباع به اشباع در مطالعه آنها از ۰/۴۹ به ۰/۸۴ افزایش یافت. در مطالعه Rahmani و همکاران (۲۰۱۲)، میزان اسیدهای چرب امگا-۳ در سوسیس‌های تولیدی از مینس و سوریمی به‌ترتیب ۳/۴۱ و ۲/۸۱ درصد بود. این محققان میزان بیشتر اسیدهای چرب امگا-۳ در سوسیس‌های تولید شده از گوشت چرخ شده نسبت به سوریمی را گزارش کردند. اسیدهای چرب امگا-۶ در سوسیس ماهی سالمون مقادیر بالایی را به خود اختصاص دادند (Oliveira et al., 2014). در مطالعه حاضر مقدار اسید اولئیک و لینولئیک سهم بیشتری در بین سایر اسیدهای چرب داشت. این یافته همسو با نتایج Oliveira و همکاران (۲۰۱۴) و Cardoso و همکاران (۲۰۱۰) بود. نتایج مطالعه Ojagh و همکاران (۱۳۸۸) بر روی ترکیب

در مطالعه حاضر میزان اسیدهای چرب چندغیراشباع در بین تیمارهای حاوی روغن ماهی در تیمار امولسیون ژله‌ای بالاتر بود. تیمار شاهد دارای نسبت بالاتری PUFA بود، که این افزایش به دلیل بالا بودن میزان اسید لینولئیک می‌باشد. میزان DHA در روز صفر در تیمار شاهد ۰/۴۶ بود کهدر سایر تیمارهای غنی‌شده این میزان افزایش یافت (۱/۴۱ درصد). مطالعه Berasategi و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که بلوگنا غنی‌شده از اسیدهای چرب امگا-۳ محصول سالم‌تری نسبت به نمونه‌های تولیدی با روش سنتی بود. در مطالعه آنها میزان اسیدهای چرب در نمونه افزایش ده برابری داشت و از ۰/۲۷ گرم در ۱۰۰ گرم نمونه به ۲/۵۷ درصد افزایش یافت. آنها توانستند میزان اسیدهای چرب اشباع نمونه‌ها را تا ۱۲ درصد کاهش دهند.

اسیدچرب دو گونه کپور ماهی نشان داد که مقدار اسیدچرب اولئیک و لینولئیک بیشتر از سایر اسیدهای چرب بودند. این اسیدهای چرب در مطالعه دیگری بر روی کپور معمولی نیز مقدار بالایی را به خود اختصاص داد (Ozogul et al., 2007).

رنگ سنجی

رنگ یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر بازارپسندی محصولات خمیری ماهی می‌باشد (Sachindra et al., 2010). میانگین شاخص قرمزی در تیمار شاهد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. به‌طورکلی تیمارهای مختلف و زمان نگهداری اثر معناداری بر روی میزان این شاخص نداشتند ($p > 0.05$). شاخص زردی در نمونه‌های حاوی امولسیون ژله‌ای بالاتر از سایر تیمارها بود. این نتایج هم‌راستا با نتایج Poyato و همکاران (۲۰۱۴) بود. این

محققان افزودن امولسیون به حالت‌های مختلف را سبب افزایش میزان شاخص‌های قرمزی و زردی دانستند. مقدار زردی نمونه‌ها در طی زمان روند افزایشی داشت. میانگین شاخص روشنایی در تیمار ژله‌ای بیشتر از سایر تیمارها بود. شاخص روشنایی در طول زمان در همه تیمارها افزایش یافت. Poyato و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود بر روی غنی‌سازی محصولات گوشتی با اسیدهای چرب امگا-۳ به‌وسیله حالت‌های مختلف امولسیونی مشاهده کردند که مقدار روشنایی نمونه‌ها به‌ترتیب در تیمار ژله‌ای و امولسیون بالاتر از نمونه‌های شاهد بود. این افزایش روشنایی نمونه‌ها را می‌توان به قطر بسیار کوچک مولکول‌های روغن در امولسیون نسبت داد که بازتاب نور بیشتری منعکس می‌کند (Poyato et al., 2014).

