وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

عنوان :

بررسی اثر انجماد سریع و کند روی کیفیت گوشت ماهی تیلاپیا

مجری :
یزدان مرادی

شماره ثبت
٤٢٧٧٧

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان

عنوان پروژه : بررسی اثر انجماد سریع و کند روی کیفیت گوشت ماهی تیلاپیا

شماره مصوب پروژه : ۸۹۱۱۳-۸۹۰۷-۱۲-۱۲-۱۲

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : یزدان مرادی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : یزدان مرادی

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : سید حسن جلیلی،فریدون رفیع پور، قربان زارع گشتی، نسرین مشائی، احمد بیطرف، فرشته خدابنده، افشین فهیم،معصومه رهنماسنگاچینی،فرحناز لک زائی ، کبری کمالی احمد غرقی

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : عباسعلی مطلبی

محل اجرا : استان گیلان

تاریخ شروع : ۸۹/۹/۱

مدت اجرا : ۲ سال

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۲

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری »

پروژه : بررسی اثر انجماد سریع و کند روی کیفیت گوشت ماهی تیلاپیا

کد مصوب :۸۹۱۱۳-۸۹۰۷-۱۲-۱۲-۱۲

شماره ثبت (فروست) : ۴۲۷۷۷ تاریخ : ۱۳۹۲/۱/۲۰

با مسئولیت اجرایی جناب آقای یزدان مرادی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم و صنایع غذایی می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش زیست فناوری و فرآوری آبزیان در تاریخ۹۱/۱۱/۱٤ مورد ارزیابی و با نمره ۱۹/۲ و رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد ■ پژوهشکده □ مرکز □ ایستگاه □

با سمت مدیر بخش زیست فناوری و فرآوری آبزیان در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور مشغول بوده است.

به نام خدا

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه

چکیده ۱

۱- مقدمه ۴

۱-۱- بیولوژی ماهی تیلاپیای نیل و قرمز ۵

۱-۲- ارزش غذایی ماهی ۱۳

۱-۳- ساختار عضله در ماهی ۲۰

۱-۴- انجماد ماهی ۲۲

۱-۵- میکروسکوپ الکترونی **SEM** ۲۸

۲- پیشینه تحقیق ۳۲

۳- مواد و روشها ۳۶

۳-۱- فهرست مواد، ابزار و دستگاه ها ۳۶

۳-۲- مراحل تهیه نمونه و روش های آزمایشگاهی ۳۶

۴- نتایج ۴۷

۴-۱- تغییرات ارزش غذایی فیله های تیلاپیا ۴۷

۴-۲- اسیدهای چرب ۵۱

۴-۳- بررسی تغییرات فاکتورهای شیمیایی نمونه ها ۷۰

۴-۴- ارزیابی حسی ۸۱

۴-۴- شمارش کلنی ها ۸۶

۴-۵- نتایج آبچک ۸۷

۴-۶- بررسی تغییرات ساختمان داخلی بافت نمونه ها ۸۸

۵- بحث ۹۲

۵-۱- تغییرات حاصل از انجماد کند وتند و نگهداری در سردخانه بر روی ترکیبات غذایی بافت عضله تیلاپیای نیل و قرمز ۹۲

۵-۲- تغییرات حاصل از انجماد کند وتند و نگهداری در سردخانه بر روی اسیدهای چرب تیلاپیای نیل و قرمز ۹۷

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه

۳-۵- تغییرات حاصل از انجماد کند وتند و نگهداری در سردخانه بر روی شاخص های فساد تیلاپیای نیل و قرمز ۹۹

۴-۵- تغییرات ارزیابی حسی ۱۰۲

۵-۵- آزمون میکروبی ۱۰۵

۶-۵- بررسی تغییرات آبچک ۱۰۶

۷-۵- بررسی تغییرات ساختمان داخلی تیلاپیا نیل و قرمز ۱۰۸

۸-۵- تغییرات ساختمانی داخلی بافت تیلاپیا نیل و قرمز در زمان انجماد ۱۰۸

۶- جمع بندی ۱۱۲

منابع ۱۱۵

پیوست ۱۲۰

چکیده انگلیسی ۱۴۴

چکیده

در این تحقیق ترکیبات ارزش غذایی گوشت (فیله و شکم خالی) و تازه ماهی تیلاپیای نیل و قرمز از قبیل پروتئین، چربی، رطوبت و اسیدهای چرب و تغییرات آن ها در انجماد کند وتند طی یک دروه شش ماهه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین به منظور بررسی تغییرات کیفی نمونه ها شاخص های شیمیائی و میکروبی معرف فساد ماهی شامل پراکسید (PV), تیوباربیتیوریک اسید (TBA)و مجموع بازهای ازته فرار (TVN) و شمارش کلی باکتری ها ارزیابی گردید. ارزیابی حسی و میزان آبچک (Drip) نیز برای دست یابی به تغییرات فیزیکی و قابلیت پذیرش نمونه ها اندازه گیری شد. به منظور مشاهده تغییرات ساختار بافت فیله ها طی فرآیند انجماد، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM از بافت فیله ها عکس برداری شد. برای اجرای این پروژه از ۱۸۰ قطعه تیلاپیا نیل و ۱۸۰ قطعه تیلاپیای قرمز استفاده شد. نمونه ها به شکل (فیله بدون پوست و استخوان و ماهی شکم خالی) آماده سازی شدند. آماده سازی نمونه ها به روش دستی انجام شد. نمونه ها با دو روش کند و تند منجمد و در دمای ۱۸- سانتیگراد برای مدت شش ماه نگهداری شدند. برای تهیه نمونه انجماد کند فیله ها پس از بسته بندی مستقیما در سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد قرار داده شدند و برای تهیه نمونه های با انجماد تند، فیله ها ابتدا توسط تونل انجماد مارپیچی با دمای ۳۰- سانیگراد منجمد و سپس بسته بندی شدند. مدت زمان انجماد برای فیله ها ۲۵ و برای نمونه های شکم خالی ۴۵ دقیقه بود. این نمونه ها نیز در شرایط یکسان با نمونه های انجماد کند در دمای ۱۸- درجه سانیگراد نگهداری شدند. آزمایشات مورد نظر به صورت ماهانه روی نمونه ها انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت, خاکستر, پروتئین و چربی به ترتیب در تیلاپیا نیل تازه ۷۹/۱۲, ۱/۸۵, ۱۸/۷۰, ۱/۳۰ درصد و در تیلاپیا قرمز تازه ۷۸/۰۶, ۱/۳۸, ۲۰/۲۶, ۱/۶۸ درصد در وزن تر عضله بود که مقدار آنها طی فرایند انجماد دستخوش تغییرات گردید. بطوریکه در پایان مدت نمونه برداری در تیلاپیا نیل با انجماد کند و تند, رطوبت به ۷۵/۰۸ و ۷۷/۰۱

درصد, خاکستر به ۳/۱۵ و ۲/۳۱ درصد, پروتئین به ۱۷/۰۰ و ۱۷/۶۱ درصد و چربی به ۰/۶۱ و ۰/۹۱ درصد رسید. همچنین در تیلاپیا قرمز با انجماد کند و تند , رطوبت به ۷۳/۵۶ و ۷۶/۳۱ درصد, خاکستر به ۲/۷۶ و ۱/۸۹ درصد, پروتئین به ۱۷/۵۶ و ۱۸/۰۱ درصد و چربی به ۰/۷۳ و ۱/۱۸ درصد در وزن تر عضله رسید. بعبارت دیگر در پایان زمان نمونه برداری, میزان رطوبت, پروتئین و چربی نمونه ها کاهش معنی داری در سطح ۹۵ درصد داشتند و میزان این کاهش برای نمونه های با انجماد کند بیشتر از نمونه های با انجماد تند بود. همچنین میزان خاکستر طی این مدت افزایش معنی داری داشت و این افزایش در نمونه های با انجماد کند بیشتر از انجماد تند بود($p<0/05$). درصد اسیدهای چرب در زمان نگهداری در سردخانه در تمامی نمونه ها دستخوش تغییراتی شد. در نمونه های تازه تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب درصد SFA ۲۴/۸۴و ۲۷/۱۲ درصد MUFA ۳۶/۱۴و۳۹/۰۱ درصد وPUFA ۳۸/۶۲و ۳۳/۵۲ بود. در ماه آخر نمونه برداری درصد SFA و MUFA افزایش و درصد PUFA کاهش یافت($p<0/05$). در تیلاپیا نیل با انجماد کند و تند درصدSFA به ۲۸/۹۰ و ۲۷/۳۸, درصد MUFA به ۳۹/۵۵ و ۳۸/۲۱ و درصد PUFA به ۳۰/۵۶ و ۳۵/۲۲ رسید. همچنین در تیلاپیا قرمز با انجماد کند و تند درصدSFA به ۳۰/۰۱ و ۲۹/۱۶, درصد MUFA به ۴۴/۵۰ و ۴۲/۹۴ و درصد PUFA به ۲۴/۸۰ و ۲۷/۳۳رسید. میزان این تغییرات برای نمونه های حاصل از انجماد تند نسبت به انجماد کند کمتر بود($p<0/05$). شاخص پراکسید در نمونه های تیلاپیا نیل و قرمز افزایش یافت ($p<0/05$)و بیشترین مقدار آن در نمونه های انجماد کند تیلاپیا نیل و قرمز مشاهده شد که به ترتیب ۰/۸۶و ۰/۹۳ میلی اکی والان بر کیلوگرم بود. شاخص تیوباربیتوریک اسید هم افزایش معنی دار در سطح ۹۵ درصد داشت و حداکثر مقدار آن در تیلاپیا نیل و قرمز, در ماه ششم و در نمونه های با انجماد کند به ترتیب به میزان ۱/۲۰ و ۱/۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. همچنین بیشترین میزان مجموع بازهای ازته فرار در تیلاپیا نیل و قرمز در ماه ششم و در نمونه های با انجماد کند و تند به ترتیب به میزان ۲۳/۸۰ و ۲۱/۹۳ میلی

گرم نیتروژن در صد گرم عضله بود. بررسی عکسهای SEM بافت ماهی در زمان انجماد بیانگر دناتوره شدن و تجمع میوفیبریل ها با افزایش زمان نگهداری بود و تخریب بافتهای ناشی از انجماد تند کمتر از انجماد کند بود.

واژه های کلیدی: ماهی تیلاپیا, انجماد کند و تند, اسیدهای چرب, عکس SEM

۱- مقدمه

یکی از بهترین روشهای نگهداری مواد غذایی به ویژه ماهی, منجمد نمودن آن است که باعث می شود ترکیبات مغذی موجود در گوشت با کمترین تغییر برای مدت نسبتا طولانی حفظ شود و از طرف دیگر از رشد و نمو موجودات ذره بینی جلوگیری کرده و فعالیت انها را متوقف می کند.با توجه به این مساله انواع روشهای انجماد به وجود امده که هدف آن حفظ هر چه بهتر کیفیت فراورده می باشد (Johnston. *et al*., 1994).

انجماد به عنوان یکی از مهمترین روشهای فراوری آبزیان شناخته می شود و نزدیک به ۳۰ میلیون تن فراورده شیلاتی در سال ۲۰۰۸ به شکل منجمد به بازارهای مصرف عرضه شده است(FAO, 2010). انجماد و نگهداری در سردخانه یکی از مهمترین روش ها برای حفظ و نگهداری انواع آبزیان می باشد. با بکارگیری درست این روش, می توان کیفیت محصولات شیلاتی را تا حد نسبتا بالایی حفظ نمود. از مزایای این روش حفظ کیفیت, ظاهر و ارزش غذایی محصولات شیلاتی می باشد. یکی از عوامل مهم در انجماد, زمان عبور از منطقه بحرانی هست که با افزایش سرعت انجماد کاهش می یابد. با افزایش سرعت انجماد شاهد حفظ بهتر کیفیت ماهی منجمد, بعد از انجماد زدایی هستیم(Hall, 2011). بدلیل محدودیتهایی که در عرضه فراورده های شیلاتی به صورت تازه در تمام فصول سال وجود دارد, عرضه منجمد این محصولات در دنیا بسیار توسعه یافته است. بنابراین عرضه فرآورده های شیلاتی منجمد و با کیفیت می تواند در تامین نیازهای بازار و بالا بردن سرانه مصرف آبزیان نقش مهمی بازی کند.

تیلاپیاها بعد از کپور ماهیان, بیشترین سهم را در تولید ماهیان پرورشی دارند و حداقل در ۱۰۰ کشور دنیا پرورش داده می شوند. به دلیل رشد سریع, تحمل دامنه وسیع از شرایط زیست محیطی, استفاده از سطوح پایین زنجیره غذایی و مقاومت به انواع بیماری میزان تولید آن رو به افزایش است. فروش تیلاپیا و فراورده های آن در سال ۲۰۰۸, ۳/۳ میلیارد دلار بود(FAO, 2010).

در سال های اخیر ماهی تیلاپیا, توسط موسسه تحقیقات شیلات و با هدف معرفی یک گونه جدید به آبزی پروری وارد کشور شده است و مراحل تحقیقاتی تکثیر و پرورش آن بخوبی انجام شده است. در معرفی گونه های جدید آبزی علاوه بر دست یابی به تکنیک های تکثیر و پرورش پرداختن به عوامل دیگر از جمله روش های فرآوری، نحوه عرضه، بازار یابی و نحوه مصرف آنها نیز امری ضروری است. لذا این تحقیق با هدف پرداختن به یکی از عوامل مهم فرآوری و دست یافتن به بهترین روش برای انجماد گونه جدید تیلاپیا انجام شده است.

اهداف:

اهداف مورد نظر در این پروژه تحقیقاتی عبارت بودند از:

۱. بررسی تاثیر روش های انجمادسریع وکندروی کیفیت گوشت ماهی تیلاپیای قرمز و تیلاپیای نیل (شکم خالی وفیله)
۲. معرفی بهترین روش برای انجماد و نگهداری ماهی تیلاپیای قرمز وتیلاپیای نیل (شکم خالی و فیله)
۳. تعیین زمان ماندگاری ماهی تیلاپیای قرمز و تیلاپیای نیل (شکم خالی و شکم پر) منجمد

۱-۱- بیولوژی ماهی تیلاپیای نیل[1] و قرمز[2]

۱-۱-۱- رده بندی عمومی :

تیلاپیا ها، گونه های آب شیرین و از خانواده سیچلایده[3] می باشند. نظرات متفاوتی در مورد رده بندی آنها وجود دارد، که این امر به علت شباهت و هم پوشانی خصوصیات مورفولوژیک و همچنین هیبرید آزادانه آنها در

[1] Oreochromis niloticus
[2] Red hybrid Tilapia
[3] Cichlidae

طبیعت است(El-Sayed, 2006). با این وجود اکثر محققان آنها را در حال حاضر بر حسب رفتار تخم ریزی و عادت غذایی در ۳ جنس دسته بندی می کنند.

الف : جنس Oreochromis

بعد از تخم ریزی، ماده ها تخمها را تا زمان تبدیل شدن به بچه ماهی کوچک (Fry) در دهان نگه می دارند[1] (Nelson, 2006).

ب : جنس Sarotherodon

بعد از تخم ریزی، نرها و یا هر دو والد وظیفه نگهداری از تخم ها را در دهان بر عهده می گیرند[2]. تولید مثل در اعضای این جنس و جنس Oreochromis به صورت چند همسری[3] می باشد(Nelson, 2006).

ج : جنس Tilapia

این جنس از تخمهای خود در دهان محافظت نمی کند ولی با تخم ریزی در یک قلمرو مشخص وظیفه نگهداری و حفاظت از آنها را بر عهده می گیرد و به آنها تخمریزان قلمروئی گفته می شود[4]. تولید مثل در این جنس به صورت تک همسری[5] می باشد و هر دو والد از تخمها مراقبت می کنند(El.Sayed, 2006).

جایگاه سیستماتیک تیلاپیای نیل بر اساس Nelson (۲۰۰۶) به شرح زیر است:

Phylum : Chordata

Sobphylom : Craniata

Super class : Gnathostomata

Class : Actinopteryii

---

[1] Maternal mouthbrooders
[2] Maternal/paternal mouthbrooders
[3] Polygamous
[4] Substrate spawners
[5] Monogamous

Subclass : Neopteriygii

Division : Teleostei

Subdivision : Euteleostei

Super order : Acanthopterygii

Series : Periphorma

Order : Perciformes

Suborder : Labroidae

Family : Cichlidae

Genus : Oreochromis

Species : *Oreochromis niloticus niloticus* (Linnaeus,1758)

۲-۱-۱- تیلاپیا نیل و تیلاپیا قرمز

تیلاپیای نیل[1] با نام علمی *Oreochromis niloticus* شناخته می شود. همچنین تیلاپیای دیگری به نام عمومی وتجاری تیلاپیای قرمز[2] وجود دارد که یک واریته ای از تیلاپیا می باشد و یک گونه خاصی از تیلاپیا نیست. این واریته توسط بشر برای اهداف تجاری و بازار سپند بیشتر درست شده است (Pillay and Kutty, 2005).

