

(مقاله پژوهشی)

بررسی اثرات انجماد کند و سریع بر روی اسیدهای چرب و بار میکروبی فیله ماهی تیلاپیا نیلی (*Oreochromis niloticus*)

بابک کرمی^{۱*}، یزدان مرادی^۲، عباسعلی مطلبی^۲

۱- گروه صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

در این پژوهش اثر انجماد کند و سریع بر روی اسیدهای چرب و بار میکروبی ماهی تیلاپیا نیلی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور فیله های ماهی تیلاپیا نیلی (*Oreochromis niloticus*) به دو روش انجماد کند و سریع منجمد، بسته بندی و در دمای ۱۸- درجه سلسیوس به مدت شش ماه نگهداری شدند. تغییرات اسیدهای چرب و بار میکروبی فیله ها به صورت ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد اسیدهای چرب در زمان نگهداری در سردخانه در تمامی نمونه ها دستخوش تغییرات شد. در نمونه های تازه تیلاپیا نیلی به ترتیب درصد اسیدهای چرب اشباع (SFA) ۲۴/۸۴ درصد، اسیدهای چرب غیر اشباع دارای یک باند دوگانه (MUFA) ۳۶/۱۴ درصد و اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه (PUFA) ۳۸/۶۲ بود. در ماه آخر نمونه برداری، درصد SFA و MUFA به صورت معنادار افزایش و درصد PUFA کاهش یافت ($p < 0.05$). در تیلاپیا نیلی با انجماد کند و سریع به ترتیب درصد SFA به ۲۸/۹۰ و ۲۷/۳۸، درصد MUFA به ۳۹/۵۵ و ۳۸/۲۱ و درصد PUFA به ۳۰/۵۶ و ۳۵/۲۲ رسید. میزان این تغییرات برای نمونه های حاصل از انجماد سریع نسبت به انجماد کند کمتر بود ($p < 0.05$). همچنین تعداد کل باکتری ها در نمونه تازه 2×10^5 پرگنه برای هر گرم گوشت (cfu. g^{-1}) بود که با گذشت زمان از تعداد آن ها کاسته شده و در ماه ششم برای نمونه های حاصل از انجماد کند به 3×10^2 و برای نمونه های با انجماد سریع به صفر رسیده است. این کاهش در نمونه های انجماد سریع به صورت معنادار بیشتر بود ($p < 0.05$).

واژه های کلیدی: تیلاپیا، انجماد سریع، انجماد کند، اسید چرب.

*مسئول مکاتبات: B.karami@iau-tnb.ac.ir

۱-مقدمه

فرآیند انجماد یکی از بهترین روش‌های نگهداری مواد غذایی است. منجمد کردن باعث می‌شود مواد مغذی موجود در غذا با کمترین تغییر برای زمان به نسبت طولانی حفظ شود و از طرف دیگر از رشدونمو موجودات ذره بینی جلوگیری کرده و فعالیت آن‌ها را متوقف می‌کند (۸). انجماد بر اساس سرعت منجمد کردن به چهار دسته‌ی انجماد کند با سرعت ۰/۲ سانتی‌متر در ساعت، انجماد سریع با سرعت ۰/۵ تا ۳ سانتی‌متر در ساعت، انجماد فوق سریع با سرعت ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در ساعت و انجماد فوق سریع با سرعت ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در ساعت تقسیم می‌شود (۱۵). از دست دادن کیفیت در محصولات منجمد می‌تواند به علت نوع انجماد و یا در طی ذخیره‌سازی آن رخ داده و تغییراتی در بافت ماهی ایجاد کند که این تغییرات شامل تغییر در بافت، طعم و بو، رنگ و خشک شدن آن می‌باشد. دنا توره شدن پروتئین، تغییرات فعالیت آنزیم‌ها، اکسیداسیون چربی و فرآیند هیدرولیز در زمان انجماد و نگهداری محصول قابل بررسی خواهند بود (۸). ماهی تیلپیا از مهم‌ترین انواع ماهیان پرورشی می‌باشد و هم اکنون بیش از صد کشور جهان جنس‌ها و گونه‌های مختلف این ماهی را پرورش می‌دهند. بزرگترین پرورش دهنده تیلپیا در دنیا، کشور چین می‌باشد. این ماهی رشد بسیار سریعی دارد و مناسب برای اقلیم گرم و خشک است (۴). رایج‌ترین سیستم پرورش این ماهی استفاده از استخرهای خاکی است که می‌تواند به صورت پرورش گسترده، نیمه متراکم و متراکم انجام شود. همچنین پرورش چندگونه‌ای تیلپیا به همراه میگو و کپور ماهیان و کفال نیز انجام می‌شود. این ماهی در سال ۱۳۸۷ توسط موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور به جهت معرفی به صنعت آبرزی پروری کشور وارد شده است. تاکنون، پژوهش‌هایی در راستای تعیین درصد اسیدهای چرب و توزیع آن‌ها در ماهی‌های تیلپیا انجام شده است. در مطالعه اوسیونا و همکاران (۱۳) درصد چربی تیلپیا زیلی (*Tilapia zillii*) به مقدار ۱/۱ تعیین شد و بیشترین اسید چرب، اسید اولئیک