جدول ۳ تغییرات شاخص‌های رنگ سوسیس‌های ماهی تهیه شده با اسیدهای چرب امگا-۳ طی مدت زمان نگهداری ۴ درجه سانتی‌گراد

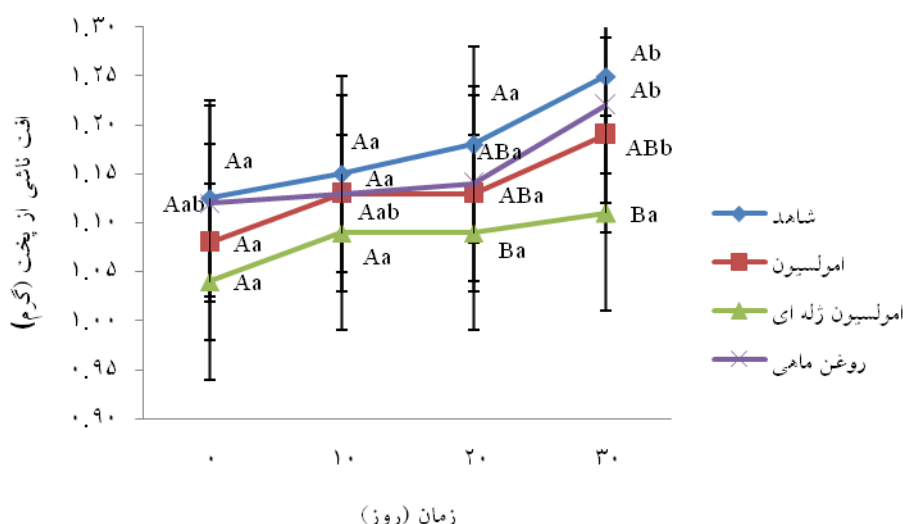
تیمار	زمان	شاخص قرمزی	شاخص زردی	شاخص روشنایی
شاهد	۰	۷/۵±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۰/۶±۰/۲۵ ^{Aa}	۶۷/۸۵±۰/۶ ^{Aa}
	۱۰	۶/۷±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۴/۵±۰/۲۵ ^{Ab}	۸۰/۴±۰/۶ ^{Ab}
	۲۰	۷/۵±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۰/۵±۰/۲۵ ^{Aa}	۶۷/۶±۰/۶ ^{Aa}
	۳۰	۶/۳±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۴/۵±۰/۲۵ ^{Ab}	۷۷/۳±۰/۶ ^{Ab}
	۰	۷/۵±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۱/۴±۰/۲۵ ^{ABa}	۷۰±۰/۶ ^{ABa}
	۱۰	۵/۹±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۳/۷±۰/۲۵ ^{Ab}	۸۰±۰/۶ ^{Ab}
روغن ماهی	۲۰	۷/۵±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۰/۶±۰/۲۵ ^{Aa}	۶۹±۰/۶ ^{Aa}
	۳۰	۶/۷±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۴/۱±۰/۲۵ ^{Ab}	۷۳/۲±۰/۶ ^{Ab}
	۰	۷/۱±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۱/۸±۰/۲۵ ^{ABa}	۷۱/۲±۰/۶ ^{ABa}
	۱۰	۶/۳±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۳/۷±۰/۲۵ ^{Ab}	۸۱/۲±۰/۶ ^{Ab}
امولسیون	۲۰	۷/۵±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۰/۶±۰/۲۵ ^{Aa}	۶۷/۸۵±۰/۶ ^{Ac}
	۳۰	۵/۹±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۳/۷±۰/۲۵ ^{Ab}	۷۸/۲±۰/۶ ^{Ab}
	۰	۷/۱±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۲/۱±۰/۲۵ ^{Ba}	۷۳/۱۵±۰/۶ ^{Ba}
	۱۰	۵/۹±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۳/۷±۰/۲۵ ^{Ab}	۸۱/۴±۰/۶ ^{Ab}
امولسیون ژله‌ای	۲۰	۷/۳±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۲/۱۵±۰/۲۵ ^{Bab}	۷۳/۳±۰/۶ ^{Ba}
	۳۰	۶/۷±۰/۲۳ ^{Aa}	۱۳/۷±۰/۲۵ ^{Ab}	۷۸/۲±۰/۶ ^{Ab}

در هر ستون حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان داده‌ها به‌صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