در این پروژه تحقیقاتی از دو نوع ماهی تیلاپیا (قرمز و نیل) استفاده شده است. تیلاپیا قرمزی که مطالعه بر روی آن در پروژه انجام شده است هیبرید تیلاپیا نیل با تیلاپیای موزامبیکوس(*O. niloticus* × *Tilapia mosambicus*) می باشد. (شکل ۱-۱ و ۱-۲)

[1] Nile tilapia
[2] Red tilapia

شکل ۱-۱- تیلاپیا نیل

۱-۲ : تیلاپیا قرمز

۳-۱-۱- ریخت شناسی

تیلاپیای نیل و تیلاپیای قرمز مانند سایر اعضای خانواده سیچلایده، دارای خط جانبی منقطع هستند و یک سوراخ بینی در هر دو طرف بدن دارند. بدن از دو طرف فشرده شده است و پوشیده شده از فلسهای بزرگ دایره ای ,تعداد فلسها در امتداد خط جانبی ۲۰ تا ۵۰ عدد می باشد. باله پشتی و مخربی دارای خارهای سخت و شعاعهای نرم می باشد. باله پشتی ۱۶ تا ۱۷ شعاع سخت و ۱۱ تا ۱۵ شعاع نرم دارد. باله مخرجی نیز ۳ شعاع سخت و ۱۰ تا ۱۱ شعاع نرم دارد. انتهای باله دمی صاف می باشد. باله های شکمی و سینه ای بزرگ و متمایل به جلو هستند که کمک زیادی به شنا و مانور ماهی در آب می کند. حداکثر طول استاندارد آنها نیز به ۶۰ سانتی متر می رسد. اولین کمان آبششی ۲۷ تا ۳۳ عدد، خار آبششی دارد. رنگ بدن تیلاپیای نیل، تیره است و در فصل تخم ریزی در باله های سینه ای، پشتی و دمی متمایل به قرمز می شود و در تیلاپیای قرمز رنگ بدن قرمز و سفید می باشد(Nelson, 2006).

٤-١-١- تغذیه

تغذیه تیلاپیاها بر حسب جنس، اندازه، طول ساعات روشنایی روز، عمق آب و موقعیت غذایی متفاوت است. تیلاپیاهای جنس Oreochromis ریزه خوار[1] هستند و از فیتوپلانکتونها و دتریتوسها[2] و پری فیتونها[3] بدون قابلیت انتخاب کردن تغذیه می کنند. تیلاپیای نیل و قرمز هم جزء همین دسته هستند. جنس Sarotherodon فیتوپلانکتون خوار هستند و قابلیت انتخاب و جداسازی غذای خود را دارند. همچنین جنس Tilapia از گیاهان بزرگ تغذیه می کند، به همین دلیل از گونه های این جنس برای کنترل گیاهان آفت آبزی استفاده می شود. همچنین آنها از فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، لارو مهره داران، تخم ماهیها، حشرات و باکتریها هم تغذیه می کنند (El-Sayed ,2006)

٥-١-١- پراکنش جهانی

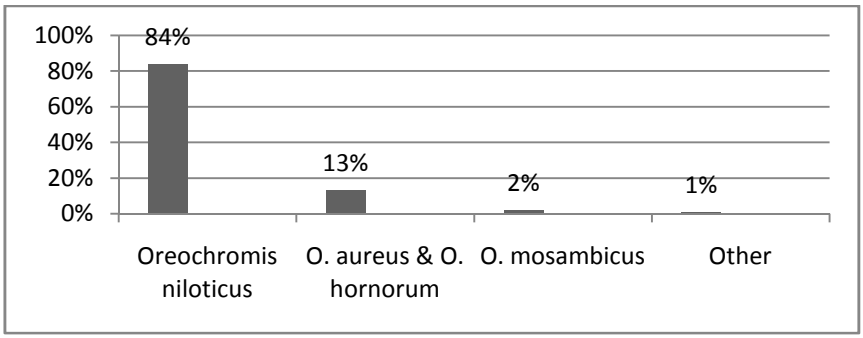
تیلاپیای نیل همانند سایر جنسهای تیلاپیا، بومی آفریقا می باشد. آنها به طور طبیعی در سرتاسر قاره آفریقا به جز رشته کوههای اطلس شمالی و جنوب غربی آفریقا پراکنش دارند. اما در طول نیمه دوم قرن بیستم به مناطق مختلف گرمسیری و نیمه گرمسیری مختلفی نظیر آمریکای جنوبی و مرکزی، جنوب هند، سریلانکا، چین، تایلند و تایوان و... برده شده اند. معرفی آنها بنابر مقاصدی نظیر: پرورش به عنوان ماهی پرواری، ماهیگیری تفریحی، کنترل گیاهان هرز و آفت و اهداف تحقیقاتی می باشد(El-Sayed, 2006).

٦-١-١- اهمیت و ارزش اقتصادی

تیلاپیا معمولاً به عنوان مرغ آبزی پروری شناخته می شود که این عنوان به علت نرخ رشد بالای آن، سازگاری با محدوده وسیع شرایط محیطی و توانایی رشد و تولید مثل بالا حتی در شرایط تغذیه ضعیف می باشد. سابقه

[1] Microphagus
[2] Detritus
[3] Periphyton

پرورش آن به ۴۰۰۰ سال قبل برمی گردد، اما اطلاعات بسیار کمی از آن دوران در دسترس است (El-Sayed 2006)، اولین پرورش تجربی آن در دهه ۱۹۲۰ و در کنیا می باشد و از آن زمان به بعد پرورش آن در بسیاری مناطق حتی خارج از محدوده طبیعی آن، گسترش یافت. هم اکنون بیش از ۱۰۰ کشور به پرورش آن می پردازند (FAO, 2010). میزان صید و پرورش تیلاپیا در سال ۲۰۰۸ به ۳/۳ میلیون تن می باشد که از این مقدار ۲.۵ میلیون تن آن مربوط به پرورش و ۷۷۰ هزار تن آن صید بود. با توجه به اینکه کل تولید آبزیان دنیا (شامل صید و پرورش) ۱۴۵/۱ میلیون تن می باشد, تولید تیلاپیا حدود ۲/۲۷ درصد از کل تولیدات آبزیان را شامل می شود. عمده ترین کشور پرورش دهنده آن چین با ۴۸٪ سهم تولید از کل پرورش تیلاپیا می باشد و بعد از آن در رتبه های بعدی کشورهای مصر، اندونزی، فیلیپین، تایلند و تایوان قرار دارند. از حدود ۱۰۰ گونه تیلاپیای پرورشی در دنیا، ۸۴٪ تولیدات آن مربوط به تیلاپیای نیل می باشد(FAO, 2010) (نمودار ۱-۱). از دلایل حجم بالای پرورش آن می توان به رشد سریع، تحمل تغییرات، رنج وسیع زیست محیط نظیر دما، شوری، اکسیژن محلول، مقاومت به استرس و بیماری، توانایی تولید مثل در اسارت، زمان کوتاه تولید نسل جدید، غذا خوردن از سطوح پایین تغذیه ای و قبول کردن غذای مصنوعی بلافاصله بعد از جذب کیسه زرده اشاره کرد(El-Sayed, 2006).



نمودار ۱-۱- درصد پرورش گونه های مختلف تیلاپیا در دنیا(FAO, 2010)

هیبرید های تیلاپیای سهم بالایی را در پرورش به عهده دارد ولی به دلیل اینکه آمار آنها به تفکیک توسط کشورها ارائه نمی شود, میزان دقیق پرورش آنها مشخص نیست. به طور مثال تخمین زده می شود ۲۵ درصد از تولیدات تیلاپیا در چین هیبریدهای تیلاپیا باشد (FAO 2010).

تولید و پرورش تیلاپیا در کشور سابقه ندارد تنها اقدام انجام شده مربوط به وارد کردن تیلاپیای نیل و قرمز در سال ۱۳۸۷ توسط مؤسسه تحقیقات شیلات ایران به کشور باهدف معرفی گونه جدید به آبزی پروری میباشد. که تحقیقات روی تکثیر ، پرورش، تغذیه و سایر عوامل مربوط به تولید این ماهی در ایستگاه تحقیقاتی بافق استان یزد باموفقیت انجام شده است.

۷-۱-۱- نیازهای زیست محیطی :

دمای بهینه لازم برای پرورش تیلاپیای نیل و قرمز ۲۲ تا ۲۹ درجه سانتیگراد می باشد هر چند که می تواند در دامنه ۱۵ـ ۳۵ درجه سانتیگراد هم هم رشد نماید. تخم ریزی آنها در دمای بالاتر از ۲۲ درجه سانتی گراد انجام می شود. شایان ذکر است که مقاومت آنها به دمای پایین در آبهای لب شور بیشتر از آب شیرین می باشد. همچنین شوری ۰ تا ۲۹ PPT را هم تحمل می کنند ولی برای تخم ریزی شوری زیر ۵ PPT را ترجیح می دهند.تیلاپیای قرمز در آبهای لب شور و شور رشد بهتری دارد(Pillay and Kutty, 2005).

بهترین حالت دوره روشنایی برای آنها ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی می باشد و رنج PH ۵ تا ۱۰ را هم تحمل می کنند. اما بهترین میزان PH برای آنها ۶ تا ۹ می باشد. آمونیاک و نیتریت دو گاز فوق العاده سمی برای آنها می باشد و مقدار آن باید زیر ۰/۱ میلی گرم بر لیتر باشد. همچنین مقدار اکسیژن محلول باید بالای ۱ میلی گرم بر لیتر باشد هر چند که تا ۰/۳ میلی گرم بر لیتر را هم تحمل می کنند(Pillay and Kutty, 2005) .

۸-۱-۱- تولیدمثل و بلوغ

تیلاپیای نیل و قرمز در شرایط پرورش در سن ۵ تا ۶ ماهگی به بلوغ می رسند در حالیکه فقط حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر طول و ۱۵۰ تا ۲۵۰ گرم وزن دارند(Gwahaba, 1973; Trewavas, 1983). هماوری آن حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ عدد می باشد و قطر تخمها هم بین ۲تا ۷/۹ میلی متر می باشد (Graaf et al., 1999).

ابتدا جنس ماده تخمها را در آب رها می کند و بلافاصله آنها را داخل دهان خود کرده سپس جنس نر آنها را داخل دهان ماده بارور می کند و وظیفه محافظت از آنها را بر عهده می گیرد

(Myers. *et al*., 1995 ; Nishida, 1998). (شکل ۱-۳)

شکل ۱-۳- محافظت تخمها در دهان جنس ماده تیلاپیای نیل

بنا به دلایل زیر تولید تیلاپیای تک جنسی (جنس نر) برای پرورش ارجحیت دارد (Pillay and Kutty, 2005).

- نرخ رشد بالاتر و مصرف غذای مؤثرتر

- توانایی بالاتر در تحمل تغییرات محیط زیستی نظیر : دما، شوری، اکسیژن محلول و...

- ذخیره انرژی بیشتر

- میزان خشونت پائین تر

- یکسان بودن سایز برداشت ماهی

- مقاومت بیشتر نسبت به بیماریها

- کنترل کردن جمعیت تیلاپیا موجود در استخر

۹-۱-۱- سیستم های های پرورش تیلاپیا

معمول ترین سیستم پرورش تیلاپیا, پرورش در استخرهای خاکی می باشد که می تواند به صورت پرورش گسترده[1], نیمه متراکم[2] و متراکم[3] انجام شود. همچنین پرورش چند گونه ای تیلاپیا به همراه میگو و کپور ماهیان و کفال نیز انجام می شود. از سیستم های دیگر پرورشی می توان به پرورش در قفس[4] در آبهای شیرین و شور و پرورش در استخرهای سیمانی[5] اشاره کرد. پرورش تیلاپیا به صورت گلخانه ای در مناطق سردسیر نیز انجام می شود(Pillay and Kutty, 2005).

۲-۱- ارزش غذایی ماهی

ماهی یکی از منابع غذائی اصلی حیوانی است و به علت دارا بودن پروتئین، ویتامین،و مقادیر زیاد اسیدهای چرب امگا ۳ که به عنوان تضمین کننده سلامتی شناخته شده اند، به طور گسترده ای در سراسر دنیا توسط انسان ها مصرف می گردد. غذاهای دریائی غنی از ترکیبات معدنی هستند. مجموع میزان مواد معدنی در گوشت خام ماهیان دریایی در دامنه ۰/۶ تا ۱/۵ درصد وزن تر عضله می باشد. پارامترهای تأثیرگذار بر ترکیبات بدن ماهی

[1] Extensive culture
[2] Semi intensive culture
[3] Intensive culture
[4] Cage culture
[5] Race way

می توانند داخلی و یا خارجی باشند. از نمونه پارامترهای داخلی می توان به جنس ماهی، زمان تغذیه فعال، زمان گرسنگی، فصل تخم ریزی، مهاجرت و سن اشاره کرد که این پارامترها ژنتیکی و کنترل شده بوده و تحت تأثیر چرخه زندگی ماهی می باشند. در سراسر طول سال ماهی در معرض تغییرات در خور توجه محیطی (پارامترهای خارجی) و به دنبال آن، نوسانات, در دسترسی به ترکیبات غذایی می باشد که همه این عوامل بر ترکیبات شیمیایی عضله که در ماهیان مختلف متفاوت است، تأثیرگذار می باشند (Rehbein and Oehlenschlager, 2009).

آب که بیشترین سهم (۶۵ تا ۸۰ درصد) را در وزن بدن ماهی تشکیل می دهد, در بین ترکیبات بدن ماهی بیشترین تغییرات را حین فراوری متحمل می شود. علاوه بر این یکی از عواملی که موجب تسریع فساد در گوشت ماهی نسبت به سایر گوشتها می شود، بالا بودن میزان آب در عضله ماهی است.

مقدار پروتئین در عضلات یک ماهی حدود ۱۶ تا ۲۰ درصد است که در هنگام عدم دستیابی به مواد غذایی برای مدت طولانی یا در پایان دوره تخم ریزی، این مقدار کاهش می یابد و ممکن است تا حدود ۱۵ درصد هم برسد (Rehbein and Oehlenschlager, 2009).

۱-۲-۱ - چربی ها

چربیها گروهی از ترکیبات گوناگون را تشکیل می دهند که تنها وجه اشتراک آنها، این است که همگی در حلالهای آلی محلول و در آب نامحلول هستند و اکثراً از مشتقات اسیدهای چرب می باشند. هر چند که این تعریف دارای محدودیتهایی نیز هست برای مثال منوگلسیریدهای دارای اسید چرب با زنجیر کوتاه، جزء لیپیدها هستند و در آب هم محلول. چربیها، موم ها و فسفولیپیدها نمونه های مهمی از لیپیدها هستند که از مشتقات اسید چرب به شمار می آیند. استروئیدها نیز در دسته لیپیدها هستند، در حالی که از مشتقات اسید چرب نمی باشند و از نظر ساختمانی با سایر اعضای گروه تفاوت کلی دارند (Murph, 1993).

چربیها از نظر شیمیایی به دسته ای موسوم به استرها تعلق دارند. در حقیقت چربیها استر الکل سه ظرفیتی گلیسیرین می باشند. هر یک از سه گروه هیدروکسید مولکول گلیسیرین می تواند با یک مولکول اسید چرب ترکیب شود و استر حاصله را تری گلیسرید[1] می نامند. چربی ها تأمین کننده انرژی و اسیدهای چرب ضروری اند و به عنوان یک حامل برای جذب ویتامین های محلول در چربی مثل A ، D ، E و K به کار می روند. چربی ها منبع آنتی اکسیدانها و ترکیبات متعدد بیواکتیو می باشند و به عنوان بلوکهای ساختمان غشا به کار می روند و نقش تنظیمی در فعالیتهای متعدد بیولوژیک بازی می کند. گروهی از آنها نیز به عنوان جایگاه ذخیره انرژی، برای تأمین نیاز بدن در مواقع کمبود غذا به کار برده می شوند (Murph, 1993).

درصد چربی موجود در عضله بافت ماهی جزئی از ترکیب شیمیایی عضله است که بیشترین اختلاف را از نظر مقداری در بدن ماهی نشان می دهند. حتی در یک گونه خاص نیز ممکن است این اختلاف در فصول مختلف سال مشاهده شود که حداقل مقدار آن معمولاً هنگام تخم ریزی است. اختلاف در درصد چربی بر درصد آب عضلات نیز اثر می نماید و آن را تغییر می دهد، زیرا درصد آب و چربی مجموعاً حدود ۸۰ درصد وزن عضله را تشکیل می دهد (Murph, 1993).

چربی بدن ماهی، با چربی پستانداران اختلاف دارد و این اختلاف به علت حضور اسیدهای چرب با زنجیر بلند می باشد که چند غیر اشباعی[2] بوده و بین ۱۴ تا ۲۲ اتم کربن دارند. به علاوه در چربی پستانداران به ندرت اسید چرب با بیشتر از دو اتصال مضاعف وجود دارد، در حالیکه در ذخایر چربی ماهی، اسیدهای چرب زیادی وجود دارند که ۵ یا ۶ اتصال مضاعف دارند (Rossell, 2009).

[1] Triglycerede
[2] Polyunsaturated fatty acid

ماهیان بر اساس مقدار چربی (درصد از وزن گوشت) به ۴ گروه تقسیم بندی می‌شوند(Sikorski and Kołakowska, 2002):

الف) ماهیان با چربی اندک[1] (کمتر از ۲ درصد چربی) مانند ماهی تیلاپیا و کاد.

ب) ماهیان کم چرب[2] (بین ۴-۲ درصد چربی) مانند ماهی حلوا، هالیبوت و کفشک.

ج) ماهیان با چربی متوسط[3] (بین ۸-۴ درصد چربی) مانند ماهی آزاد دریایی.

ت) ماهیان با چربی بالا[4] (بیشتر از ۸ درصد چربی) مانند ماهی هرینگ، قباد، آزاد پرورشی.