(C18:1) به میزان ۲۶/۰ درصد و بالاترین میزان امگا ۳، مربوط به کلونودونیک اسید (C22:5) به مقدار ۳/۷ درصد بود. نسبت امگا ۳ به امگا ۶ نیز ۲/۷ محاسبه شد. بر اساس نتایج پژوهش یوسیدس و همکاران (۱۶) نیز مقدار چربی در ماهی تیلپیا ۲ درصد به دست آمد. همچنین، توزیع اسیدهای چرب آن به صورت MUFA > SFA > PUFA بود و مقدار امگا ۶ آن (۴۱۳ میلی‌گرم در صد گرم عضله) بیشتر از امگا ۳ (۱۸۹ میلی‌گرم در صد گرم عضله) بود. در پژوهشی دیگر، ویرا و همکاران (۱۹) با بررسی اسیدهای چرب تیلپیا نیلی دریافتند که درصد MUFA بیشتر از SFA و PUFA بوده و همچنین نسبت امگا ۳ به امگا ۶ به مقدار ۰/۳ به دست آمد. تاثیر انجماد ماهی بر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی آن نیز توسط سایر پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال، آرانیلوا و همکاران (۱) کاهش درصد چربی را پس از نگهداری ۶۰ روزه‌ی ماهی تیلپیا (*Sarotherodon galiaenus*) در دمای ۱۸- درجه سلسیوس گزارش کردند. از آن جا که در کشور ما به دلیل وسعت جغرافیایی امکان عرضه ماهی تازه در تمام فصول سال امکان پذیر نیست، بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر روش‌های مختلف انجماد کند و سریع روی کیفیت فیله ماهی تیلپیا منجمد مانند اسیدهای چرب و بار میکروبی فیله ماهی تیلپیا نیلی انجام شده است تا بهترین شرایط عرضه ماهی منجمد مورد مطالعه قرار گیرد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی فیله‌ها

برای انجام تحقیق حاضر، ۸۰ قطعه ماهی تیلپیا نیلی با میانگین وزن (Mean $\pm$ SE) 50 ± 700 گرم از استخرهای ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور در بافق یزد دراردیبهشت ماه ۱۳۹۰ تهیه شد. دراین مرحله پس از زدن سر و دم، احشاء ماهی تخلیه شده و به نسبت ۱:۱ (پودر یخ و ماهی) در مخازن عایق (CSW) قرار داده شد و به مرکز تحقیقات فرآوری آبزیان انزلی وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران منتقل

۳- نتایج

۳-۱- اسیدهای چرب

۳-۱-۱- فیله‌های تازه

پروفایل اسیدهای چرب نمونه‌ها در حالت تازه و منجمد و مقایسه دو روش انجماد کند و سریع در جدول‌های ۱ تا ۳ آمده است. در بافت عضله تیلایپا نیلی تازه ۲۹ اسید چرب شناسایی شد که از این تعداد ۹ اسید چرب متعلق به گروه SFA^۲ و ۹ اسید چرب نیز متعلق به گروه MUFA^۳ شناسایی شدند. همچنین، ۱۱ اسید چرب از گروه PUFA^۴ شناسایی شد. بیشترین مقدار اسید چرب نمونه‌های تازه مربوط به اسید اولئیک (C18:1) با ۲۸/۵۲ درصد می‌باشد. بیشترین میزان SFA مربوط به اسید پالمیتیک (C16:0) با ۱۵/۳۴ درصد می‌باشد، با این وجود اسیدهای چرب PUFA در نمونه‌های تازه با ۳۸/۶۲ درصد، میزان بیشتری را نسبت به MUFA با ۳۶/۱۴ درصد و SFA با ۲۴/۸۴ درصد به خود اختصاص داده است. در مطالعه اوسیونا و همکاران (۱۳) تعداد ۲۳ اسید چرب و در مطالعه گاردانو و همکاران (۷)، ۲۷ اسید چرب در تیلایپا نیلی شناسایی شدند. بیشترین اسید چرب غیر اشباع تیلایپا نیلی در هر دو مطالعه، اسید پالمیتیک (C16:0) بود که به ترتیب ۱۵/۳۴ و ۱۶/۸۷ درصد از کل اسیدهای چرب را شامل می‌شد. لازم به ذکر است که در مطالعه کاسترو و همکاران (۳) مقدار اسید پالمیتیک ۲۵/۹ درصد برای تیلایپا نیلی به دست آمد. در این مطالعه بیشترین میزان اسید چرب غیر اشباع در نمونه تیلایپای نیلی، اسید اولئیک (C18:1n9) به مقدار ۲۸/۵۲ درصد و بیشترین میزان امگا ۳، دوکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6) به مقدار ۶/۳۲ درصد بود که مشابه نتایج به دست آمده در مطالعه اوسیونا و همکاران (۱۳) به میزان ۳/۵ درصد و ویرا و همکاران (۱۹) به میزان ۵/۷۷ درصد بود.

شد. در این مرکز به منظور تهیه نمونه‌های انجماد کند، ابتدا از عضله بخش فوقانی خط جانبی ماهی، فیله‌هایی آماده شد. سپس این نمونه‌ها به صورت جداگانه داخل کیسه‌های پلی‌آمیدی قرار داده شده و برای انجماد به طور مستقیم داخل سردخانه با دمای ۱۸- درجه سلسیوس قرار گرفتند. سرعت انجماد برای نمونه‌های اشاره شده ۲ میلیمتر بر ساعت بود. به منظور تهیه نمونه برای فرآیند انجماد سریع، نمونه‌های فیله توسط تونل انجماد ماریچ ساخت شرکت Coppens کشور هلند در دمای ۳۰- درجه سلسیوس، با سرعت جریان هوای ۱۰ متر بر ثانیه و به مدت ۲۵ دقیقه منجمد شدند که سرعت انجماد ۸ میلی متر بر ساعت بود و به سردخانه با دمای ۱۸- درجه سلسیوس منتقل شدند. نمونه‌های انجماد کند و تند به مدت ۶ ماه در سردخانه نگهداری شدند و سپس در دمای معمولی اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) یخ‌زدایی شده و مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲-۲- روش‌های آزمایشگاهی

بعد از استخراج چربی از بافت عضله به روش بلیگ و دایر (۲)، برای تهیه متیل استر و شناسایی اسیدهای چرب روش مورف (۱۱) به کار گرفته شد.