افت پخت

Su, Jiang., 2004 و همکاران (۲۰۰۰) در تولید سوسیس کم چرب با امولسیون نیز افت ناشی از پخت کمتری در نمونه‌ها مشاهده کردند. در سایر مطالعات انجام شده بر روی کاراگینان در محصول، رابطه مثبت بین افزودن کاراگینان به محصول و افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش مقدار افت پخت نیز گزارش شده است (Youssef and Barbut., 2010; García-García and Tototosaus., 2008; Lin and Mei., 2000; Marchetti et al., 2014)

افت پخت به توانایی پروتئین برای تثبیت آب و چربی بستگی دارد (Marchetti et al., 2014). کمترین میزان افت پخت در تمام بازه‌های زمانی در تیمار امولسیون ژله‌ای مشاهده شد. این امر می‌تواند به دلیل واکنش کاراگینان با گروه‌های قطبی پروتئین باشد که آنها را در ساختار ژله‌ای خود جمع می‌کند و باعث محکم‌تر شدن آن می‌شود. همچنین پیوندهای هیدروژنی تشکیل شده بین آب آزاد و کاراگینان سبب حفظ بهتر آب در نمونه می‌گردد (Li and



شکل ۶ تأثیر روش‌های مختلف غنی‌سازی سوسیس ماهی با اسیدهای چرب امگا-۳ بر میزان شاخص افت پخت نمونه‌ها طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد (حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان)

ارزشیابی حسی

به سبب این داشت. پس از آن به ترتیب تیمار امولسیون، شاهد و روغن در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. با گذشت زمان امتیاز مربوط به بو کاهش یافت. بالاترین امتیاز از نظر بو در طی دوره زمانی مربوط به تیمار امولسیون ژله‌ای و کمترین امتیاز مربوط به تیمار روغن ماهی بود. از دید ارزیابی با افزودن امولسیون تأثیری بر طعم نمونه‌ها نداشت. شاخص مطلوبیت کل با دیگر شاخص‌های حسی ارزیابی شده هم‌خوانی داشت. کسب کمترین امتیاز روغن

شاخص ظاهر و رنگ در طول زمان تغییرات معناداری نداشت. در همه بازه‌های زمانی تیمار ژله‌ای بالاترین امتیاز را از لحاظ ظاهر و رنگ داشت. در طول زمان ظاهر و رنگ نمونه‌ها تغییرات چندانی نداشت. از نظر گروه ارزیابی تغییرات بافت در طی زمان معنادار نبود ($p > 0.05$). تیمار ژله‌ای در کل دوره بافت بهتری نسبت

ماهی در شاخص‌های طعم و پذیرش کلی احتمالاً به دلیل سطح بالای اکسیداسیون چربی در این تیمارها بود. در مجموع سوسیس تهیه شده با امولسیون ژله‌ای امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارها کسب کرد. مطالعه

Valencia و همکاران (۲۰۰۸) و Poyato همکاران (۲۰۱۴) بر روی سوسیس بلوگنای غنی شده با روغن ماهی نیز نتایج مشابه‌ای نشان دادند.

جدول ۴ تغییرات شاخص‌های ارزیابی حسی سوسیس‌های ماهی تهیه شده با اسیدهای چرب امگا-۳ در طی مدت نگهداری ۴ درجه سانتی گراد