۲-۲-۱- اسیدهای چرب

اسیدهای چرب، اسیدهای آلی هستند که در چربی هایی یافت می شوند که در آنها به طور شیمیایی با گلیسرول ترکیب شده اند. اسیدهای چرب را به نام اسیدهای کربوکسیلی می شناسند زیرا دارای گروه کربوکسیل (COOH) می باشند. بیش از 40 اسید چرب مختلف وجود دارند که بخشی از ترکیب تری گلیسریدها را تشکیل می دهند. اسیدهای چرب شامل یک زنجیره اتم های کربن (که به هر یک از آنها هیدروژن متصل گردیده) با یک گروه کربوکسیل در انتها هستند. طول زنجیره کربن متفاوت است و تعداد اتم های کربن یک عدد زوج بین 4 و 24 می باشد(Rossell, 2009).

اسیدهای چرب در بدن به دو دسته ضروری و غیر ضروری تقسیم می شوند به طوری که به اسیدهای چرب اشباع نشده ای که بیش از یک پیوند دوگانه داشته باشند، اسید چرب ضروری گفته می شود، چرا که انسان و سایر جانوران توانایی ساخت آن را در بافت های خود ندارند. این دسته از اسیدها توانایی در پیشگیری از بسیاری عوارض را دارند. سه طبقه بندی برای اسید چرب وجود دارد که عبارتند از:

[1] Lean Fish
[2] Low Fat Fish
[3] Medium Fat Fish
[4] High Fat Fish

الف : اسیدهای چرب اشباع[1]

که در آنها اتم های کربن به وسیله یک پیوند به یکدیگر متصل هستند، بنابراین زنجیر کربن از گروه های تکرار شونده CH_2 تشکیل شده است. به عنوان نمونه، اسید استئاریک یک اسید چرب اشباع می باشد(Rossell, 2009).

ب : اسیدهای چرب غیر اشباع با یک باند دوگانه[2]

که در آنها در زنجیر کربن یک پیوند دوگانه وجود دارد، بنابراین زنجیره دارای دو اتم کربن غیراشباع می باشد که هر یک فقط به یک اتم هیدروژن متصل است. به عنوان نمونه اسید اولئیک، یک اسید چرب غیر اشباع مونو می باشد(Rossell, 2009).

ج : اسیدهای چرب غیر اشباع با چند باند دوگانه[3]

که در آنها ۲ یا بیش از ۲ پیوند دوگانه در زنجیره کربن وجود دارد. به عنوان نمونه اسید لینولئیک یک اسید چرب غیر اشباع پلی است که در زنجیر کربن دارای دو پیوند دوگانه می باشد(Rossell, 2009).

۳-۲-۱- خواص اسیدهای چرب

اسیدهای چرب غیر اشباع دارای نقطه ذوب پائین تری نسبت به اسیدهای چرب اشباع هستند و هر چه تعداد کربن اسید چرب بیشتر شود، نقطه ذوب بالاتر می رود. اسیدهای چرب با زنجیر طویل در آب غیر محلول هستند ولی در قلیایی محلول اند و تشکیل صابون سدیم یا صابون پتاسیم می دهند. اسیدهای چرب غیر اشباع به سهولت اکسید می شوند. تند شدن چربیها بر اثر اکسید شدن و ایجاد عوامل اسیدی و آلوئیدی در چربیهاست. در جدول شماره ۱-۱ نامهای شیمیایی اسیدهای چرب آمده است(Rossell, 2009).

---

[1] SFA(Saturated Fatty Acids)
[2] MUFA(Monounsaturated Fatty Acids)
[3] PUFA(Polyunsaturated Fatty Acids)

جدول ۱-۱ نام های عمومی شیمیایی و اسیدهای چرب (Rossell, 2009)

نام عمومی	تعداد کربن	تعداد باند دوگانه	نام علمی	منبع
بوتریک اسید	۴	۰	بوتانوئیک اسید	چربی کره
کاپروئیک اسید	۶	۰	هگزانوئیک اسید	چربی کره
کاپریلیک اسید	۸	۰	اکتانوئیک اسید	روغن نارگیل
کاپریک اسید	۱۰	۰	دکانوئیک اسید	روغن نارگیل
لوریک اسید	۱۲	۰	دودکانوئیک اسید	روغن نارگیل
مریستیک اسید	۱۴	۰	تترادکانونوئیک اسید	روغن هسته خرما
پالمیتیک اسید	۱۶	۰	هگزا دکانوئیک اسید	روغن خرما
پالمیتولئیک اسید	۱۶	۱	۹-هگزادکانوئیک اسید	روغن حیوانی
استئاریک اسید	۱۸	۰	اکتادکانوئیک اسید	روغن حیوانی
اولئیک اسید	۱۸	۱ امگا۹	۹-اکتادکانوئیک اسید	روغن زیتون
ریسنولئیک اسید	۱۸	۱	۱۲-هیدروکسی-۹-اکتادکانوئیک اسید	روغن کرچک
واسنئیک اسید	۱۸	۱	۱۱- اکتادکانوئیک اسید	چربی کره
لینولئیک اسید	۱۸	۲ امگا۶	۹و۱۲-اکتادکانوئیک اسید	روغن هسته انگور
آلفالینوائیک اسید **ALA**	۱۸	۳ امگا۳	۹و۱۲و۱۵-اکتادکاتریئنوئیک اسید	روغن بذر کتان
گامالینوائیک اسید **GLA**	۱۸	۳ امگا۳	۶و۹و۱۲-اکتادکاتریئنوئیک اسید	روغن گاوزبان
آراشیدیک اسید	۲۰	۰	ایکوزانوئیک اسید	روغن ماهی
گادولئیک اسید	۲۰	۱	۹-ایکوزنئیک اسید	روغن ماهی
آراشیدونیک اسید	۲۰	۴ امگا۶	۵و۱۴و۱۱و۱۴-ایکوزاتترائنوئیک اسید	روغن کبد
EPA	۲۰	۵ امگا۳	۵و۸و۱۱و۱۴و۱۷-ایکوزاپنتائنوئیک اسید	روغن ماهی
بهنیک اسید	۲۲	۰	دوکوزانوئیک اسید	
پوریک اسید	۲۲	۱	۱۳-دوکوزانوئیک اسید	
DHA	۲۲	۶ امگا۳	۴و۷و۱۰و۱۳و۱۹-دوکوزاهگزانوئیک اسید	روغن ماهی
لیگنوسریک اسید	۲۴	۰	تتراکوزانوئیک اسید	مقدار بسیار کمی در اغلب چربی ها موجود است

٤-۲-۱- اسید های چرب امگا ۳ و امگا ٦

یک اسید چرب دارای یک گروه کربوکسیلیک در یک انتها و یک گروه متیل در انتهای دیگر می باشد. اتمهای کربن در اسیدهای چرب به وسیله الفبای یونانی بر اساس فاصله آنها از گروه کربوکسیلیک ناگذاری می شوند. اتم کربن چسبیده به گروه کربوکسیلیک را اتم آلفا(α) و اتم کربن چسبیده به آلفا را بتا (β) می نامند. در اسیدهای چرب باند زنجیره اتم کربن گروه متیل امگا(ω)نامیده می شود. در اسیدهای چرب امگا ۶، فاصله باند دوگانه از کربن امگا، ۶ کربن است مانند لینولئیک اسید. در اسیدهای چرب امگا ۳، فاصله باند دوگانه از کربن امگا، ۳ کربن است مانند آلفا- لینولنیک اسید. بدن انسان نمی تواند اسید چرب امگا ۳ و امگا ۶ را بسازد، زیرا متابولیسم بدن انسان نمی تواند، باند دوگانه در فاصله دورتر از ۹ کربن از کربن دلتا (به گروه اسید انتهای زنجیره، دلتا می گویند) به اسیدهای چرب اضافه کند(Okuyama,1997). از مهمترین اسیدهای چرب امگا ۳ در ماهی می توان به EPA[1] با ۲۰ اتم کربن در زنجیره و ۵ باند دوگانه (C20:5n-3) و DHA[2] با ۲۲ اتم کربن در زنجیره و ۶ باند دوگانه(C22:6n-3) اشاره نمود (Rossell, 2009).

٥-۲-۱- اکسیداسیون چربی

شرایط مناسب برای نگهداری ماهیان منجمدی که به مصرف انسانی می رسند, از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از فاکتورهای مهم برای این منظور تعیین میزان اکسیداسیون چربی ها یا به عبارتی مقدار پراکسید[3] موجود در گوشت ماهی می باشد. در این فرایناکسیداسیون چربی موجود در ماهی و فراورده های آن در تماس با اکسیژن اکسید میشود که نتیجه آن تولید پراکسید و در مراحل بعدی تولید هیدرو پراکسید می باشد, که می تواند باعث تغییر رنگ بافت گوشت ماهی به زرد و یا قهوه ای شوند. به همین خاطر جهت ارزیابی تازگی, پیشرفت اکسیداسیون بررسی می شود که شاخص پر اکسید از مهمترین آنها می باشد. مقدار این عدد بستگی به

[1] Eicosapentaenic acid
[2] acid Docosahexaenoic
[3] PV(Peroxide value)

درجه اشباعیت چربی ها دارد که هرچقدر چربی ها دارای اسیدهای چرب غیر اشباع بیشتری باشند امکان تشکیل پراکسید افزایش می یابد.و در نهایت با تولید آن طعم و بوی نامطبوعی ایجاد می گردد (Rehbein and Oehlenschlager, 2009).

۳-۱- ساختار عضله در ماهی

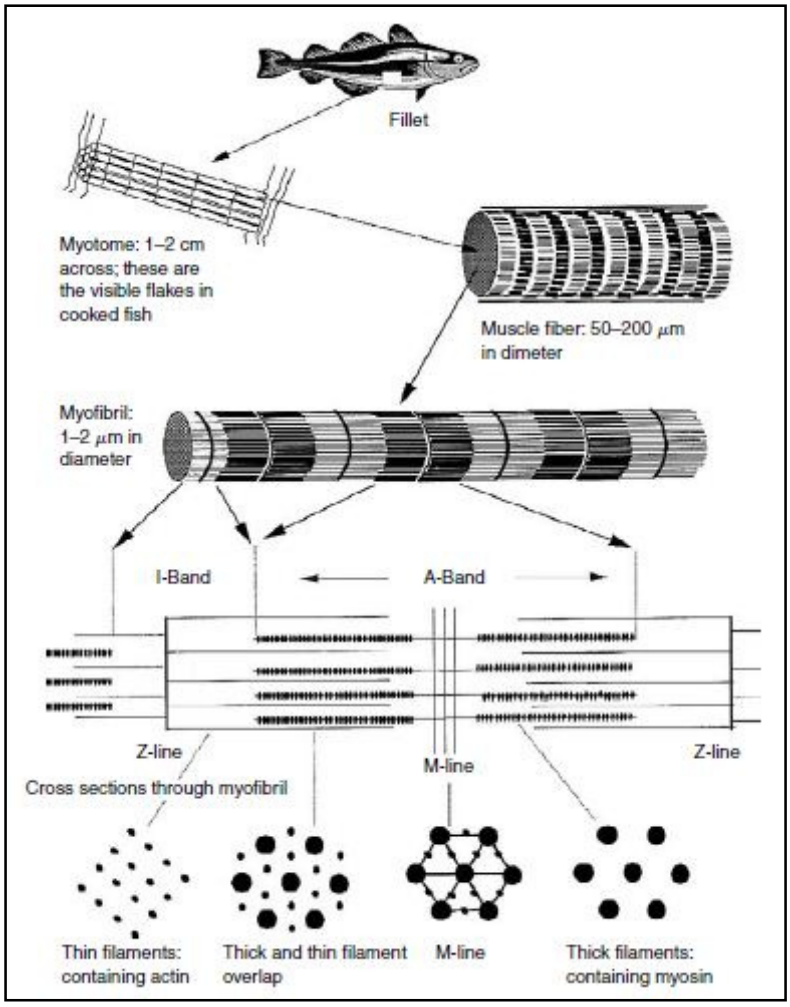
عضلات ماهی از میلیونها سلول عضلانی[۱] ساخته شده اند. این سلولها رشته های نازکی هستند و به طور کلی به موازات یکدیگر و در جهت سر به دم کشیده شده اند. الیاف عضلانی در سرتاسر بدن به وسیله صفحاتی از بافت پیوندی به نام اندومیوزیم[۲] پوشیده شده است و مجموعه آنها بوسیله بافت پیوندی میوکوماتا[۳] احاطه گردیده است. تعداد این الیاف در طول حیات ثابت ولی ضخامت آن همراه با افزایش سن ماهی افزوده می گردد. حدود ۸۰ درصد حجم سلول عضلانی بوسیله دستگاه منقبض کننده یا میوفیبریل ها[۴] احاطه گردیده اند. میوفیبریل ها رشته های بسیار نازک و ظریف هستند که به موازات هم در سلول عضلانی قرار گرفته اند. اطراف این رشته های نازک را یک حوضچه آنزیمی به نام سارکو پلاسم[۵] فرا گرفته که درون آن اجزای سلولی مثل: هسته، میتوکندری و.... قرار دارند(Suzuki.,1981).

میوفیبریل ها از مجموعه ای از نوارهای تاریک و روشن تشکیل شده اند که به آنها میوفیلامانت[۶] می گویند. این نوارهای تاریک و روشن به طور طبیعی به صورت متناوب قرار گرفته اند و هر کدام نیز در مرکز خود به وسیله صفحات یا خطوط به دو نیمه تقسیم می گردند. در این حالت نوار روشن را نوار I[۷] و نوار روشن را نوار A[۸] می گویند. نوارهای روشن در مرکز خود به وسیله صفحات یا خطوط Z به دو قسمت و نوارهای روشن M به دو نیمه

[1] Fibers
[2] Endomyusium
[3] Myocommata
[4] Myofibrils
[5] Sarcoplasm
[6] Myofillament
[7] Isotropic band
[8] Anisotropic band

تقسیم می گردند ناحیه موجود در بین دو صفحه Z متوالی را یک سارکومر[۱] گویند که کار یا واحد انقباضی به حساب می آید. هر سارکومر از دو مجموعه فیلامان تشکیل شده است. فیلامان ضخیم که عمدتاً از پروتئین میوزین[۲] تشکیل شده است. فیلامان نازک که از اکتین[۳]، تروپومیوزین[۴] و تروپونین[۵] شکل گرفته است. از نظر نظر عمل انقباضی، پروتئین اکتین، ستون فقرات فیلامانهای نازک محسوب می گردد. این پروتئین در خلال مراحل انقباض، ضمن اتصال با میوزین ایجاد اکتومیوزین می کند که درحالت پس از مرگ[۶] مهمترین پروتئین عضله به حساب می آید(Suzuki.,1981) (شکل ۱-۴)

[1] Sarcomer
[2] Myosin
[3] Actin
[4] Tropomyosin
Troponin [5]
[6] Post mortem



شکل ۱-٤- ساختمان عضله ماهی(Hall, 2011)

٤-۱- انجماد ماهی

انجماد تغییر حالت ماده از مایع به جامد است. برای یک مایع خالص شیمیایی، این فرایند در درجه حرارت ثابتی موسوم به نقطه انجماد[1] آغاز می شود. در انجماد، مولکولهای آب حول مراکز معینی که مراکز تبلور می باشند از حرکت باز می مانند. از بین رفتن حرکت جنبشی مولکولهای آب همواره با آزاد شدن مقدار معینی گرما همراه

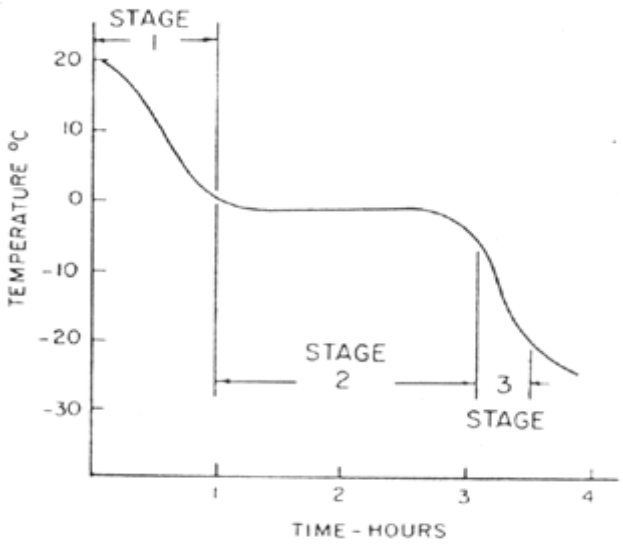
[1] Freezing point

است که به آن گرمای نهان[1] می گویند. برای منجمد کردن، ضروری است که ابتدا گرمای محسوس[2] و سپس گرمای نهان از ماده غذایی گرفته شود. در این حال، نخست درجه حرارت به نقطه انجماد رسیده و سپس کریستالهای یخ شروع به شکل گیری می نمایند. رشد کریستالهای یخ در فضاهای سلول و همینطور نقطه انجماد در انواع آبزیان به علت داشتن ترکیبات مختلف و درصد آب متفاوت یکسان نیست. اندازه و شکل آنها از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت نهایی محصول ارائه شده است(Hall, 2011).

در خلال فرایند انجمد حرارت در سه مرحله مجزا از ماهی گرفته می شود. در مرحله نخست، درجه حرارت عضله به سرعت به کمتر از صفر درجه سانتیگراد می رسد، که نقطه انجماد آب تازه است (نمودار ۱- ۲) (مرحله اول) البته به دلیل وجود املاح مختلف و دیگر ترکیبات محلول در آب که به طور طبیعی در عضله وجود دارند، نقطه آغاز انجماد ماهی پائین تر از این نقطه خواهدبود(Hall, 2011).