۳-۲- آزمون میکروبی

برای شمارش کلی میکروبی از روش ISO (۸) استفاده شد.

۲-۴- آنالیز آماری داده‌ها

تمام آزمایش‌ها با میانگین سه تکرار انجام شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab16 انجام گرفت. از آنالیز واریانس یک طرفه^۱ و آزمون توکی به منظور مقایسه داده‌ها استفاده شد.

2.-Sutured Fatty Acid

3.-Mono Un-sutured Fatty Acid

4.-Poly Un-sutured Fatty Acid

1.-One-way ANOVA

یکی از مهم ترین ویژگی چربی ماهی ها، میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه^۱ است که امگا ۳ و ۶ جزء مهم ترین آن ها هستند. دو اسید چرب مهم از نوع امگا ۳ که در ماهی ها به مقدار زیاد یافت می شوند، EPA و DHA هستند که از ارزش تغذیه ای زیادی برخوردارند (۳). نسبت توصیه شده اسید چرب امگا ۳ به امگا ۶ که برای سلامت مصرف کننده اهمیت بالایی دارد، ۱ به ۴ و یا ۱ به ۵ است (۱۵) که این میزان در تیلاپیا نیلی تازه در مطالعه ما ۰/۴۵ می باشد (جدول های ۱ و ۲). در مطالعه جاستی و همکاران (۱۰) و در مطالعه ویور و همکاران (۲۰) این نسبت به ترتیب به میزان ۰/۲۳ و ۰/۴۰ به دست آمد که دلیل تفاوت آن با نتایج پژوهش حاضر را می توان به تفاوت در جیره غذایی مصرفی ماهی نسبت داد. همچنین میزان دو اسید چرب EPA و DHA که اهمیت زیادی از نظر ارزش غذایی چربی ماهی دارند، در نمونه های تازه به ترتیب ۰/۸۱ و ۶/۳۲ درصد هستند. DHA بالاترین درصد را در بین اسیدهای چرب امگا سه تیلاپیا نیلی به خود اختصاص داده است (جدول ۱).

۳-۱-۲- فیله های منجمد

در زمان نگهداری در سردخانه به دلیل تغییر در زنجیره های اسیدهای چرب، میزان اسیدهای چرب تیلاپیا نیلی مطابق جدول های ۱ و ۲ دستخوش تغییراتی شده اند. اسیدهای چرب غیراشباع تحت تاثیر فعالیت آنزیمی از ملکول تری گلیسرید و

یا فسفولیپید جدا شده و ایجاد اسیدچرب غیراشباع به صورت آزاد (FFA) می کند که در نهایت با اکسیژن هوا ترکیب شده و به آلدئید و کتون تبدیل می شود (۳). اتواکسیداسیون در نتیجه واکنش بین اکسیژن و لیپیدهای غیر اشباع صورت می گیرد که در اصطلاح به تندی اکسیداتیو موسوم است. در زمان انجماد و با پیشرفت اکسیداسیون، به علت شکستن زنجیره های بلند اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه کاهش معنی داری را در مقدار PUFA خواهیم داشت؛ به طوری که در این مطالعه مقدار PUFA در تیلاپیا نیلی تازه ۳۸/۶۲ درصد بوده و در ماه آخر به ۳۰/۵۶ درصد در انجماد کند و ۳۵/۲۲ درصد در انجماد سریع رسید ($p < 0.05$). همچنین در تیلاپیا نیلی تازه میزان MUFA از ۳۶/۱۴ درصد به ۳۹/۵۵ در انجماد کند و ۳۸/۲۱ درصد در انجماد سریع در ماه آخر رسید ($p < 0.05$). این تغییرات به صورت افزایشی در SFA نیز مشاهده شده است که میزان آن در فیله های تازه از ۲۴/۸۴ درصد به ۲۸/۹۰ درصد در انجماد کند و ۲۷/۳۸ درصد در انجماد سریع رسیده است. با کاهش PUFA درصد اسیدهای چرب امگا ۳ و ۶ هم کاهش می یابد و میزان امگا ۳ از ۱۱/۹۰ درصد در نمونه های تازه به ۸/۹۹ درصد در انجماد کند و ۹/۹۱ درصد در انجماد سریع رسید. مقدار امگا ۶ نیز از ۲۶/۳۹ درصد به ۲۱/۲۵ درصد در انجماد کند و ۲۵/۱۳ درصد در انجماد سریع رسید (جدول های ۱ و ۲).