تیمار	زمان	ظاهر	رنگ	بو	بافت	پذیرش کلی
شاهد	۰	۷/۷۱±۰/۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۳Aa	۷/۵۷±۰/۳۶Aa	۷/۴۲±۰/۳۹Aa	۷/۷۱±۰/۲۷Aa
	۱۰	۷/۷۱±۰/۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۶Aa	۷/۱۴±۰/۳۹Aa	۷/۴۲±۰/۲۷Aa
	۲۰	۷/۵۷±۰/۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۳Aa	۶/۸۵±۰/۳۶Aa	۶/۷۱±۰/۳۹Aa	۷/۴۲±۰/۲۷Aa
	۳۰	۷/۲۸±۰/۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۳Aa	۶/۵۷±۰/۳۶Aa	۶/۱۴±۰/۳۹Aa	۷/۲۸±۰/۲۷Aa
	۴۰	۷/۷۱±۰/۳Aa	۷/۵۷±۰/۳۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۶Aa	۷/۲۸±۰/۳۹Aa	۷/۵۷±۰/۲۷Aa
روغن ماهی	۱۰	۷/۱۴±۰/۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۳Aa	۶/۸۵±۰/۳۶Aa	۷±۰/۳۹Aa	۷/۵۷±۰/۲۷Aa
	۲۰	۷/۱۴±۰/۳Aa	۷/۱۴±۰/۳۳Aa	۶/۲۸±۰/۳۶Aa	۷±۰/۳۹Aa	۷±۰/۲۷Aa
	۳۰	۶/۸۵±۰/۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۳Aa	۶±۰/۳۶Aa	۶/۷۱±۰/۳۹Aa	۶/۷۱±۰/۲۷Aa
امولسیون	۰	۸/۱۴±۰/۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۳Aa	۷/۷۱±۰/۳۶Aa	۸±۰/۳۹Aa	۷/۸۵±۰/۲۷Aa
	۱۰	۷/۷۱±۰/۳Aa	۷/۸۵±۰/۳۳Aa	۷/۴۲±۰/۳۶Aa	۷/۵۷±۰/۳۹Aa	۷/۴۲±۰/۲۷Aa
	۲۰	۷/۴۲±۰/۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۳Aa	۶/۸۵±۰/۳۶Aa	۷±۰/۳۹Aa	۷/۴۲±۰/۲۷Aa
	۳۰	۶/۸۵±۰/۳Aa	۷/۵۷±۰/۳۳Aa	۶/۷۱±۰/۳۶Aa	۷/۱۴±۰/۳۹Aa	۷/۷۱±۰/۲۷Aa
	۴۰	۸/۴۲±۰/۳Aa	۸/۵۷±۰/۳۳Aa	۸/۱۴±۰/۳۶Aa	۸/۷۱±۰/۳۹Aa	۸/۵۷±۰/۲۷Aa
امولسیون ژله‌ای	۱۰	۸/۲۸±۰/۳Aa	۸/۲۸±۰/۳۳Aa	۸/۱۴±۰/۳۶Aa	۸/۲۸±۰/۳۹Aa	۷/۸۵±۰/۲۷Aa
	۲۰	۸/۴۲±۰/۳Aa	۸/۱۴±۰/۳۳Aa	۷/۱۴±۰/۳۶Aa	۷/۷۱±۰/۳۹Aa	۸±۰/۲۷Aa
	۳۰	۷/۸۵±۰/۳Aa	۷/۲۸±۰/۳۳Aa	۶/۸۵±۰/۳۶Aa	۷/۱۴±۰/۳۹Aa	۸±۰/۲۷Aa

در هر ستون حروف بزرگ مقایسه بین تیمارها، حروف کوچک مقایسه در طی زمان داده‌ها به صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

نتیجه‌گیری

فرمولاسیون‌های مختلف نشان داد که از نظر پذیرش کلی تیمار امولسیون ژله‌ای به سایر تیمارها ارجحیت داشت.

منابع

- AOAC.1990. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry.15th ed. 870p.
- AOAC.2005. Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Ayadi, M.A., Kechaou, A., Makni, I., and Attia, H. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey

بازار محصولات غذایی غنی شده با روغن ماهی رو به رشد است. طبق پیشنهادهای متخصصان تغذیه مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ باید افزایش یابد. نتایج نشان داد که غنی‌سازی سوسیس با روغن ماهی، سبب تغییر ترکیب اسیدهای چرب سوسیس کپور نقره‌ای با افزایش EPA و DHA، کاهش معنادار اسیدهای چرب امگا-۶ (اسید لینولئیک) گردید. نتایج ارزیابی حسی در بین

extracts of *Melissa officinalis* on the stability of algae and linseed oil-in-water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products. *Meat Science*, 85(2): 373–377.

Intatasirisawat, R., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Wu, J. 2014. Effect of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage. *Food Science*, 58:280-286.

Karakam, Hand Boran, M. 1996. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during at -18°C. *Food Science*, 31:527-531

Kasapis, S. 2009. Developing Minced Fish Products of Improved Eating Quality: AN interplay of instrument and sensory texture. *Food Properties*, 12:11-26

Konno, K. 2005. New developments and trends in kababoko and related research in Japan. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and surimi seafood*, 2: 847–868

Lee, K. H., Joaquin, H. and Lee, C. M. 2007. Improvement of moistness and texture of high omega-3 fatty acid mackerel nuggets by inclusion of moisture-releasing ingredients. *Food Science*, 72:119–124

Li, Y.T., and Jiang, Y. M. 2004. Carrageenan and cooked meat products. *Chinese Meat Research*, 9:46–47

Lin, K. W., and Mei, M. Y. 2000. Influences of gums, soy protein isolate, and heating temperatures on reduced-fat meat batters in a model system. *Food Science*, 65: 48–52.