در مرحله دوم، ضروری است تا گرمای بیشتری از ماهی گرفته شود تا قسمت عمده آب تبدیل به یخ شود این مرحله که در بین دمای ۰/۵ و۵- درجه سانتیگراد قرار دارد به منطقه بحرانی[3] موسوم بوده و مرحله ای است که در طی آن تغییر دما محدود بوده و حداکثر کریستالهای یخ شکل می گیرند. مدت زمانی که عازم است تا دمای عضله از این منطقه عبور نماید، مهمترین عامل در تعیین اندازه کریستالهای یخ می باشد و در کیفیت نهایی محصول تأثیر قابل توجه ای دارد. هر چه سرعت عبور از این مرحله بیشتر باشد تغییرات نامطلوب کمتر خواهد بود. و بالاخره مرحله سوم، هنگامی آغاز می شود که حدود ۷۵ درصد از آب بافت عضلانی تبدیل به یخ شده باشد. در این هنگام درجه حرارت مجدداً شروع به کاهش می نماید. در این حالت لازم است مقدار کمی حرارت گرفته شود تا عمده آب باقیمانده تبدیل به یخ گردد(Hall, 2011).

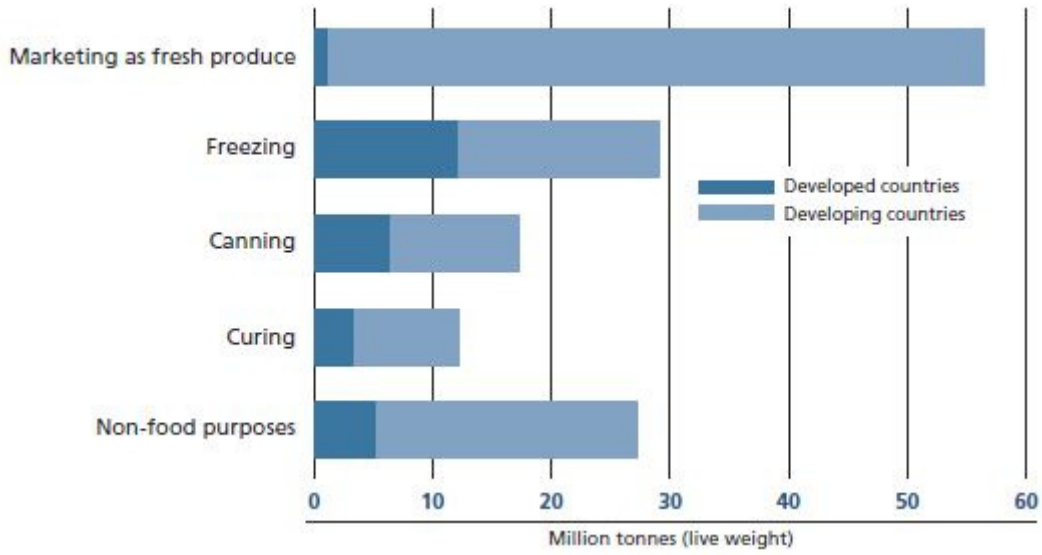
[1] Latent heat
[2] Sensible heat
[3] Critical zone



نمودار ۱-۲- منحنی تغییرات درجه حرارت در طول فرایند انجماد(Johnston & *et al*, 1994)

با پیشرفت مراحل انجماد به تدریج آب موجود در سلولهای بافت ماهی به صورت بلورهای خالص یخ منجمد می گردند. این امر سبب می گردد تا تدریجاً غلظت املاح درون سلول در آب منجمد نشده افزایش یابد. افزایش غلظت املاح نیز خود باعث می شود که نقطه انجماد آب در قسمت غیر منجمد به تدریج کاهش یابد. به همین نسبت بر خلاف آب خالص، انجماد کامل آب در عضله ماهی به عوض صفر درجه در یک گستره وسیع صورت می گیرد. بی شک مهمترین مرحله در طول انجماد ماهی، مرحله عبور از منطقه بحرانی و نحوه تشکی بلورهای یخ است.

در سال ۲۰۰۸, رتبه نخست عرضه محصولات شیلاتی به محصولات تازه(۵۶ میلیون تن) اخصاص داشت.در همین سال عرضه فراورده های شیلاتی منجمد در رتبه دوم (۲۹ میلیون تن) قرار داشت. همچنین کنسرو کردن و سایر فراورده ها (خشک کردن, دودی کردن) در رتبه های بعدی قرار دارند (FAO,2010) (نمودار ۱-۳).



نمودار ۱-۳- درصد انوع فراورده های شیلاتی عرضه شده به بازار مصرف (FAO, 2010)

از نکات مثبت انجماد ماهی و فراورده های شیلاتی می توان به حفظ کیفیت، افزایش زمان ماندگاری، رساندن ماهی به بازارهای پر مصرف ، عرضه مازاد صید در تمامی طول سال اشاره کرد. افت کیفیت، کاهش وزن، اکسیداسیون چربی (بخصوص در ماهیان چرب) و هزینه بالای انجماد نیز از نکات منفی آن است(Hall, 2011).

۱-٤-۱- تغییرات بافت عضله ماهی در اثر انجماد

نگهداری ماهی و دیگر فراورده های دریایی در حالت انجماد سبب بروز مجموعه تغییراتی در بافت عضله آنها می گردد که تاثیرزیادی بر کیفیت نهایی محصول دارد. در این شرایط عضله خشک و سفت شده و بسیاری از ویژه گی های خود از جمله ظرفیت نگهداری آب را از دست می دهد، که دلیل اصلی آن تغییراتی است که در پروتئین های عضله بخصوص پروتئین های میوفیبریلار ایجاد می گردد و در اصطلاح به آن تخریب انجمادی[1] می گویند. این تغییرات تدریجی بوده و به حد زیادی مرتبط با دمای نگهداری است. پروتئین های میوفیبریلار

[1] Freez denaturation

حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد مجموع پروتئین های عضله را تشکیل می دهند. سفت شدن عضله و کاهش مایع درون بافتی در خلال انجماد و نگهداری، این معنی را می دهد که میوفیبریلارها به تدریج در اثر تغییر ماهیت، قابلیت استخراج و یا حلالیت به وسیله محلولهای نمکی و جذب مجدد آب و نگهداری آن را، در طی فرایندهای بعدی از دست می دهد که این امر ارزش ماهی منجمد برای استفاده در محصولات بعدی را کاهش می دهد(Venugopal, 2006).

۲-٤-۱- تقسیم بندی انجماد ماهی

برای حفظ کیفیت بافت خوراکی در ماهی، لازم است که دمای عضله هر چه سریعتر از منطقه بحرانی انجماد یا به عبارت دیگر از فاصله صفر تا ۵- درجه سانتیگراد عبور نماید تا از این طریق از شکل گیری کریستالهای بزرگ یخ جلوگیری گردد. در این حال، مدت زمان لازم برای تغلیظ محلولهای نمکی و تاثیر آنها بر پروتئین آلفا بر پروتئین ها و تغییرات pH سلولی نیز در اختیار قرار نخواهد گرفت و در نتیجه، اینگونه آسیب ها نیز به حداقل ممکن کاهش خواهد یافت.

از این روانجماد ، براساس سرعت منجمد کردن به چهار دسته بندی به شرح زیر وجود دارد: (Hall, 2011)

الف) انجماد کند[1] با سرعت ۰/۲ سانتی متر در ساعت

ب) انجماد تند[2] با سرعت ۰/۵ تا ۳ سانتی متر در ساعت

ج) انجماد ناگهانی[3] با سرعت ۵ تا ۱۰ سانتی متر در ساعت

د) انجماد فوق ناگهانی[4] با سرعت ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر در ساعت

همچنین انواع فریزرها براساس مکانیسم عملکرد به ۴ گروه زیر طبقه بندی می شوند:

[1] Slow freezing
[2] Quick freezing
[3] Rapid freezing
[4] Ultra rapid freezing

فریزرهای هوا وزشی[۱]

فریزرهای صفحه ای[۲]

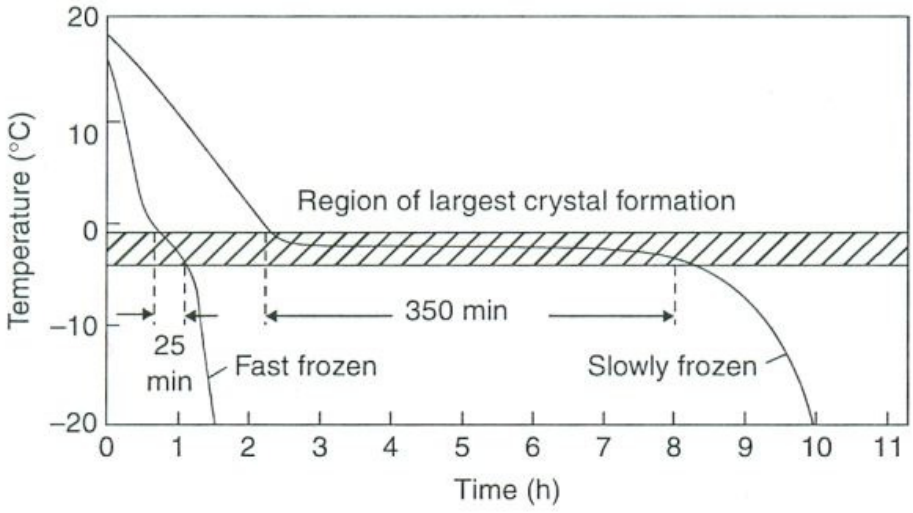
فریزرهای غوطه وری[۳]

فریزرهای دارای گاز سرمازا[۴], که به علت بالاتر بودن سرعت انجماد در این نوع فریزرها معمولا برای منجمد کردن آبزیان گران قیمت استفاده می شود (Hall, 2011).

۳-٤-۱- تأثیرات انجماد کند و تند بر بافت ماهی

از دست دادن کیفیت در محصولات منجمد می تواند به علت نوع انجماد و یا در طی ذخیره سازی آن رخ دهد که این تغییرات شامل: تغییر در بافت، طعم و بو ، رنگ و خشک شدن می باشد. دناتوره شدن پروتئین، فعالیت آنزیمها، اکسیداسیون چربی و فرایند هیدرولیز در زمان انجماد و نگهداری محصول قابل بررسی خواهد بود (Johnston. *et al*., 1994). در انجماد کند، آب درون سلولی یخ بسته و کریستالهای درشت تشکیل می شود که به دیواره سلولی فشار می آورد و باعث پارگی سلول و خارج شدن مایع درون سلولی و افزایش آبچک می شود و در نهایت ارزش تعدیه فراورده شیلاتی منجمد، کاهش می یابد،اما در انجماد تند و سریع، کریستالهای تولید شده با افزایش سرعت انجماد کوچک تر شده و کمتر باعث پارگی دیواره سلول می شوند و کیفیت ماهی در حد تازه حفظ می شود. در این نوع انجماد زمان عبور از منطقه بحرانی کمتراز ۲ ساعت می باشد.(نمودار ۱-۴)

[1] Air-blast freezers
[2] plate freezers
[3] Immersion freezers
[4] Cryogenic freezers



نمودار ۱-٤- انجماد تند و کند عضله ماهی (Johnston. *et al*., 1994)

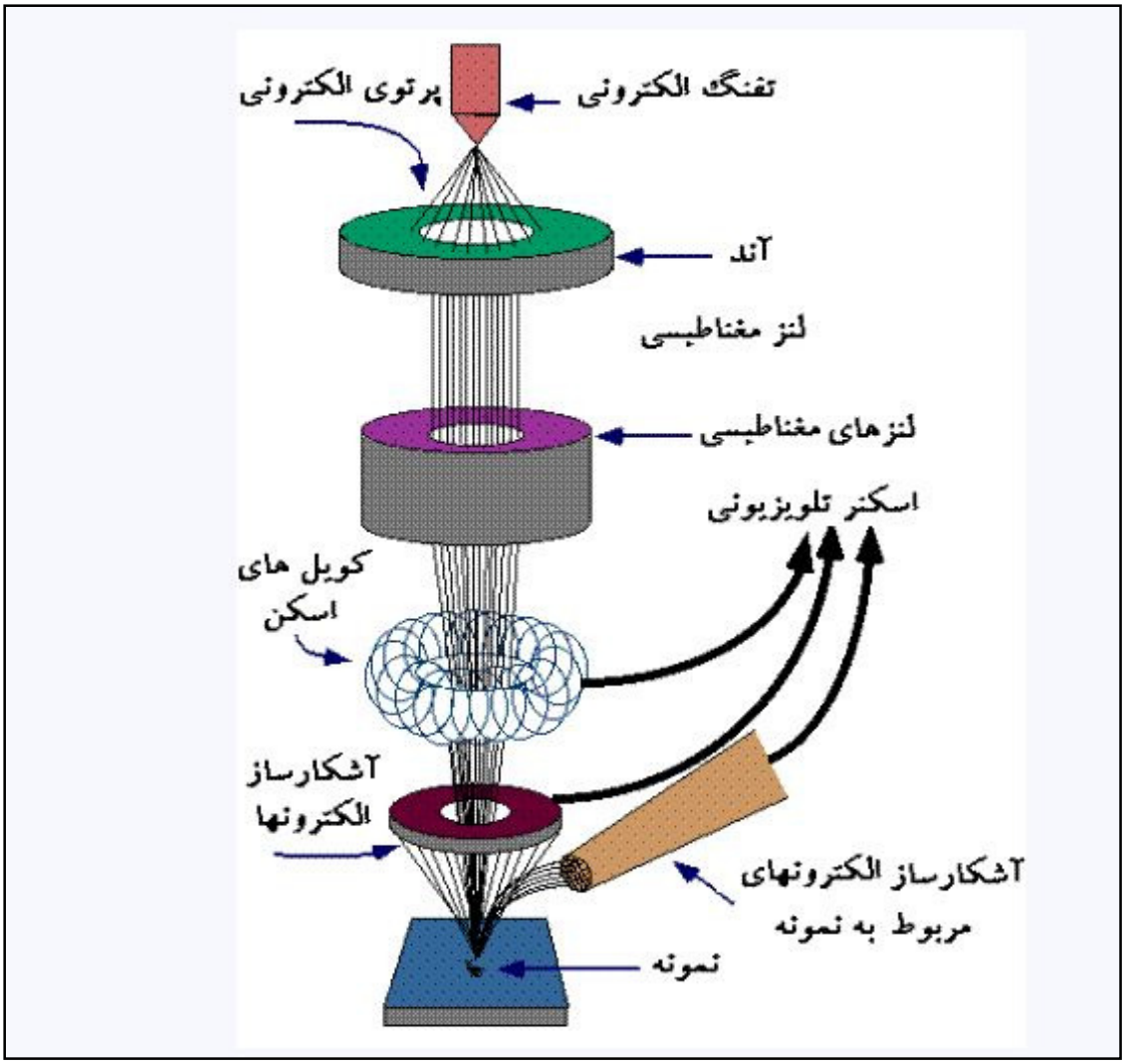
از سیستمهایی که در آنها روش انجماد سریع بکار می رود می توان به تونل انجماد[۱]، انجماد دانه ای[۲] و فریزر صفحه ای[۳] اشاره کرد (Venugopal, 2006).

۵-۱- میکروسکوپ الکترونی[٤] SEM

میکروسکوپ الکترونی SEM ، یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری نانو است که با کمک بمباران الکترونی، تصاویر اجسامی به کوچکی ۱۰ نانومتر را برای مطالعه تهیه می کند و قابلیت عکس برداری از سطوح با بزرگنمایی ۱۰ تا ۱۰۰۰۰۰ برابر با قدرت تفکیکی در حد ۳ تا ۱۰۰ نانومتر (بسته به نوع نمونه) را دارد. ساخت

[1] -Tunel Freezing
[2] -Individual Quick Freezing
[3] -Plate Freezer
[4] -Scanning Electron Microscope

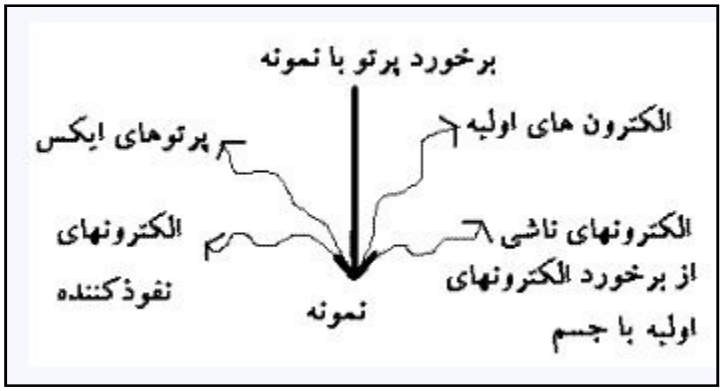
SEM سبب شد تا محققان بتواند نمونه های بزرگتر را به سادگی و با وضوح بیشتر مطالعه کنند. برخورد اشعه الکترونی به سطح نمونه سبب می شود تا از نمونه الکترونهایی به سمت صفحه دارای بار مثبت رها شود که این الکترونها در آنجا تبدیل به سیگنال می شوند. حرکت پرتو برروی نمونه مجموعه ای از سیگنالها را فراهم می کند که بر این اساس میکروسکوپ می تواند تصویری از سطح نمونه را بر صفحه کامپیوتر نمایش دهد. میکروسکوپ الکترونی SEM، می تواند خصوصیات مرفولوژیکی (شکل ،اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم)و ترکیب اجزاء نمونه ها را در اختیار قرار دهد (شکل ۱-۵) (Clarke and Eberhardt, 2002).