جدول ۱- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه تیلاپیا نیلی حاصل از انجماد کند در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجهسلسیوس (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان‌های نگهداری			
	نمونه تازه	ماه اول	ماه سوم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴±۰/۰۱ ^a	۰/۰۵±۰/۰۰ ^a	۰/۰۵±۰/۰۱ ^a	۰/۰۷±۰/۰۱ ^b
C14:0	۱/۹۳±۰/۰۵ ^b	۲/۲۲±۰/۰۱ ^d	۲/۰۲±۰/۰۰ ^c	۱/۷۳±۰/۰۱ ^a
C15:0	۰/۴۳±۰/۰۲ ^b	۰/۴۲±۰/۰۰ ^b	۰/۴۲±۰/۰۱ ^b	۰/۴۵±۰/۰۱ ^b
C16:0	۱۵/۳۴±۰/۱۶ ^a	۱۷/۳۶±۰/۰۸ ^b	۱۷/۱۱±۰/۳۰ ^b	۱۷/۹۰±۰/۴۵ ^c
C17:0	۰/۸۴±۰/۰۱ ^a	۰/۸۴±۰/۰۱ ^a	۰/۸۵±۰/۰۶ ^a	۰/۸۹±۰/۱۲ ^b
C18:0	۵/۰۳±۰/۰۳ ^a	۵/۶۳±۰/۱۰ ^a	۶/۵۸±۰/۱۲ ^c	۶/۳۸±۰/۰۳ ^c
C20:0	۰/۳۸±۰/۰۱ ^b	۰/۳۴±۰/۰۳ ^b	۰/۴۳±۰/۰۱ ^c	۰/۳۸±۰/۰۶ ^b
C22:0	۰/۱۷±۰/۰۰ ^a	۰/۱۵±۰/۰۱ ^a	۰/۱۹±۰/۰۱ ^a	۰/۱۶±۰/۰۱ ^a
C24:0	۰/۶۸±۰/۰۱ ^d	۰/۳۹±۰/۰۱ ^b	۰/۳۵±۰/۰۴ ^a	۰/۹۴±۰/۰۵ ^e
Σ SFA	۲۴/۸۴±۰/۱۲ ^a	۲۷/۴۰±۰/۲۱ ^b	۲۸/۰۰±۰/۱۶ ^c	۲۸/۹۰±۰/۳۲ ^d
C14:1	۰/۲۵±۰/۰۲ ^a	۰/۲۶±۰/۰۰ ^a	۰/۲۶±۰/۰۱ ^a	۰/۲۵±۰/۰۰ ^a
C15:1	۰/۱۲±۰/۰۱ ^a	۰/۱۲±۰/۰۱ ^a	۰/۱۲±۰/۰۱ ^a	۰/۱۳±۰/۰۱ ^a
C16:1	۵/۲۳±۰/۰۶ ^a	۵/۴۶±۰/۱۱ ^b	۵/۷۴±۰/۱۱ ^b	۵/۱۲±۰/۰۶ ^a
C17:1	۰/۶۲±۰/۰۱ ^a	۰/۶۰±۰/۰۱ ^a	۰/۵۷±۰/۰۳ ^a	۰/۷۵±۰/۱۱ ^b
C18:1t	۰/۲۳±۰/۰۱ ^a	۰/۲۷±۰/۰۰ ^a	۰/۳۱±۰/۰۸ ^a	۰/۲۵±۰/۰۱ ^a
C18:1c n9	۲۸/۵۲±۰/۱۸ ^a	۲۸/۵۱±۰/۱۰ ^a	۳۰/۸۵±۰/۳۱ ^b	۳۱/۴۹±۰/۰۸ ^c
C20:1	۰/۲۱±۰/۰۲ ^a	۰/۲۷±۰/۰۱ ^b	۰/۱۷±۰/۱۱ ^a	۰/۲۷±۰/۱۲ ^b
C22:1	۰/۲۲±۰/۰۰ ^a	۰/۲۳±۰/۰۲ ^a	۰/۱۴±۰/۰۲ ^a	۰/۳۵±۰/۱۲ ^b
C24:1	۰/۷۴±۰/۰۵ ^c	۰/۶۴±۰/۰۷ ^b	۰/۶۵±۰/۰۸ ^b	۰/۹۴±۰/۰۱ ^d
Σ MUFA	۳۶/۱۴±۰/۱۸ ^a	۳۶/۳۶±۰/۳۱ ^a	۳۸/۸۱±۰/۰۶ ^b	۳۹/۵۵±۰/۰۹ ^c
C18:2t	۰/۳۳±۰/۰۱ ^a	۰/۲۹±۰/۰۱ ^a	۰/۳۴±۰/۱۸ ^a	۰/۳۲±۰/۵۱ ^a
C18:2c n6	۲۲/۶۸±۰/۱۱ ^c	۲۱/۰۲±۰/۰۸ ^b	۲۱/۴۰±۰/۰۳ ^b	۱۹/۰۱±۰/۱۱ ^a
C20:2 n6	۱/۰۴±۰/۰۳ ^b	۰/۸۷±۰/۰۱ ^a	۱/۰۳±۰/۰۵ ^b	۰/۸۵±۰/۷۸ ^a
C18:3 n6	۰/۶۳±۰/۰۱ ^c	۰/۴۶±۰/۰۱ ^b	۰/۳۳±۰/۰۱ ^a	۰/۴۹±۰/۰۱ ^b
C18:3 n3	۲/۰۴±۰/۰۳ ^b	۲/۲۴±۰/۱۸ ^c	۱/۸۸±۰/۰۱ ^a	۱/۸۵±۰/۱۱ ^a
C20:3 n6	۰/۶۱±۰/۰۱ ^a	۰/۳۷±۰/۰۱ ^b	۰/۳۱±۰/۰۱ ^b	۰/۲۵±۰/۰۸ ^b
C18:4 n3	۱/۱۰±۰/۰۶ ^a	۱/۰۵±۰/۰۳ ^a	۱/۲۷±۰/۰۶ ^a	۱/۱۴±۰/۱۸ ^a
C20:4 n6	۱/۴۳±۰/۰۱ ^e	۱/۰۶±۰/۰۵ ^d	۱/۰۵±۰/۰۳ ^d	۰/۶۵±۰/۱۹ ^a
C20:5 n3	۰/۸۱±۰/۰۱ ^c	۰/۷۸±۰/۰۴ ^b	۰/۷۴±۰/۱۱ ^b	۰/۶۴±۰/۱۱ ^a
C22:5 n3	۱/۶۳±۰/۱۱ ^d	۱/۳۵±۰/۱۱ ^b	۱/۰۹±۰/۱۴ ^a	۱/۳۵±۰/۱۴ ^b
C22:6 n3	۶/۳۲±۰/۰۸ ^d	۶/۵۶±۰/۱۰ ^d	۴/۸۱±۰/۳۱ ^c	۴/۰۱±۰/۲۱ ^a
Σ PUFA	۳۸/۶۲±۰/۲۰ ^c	۳۶/۰۵±۰/۲۲ ^b	۳۴/۲۵±۰/۳۲ ^b	۳۰/۵۶±۰/۳۱ ^a
Other	۰/۹۱±۰/۰۱	۰/۶۴±۰/۰۷	۰/۵۲±۰/۳۰	۰/۲۶±۰/۱۹
Σ n3	۱۱/۹۰±۰/۲۰ ^c	۱۱/۹۸±۰/۲۰ ^c	۹/۷۹±۰/۲۳ ^b	۸/۹۹±۰/۱۷ ^a
Σ n6	۲۶/۳۹±۰/۲۱ ^d	۲۳/۷۸±۰/۱۵ ^c	۲۴/۱۲±۰/۲۰ ^c	۲۱/۲۵±۰/۲۲ ^a
n 3/n 6	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۴۲