Lopez-Caballerro, M.E., Goamez-Guillen, M.C., Perez-Mateos, M. and Montero, E. 2005. A functional chitosan-enriched fish sausage treated by high pressure. *Food Science*, 70: 166–171

Maqsood, S., Benjakul, S. and Balange, A.K. 2012. Effect of tannic acid kiam wood extract on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausage during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 130:408-416

Marchetti, L., Andres, S.C., Califano, A. N. 2014. Low-fat meat sausage with fish oil: optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology. *Meat science*, 96: 1297-1303

Metcalf, L.D., Schmitz, A.A. 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas

meat sausages properties. *Food Engineering*, 93: 278–283.

Berasategi, I., Legarra, S., García-Iñiguez de Ciriano, M., Rehecho, S., Calvo, M. I., Caverro, R. Y., Navarro-Blasco, I., Ansorena, D., and Astiasarán, I. 2011. High in omega-3 fatty acids Bologna-type sausages stabilized with an aqueous-ethanol extract of *Melissa officinalis*. *Meat Science*, 88: 705–711.

Cardoso, C., Mendes, R. and Nunes, M. L. 2008. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. *Food Science*, 43(2): 276–283

Chouliara, I., Savaidisa, I.N., Panagiotakis, N., and Kontominasa, M.G. 2004. Preservation of salted, vacuum packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. *Food Microbiology*, 21: 351–359.

Christos, A., Bents, A.Z., and Dimitrios, P. 2005. Production of fish-protein products (surimi) from small pelagic fish (*Sardinops pilchardus*), underutilized by the industry. *Food Engineering*, 68: 303-308.

Dincer, T. and Cakli, S. 2010. Textural and sensory properties of fish sausage from rainbow trout. *Food Product Technology*, 19: 238–248.

Fernández-Ginés, J.M., Fernández-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. and Perez-Alvarez, J.A. 2005. Meat products as functional foods: A review. *Food Science*, 70: 37–43.

Filho, P.R.C.O., Favaro-Trindade, C.S., Trindade, M.A., Balieiro, J.C.C. and Viegas, E.M.M. 2010. Quality of sausage elaborated using minced Nile tilapia submitted to cold storage. *Food Science*, 67: 183–190.

García-García, E., and Totosa, A. 2008. Low-fat sodium-reduced sausages: Effects of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science*, 78: 406–413.

Garcia, M.L., Ester, C. and Selgas, D. 2007. Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Food Agriculture*, 87:624-631.

Garcia-Iñiguez de Ciriano, M., Rehecho, S., Calvo, M., Caverro, R., Navarro, I., Astiasarán, I., and Ansorena, D. 2010. Effect of lyophilized water