شکل ۱-۵ شماتیک میکروسکوپ الکترونیSEM (Egerton, 2005)

۱-۵-۱- نحوه عملکرد میکروسکوپ الکترونی SEM

در میکروسکوپ الکترونی SEM، پرتوی از الکترونها با کمک تفنگ الکترونی میکروسکوپ تولید می شود و توسط این الکترونها، تصویری بزرگتر از نمونه خلق می شود. پرتوی الکترونی در خلاء به صورت عمودی از میکروسکوپ عبور می کند. سپس با عبور از میدان های الکترومغناطیسی و لنزهای ویژه به صورت متمرکز به نمونه تابانده می شوند(شکل ۱-۶) (Clarke and Eberhardt, 2002).



شکل ۱-٦ – برخورد پرتو با نمونه و پرتوها و الکترونهای خروجی از آن در SEM

سپس آشکارسازها پرتوهای ایکس، الکترونهای اولیه و الکترونهای ناشی از برخورد الکترونهای اولیه با جسم را جمع آوری می کنند و آنها را به سیگنال مبدل کرده و به صفحه نمایش منتقل می کنند . به این طریق تصویر نهایی تهیه می شود(Clarke and Eberhardt, 2002).

برای عکس برداری از فلزات به علت رسانا بودن آنها، نیازی به آماده سازی آنها برای تهیه تصویر با SEM نیست، اما برای نمونه های زیستی، ابتدا باید آب نمونه خارج شده (کاملا خشک شود) و نمونه خشک شده با یک لایه نازک رسانا پوشانده شوند.این کار به کمک ابزاری به نام پوشش دهنده انجام می شود که برای این کار از میدان الکتریکی و گاز آرگون استفاده می شود. برای این کار نمونه در یک محفظه ای که خلاء در آن ایجاد می شود، قرار می گیرد. سپس اتمهای طلا به سطح نمونه پاشیده می شوند و سبب ایجاد یک پوشش رسانا از طلا بر سطح نمونه می شوند(Clarke and Eberhardt, 2002).

۲- پیشینه تحقیق

تحقیقات متعددی روی اثرات روش های مختلف انجماد روی ارزش غذایی شاخصهای فساد ، تغییرات ساختاری بافت ماهی انجام شده است.

Kelly و Dunnett (۱۹۶۹) تاثیر سرعت های متفاوت انجماد را روی کیفیت ماهی کاد مقایسه کردند. فاکتورهایی که آنها بررسی نمودند شامل درصد پروتئینهای محلول, میزان دریپ, فشار اسمزی و تغییرات بافتی بود. یافته های آنها نشان داد که هرچه دمای انجماد کمتر میشود, فراورده نهایی بعد از زمان انجماد در وضعیت بهتری خواهد بود, بر این اساس آنها بهترین نتیجه را در نمونه هایی گرفتند که در ۱۹۵- درجه سانتی گراد منجمد شده بودند.

در سال ۱۹۷۱, Liljemark و Jarenback تغییرات ساختاری بافت ماهی کاد را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی در زمان انجماد بررسی کردند و بعد از گذشت ۱۲۰ هفته کاهش در تعداد رشته های اکتو مایوزین و افزایش در تعداد و اندازه تجمعات بافتی را مشاهده کردند. البته این تغییرات در تیمارهایی که در ۱۰- درجه سانتیگراد نگهداری می شدند بیشتر و در تیمارهای نگهداری شده در ۳۰- درجه سانتی گراد کمتر از بقیه تیمارها بود.

Bello و Luft (۱۹۸۲) تغییرات ساختاری بافت ماهی آکواریومی Gold fish را در زمان انجماد و با دو تیمار مختلف به وسیله میکروسکوپ الکترونی بررسی کردند. در یکی از تیمارها فیله این ماهی در فریزر و دیگری را در نیتروژن مایع منجمد شد. مقایسه عکس ها بعد از گذشت شش ماه نشان داد در نمونه هایی که در نیتروژن مایع منجمد شدند, کریستالهای کوچکتر یخ شکل گرفته که باعث آسیب کمتر دیواره سلول ها و پروتئین های میو فیبریل شده است.

Karacam و Boran (۱۹۹۶) تغییرات کیفی ماهی آنچووی را در زمان نگهداری در سردخانه بررسی کردند و بعد از گذشت ۱۲۰ روز از نگهداری, شاهد کاهش معنی دار امتیازات آزمون حسی بودند. همچنین افزایش معنی دار در شاخصهای TBA, FFA, PV را در نمونه ها مشاهده کردند. نتایج آنها نشان داد که با وجود افزایش شاخص های فساد در پایان زمان نگهداری, نمونه ها قابل خوردن بودند و شاخص های فساد, پایین تر از حد مجاز قرار داشتند.

Chen و Pan (۱۹۹۷) تغییرات فضاهای بین فیبرهای عضلانی ماهی تیلاپیا را در زمان انجماد کند و سریع بررسی کردند. آنها افزایش فضاهای بین بافتی و تخریب هر چه بیشتر عضله را در انجماد کند مشاهده کردند. در انجماد سریع که با نیتروژن مایع و در دمای ۱۹۶- درجه سانتی گراد انجام شد این فضا در ماه دوم ۲۲/۱ میکرومتر بود, در حالی که این اندازه در نمونه های انجماد کند در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد به ۲۹/۳ میکرومتر رسید. بررسی تاثیر سرعت های متفاوت انجماد بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی ماهی تاربوت, توسط Chevalier و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد. روشهای مختلف انجماد که در این مطالعه به کار گرفته شد, شامل انجماد تحت فشار و انجماد هوا وزشی بود.نتایج بیانگر این مطلب بود که در انجماد تحت فشار, مقدار TBA و FFA در پایان زمان نگهداری به طور معنی داری کمتر از انجماد کند بود. همچنین حجم دریپ و اندازه کریستالهای یخی در انجماد به روش هوای وزشی بیشتر از انجماد تحت فشار بود.

Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) ماهی تیلاپیا (*Sarotherodun galiaenus*) را به مدت ۶۰ روز در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد قرار دادند و تغییرات شیمیایی و میکروبی آن را مورد مطالعه قرار دادند.کاهش درصد پروتئین, چربی و رطوبت و افزایش خاکستر از نتایج این پروژه بود. همچنین امتیازات آزمون حسی با گذشت زمان از نگهداری در نمونه ها, کاهش داشت. Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷) اثر سرعت انجماد را بر روی کیفیت فیله ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) مطالعه نمودند.در این بررسی نمونه ها به دو صورت وزش هوای

سرد با سرعت ۴ متر در ثانیه و انجماد تحت فشار با ۲۰۰ مگا پاسکال فشار, منجمد شدند. سپس تغییرات رنگ, میزان دریپ و ساختار بافت پس از انجماد را بررسی کردند. در نمونه هایی که تحت فشار منجمد شدند, تغییرات کمتری نسبت به نمونه های انجماد کند مشاهده شد و از انجماد تحت فشار به عنوان یک روش مناسب انجماد نام برده شد. در مطالعه Osibona و همکاران (۲۰۰۹) , ارزش غذایی و پرفایل اسیدهای امینه و اسیدهای چرب تیلاپیا زیلی (*Tilapia zillii*) مورد بررسی قرار گرفت. درصد پروتئین, چربی, رطوبت و خاکستر در این ماهی ۱۹/۰ , ۱/۱, ۸۰/۴ و ۱/۲ بود. بیشترین اسید چرب, اسید اولئیک (C18:1) به میزان ۲۶/۰ درصد به دست آمد. بالاترین میزان امگا ۳ , مربوط به کلوپانودونیک اسید (C22:5) به مقدار ۳/۷ درصد بود. نسبت امگا ۳ به امگا۶ هم ۲/۷ محاسبه شد. Pirestani وهمکاران (۲۰۱۰), تغییرات اسیدهای چرب چند گونه ماهی دریای خزر شامل ماهی سفید (Rutilus frisii kutum), کفال طلایی (Liza aurata), کپور معمولی (Cyprinus carpio), سوف (*Sander lucioperca*) و کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) را بررسی نمودند و مشاهده کردند در زمان نگهداری در سردخانه تغییراتی در مقادیر اسیدهای چرب به وجود آمد. در نمونه ها میزان PUFA کاهش معنی داری از خود نشان داده است و درصد SFA هم افزایش یافته است($p< ۰/۰۵$). بیشترین میزان کاهش PUFA مربوط به سوف بود که از ۲۳ درصد به ۱۵ درصد رسید. همچنین بیشترین افزایش SFA هم در همین گونه مشاهده شد که از ۳۵ درصد به ۴۵ درصد در پایان زمان نگهداری در سردخانه رسید.

Usydus و همکاران (۲۰۱۱) ارزش غذایی و پرفایل اسیدهای چرب چند گونه ماهی موجود در بازار لهستان از جمله تیلاپیا نیل را مورد بررسی قرار دادند. مقدار پروتئین, چربی, رطوبت و خاکستر در تیلاپیا به ترتیب ۱۶/۴, ۲/۰, ۸۱/۲ و ۰/۵ درصد به دست آمد. همچنین توزیع اسیدهای چرب آن به صورت MUFA> SFA> PUFA بود و میزان امگا ۶ آن (۴۱۳ میلی گرم در صد گرم عضله) بالاتر از امگا سه (۱۸۹ میلی گرم در صد گرم عضله) قرار داشت.

Vieira و همکاران (۲۰۱۱) اسیدهای چرب تیلاپیا نیل و قرمز را با هم مقایسه کردند. در هر دو نمونه درصد MUFA بیشتر از SFA و PUFA بود. همچنین نسبت امگا ۳ به امگا ۶ در هر دو نمونه ۰/۳ به دست امد.

۳- مواد و روشها

۳-۱- فهرست مواد, ابزار و دستگاهها

۳-۱-۱- مواد مصرف شدنی

محیط کشت Plate count agar, کیسه بسته بندی وکیوم از جنس پلی آمید در ابعاد ۱۸ * ۲۳ سانتی متر, گلوتر آلدهید ۲.۵ درصد, ترا اکسید اسمیم ۱ درصد, استون, اسید سولفوریک, اسید بوریک, اسید کلریدریک, اسید استیک, ان هگزان, کلرفرم, یدور پتاسیم, چسب نشاسته, تیو سولفات سدیم ۰.۰۱ درصد, منیزیم, متانول, پتاس متانولی, گاز ازت.

۳-۱-۲- مواد غیر مصرفی

برای آزمایش از دستگاهها و ابزار مختلفی استفاده شد که به شرح زیر است:

سردخانه با دمای منهای ۱۸ درجه سانتی گراد, دستگاه انجماد مارپیچ[1], میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM, دستگاه گاز کروماتوگرافی[2], گرمخانه, اتوکلاو, دماسنج دیجیتال, دستگاه دوخت نایلون[3], سمپلر ونوک سمپلر, پیپت و پوار, بالن ژوژه, ارلن, لوله آزمایش, استوانه مدرج, بشر, همزن, ترازوی دیجیتال, کاغذ صافی, دکانتور, روتاری, استیرر, دستگاه ماکروکلدال, اسپکتروفتومتر, بن ماری, توستر و کوره.

۳-۲- مراحل تهیه نمونه و روش های آزمایشگاهی

۳-۲-۱- نمونه برداری

در اردیبهشت ۱۳۹۰ تعداد ۸۰۱ عدد تیلاپیا نیل و ۸۰۱ عدد تیلاپیاقرمز با وزن متوسط ۵۰ ±۷۰۰ گرم ،به طور تصادفی از استخرهای ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور واقع در بافق یزد صید گردید و پس از تخلیه امعا و

[1] Spiral freezer
[2] GC
[3] Sealer

احشا، به نسبت ۱ :۱ (پودر یخ وماهی) در مخازن عایق (CSW) قرار داده شد و به مرکز ملی تحقیقات فراوری آبزیان انزلی وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران منتقل گردید.

در این مرکز ،عملیات زیر به ترتیب بر روی ماهیان انجام گرفت:

-محاسبه وزن بدن ماهیان براساس گرم

-تهیه فیله بدون پوست و استخوان با روش دستی

- تهیه نمونه های شکم خالی ماهی (Gutted fish)

فیله ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک صدم گرم وزن شدند. میانگین وزن فیله ها ۵± ۱۰۰ گرم بود. قطر نمونه ها نیز با کولیس تعیین شد میانگین قطر فیله هاهم ۲±۳۶ میلی متر بدست آمد.

سپس هر کدام نمونه های آماده شده(فیله و ماهی شکم خالی) در ۶ گروه به شرح زیر دسته بندی شدند :

الف: تیلاپیای نیل تازه (زمان صفر)

ب: تیلاپیای قرمز تازه (زمان صفر)

ج : تیلاپیای نیل با انجماد کند

د : تیلاپیای نیل با انجماد تند

ذ : تیلاپیای قرمز با انجماد کند

ر : تیلاپیای قرمز با انجماد تند

۲-۲-۳- روش تهیه نمونه های منجمد

الف:انجماد کند

برای تهیه نمونه های کند، هر نمونه داخل یک کیسه از جنس پلی آمید قرار داده شده و پس از برچسب زنی برای انجماد مستقیما" در سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد قرار داده شدند.در سردخانه فیله ها پس از ۱۸

ساعت منجمد شدند.سرعت انجماد برای این نمونه ها ۲ میلی متر در ساعت بود. این نمونه ها برای مدت ۶ ماه در سردخانه در دمای ۱۸- سانتیگراد نگهداری شدند.

ب : انجماد تند

برای تهیه نمونه های انجماد تند، از تونل انجماد مارپیچ[1] استفاده شد که نمونه های فیله در مدت ۲۵ دقیقه و نمونه های شکم خالی در ۴۵ و با دمای ۳۰- درجه سانتی گراد منجمد شدند. دمای مرکز فیله ها بعد از عبور از تونل اسپیرال به ۵- درجه سانتی گراد رسید. سرعت انجماد برای این نمونه ها ۸ میلی متر بر ساعت بود. سپس هر فیله داخل یک کیسه پلی آمید قرار داده شد. و بعد از برچسب زنی به داخل سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد منتقل شده و پس از گذشت ۴ ساعت و نیم به دمای نهایی سردخانه رسیدند. این نمونه ها برای مدت ۶ ماه نگهداری شدند.

از نمونه های منجمد پس از خارج شدن از سردخانه و انجماد زدایی در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸ ساعت, در تاریخ های معین (جدول ۳-۱) آزمایشات زیر به عمل آمد.

- ارزش غذایی شامل : رطوبت، پروتئین، خاکستر، چربی کل و پروفایل اسیدهای چرب . فاکتور های ارزش غذائی صرفا در نمونه های فیله مورد بررسی قرار گرفت.
- فاکتورهای شیمیایی مربوط به شاخص فساد شامل پراکسید[2], تیوباربیتیوریک اسید[3] و مجموع بازهای ازته[4] فرار.
- آزمایش میکروبی : شمارش کلی باکتریها[5] .
- ارزیابی حسی (توسط ۸ نفر ارزیاب)

---

[1] Spiral Freezing
[2] PV
[3] TBA
[4] TVN
[5] Total count

- اندازه گیری مقدار آبچک[1] .
- بررسی تغییرات بافت با میکروسکوپ الکترونی SEM. تغییرات ساختمان داخلی بافت (Microstracture) صرفا در نمونه های فیله شده بررسی شد.

آزمایشات برای هرنمونه در سه تکرار انجام شد.

جدول ۳-۱- زمان بندی نمونه برداری ها و آزمایشات انجام شده

تاریخ نمونه برداری	ارزش غذایی	فاکتورهای شیمیایی	آزمون میکروبی	ارزیابی حسی	حجم آبچک (Drip)	عکس برداری SEM
نمونه تازه(زمان صفر)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ماه اول	✓	✓	✓	✓	✓	–
ماه دوم	✓	✓	✓	✓	✓	-
ماه سوم	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ماه چهارم	✓	✓	✓	✓	✓	-
ماه پنجم	✓	✓	✓	✓	✓	-
ماه ششم	✓	✓	✓	✓	✓	✓

۳-۲-۳- روش های آزمایشگاهی

رطوبت

رطوبت نمونه ها با روش (AOAC, 2002) انجام شد و مقدار(درصد) آن با استفاده از فرمول ۳-۱ محاسبه گردید.

فرمول ۳-۱: $\text{درصد رطوبت} = \frac{M1-M2}{M0}\times 100$

M1 = وزن ظرف و نمونه قبل از خشک کردن

[1] Drip

M2= وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن

M0= وزن نمونه

خاکستر

برای محاسبه میزان خاکستر از روش AOAC (۲۰۰۲) استفاده گردید (فرمول ۳-۲).

فرمول ۳-۲: درصد خاکستر $= \frac{b-c}{a} \times 100$

a= وزن نمونه بر حسب گرم

b= وزن بوته چینی و خاکستر بر حسب گرم

c= وزن بوته چینی بر حسب گرم

چربی

مطابق روش Bligh & dyer (۱۹۵۹)، مقدار ۴۰ گرم از نمونه چرخ شده ماهی، به داخل دکانتور ۵۰۰ میلی لیتری منتقل شد و سپس ۱۶۰ سی سی متانول و به همین میزان کلروفورم به دکانتور اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت ثابت ماند، بعد از زمان طی شده فاز چربی و کلرفرم تشکیل شده را جدا کرده و داخل ارلنی که به وزن ثابت رسانده شده بود ریخته شد. سپس با استفاده از دستگاه تبخیر روتاری حلال جدا گردید. ارلن حاوی چربی وزن گردید و مقدار چربی طبق فرمول شماره ۲-۳ محاسبه شد.