* داده‌ها بیانگر میانگین $\pm$ تکرار $\pm$ انحراف معیار است.

- حروف متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است ($P < 0.05$)

- n3/n6- نسبت مجموع اسید های چرب امگا ۳ به مجموع اسید های چرب امگا ۶

جدول ۲- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه تیلایا نیلی حاصل از انجماد سریع در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه‌سیوس (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان‌های نگهداری			
	نمونه تازه	ماه اول	ماه سوم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۰۵ $\pm$ ۰/۰۰ ^a	۰/۰۳ $\pm$ ۰/۰۰ ^a	۰/۰۶ $\pm$ ۰/۰۰ ^a
C14:0	۱/۹۳ $\pm$ ۰/۰۵ ^b	۲/۴۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۱/۵۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۲/۱۸ $\pm$ ۰/۰۰ ^c
C15:0	۰/۴۳ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۰/۳۰ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۴۱ $\pm$ ۰/۰۰ ^b
C16:0	۱۵/۳۴ $\pm$ ۰/۱۶ ^a	۱۵/۶۸ $\pm$ ۰/۳۲ ^a	۱۵/۷۱ $\pm$ ۰/۲۵ ^a	۱۷/۰۷ $\pm$ ۰/۲۱ ^b
C17:0	۰/۸۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۶۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۸۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۱/۰۸ $\pm$ ۰/۰۲ ^c
C18:0	۵/۰۳ $\pm$ ۰/۰۳ ^a	۶/۱۹ $\pm$ ۰/۱۲ ^c	۶/۸۹ $\pm$ ۰/۱۰ ^c	۵/۶۸ $\pm$ ۰/۱۴ ^b
C20:0	۰/۳۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۳۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۴۷ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۴۹ $\pm$ ۰/۰۳ ^a
C22:0	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۰ ^a	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^a
C24:0	۰/۶۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۶۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۹۲ $\pm$ ۰/۰۵ ^c	۰/۴۸ $\pm$ ۰/۰۳ ^a
Σ SFA	۲۴/۸۴ $\pm$ ۰/۱۲ ^a	۲۶/۴۸ $\pm$ ۰/۰۹ ^b	۲۷/۰۲ $\pm$ ۰/۳۱ ^c	۲۷/۳۸ $\pm$ ۰/۲۱ ^d
C14:1	۰/۲۵ $\pm$ ۰/۰۲ ^a	۰/۲۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۲۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۲۶ $\pm$ ۰/۰۰ ^a
C15:1	۰/۱۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۱ ^a
C16:1	۵/۲۳ $\pm$ ۰/۰۶ ^b	۵/۲۷ $\pm$ ۰/۰۸ ^b	۶/۶۹ $\pm$ ۰/۱۷ ^a	۵/۹۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^c
C17:1	۰/۶۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۵۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۶۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۵۶ $\pm$ ۰/۰۳ ^a
C18:1t	۰/۲۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۳۲ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۲۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	nd
C18:1c n9	۲۸/۵۲ $\pm$ ۰/۱۸ ^a	۲۸/۶۹ $\pm$ ۰/۱۰ ^a	۳۰/۳۵ $\pm$ ۰/۰۹ ^c	۳۰/۲۳ $\pm$ ۰/۴۴ ^c
C20:1	۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۹ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۰/۳۲ $\pm$ ۰/۰۰ ^d
C22:1	۰/۲۲ $\pm$ ۰/۰۰ ^b	۰/۱۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۰/۲۷ $\pm$ ۰/۰۰ ^b
C24:1	۰/۷۴ $\pm$ ۰/۰۵ ^b	۰/۷۰ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۸۹ $\pm$ ۰/۰۴ ^c	۰/۵۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^a
Σ MUFA	۳۶/۱۴ $\pm$ ۰/۱۸ ^a	۳۶/۲۵ $\pm$ ۰/۰۶ ^a	۳۷/۵۰ $\pm$ ۰/۱۵ ^b	۳۸/۲۱ $\pm$ ۰/۳۰ ^c
C18:2t	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۰/۳۵ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۰ ^a
C18:2c n6	۲۲/۶۸ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۲۲/۸۹ $\pm$ ۰/۱۸ ^b	۲۱/۶۹ $\pm$ ۰/۲۱ ^a	۲۲/۵۴ $\pm$ ۰/۸۱ ^c
C20:2 n6	۱/۰۴ $\pm$ ۰/۰۳ ^b	۰/۹۸ $\pm$ ۰/۰۴ ^b	۰/۸۰ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۱/۰۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^b
C18:3 n6	۰/۶۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۰/۵۵ $\pm$ ۰/۰۰ ^c	۰/۵۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۰/۳۰ $\pm$ ۰/۰۱ ^a
C18:3 n3	۲/۰۴ $\pm$ ۰/۰۳ ^b	۱/۷۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۱/۶۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۲/۲۴ $\pm$ ۰/۰۱ ^c
C20:3 n6	۰/۶۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۵۹ $\pm$ ۰/۰۰ ^b	۰/۷۳ $\pm$ ۰/۰۰ ^c	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۵ ^a
C18:4n3	۱/۱۰ $\pm$ ۰/۰۶ ^a	۱/۰۲ $\pm$ ۰/۰۰۳ ^b	۱/۱۴ $\pm$ ۰/۰۰۳ ^b	۱/۱۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b
C20:4 n6	۱/۴۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۱/۵۳ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۲/۲۱ $\pm$ ۰/۲۵ ^c	۰/۸۸ $\pm$ ۰/۰۳ ^a
C20:5 n3	۰/۸۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۷۸ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۰/۷۴ $\pm$ ۰/۰۰۳ ^b	۰/۵۹ $\pm$ ۰/۱۷ ^a
C22:5 n3	۱/۶۳ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۱/۲۳ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۱/۷۰ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۱/۳۹ $\pm$ ۰/۱۶ ^a
C22:6 n3	۶/۳۲ $\pm$ ۰/۰۸ ^d	۵/۶۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^c	۵/۲۰ $\pm$ ۰/۱۲ ^b	۴/۵۸ $\pm$ ۰/۳۲ ^a
Σ PUFA	۳۸/۶۲ $\pm$ ۰/۲۰ ^c	۳۷/۲۵ $\pm$ ۰/۲۲ ^b	۳۶/۸۳ $\pm$ ۰/۱۹ ^b	۳۵/۲۲ $\pm$ ۰/۴۱ ^a
Other	۰/۹۱ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۸۹ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۹۴ $\pm$ ۰/۰۱	۰/۱۰ $\pm$ ۰/۳۸
Σ n3	۱۱/۹۰ $\pm$ ۰/۲۰ ^c	۱۰/۳۵ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۱۰/۳۹ $\pm$ ۰/۲۵ ^b	۹/۹۱ $\pm$ ۰/۱۰ ^a
Σ n6	۲۶/۳۹ $\pm$ ۰/۲۱ ^b	۲۶/۵۴ $\pm$ ۰/۱۴ ^b	۲۵/۹۹ $\pm$ ۰/۱۸ ^a	۲۵/۱۳ $\pm$ ۰/۰۹ ^a
n 3/n 6	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۳۹