2012. Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: processing and quality characteristics. *Meat Science*, 92(2): 144-150.
- Sachindra, N.M. and Mahendrakar, N.S. 2010.** Stability of carotenoids recovered from shrimp waste and their use as colorant in fish sausage. *Food Science*, 47: 77-83
- Salminen, H., Herrmann, K. and Weiss, J. 2013.** Oil-in-water emulsions as a delivery system for n-3 fatty acids in meat products. *Meat Science*, 93: 659-667
- Silva, J.L., and Ammerman, G.R. 1993.** Composition, Lipid changes, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage. *applied aquaculture*, 2(2): 39-49.
- 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. *Food science*, 65: 24-29.
- Tarladgis, B.G., B. M. Watts, M. T. Younathan, and L. J. Dudan. 1960.** A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *American Oil Chemists Society*, 37: 44-48
- Theruvathil, K., Sethumadhavan, S., Azhikkakath, S., Chanragiri, J.C. and Nhandragiri, N. 2008.** Changes in the characteristic of Roho fish (*Labiao Rohita*) sausage during storage at different temperatures. *Food Processing and Preservation*, 32: 429-442
- Valencia, I., O'Grady, M. N., Ansorena, D., Astiasarán, I. and Kerry, J. 2008.** Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Science*, 80: 1046-1054.
- WHO. 2010.** World Health Organization [Internet] Population nutrient intake goals for preventing diet-related chronic diseases. Available from: http://www.who.int/nutrition/topics/5_population_nutrientm/en/index12.html.
- Youssef, M. K., & Barbut, S. 2010.** Effects of caseinate, whey and milk proteins on emulsified beef meat batters prepared with different protein levels. *Journal of Muscle Foods*, 21:785-800.
- chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*, 33: 363-364
- Karimi, N., Mohammadifar, M.A, Nayeibzade K. 2013.** Effect of two types of Iranian gum tragacanth on stability and rheological properties of oil-in-water emulsion. *Iranian Nutrition Sciences & Food Technology*, 3:87-98
- Ojagh, S.M., Rezaei, M. and Khorramgah, M. 2009.** The investigation of nutritional composition and fatty acids in muscle of common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Iranian Nutrition Sciences & Food Technology*, 6(1):83-97.
- Oliveira, A. C. M. Himelbloom, B. H., Montazeri, N., Davenport, M., Biceroglu, H., Brenner, K. A., Ozpolat, E. and Patir, B. 2015.** Determination of Shelf Life For Sausage Produced From Some Freshwater Fish Using Two Different Smoking Method. *Food safety*, 36: 69-76.
- Panpipat, W. and Yongsawatdigul, J. 2008.** Stability of potassium iodide and omega-3 fatty acids freshwater fish emulsion sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 483-492.
- Pexara, E.S., Metaxopoulos, J. and Drosinos, E.H. 2002.** Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages - 'piroski'-stored under vacuum and modified atmospheres at +4 and +10°C. *Meat Science*, 62: 33-43.
- Poyato, C., Ansorena, D., Navarro-Blasco, I., Astiasarán, I. and Berastategi, I. 2014.** Optimazation of a gelled emulsion intended to supply ω -3 fatty acid into meat products by means of response surface methodology. *Meat Science*, 98:615-621.
- Raju, C.V., Shamasundar, B.A. and Udupa, K.S. 2003.** The use of nisin as a preservative in fish sausage stored at ambient ($28\pm 2^\circ\text{C}$) and refrigerated ($6\pm 2^\circ\text{C}$) temperatures. *Food Science*, 38: 171-185.
- Rahmani Farah, K., Shabanpoor, B. and Shabani, A. 2012.** Comparison of proximate analysis and physicochemical changes in fish sausage during refrigerated storage. *Utilization and Cultivation of Aquatics*, 2:63-82
- Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A. M., Rodríguez-Salas, L., and Jiménez-Colmenero, F.**



Enhancement of the nutritional status and quality of enriched silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) sausage by fish oil

Sahar Maghsoudloo¹, Parastoo Pourashuri², Bahare Shabanpouri³

1- M.S.c Student, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran

2- Assistant Prof., Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Professor, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 18.10.2016

Accepted : 16.01.2017

*Corresponding author: Pourashouri.p@gmail.com

Abstract:

The effects of adding refined cod liver oil- rich in omega 3- in three forms (fish oil, O/W emulsion, gelled oil-in-water emulsion) to sausage from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) was investigated. In this regard, such properties of the sausage as its physicochemical, sensory, microbiological, texture, color, cooking loss and oxidative stability of enriched sausages were assessed. The results of proximate composition analyses showed that there was no difference between enriched formulated fish sausage ($p > 0.05$). pH ranged from 6.52 to 6.72 and decreased during storage. Enrichment of fish sausage caused to higher ω -3 PUFAs content, especially EPA and DHA, and decreasing significantly the ω -6/ ω -3 ratio from 22.3 to 9.85. The control and fish oil treatments showed significantly higher thiobarbituric acid value during storage ($p < 0.05$). Cooking loss was lower in gelled emulsion than other formulations. Texture analysis results showed higher hardness in gelled emulsion sausages than the others. Sensorial tests showed that the gelled emulsion sausages had higher acceptability scores. As a result, gelled emulsion was demonstrated to be a suitable delivery system in fortification of fish sausage.

Keywords: Fish sausage, Gelled emulsion, Fish oil, Fortification, Carrageenan