فرمول ۳-۳: درصد چربی $= \frac{a}{b} \times ۱۰۰$

a= وزن نمونه روغن بر حسب گرم

b= وزن نمونه ماهی بر حسب گرم

پروتئین

برا ی اندازه گیری پروتئین موجود در نمونه هااز روش ماکروکلدال (AOAC, 2002) استفاده گردید.

میزان پروتئین با استفاده از فرمول شماره ۳-۴ محاسبه شد.

فرمول ۳-۴: درصد پروتئین $= \frac{n \times b \times 0.14}{a} \times ۱۰۰$

a= وزن نمونه ماهی بر حسب گرم

n= نرمالیته اسید مصرف شده

b= حجم اسید مصرفی

اندازه گیری پر اکسید

میزان پر اکسید از فرمول شماره ۳-۵ مورد محاسبه قرار گرفت(Egan. *et al*., 1997).

فرمول ۳-۵: عدد پراکسید $= \frac{s \times n \times 100}{a}$

s= حجم هیپو سولفیت سدیم مصرفی

n= نرمالیته هیپو سولفیت سدیم

a= مقدار نمونه

اندازه گیری تیو بار بیوتیک اسید

اندازه گیری تیو بار بیوتیک اسید به وسیله روش رنگ سنجی صورت گرفت و مقدار آن (میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) بر اساس رابطه ۳-۶ محاسبه می شود(Namulema. *et al*., 1999).

فرمول ۳-۶: $TBA = As \times ۷/۸$

As= مقدار جذب نمونه

ضریب ۷/۸ مقدار مالون آلدئید در ۱ کیلوگرم نمونه می باشد.

اندازه گیری مجموع بازهای فرار

به روش Egan و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد.

ارزیابی حسی (ارگانولپتیک)

آزمایشات ارگانولپتیک، مجموعه ای از عواملی هستند که به وسیله اعضای حسی انسان قابل تشخیص می باشند. اگرچه این احساس ها به طور کامل قابل اندازه گیری نمی باشند و با توجه به تلاش محققین برای استفاده از دستگاه ها، اما هنوز انجام این آزمایشات به وسیله انسان ضروری است. برای انجام تست های حسی مربوط به رنگ، بو، شکل ظاهری بافت و طعم از جدول شماره ۳-۲ استفاده گردید(Lin and Morrissey, 1994) نمونه ها بعد از انجماد زدایی در دستگاه (Toaster) با مارک Vidas (ساخت کشور ایتالیا) و در دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد, پخته شدند . میزان ۴۰ گرم نمونه برای هر نفر, در اختیار گروه ارزیاب قرار داده شد. آزمون حسی با استفاده از یک گروه ارزیاب آموزش دیده متشکل از ۸ نفر انجام گردید. این افراد نظرات خود را پس از ارزیابی رنگ,

بو, طعم و مزه و بافت هر تیمار روی پرسشنامه هایی که از قبل تهیه شده بود منتقل کردند. آزمون بر اساس مقیاس هدونیک ۵ درجه ای انجام شد.

جدول ۳-۲- امتیازات ارزیاب حسی (Lin and Morrissey, 1994)

امتیازات	رنگ (Color)	بو(Odor)	بافت (Texture)	طعم و مزه (Flavor)
۵	همگن (بسیار خوب)	بسیار خوب	محکم و لطیف (بسیار خوب)	بسیار خوب
۴	همگن (خوب)	خوب	خوب	خوب
۳	رنگ ناهمگن (قابل قبول)	قابل قبول	تا حدی نرم یا سفت. لطیف (قابل قبول)	قابل قبول
۲	رنگ ناهمگن (ضعیف)	بوی نامطبوع (ضعیف)	نرم یا سفت، الیافی و رشته مانند (ضعیف)	طعم نامناسب (ضعیف)
۱	بسیار ناهمگن (بسیار ضعیف)	بوی نامطبوع (بسیار ضعیف)	بسیار نرم یا بسیار سخت، الیافی (بسیار ضعیف)	طعم نامناسب (بسیار ضعیف)

اسیدهای چرب

بعد از استخراج چربی از بافت عضله به روش Bligh and Dyer (۱۹۵۹), برای تهیه متیل استر و شناسایی اسیدهای چرب, روش Murph (۱۹۹۳) به کار گرفته شد. ابتدا استانداردها که ساخت شرکت مرک آلمان بود به دستگاه GCتزریق شد. سپس روغن متیله شده (متیل استر) به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق گردید. شرایط دستگاه GC به شرح زیر بود:

درجه حرارت ردیاب (دتکتور): ۲۱۰ درجه سانتی گراد, نوع ردیاب: یونش شعله ای (FID), درجه حرارت اولیه ستون: ۱۹۰ درجه سانتی گراد, درجه حرارت نهایی ستون: ۲۵۰ درجه سانتی گراد, مقدار تزریق متیل استر : ۱ میکرو لیتر, درجه حرارت تزریق: ۲۰۰ درجه سانتی گراد,نوع گاز حمل کننده نیتروژن, شدت جریان: ۰/۶ میلی

متر در دقیقه و فشار ۲۳۰ کیلو پاسکال.پس از تریق نمونه های متیل استر به ابتدای ستون, زمان رسیدن آنها به ردیاب بر حسب دقیقه تحت عنوان زمان بازداری محاسبه و بر اساس استاندارد معرف اسیدهای چرب, شناسایی صورت پذیرفت. این امر برای هر نمونه سه بار تکرار گردید و میانگین آنها محاسبه شد.

سایر مشخصات دستگاه :

GC Hewlett Packard Agilent 6890^{+}

Coloumn 120 * 0.25 * 0.25 BPX – 70 SGE

محاسبات غلظت و درصد متیل استر:

غلظت متیل استر $C_T = C_{st} \times A_T / A_{St}$

درصد متیل استر در نمونه $= C_T / C_M \times ۱۰۰$: غلظت استاندارد C_{st}

غلظت نمونه با توجه به وزن برداشتی C_M : سطح زیر پیک استاندارد A_{St}

غلظت متیل استر در نمونه C_T : سطح زیر پیک نمونه A_T

آبچک

اندازه گیری آبچک مطابق روش Ng و Bahurmiz (2009) انجام شد. . نمونه های منجمد ابتدا وزن شد و پس از انجماد زدایی در یخچال مقداری آب (آبچک) از آن خارج شد. درصد آبچک طبق فرمول۳-۷ محاسبه گردید.

فرمول ۳-۷: درصد آبچک$=\frac{A-B}{A} \times ۱۰۰$

A= وزن نمونه قبل از انجمادزدایی

Bb= وزن نمونه بعد از انجمادزدایی

آزمون میکروبی

برای شمارش کلی میکروبی از روش ISO (۲۰۰۳) استفاده شد. ۱۰ گرم از نمونه را در هاون استریل له کرده و در ۹۰ میلی لیتر محلول استریل پپتون بافر فسفات ۰/۱ درصد با pH ۷ بصورت هموژنیزه در آورده شد و سپس از نمونه رقتهای دو برابر تهیه کرده و به مقدار ۱ میلی لیتر داخل پلیتهای استریل در کنار شعله اضافه کردیم و محیط کشت نوترینت آگار به مقدار ۱۵ میلی لیتر به آن اضافه شد, سپس با تکان دادن و چرخاندن مخلوط گردید و در گرمخانه ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شد. پس از این زمان تعداد پرگنه ها در هر پلیت شمارش گردید و تعداد آنها در عکس رقت شمارش شده ضرب گردید. عدد حاصله به عنوان تعداد پرگنه در یک گرم عضله می باشد.

مطالعه ساختمان فیله با میکروسکوپ الکترونی SEM

یک میلی متر مکعب از بافت عضله تیلاپیا از قسمت پشتی که در امتداد ستون فقرات و نزدیک باله پشتی قرار داشت, در مقطع عرضی برش داده شد و در محلول حاوی ۴ درصد گلوترآلدهید به مدت ۲۴ ساعت فیکس شد. بعد از آن با استفاده از بافر Sodiumcarboxilate 0.1 مولار به مدت ۲۰ دقیقه نمونه ها شسته شدند. سپس در محلول Osmium tetroxide در ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت فیکس شدند.همچنین نمونه ها مجددا با بافر شستشو داده و با Acetone آبگیری شده و در دسیکاتور ار داده شدند. سپس نمونه ها با پودر طلا پوشش داده شده و برای عکس برداری با SEM آماده شدند. عکس برداری از مقطع عرضی نمونه ها انجام شد(Lioreca *et al*, 2003). دستگاه مورد استفاده در آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی SEM دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران قرار داشت و ساخت کشور انگلستان و مدل LEO 440i(1995) بود.

آنالیز آماری داده ها

آنالیز آماری نتایج آزمایشات هر تیمار با استفاده از نرم افزار آماری (Minitab,16) انجام شد. از آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و تست (Tukey's) برای مقایسه میانگین تکرار ها استفاده شد. سطح معنی دار ($P<0.05$) در نظر گرفته شد.

٤- نتایج

در این فصل نتایج تغییرات مربوط به ارزش غذایی (رطوبت, خاکستر, پروتئین ، چربی واسیدهای چرب) ، فاکتورهای شیمیایی ، ارزیابی حسی و میکروبی و همچنین عکسهای (SEM) بافت عضله نمونه های های شاهد و نمونه های دو انجماد کند و تند، در مدت زمان ۶ ماه نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد، به صورت جدول و شکل آورده شده است.

٤-١- تغییرات ترکیبات تقریبی (Proximate composition) فیله های تیلاپیا

٤-١-١- رطوبت

تغییرات رطوبت نمونه های فیله در مدت نگهداری در سرد خانه (دمای ۱۸-) در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. نتایج نشان میدهد که درصد رطوبت فیله تازه تیلاپیا نیل و قرمز بترتیب ۰/۰۱ ± ۷۹/۱۲ و ۰/۱۵ ± ۷۸/۰۶ درصد بود که این مقدار در طول زمان نگهداری در سردخانه به تدریج کاهش یافت. نتایج آخرین مرحله نمونه برداری بیانگر این است که میزان رطوبت برای نمونه های تیلاپیای نیل در انجماد کند به ۰/۲۰ ±۷۵/۰۸ درصد و در نمونه های انجماد تند به ۰/۱۵± ۷۷/۰۱ درصد کاهش یافت. این کاهش در نمونه های تیلاپیای قرمز حاصل از انجماد کند ۰/۵۶ ± ۷۳/۵۶ ودر انجماد تند ۰/۰۵ ± ۷۶/۳۱ درصد بود ($P<0.05$) . نتایج نشان داد که مقدار کاهش در رطوبت نمونه های حاصل از انجماد کند بصورت معنی داری بیشتراز نمونه های انجماد تند بود ($P<0.05$).

جدول ٤-١: تغییرات درصد رطوبت (وزن تر) نمونه های فیله در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۷۹/۱۲ ± ۰/۰۱ ^{eA}	۷۹/۱۲ ± ۰/۰۱ ^{eA}	۷۸/۰۶ ± ۰/۱۵ ^{eA}	۷۸/۰۶ ± ۰/۱۵ ^{cA}
ماه اول	۷۷/۶۰ ± ۰/۱۲ ^{dB}	۷۸/۸۱ ± ۰/۱۹ ^{dA}	۷۷/۷۳ ± ۰/۲۰ ^{eA}	۷۷/۷۰ ± ۰/۰۱ ^{bA}
ماه دوم	۷۷/۷۰ ± ۰/۱۶ ^{dB}	۷۸/۸۲± ۰/۲۰ ^{dA}	۷۶/۴۰ ± ۰/۳۶ ^{dB}	۷۷/۶۰± ۰/۲۰ ^{bA}
ماه سوم	۷۶/۰۰ ± ۰/۱۱ ^{cB}	۷۸/۷۰± ۰/۰۶ ^{dA}	۷۵/۲۳ ± ۰/۳۵ ^{cB}	۷۷/۱۰± ۰/۰۱ ^{bA}
ماه چهارم	۷۵/۸۰ ± ۰/۰۸ ^{cB}	۷۸/۰۲± ۰/۱۴ ^{cA}	۷۴/۱۰ ± ۰/۳۰ ^{bB}	۷۶/۶۳± ۰/۰۱ ^{aA}
ماه پنجم	۷۵/۴۲ ± ۰/۳۳ ^{bB}	۷۷/۵۰± ۰/۱۴ ^{bA}	۷۳/۸۰ ± ۰/۳۱ ^{aB}	۷۶/۳۸± ۰/۱۴ ^{aA}
ماه ششم	۷۵/۰۸ ± ۰/۲۰ ^{aB}	۷۷/۰۱± ۰/۱۵ ^{aA}	۷۳/۵۶ ± ۰/۳۶ ^{aB}	۷۶/۳۱± ۰/۰۵ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

۲-۱-٤- خاکستر

مقدار خاکستر یا مواد معدنی در نمونه تازه تیلاپیا نیل ۰/۰۱ ±۱/۸۵ و تیلاپیای قرمز ۰/۰۷ ±۱/۳۸ درصد به دست آمد.مقدار خاکستر در هردو ماهی در طی مدت نگهداری در سردخانه افزایش معنی داری را در هر دو تیمار انجماد کند و تند از خود نشان داد. این افزایش برای نمونه های با انجماد کند بالاتر از نمونه های انجماد تند بود($P<0.05$).

در پایان زمان نگهداری مقدار خاکستر تیلاپیای نیل برای نمونه های حاصل از انجماد کند به ۰/۰۸ ±۳/۱۵ درصد و برای نمونه های تند به ۰/۱۲ ±۲/۳۱ درصد رسید(جدول ۴-۲)($P<0.05$) .

همین روند افزایشی معنی دار ($P<0.05$) در نمونه های تیلاپیای قرمز نیز مشاهده شد. بطوریکه مقدار خاکستر در پایان زمان نگهداری برای نمونه های حاصل از انجماد کند به ۰/۰۵ ±۲/۷۶ و برای نمونه های حاصل از انجماد تند به ۰/۳۱ ±۱/۸۹ درصد رسید.

جدول ٤-٢: تغییرات درصد خاکستر نمونه های فیله در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۱/۸۵ ± ۰/۰۱ aA	۱/۸۵ ± ۰/۰۱ aA	۱/۳۸ ± ۰/۰۷ aA	۱/۳۸ ± ۰/۰۷ aA*
ماه اول	۱/۹۴ ± ۰/۱۰ aA	۱/۸۹ ± ۰/۲۰ aA	۱/۴۳ ± ۰/۰۵ aA	۱/۴۱ ± ۰/۰۱ aA
ماه دوم	۲/۰۳ ± ۰/۱۲ aA	۱/۹۵ ± ۰/۲۰ aA	۱/۵۵ ± ۰/۰۵ aB	۱/۴۶ ± ۰/۱۵ aA
ماه سوم	۲/۲۶ ± ۰/۱۶ bB	۲/۱۳± ۰/۱۱ bA	۱/۷۰ ± ۰/۱۴ bB	۱/۵۲± ۰/۲۰ aA
ماه چهارم	۲/۶۱ ± ۰/۰۷ cB	۲/۱۸± ۰/۲۰ bA	۱/۸۶ ± ۰/۳۷ bB	۱/۵۶± ۰/۱۸ aA
ماه پنجم	۲/۸۵ ± ۰/۱۱ cB	۲/۲۷± ۰/۱۴ cA	۲/۵۳ ± ۰/۱۱ cB	۱/۷۱± ۰/۱۲ bA
ماه ششم	۳/۱۵ ± ۰/۰۸ dB	۲/۳۱± ۰/۱۲ cA	۲/۷۶ ± ۰/۱۶ cB	۱/۸۹± ۰/۲۱ bA

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد

۳-۱-٤- پروتئین

تغییرات مقدار پروتئین نمونه های فیله در جدول ۴-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه دیده میشود روند مقدار پروتئین نمونه ها با افزایش زمان نگهداری نسبت معکوس دارد. به عبارت دیگر با افزایش زمان نگهداری نمونه در سردخانه مقدار پروئین کاهش یافت. مقدار پروتئین در نمونه تازه تیلاپیا نیل ۰/۰۱ ±۱۸/۷۰ و در تیلاپیای قرمز ۰/۲۰ ±۲۰/۲۶ درصد محاسبه شد. در پایان زمان نگهداری در سردخانه برای نمونه های حاصل از انجماد کند این میزان به ۰/۰۱ ±۱۷/۰۰ درصد و برای نمونه های حاصل از انجماد تند به ۰/۰۸ ±۱۷/۶۱ درصد رسید($P<0.05$). در نمونه ماهی تیلاپیای قرمز ، مقدار پروتئین در پایان زمان نگهداری برای تیمارهای انجماد کند به ۰/۲۸ ±۱۷/۵۶ و برای تیمارهای انجماد تند به ۰/۲۰ ±۱۸/۰۱ کاهش یافت(جدول ۴-۳). کاهش درصد پروتئین برای نمونه های انجماد کند بیشتر از انجماد تند بوده است ($P<0.05$).