* داده‌ها بیانگر میانگین ۳ تکرار $\pm$ انحراف معیار است

- حروف متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است ($P < 0.05$)

-n3/n6: نسبت مجموع اسیدهای چرب امگا ۳ به مجموع اسیدهای چرب امگا ۶

رسید. نرخ پائین‌تر اکسیداسیون در انجماد سریع که ناشی از تفاوت‌های سرعت انجماد است (۴)، عامل تغییرات کمتر اسیدهای چرب در تیمارهای با انجماد سریع نسبت به انجماد کند است. همانطور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد میزان تغییرات اسیدهای چرب در زمان نگهداری در سردخانه برای انجماد کند نسبت به انجماد سریع بیشتر بوده است ($p < 0.05$). کاهش درصد چربی کل و همچنین تفاوت این کاهش در تیمارهای مختلف حاصل از انجماد کند و تند در مطالعه پاور و ماگار (۱۴) روی ماهی پومفرت نیز گزارش شده است و مقدار آن از ۲/۰۱ درصد به ۰/۹ درصد در انجماد کند و ۱/۵ درصد در انجماد تند رسیده است.

در پژوهش‌های گذشته، نگ و باهورمیز (۱۲) افزایش SFA از ۲۴/۹ به ۲۶/۱ درصد را بعد از ۷ ماه نگهداری در سردخانه در تیلاپیا قرمز نشان دادند. همچنین درصد MUFA در آن مطالعه از ۳۳ به ۳۴/۱ افزایش داشت و میزان PUFA از ۳۳/۳ درصد به ۳۰/۶ درصد رسید ($p < 0.05$). نتایج بررسی Valeria و همکاران (۱۷) روی ماهی سالمون دریایی (*Pseudo precus semifasciata*) مشابه با نتایج پژوهش حاضر بود که در آن درصد PUFA کاهش یافته و از ۴۴/۳ درصد به ۳۸/۳ درصد در انتهای ماه چهارم رسید. همچنین درصد MUFA افزایش داشت و از ۱۷/۴ درصد در نمونه‌های تازه به ۲۰/۱ درصد در ماه چهارم رسید. درصد SFA نیز از ۲۵/۸ به ۳۰/۷ در ماه آخر