جدول ٤-۳- تغییرات درصد پروتئین (وزن تر) نمونه های فیله در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۱۸/۷۰ ± ۰/۰۱ ^{dA}	۱۸/۷۰ ± ۰/۰۱ ^{cA}	۲۰/۲۶ ± ۰/۲۰ ^{eA}	۲۰/۲۶ ± ۰/۲۰ ^{eA*}
ماه اول	۱۸/۷۱ ± ۰/۱۲ ^{dA}	۱۸/۶۵ ± ۰/۳۲ ^{cA}	۱۹/۴۶ ± ۰/۱۵ ^{dA}	۱۹/۳۹ ± ۰/۰۷ ^{dA}
دوم	۱۸/۶۰ ± ۰/۰۸ ^{dA}	۱۸/۶۱ ± ۰/۰۱ ^{cA}	۱۸/۸۳ ± ۰/۰۵ ^{cB}	۱۹/۰۰ ± ۰/۱۹ ^{cA}
سوم	۱۸/۳۵ ± ۰/۱۹ ^{cA}	۱۸/۳۶± ۰/۱۶ ^{bA}	۱۸/۴۶ ± ۰/۱۵ ^{bA}	۱۸/۵۰± ۰/۱۰ ^{bA}
چهارم	۱۷/۵۰ ± ۰/۰۵ ^{bB}	۱۸/۰۰± ۰/۱۷ ^{bA}	۱۸/۳۶ ± ۰/۳۰ ^{bA}	۱۸/۴۶± ۰/۲۸ ^{bA}
پنجم	۱۷/۰۰ ± ۰/۱۱ ^{aB}	۱۸/۰۰± ۰/۱۰ ^{bA}	۱۷/۸۶ ± ۰/۲۵ ^{aB}	۱۸/۱۲± ۰/۰۹ ^{aA}
ششم	۱۷/۰۰ ± ۰/۱۴ ^{aB}	۱۷/۶۱± ۰/۰۸ ^{aA}	۱۷/۵۶ ± ۰/۲۸ ^{aB}	۱۸/۰۱± ۰/۲۰ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

٤-۱-٤- چربی

مقدار چربی نمونه های فیله در جدول ۴-۴ ارائه شده است. در نمونه های تازه تیلاپیا نیل ۰/۰۱ ±۱/۳۰ درصد چربی در وزن تر و برای تیلاپیای قرمز ۰/۱۲ ±۱/۶۸ در صد در عضله بود. مقدار چربی در تمام نمونه ها با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت. این کاهش در نمونه های حاصل از انجماد تند بصورت معنی داری ($P<0.05$) از نمونه های انجماد کند کمتر بود.

جدول ٤-٤- تغییرات درصد چربی (وزن تر) نمونه های فیله در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۱/۳۰ ± ۰/۰۱ ^{eA}	۱/۳۰ ± ۰/۰۱ ^{cA}	۱/۶۸ ± ۰/۱۲ ^{dA}	۱/۶۸ ± ۰/۱۲ ^{dA}
ماه اول	۱/۲۸ ± ۰/۰۵ ^{eA}	۱/۳۱ ± ۰/۱۱ ^{cA}	۱/۶۱ ± ۰/۱۰ ^{dA}	۱/۶۳ ± ۰/۱۷ ^{dA}
ماه دوم	۱/۱۶ ± ۰/۰۶ ^{dB}	۱/۲۵ ± ۰/۱۴ ^{aA}	۱/۲۸ ± ۰/۱۰ ^{cB}	۱/۵۳ ± ۰/۰۹ ^{cA}
ماه سوم	۱/۰۸ ± ۰/۱۲ ^{dB}	۱/۲۰± ۰/۰۸ ^{bA}	۱/۲۵ ± ۰/۰۵ ^{cB}	۱/۵۰± ۰/۰۹ ^{cA}
ماه چهارم	۰/۹۶ ± ۰/۰۹ ^{cB}	۱/۱۵± ۰/۱۸ ^{bA}	۰/۹۶ ± ۰/۱۱ ^{bB}	۱/۳۸± ۰/۱۰ ^{bA}
ماه پنجم	۰/۷۹ ± ۰/۱۰ ^{bB}	۰/۹۸± ۰/۱۴ ^{aA}	۰/۸۷ ± ۰/۰۵ ^{bB}	۱/۲۲± ۰/۱۱ ^{aA}
ماه ششم	۰/۶۱ ± ۰/۱۴ ^{aB}	۰/۹۱± ۰/۱۲ ^{aA}	۰/۷۳ ± ۰/۰۹ ^{aB}	۱/۱۸± ۰/۰۱ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

۲-٤- اسیدهای چرب

پرفایل اسید های چرب نمونه های فیله در حالت تازه و منجمد و مقایسه دو روش انجماد کند و تند در جداول ۴-۵ تا ۴-۱۰ آمده است. در بافت عضله تیلاپیا نیل و قرمز ۲۹ اسید چرب شناسایی شد که از این تعداد ۹ اسید چرب متعلق به گروه SFA که شامل C12:0 (اسید لوریک) ، C14:0 (اسید مریستیک) ، C15:0 (اسید پنتادکانوئیک)C16:0 (اسید پالمیتیک) ،C17:0 (اسید مارگاریک), C18:0 (اسید استئاریک) C20:0(اسید آراشیدیک)، C22:0 (اسید بهینیک) و C24:0 (اسید لیگنوسریک) بود. همچنین ۹ اسید چرب متعلق به گروه MUFA شناسایی شدند که شامل C14:1 (اسید مریستولئیک) و C15:1 (اسید پنتا دکانوئیک) ، C16:1 (اسید پالمیتولئیک) ، C17:1 (اسید هپتادکانوئیک)، C18:1c (اسید اولئیک ایزومر سیس), C18:1t (اسید اولئیک ایزومر ترانس) و C20:1 (اسید گادولئیک) ، C22:1 (اسید ستولئیک) و C24:1 (اسید نرونیک) بودند.

همچنین ۱۱ اسید چرب : C18:2c (اسید لینولئیک ایزومر سیس) ، C18:2t (اسید لینولئیک ایزومر ترانس), n3 C18:3 (اسید آلفالینولنیک) ،C18:3 n6 (اسید گاما لینولنیک), C18:4 (اسید اوکتادکاترانوئیک) ، C20:2 (اسید ایکوزادی انوئیک)، C20:3 (اسید ایکوزاتری انوئیک)، C20:4 (اسید آراشیدونیک)، C20:5n3(اسیدایکوزاپنتانوئیک،C22:5 (اسید دوکوزاپنتانوئیک) و C22:6n3 (اسید دوکوزاهگزانوئیک) متعلق به گروه PUFA شناسایی شدند.

۱-۲-٤- پروفایل اسیدهای چرب تیلاپیا نیل

نتایج مربوط به شناسایی اسیدهای چرب موجود در تیلاپیای نیل وتغییرات ناشی از انجماد کند و تند در جداول ۴-۵ تا ۴-۷ آمده است. بیشترین مقدار اسیدچرب نمونه های تازه به ترتیب مربوط به اسید اولئیک (C18:1) با ۲۸/۵۲ درصد و اسید لینولئیک (C18:2) با ۲۲/۶۸ درصد می باشد. بیشترین میزان اسید چرب اشباع (SFA) نیز مربوط به اسید پالمیتیک(C16:0) با ۱۵/۳۴ درصد می باشد. اسیدهای چرب PUFA در نمونه های تازه با ۳۸/۶۲ درصد، میزان بیشتری را نسبت بهMUFA با ۳۶/۱۴ درصد و SFA با ۲۴/۸۴ درصد به خود اختصاص داده است. همچنین میزان دو اسید چرب EPA (C20:5n-3) و DHA (C22:6n-3) که اهمیت زیادی از نظر ارزش غذائی چربی ماهی دارد، در نمونه های تازه ۰/۸۱ و ۶/۳۲ درصد می باشد. DHA (C22:6) بالاترین درصد را در بین اسیدهای چرب امگا سه تیلاپیا نیل به خود اختصاص داده است (جدول ۴-۵).

در زمان نگهداری در سردخانه، اسیدهای چرب تیلاپیا نیل مطابق جداول ۴-۵ و ۴-۶ دستخوش تغییراتی شده است که مهمترین این تغییرات به شرح زیر است:

میزان SFA از ۲۴/۸۴ درصد، در پایان دوره نگهداری در سردخانه افزایش یافت و به ۲۸/۹۰ درصد در نمونه های حاصل از انجماد کند و ۲۷/۳۸ درصد در نمونه های حاصل از انجماد تند رسیده است که تفاوت معنی داری را با نمونه های تازه داشتند ($p<0/05$). همچنین میزان MUFA افزایش معنی دار در سطح ۹۵ درصد داشت و از

۳۶/۱۴ درصد به ۳۹/۵۵ درصد در نمونه های با انجماد کند و ۳۸/۲۱ درصد در نمونه های با انجماد تند رسید. مقدار اسیدهای چربPUFA نیز از ۳۸/۶۲ به ۳۰/۵۶ درصد در نمونه های با انجماد کند و ۳۵/۲۲ درصد در نمونه های با انجماد تند رسید که کاهش معنی دار در سطح ۹۵ درصد داشت. نتایج جدول ۴-۷ نشان می دهد میزان تغییرات اسیدهای چرب در زمان نگهداری در سردخانه برای انجماد کند نسبت به انجماد تند بیشتر بوده است($p<0/05$).

جدول ٤-٥- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه های فیله تیلاپیا نیل حاصل از انجماد کند در زمان نگهدای در دمای°(C) ١٨- (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان های نگهداری						
	نمونه تازه	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴±۰/۰۱ a	۰/۰۵±۰/۰۰ a	۰/۰۴±۰/۰۰ a	۰/۰۵±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۳ c	۰/۰۸±۰/۰۰ b	۰/۰۷±۰/۰۱ b
C14:0	۱/۹۳±۰/۰۵ b	۲/۲۲±۰/۰۱ d	۲/۰۵±۰/۰۱ c	۲/۰۲±۰/۲۰ c	۲/۵۳±۰/۰۱ e	۲/۲۷±۰/۳۰ d	۱/۷۳±۰/۰۱ a
C15:0	۰/۴۳±۰/۰۲ b	۰/۴۲±۰/۰۰ b	۰/۳۶±۰/۰۰ a	۰/۴۲±۰/۰۱ b	۰/۴۲±۰/۰۱ b	۰/۴۵±۰/۰۱ b	۰/۴۵±۰/۰۱ b
C16:0	۱۵/۳۴±۰/۱۶ a	۱۷/۳۶±۰/۰۸ b	۱۷/۵۵±۰/۱۴ b	۱۷/۱۱±۰/۳۰ b	۱۷/۵۵±۰/۲۲ b	۱۷/۵۲±۰/۳۱ b	۱۷/۹۰±۰/۴۵ c
C17:0	۰/۸۴±۰/۰۱ a	۰/۸۴±۰/۰۱ a	۰/۷۹±۰/۰۳ a	۰/۸۵±۰/۰۶ a	۰/۷۸±۰/۰۱ a	۰/۹۵±۰/۱۶ b	۰/۸۹±۰/۱۲ b
C18:0	۵/۰۳±۰/۰۳ a	۵/۶۳±۰/۱۰ a	۶/۱۳±۰/۰۸ b	۶/۵۸±۰/۱۲ c	۵/۶۶±۰/۱۲ a	۶/۰۲±۰/۱۸b	۶/۳۸±۰/۰۳ c
C20:0	۰/۳۸±۰/۰۱ b	۰/۳۴±۰/۰۳ b	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۴۳±۰/۰۱ c	۰/۲۸±۰/۰۰ a	۰/۳۰±۰/۰۴a	۰/۳۸±۰/۰۶b
C22:0	۰/۱۷±۰/۰۰ a	۰/۱۵±۰/۰۱ a	۰/۱۴±۰/۰۱ a	۰/۱۹±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۵±۰/۰۱a	۰/۱۶±۰/۰۱ a
C24:0	۰/۶۸±۰/۰۱ d	۰/۳۹±۰/۰۱ b	۰/۳۱±۰/۲۱ a	۰/۳۵±۰/۰۴ a	۰/۴۴±۰/۰۱ c	۰/۳۲±۰/۰۹ a	۰/۹۴±۰/۰۵e

ادامه جدول ۴-۵

∑ SFA	۲۴/۸۴±۰/۱۲ a	۲۷/۴۰±۰/۲۱ b	۲۷/۶۶±۰/۰۹ b	۲۸/۰۰±۰/۱۶ c	۲۷/۹۲±۰/۲۸ c	۲۸/۰۶±۰/۰۸ c	۲۸/۹۰±۰/۳۲ d
C14:1	۰/۲۵±۰/۰۲ a	۰/۲۶±۰/۰۰ a	۰/۲۵±۰/۰۰ a	۰/۲۶±۰/۰۱ a	۰/۴۹±۰/۰۰ b	۰/۲۷±۰/۰۲ a	۰/۲۵±۰/۰۰ a
C15:1	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a
C16:1	۵/۲۳±۰/۰۶ a	۵/۴۶±۰/۱۱ b	۵/۵۲±۰/۰۳ b	۵/۷۴±۰/۱۱ b	۵/۵۳±۰/۰۱ b	۵/۲۱±۰/۲۶ a	۵/۱۲±۰/۶۵ a
C17:1	۰/۶۲±۰/۰۱ a	۰/۶۰±۰/۰۱ a	۰/۶۰±۰/۰۱ a	۰/۵۷±۰/۰۳ a	۰/۹۰±۰/۰۱ c	۰/۸۲±۰/۰۳ b	۰/۷۵±۰/۱۱ b
C18:1t	۰/۲۳±۰/۰۱ a	۰/۲۷±۰/۰۰ a	۰/۲۵±۰/۰۱ a	۰/۳۱±۰/۰۸ a	۰/۱۸±۰/۲۲ a	۰/۲۳±۰/۰۱ a	۰/۲۵±۰/۰۱ a
C18:1c n9	۲۸/۵۲±۰/۱۸ a	۲۸/۵۱±۰/۱۰ a	۳۰/۷۱±۰/۲۹ b	۳۰/۸۵±۰/۳۱ b	۳۰/۴۸±۰/۱۱ b	۳۱/۴۱±۰/۰۵ c	۳۱/۴۹±۰/۰۸ c
C20:1	۰/۲۱±۰/۰۲ a	۰/۲۷±۰/۰۱ b	۰/۲۳±۰/۰۱ a	۰/۱۷±۰/۱۱ a	۰/۳۹±۰/۱۸ c	۰/۲۸±۰/۶۰۱ b	۰/۲۷±۰/۱۲ b
C22:1	۰/۲۲±۰/۰۰ a	۰/۲۳±۰/۰۲ a	۰/۳۱±۰/۸۰ b	۰/۱۴±۰/۰۲ a	۰/۵۳±۰/۱۱ c	۰/۳۳±۰/۰۸ b	۰/۳۵±۰/۱۲ b
C24:1	۰/۷۴±۰/۰۵ c	۰/۶۴±۰/۰۷ b	۰/۶۳±۰/۳۰ b	۰/۶۵±۰/۰۸ b	۰/۵۹±۰/۰۳ b	۰/۴۹±۰/۱۲ a	۰/۹۴±۰/۰۱ d

ادامه جدول ۴-۵

∑MUFA	۳۶/۱۴±۰/۱۸ a	۳۶/۳۶±۰/۳۱ a	۳۸/۶۱±۰/۲۴ b	۳۸/۸۱±۰/۰۶ b	۳۹/۲۰±۰/۱۱ c	۳۹/۱۵±۰/۲۹ c	۳۹/۵۵±۰/۰۹ c
C18:2t	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۲۷±۰/۰۸ a	۰/۳۴±۰/۱۸ a	۰/۲۹±۰/۱۸ a	۰/۲۴±۰/۰۳ a	۰/۳۲±۰/۵۱ a
C18:2c n6	۲۲/۶۸±۰/۱۱ c	۲۱/۰۲±۰/۰۸ b	۲۱/۱۸±۰/۰۳ b	۲۱/۴۰±۰/۰۳ b	۱۹/۷۸±۰/۲۲ a	۱۹/۶۰±۰/۳۳ a	۱۹/۰۱±۰/۱۱ a
C20:2 n6	۱/۰۴±۰/۰۳ b	۰/۸۷±۰/۰۱ a	۰/۷۷±۰/۰۱ a	۱/۰۳±۰/۰۵ b	۰/۸۰±۰/۳۰ a	۰/۹۰±۰/۰۳ a	۰/۸۵±۰/۷۸ a
C18:3 n6	۰/۶۳±۰/۰۱ c	۰/۴۶±۰/۰۱ b	۰/۲۵±۰/۰۱ a	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۳۱±۰/۰۱ a	۰/۳۵±۰/۲۸ a	۰/۴۹±۰/۰۱ b
C18:3 n3	۲/۰۴±۰/۰۳ b	۲/۲۴±۰/۱۸ c	۱/۹۹±۰/۰۱ b	۱/۸۸±۰/۰۱ a	۲/۲۰±۰/۲۶ c	۲/۰۳±۰/۱۶ c	۱/۸۵±۰/۱۱ a
C20:3 n6	۰/۶۱±۰/۰۱ a	۰/۳۷±۰/۰۱ b	۰/۲۱±۰/۱۲ b	۰/۳۱±۰/۰۱ b	۰/۲۷±۰/۰۱ b	۰/۲۹±۰/۰۴ b	۰/۲۵±۰/۰۸ b
C18:4 n3	۱/۱۰±۰/۰۶ a	۱/۰۵±۰/۰۳ a	۱/۰۷±۰/۰۹ a	۱/۲۷±۰/۰۶ a	۱/۱۹±۰/۰۱ a	۱/۰۳±۰/۰۸ a	۱/۱۴±۰/۱۸ a
C20:4 n6	۱/۴۳±۰/۰۱ e	۱/۰۶±۰/۰۵ d	۱/۲۲±۰/۰۳ d	۱/۰۵±۰/۰۳ d	۰/۹۲±۰/۰۸ c	۰/۷۸±۰/۰۳ b	۰/۶۵±۰/۱۹ a
C20:5 n3	۰/۸۱±۰/۰۱ c	۰/۷۸±۰/۰۴ b	۰/۷۴±۰/۰۲ b	۰/۷۴±۰/۱۱ b	۰/۷۳±۰/۱۸ b	۰/۶۳±۰/۲۱ a	۰/۶۴±۰/۱۱ a