جدول ۳- مقایسه تغییرات درصد گروه‌های اسید چرب تیلاپیا نیلی با انجماد کند و سریع در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس

زمان‌های نگهداری (ماه)	SFA		MUFA		PUFA	
	(انجماد کند)	(انجماد سریع)	(انجماد کند)	(انجماد سریع)	(انجماد کند)	(انجماد سریع)
نمونه تازه	۲۴/۸۴±۰/۱۲ ^a	۲۴/۸۴±۰/۱۲ ^a	۳۶/۱۴±۰/۱۸ ^a	۳۶/۱۴±۰/۱۸ ^a	۳۸/۶۲±۰/۲۰ ^c	۳۸/۶۲±۰/۲۰ ^c
ماه اول	۲۷/۴۰±۰/۲۱ ^{bB}	۲۶/۴۸±۰/۰۹ ^{bA}	۳۶/۳۶±۰/۳۱ ^{aA}	۳۶/۲۵±۰/۰۶ ^{aA}	۳۶/۰۵±۰/۲۲ ^{bB}	۳۷/۲۵±۰/۲۲ ^{bA}
ماه سوم	۲۸/۰۰±۰/۱۶ ^{cB}	۲۷/۰۲±۰/۳۱ ^{cA}	۳۸/۸۱±۰/۰۶ ^{bB}	۳۷/۵۰±۰/۱۵ ^{bA}	۳۴/۲۵±۰/۳۲ ^{bB}	۳۶/۷۳±۰/۱۹ ^{bA}
ماه ششم	۲۸/۹۰±۰/۳۲ ^{dB}	۲۷/۳۸±۰/۲۱ ^{dA}	۳۹/۵۵±۰/۰۹ ^{cB}	۳۸/۲۱±۰/۳۰ ^{cA}	۳۰/۵۶±۰/۳۱ ^{aB}	۳۵/۲۲±۰/۴۱ ^{aA}

* داده‌ها بیانگر میانگین سه‌تکرار $\pm$ انحراف معیار است

- حروف کوچک متفاوت در یک ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین روش‌های انجماد و حروف بزرگ متفاوت در یک ستون بیانگر اختلاف معنی دار بین مدت زمان نگهداری در سردخانه می‌باشد ($P < 0.05$).

۳-۲- آزمون میکروبی و شمارش کلی باکتری‌ها

یکی از روش‌های معمول برای ارزیابی وضعیت کیفیت ماهی، تعیین میزان شمارش کلی باکتری‌هاست^۱. در این تحقیق، بعد از انجماد نمونه‌ها شاهد کاهش تعداد کلی باکتری‌ها هستیم که این کاهش با افزایش زمان بیشتر شده است. نتایج آزمون

میکروبی شامل شمارش کلی باکتری نمونه‌ها با گذشت زمان در جدول ۴ آمده است. بر این اساس در نمونه تازه تیلاپیا نیلی تعداد 2×10^5 پرگنه برای هر گرم گوشت (cfu. g^{-1}) یافت شد که با گذشت زمان از تعداد آن‌ها کاسته شده و در ماه ششم برای نمونه‌های حاصل از انجماد کند به 3×10^2 و برای نمونه‌های با انجماد سریع به صفر رسیده است. این کاهش در

از آن تعداد بیشتری از باکتری‌ها را نسبت به انجماد کند از بین برده و شاهد تعداد کمتر باکتری‌ها در نمونه‌های انجماد سریع در زمان‌های مشابه نسبت به نمونه‌های انجماد کند هستیم ($p<0.05$) (۴).

نمونه‌های انجماد سریع به صورت معناداری بیشتر می‌باشد ($p<0.05$). بیشترین اثر انهدامی انجماد در دامنه برودت ۲- تا ۴- درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد و با توجه به اینکه در انجماد سریع عبور از این مرحله به سرعت (۲۵ دقیقه) و با درجه برودت کمتر (۳۰- درجه سلسیوس) رخ می‌دهد، شوک ناشی

جدول ۴- بررسی نتایج شمارش کلی باکتری‌ها (cfu.g^{-1}) در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس

تیلاپیا نیلی		زمان نمونه برداری
انجماد کند	انجماد سریع	
$2 \times 10^5 \pm 0.1^e$	$2 \times 10^5 \pm 0.1^f$	صفر (ماهی تازه)
$5 \times 10^3 \pm 0.1^{dA}$	$1 \times 10^5 \pm 0.1^{eB}$	ماه اول
$2 \times 10^3 \pm 0.1^{cA}$	$2 \times 10^4 \pm 0.1^{dB}$	ماه دوم
$2 \times 10^2 \pm 0.1^{bA}$	$3 \times 10^3 \pm 0.1^{cB}$	ماه سوم
$2 \times 10^2 \pm 0.1^{bA}$	$1 \times 10^3 \pm 0.1^{bB}$	ماه چهارم
0.1 ± 0.1^{aA}	$1 \times 10^3 \pm 0.1^{bB}$	ماه پنجم
0.1 ± 0.1^{aA}	$3 \times 10^2 \pm 0.1^{aB}$	ماه ششم

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) بین روش‌های انجماد می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

انجماد یکی از راه‌های موثر در جهت جلوگیری از فساد ماهیان است که آن‌ها را برای عرضه وسیع در بازار مصرف آماده نگه می‌دارد. به طور کلی انجماد میزان SFA و MUFA را در ماهی تیلاپیا نیلی به صورت معنادار افزایش داده و سبب کاهش PUFA می‌شود. با بالا رفتن سرعت انجماد، میزان این تغییرات کاهش معناداری نشان می‌دهد. از سوی دیگر، انجام در هر دو روش کند و سریع بار میکروبی فیلدهای ماهی را کاهش داده و در نهایت به صفر می‌رساند.

اثر انجماد در جلوگیری از فساد مواد غذایی به علت فعالیت‌های موجودات ذره بینی، برای ناسا است که هر میکروارگانیسمی در دامنه معینی از حرارت محیط می‌تواند به فعالیت‌های متابولیسمی خود ادامه دهد و چنانچه حرارت از این حد پایین‌تر رود، رشد آن کند و یا متوقف خواهد شد. بنابراین، برودت زیر صفر رشد و تکثیر موجودات ذره بینی را متوقف می‌کند. همچنین در نتیجه انجماد، فعالیت آبی^۱ ماده غذایی کاهش می‌یابد. در نتیجه، دامنه فعالیت میکروارگانیسم کند و یا متوقف خواهد شد (۵).

۵- منابع

11. Murph, R.G.1993. Handbook of Lipid Research. Plenum Press Publishing.
12. Ng, W. K. and Bahurmiz, O. M. 2009. The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillets from market-size red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. *Food Chemistry*, 113(4):1041-8.
13. Osibona, A. O., Kusemiju, K., Akande, G. R. 2009. Fatty acid composition and amino acid profile of two freshwater species, African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia zillii*). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(1):608-21.
14. Pawar, S.S. and Magar, N.G. 1965. Chemical changes during frozen storage of *Pomphrets*, *Mackerel*, and *Sardines*. *Journal of Fisheries Research*, 38: 87-93.
15. Sargent, J. R. 1997. Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 78(1):S5-13.
16. Usydus, Z., Adamczyk, M. and Szatkowska, U. 2011. Marine and farmed fish in the polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chemistry*, 126:78-84.
17. Valeria, A. T., Mabel, C. T., Maria, C.A. 2010. Lipid and protein deterioration during the chilled storage of minced sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*). *Journal of the Science of Food science and Agriculture*, 22(4): 78-86.
18. Venugopal, V. 2006. Seafood Processing, CRC Press Publishing.
19. Vieira, V.A.R.O. Hilsdorl, A.W.S. and Moreira, R.G. 2011. The fatty acid profiles and energetic substrates of two Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) strains, red-stirling and chitralada, and their hybrid. *Aquaculture Research*, 43(4): 565-576.
20. Weaver, K.L., Ivester, P. and Chilton, J.A. 2008. The content of favorable and unfavorable polyunsaturated fatty acids found in commonly eaten fish. *Journal of American Diet Association*, 108:1178-1185.
1. Arannilewa, S.T., Salawu, S. O. and Sorungbe, A.A. 2005. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galiaenus*). *African Journal of Biotechnology*, 4: 852-855.
2. Bligh, E. G. and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8):911-917.
3. de Castro, F. A., Sant'Ana, H. M., Campos, F. M., Costa, N. M., Silva, M. T., Salaro, A.L. and Franceschini, S. D. 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chemistry*, 103(4):1080-1090.
4. Devahastin, S. 2010. Physicochemical aspects of food engineering and processing. CRC Press.
5. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture, FAO, Rome.
6. Fellows, P. J. 2009. Food processing technology: principles and practice. Elsevier
7. Garduño -Lugo, M., Herrera-Solis, J. R., Angulo-Guerrero, J. O., Muñoz-Córdova, G. and De la Cruz-Medina, J. 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and a red hybrid (*Floridared tilapia* × red *O. niloticus*). *Aquaculture Research*, 38(10):1074-81.
8. ISO E. 4833. 2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of Microorganisms—Colony-count technique at 30 C. International Organization for Standardization, Genova, Switzerland. pp. 1-9.
9. Johnston, W. A. 1994. Freezing and refrigerated storage in fisheries. Food & Agriculture Organization.
- 10- Justi, K.C., Hayashi, C. and Visentainer, J.V. 2003. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, 80: 489-493.

(Original Research Paper)

The Effect of Slow and Quick Freezing on Fatty Acid and Total Count of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets

Babak Karami^{1*}, Yazdan Moradi², Abbas Ali Motallebi²

1- Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received:18/10/2018

Accepted: 02/11/2019

Abstract

This study is designed to investigate the effects of slow and quick freezing on fatty acids and microbial load of *Oreochromis niloticus*. Fillets were prepared in groups of slow and quick frozen and were preserved in -18° centigrade for six months. Changes in Fatty acids amounts and microbial load were monitored every month. Our results indicate statistically significant changes in fatty acid amounts during cold-room preservation in all tested samples. Fresh fillets of *O.niloticus* contain 24.84 percent of saturated fatty acids (SFAs), 36.14 percent of mono unsaturated fatty acids (MUFAs) and 38.62 percent of poly unsaturated fatty acids (PUFAs). However, in the last month of sampling, SFA and MUFA levels significantly increased; whereas PUFA level decreased ($p<0.05$). In slow and quick frozen *O.niloticus*, SFA increased to 28.90% and 27.38%, MUFA reached 39.55% and 38.21%, and PUFA decreased to 30.56% and 35.22%, respectively. Changes in fatty acid levels were significantly less severe in fillets with quick freezing method ($p<0.05$). The results of total count indicate that quick frozen samples had lower numbers of microbial load in comparison with slow ones ($p<0.05$).

Keywords: Tilapia, Quick Freezing, Slow Freezing, Fatty Acid.

*Corresponding Author: B.karami@iau-tnb.ac.ir