ادامه جدول ۴-۵

C22:5 n3	۱/۶۳±۰/۱۱ d	۱/۳۵±۰/۱۱ b	۱/۴۵±۰/۰۱ c	۱/۰۹±۰/۱۴ a	۱/۴۹±۰/۲۲c	۱/۲۳±۰/۰۱a	۱/۳۵±۰/۱۴b
C22:6 n3	۶/۳۲±۰/۰۸ d	۶/۵۶±۰/۱۰ d	۶/۵۸±۰/۳۰ d	۴/۸۱±۰/۳۱ c	۴/۱۵±۰/۱۸ b	۴/۱۱±۰/۳۱ b	۴/۰۱±۰/۲۱ a
∑ PUFA	۳۸/۶۲±۰/۲۰ c	۳۶/۰۵±۰/۲۲ b	۳۵/۷۳±۰/۲۵ b	۳۴/۲۵±۰/۳۲ b	۳۲/۱۳±۰/۳۹a	۳۱/۱۹±۰/۲۶ a	۳۰/۵۶±۰/۳۱a
Other	۰/۹۱±۰/۰۱	۰/۶۴±۰/۰۷	۰/۵۴±۰/۱۰	۰/۵۲±۰/۳۰	۰/۲۳±۰/۱۲	۰/۱۸±۰/۱۷	۰/۲۶±۰/۱۹
∑ n3	۱۱/۹۰±۰/۲۰c	۱۱/۹۸± ۰/۲۰c	۱۱/۸۳±۰/۱۴c	۹/۷۹±۰/۲۳b	۹/۷۶±۰/۳۱b	۹/۰۳±۰/۲۶a	۸/۹۹±۰/۱۷a
∑ n6	۲۶/۳۹±۰/۲۱d	۲۳/۷۸±۰/۱۵c	۲۳/۶۳±۰/۱۲c	۲۴/۱۲±۰/۲۰c	۲۲/۰۸±۰/۱۶b	۲۱/۹۲±۰/۱۸b	۲۱/۲۵±۰/۲۲a
n 3/n 6	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۲

- ΣSFA (Saturated Fatty acids) :مجموع اسید های چرب اشباع

- ΣMUFA (Monounsaturated Fatty acids): مجموع اسید های چرب غیر اشباع داری یک باند دوگانه

-ΣPUFA (Polyunsaturated Fatty acids): مجموع اسید های چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه

-داده ها بیانگر میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است

– حروف لاتین مختلف بالای داده ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها میباشد (P<0.05)

-n3/n6: نسبت مجموع اسید های چرب امگا۳ به مجموع اسید های چرب امگا ۶

جدول ٤-٦- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه های فیله تیلاپیا نیل حاصل از انجماد تند در زمان نگهدای

در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان های نگهداری						
	نمونه تازه	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴±۰/۰۱ a	۰/۰۵±۰/۰۰ a	۰/۰۵±۰/۰۱ a	۰/۰۳±۰/۰۰ a	۰/۰۹±۰/۰۳ b	۰/۰۶±۰/۰۰ a	۰/۰۶±۰/۰۰ a
C14:0	۱/۹۳±۰/۰۵ b	۲/۴۸±۰/۰۱ c	۱/۸۰±۰/۲۹ b	۱/۵۴±۰/۰۱ a	۲/۳۱±۰/۰۱ c	۲/۷۳±۰/۲۱ d	۲/۱۸±۰/۰۰ c
C15:0	۰/۴۳±۰/۰۲ b	۰/۳۰±۰/۰۱ a	۰/۳۸±۰/۰۱ b	۰/۴۲±۰/۰۱ b	۰/۴۳±۰/۰۱ b	۰/۴۰±۰/۰۱ b	۰/۴۱±۰/۰۰ b
C16:0	۱۵/۳۴±۰/۱۶ a	۱۵/۶۸±۰/۳۲ a	۱۵/۱۸±۰/۲۶ a	۱۵/۷۱±۰/۲۵ a	۱۷/۲۱±۰/۱۹ b	۱۷/۰۸±۰/۲۵ b	۱۷/۰۷±۰/۲۱ b
C17:0	۰/۸۴±۰/۰۱ b	۰/۶۶±۰/۰۱ a	۰/۸۱±۰/۰۶ b	۰/۸۶±۰/۱۶ b	۰/۸۲±۰/۰۴ b	۰/۷۷±۰/۰۱ b	۱/۰۸±۰/۰۲ c
C18:0	۵/۰۳±۰/۰۳ a	۶/۱۹±۰/۱۲ c	۷/۱۱±۰/۱۲ d	۶/۸۹±۰/۱۰ c	۵/۱۸±۰/۰۹ a	۵/۳۲±۰/۰۱ b	۵/۶۸±۰/۱۴ b
C20:0	۰/۳۸±۰/۰۱ a	۰/۳۴±۰/۰۱ a	۰/۴۰±۰/۰۵ a	۰/۴۷±۰/۰۱ b	۰/۲۸±۰/۲۱ a	۰/۳۵±۰/۰۸ a	۰/۲۹±۰/۰۳a
C22:0	۰/۱۷±۰/۰۰ a	۰/۱۵±۰/۰۱ a	۰/۱۶±۰/۰۱ a	۰/۱۸±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۶±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱a
C24:0	۰/۶۸±۰/۰۱ b	۰/۶۳±۰/۱۲ b	۰/۸۴±۰/۲۱ c	۰/۹۲±۰/۰۵ c	۰/۶۹±۰/۱۷ b	۰/۴۵±۰/۱۲a	۰/۴۸±۰/۳۴a
∑ SFA	۲۴/۸۴±۰/۱۲ a	۲۶/۴۸±۰/۰۹ b	۲۶/۷۳±۰/۲۰ b	۲۷/۰۲±۰/۳۱ c	۲۷/۱۲±۰/۱۹ c	۲۷/۳۲±۰/۱۵ c	۲۷/۳۸±۰/۲۱d
C14:1	۰/۲۵±۰/۰۲ a	۰/۲۶±۰/۰۱ a	۰/۲۳±۰/۰۰ a	۰/۲۳±۰/۰۱ a	۰/۲۰±۰/۰۳ a	۰/۳۱±۰/۰۱ b	۰/۲۶±۰/۰۰ a
C15:1	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۸۰±۰/۵۱ b	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۰۹±۰/۰۱ a

ادامه جدول ۴-۶

C16:1	۵/۲۳±۰/۰۶ ^{b}	۵/۲۷±۰/۰۸ ^{b}	۴/۶۳±۰/۰۷ ^{a}	۴/۶۹±۰/۱۷ ^{a}	۴/۶۸±۰/۳۲ ^{a}	۵/۳۳±۰/۱۶ ^{b}	۵/۹۲±۰/۰۱ ^{c}
C17:1	۰/۶۲±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۸±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۷±۰/۰۰ ^{a}	۰/۶۲±۰/۱۵ ^{a}	۰/۸۲±۰/۰۱ ^{c}	۰/۷۴±۰/۱۲ ^{b}	۰/۵۶±۰/۰۳ ^{a}
C18:1t	۰/۲۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۲±۰/۰۱ ^{b}	۰/۲۲±۰/۰۱ ^{a}	۰/۲۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۲±۰/۱۰ ^{b}	۰/۳۲±۰/۰۱ ^{b}	pd
C18:1c n9	۲۸/۵۲±۰/۱۸ ^{a}	۲۸/۶۹±۰/۱۰ ^{a}	۲۹/۷۵±۰/۵۱ ^{b}	۳۰/۳۵±۰/۰۹ ^{c}	۲۹/۴۸±۰/۳۲ ^{b}	۳۰/۱۹±۰/۰۶ ^{c}	۳۰/۲۳±۰/۴۴ ^{c}
C20:1	۰/۲۱±۰/۰۲ ^{b}	۰/۱۸±۰/۱۹ ^{a}	۰/۱۶±۰/۰۱ ^{a}	۰/۱۹±۰/۰۲ ^{b}	۰/۲۹±۰/۱۴ ^{c}	۰/۲۴±۰/۳۰ ^{c}	۰/۳۲±۰/۰۸ ^{d}
C22:1	۰/۲۲±۰/۰۰ ^{b}	۰/۱۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۱±۰/۸۰ ^{b}	۰/۱۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۹±۰/۱۸ ^{b}	۰/۳۰±۰/۰۲ ^{b}	۰/۲۷±۰/۰۲ ^{b}
C24:1	۰/۷۴±۰/۰۵ ^{b}	۰/۷۰±۰/۰۱ ^{b}	۰/۸۶±۰/۱۶ ^{c}	۰/۸۹±۰/۱۴ ^{c}	۰/۶۴±۰/۱۲ ^{b}	۰/۵۵±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۶±۰/۰۱ ^{a}
∑MUFA	۳۶/۱۴±۰/۱۸ ^{a}	۳۶/۲۵±۰/۰۶ ^{a}	۳۶/۸۵±۰/۱۷ ^{a}	۳۷/۵۰±۰/۱۵ ^{b}	۳۷/۶۲±۰/۱۶ ^{b}	۳۸/۱۰±۰/۳۴ ^{c}	۳۸/۲۱±۰/۳۰ ^{c}
C18:2t	۰/۳۳±۰/۰۱ ^{c}	۰/۳۶±۰/۰۱ ^{c}	۰/۴۴±۰/۱۰ ^{d}	۰/۳۵±۰/۵۱ ^{c}	۰/۲۸±۰/۰۳ ^{b}	۰/۲۷±۰/۰۱ ^{b}	۰/۱۸±۰/۰۹ ^{a}
C18:2c n6	۲۲/۶۸±۰/۱۱ ^{b}	۲۲/۸۹±۰/۱۸ ^{b}	۲۱/۹۲±۰/۱۴ ^{a}	۲۱/۶۹±۰/۲۱ ^{a}	۲۲/۲۶±۰/۰۹ ^{b}	۲۲/۹۸±۰/۲۹ ^{c}	۲۲/۵۴±۰/۸۱ ^{c}
C20:2 n6	۱/۰۴±۰/۰۳ ^{b}	۰/۹۸±۰/۱۴ ^{b}	۱/۰۳±۰/۰۳ ^{b}	۰/۸۰±۰/۰۱ ^{a}	۱/۰۵±۰/۱۰ ^{b}	۰/۷۷±۰/۱۲ ^{a}	۱/۰۸±۰/۰۱ ^{b}
C18:3 n6	۰/۶۳±۰/۰۱ ^{c}	۰/۵۵±۰/۰۰ ^{c}	۰/۷۰±۰/۱۴ ^{d}	۰/۵۶±۰/۰۱ ^{c}	۰/۴۶±۰/۱۸ ^{b}	۰/۴۲±۰/۰۰ ^{b}	۰/۳۰±۰/۰۱ ^{a}
C18:3 n3	۲/۰۴±۰/۰۳ ^{b}	۱/۷۱±۰/۰۱ ^{a}	۱/۷۳±۰/۱۹۵ ^{a}	۱/۶۱±۰/۰۱ ^{a}	۲/۰۰±۰/۲۵ ^{b}	۱/۹۶±۰/۰۲ ^{b}	۲/۲۴±۰/۰۱ ^{c}
C20:3 n6	۰/۶۱±۰/۰۱ ^{b}	۰/۵۹±۰/۰۰ ^{b}	۰/۷۴±۰/۱۲ ^{c}	۰/۷۳±۰/۰۰ ^{c}	۰/۵۱±۰/۱۹ ^{b}	۰/۳۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۳±۰/۰۵ ^{a}
C18:4n3	۱/۱۰±۰/۰۶ ^{a}	۱/۰۲±۰/۰۳ ^{b}	۱/۰۶±۰/۰۹ ^{b}	۱/۱۴±۰/۰۳ ^{b}	۰/۸۵±۰/۰۳ ^{a}	۱/۱۵±۰/۲۴ ^{b}	۱/۱۱±۰/۰۱ ^{b}

ادامه جدول ۴-۶

C20:4 n6	۱/۴۳±۰/۰۱ b	۱/۵۳±۰/۰۲ b	۲/۱۱±۰/۲۶ c	۲/۲۱±۰/۲۵ c	۰/۹۸±۰/۲۷ a	۰/۷۶±۰/۰۱ a	۰/۸۸±۰/۰۳a
C20:5 n3	۰/۸۱±۰/۰۱ b	۰/۷۸±۰/۰۲ b	۰/۷۶±۰/۵۱ b	۰/۷۴±۰/۰۳ b	۰/۵۲±۰/۰۲ a	۰/۴۳±۰/۲۳ a	۰/۵۹±۰/۱۷ a
C22:5 n3	۱/۶۳±۰/۱۱ b	۱/۲۳±۰/۰۱ a	۱/۷۵±۰/۱۱ b	۱/۷۰±۰/۰۲ b	۱/۸۳±۰/۳۴b	۱/۱۹±۰/۱۰a	۱/۳۹±۰/۱۲a
C22:6 n3	۶/۳۲±۰/۰۸ d	۵/۶۱±۰/۰۱ c	۵/۱۷±۰/۲۸ b	۵/۲۰±۰/۱۲ b	۵/۱۲±۰/۲۵ b	۵/۲۰±۰/۲۳b	۴/۵۸±۰/۳۲ a
∑ PUFA	۳۸/۶۲±۰/۲۰ c	۳۷/۲۵±۰/۲۲ b	۳۷/۴۱±۰/۲۴ b	۳۶/۷۳±۰/۱۹ b	۳۵/۸۶±۰/۱۵a	۳۵/۵۰±۰/۱۸ a	۳۵/۲۲±۰/۴۱a
Other	۰/۹۱±۰/۰۱	۰/۸۹±۰/۰۱	۰/۸۱±۰/۰۱	۰/۹۴±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۲۹±۰/۰۱	۰/۱۰±۰/۳۸
∑ n3	۱۱/۹۰±۰/۲۰c	۱۰/۳۵±۰/۱۱b	۱۰/۴۷±۰/۱۲b	۱۰/۳۹±۰/۲۵b	۱۰/۳۲±۰/۱۶b	۹/۹۳±۰/۲۳a	۹/۹۱±۰/۱۰a
∑ n6	۲۶/۳۹±۰/۲۱b	۲۶/۵۴±۰/۱۴b	۲۶/۵۰±۰/۱۰b	۲۵/۹۹±۰/۱۸a	۲۵/۲۶±۰/۱۶a	۲۵/۳۰±۰/۲۱a	۲۵/۱۳±۰/۰۹a
n 3/n 6	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۹

- ΣSFA (Saturated Fatty acids) :مجموع اسید های چرب اشباع

- ΣMUFA (Monounsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع داری یک باند دوگانه

-ΣPUFA (Polyunsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه

- داده ها بیانگر میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است

– حروف لاتین مختلف بالای داده ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها میباشد (P<0.05)

-n3/n6: نسبت مجموع اسید های چرب امگا۳ به مجموع اسید های چرب امگا ۶

جدول٤-٧- مقایسه تغییرات درصد گروه های اسید چرب تیلاپیا نیل با انجماد کند و تند در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان های نگهداری(ماه)	SFA		MUFA		PUFA	
	(انجماد کند)	(انجماد تند)	(انجماد کند)	(انجماد تند)	(انجماد کند)	(انجماد تند)
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 دوم	۲۷/۶۶±۰/۰۹ ^{bB}	۲۶/۷۳±۰/۲۰ ^{bA}	۳۸/۶۱±۰/۲۴ ^{bB}	۳۶/۸۵±۰/۱۷ ^{aA}	۳۵/۷۳±۰/۲۵ ^{bB}	۳۷/۴۱±۰/۲۴ ^{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 چهارم	۲۷/۹۲±۰/۲۸ ^{cB}	۲۷/۱۲±۰/۱۹ ^{cA}	۳۹/۲۰±۰/۱۱ ^{cB}	۳۷/۶۲±۰/۱۶ ^{bA}	۳۲/۱۳±۰/۳۹ ^{aB}	۳۵/۸۶±۰/۱۵ ^{aA}
ماه پنجم	۲۸/۰۶±۰/۰۸ ^{cA}	۲۷/۳۲±۰/۱۵ ^{cA}	۳۹/۱۵±۰/۲۹ ^{cA}	۳۸/۱۰±۰/۳۴ ^{cA}	۳۱/۱۹±۰/۲۶ ^{aB}	۳۵/۵۰±۰/۱۸ ^{aA}
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}

- ΣSFA (Saturated Fatty acids) :مجموع اسید های چرب اشباع

- ΣMUFA (Monounsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع داری یک باند دوگانه

-ΣPUFA (Polyunsaturated Fatty acids): مجموع اسید های چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه

داده ها بیانگر میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است

- حروف لاتین مختلف بالای داده ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها میباشد ($P<0.05$)

۲-۲-٤- پروفایل اسیدهای چرب تیلاپیای قرمز

نتایج مربوط به اسیدهای چرب موجود در تیلاپیای قرمز و تغییرات حاصل از انجماد کند و تند در جداول ۴-۸ تا ۴-۱۰ آمده است.

اسیداولئیک (C18:1) با ۲۸/۵۲ درصد، اسید لینولئیک (C18:2) با ۲۲/۶۸ درصد و اسید پالمیتیک (C16:0) با ۱۵/۳۴ درصد بیشترین مقدار را در میان اسیدهای چرب شناسایی شده در ماهی تازه تیلاپیای قرمز داشتند.

در نمونه های تازه درصد اسیدهای چرب MUFA از میزان PUFA و SFA بیشتر بود. مهمترین اسیدچرب امگا سه، دوکوزاهگزانوئیک اسید(C22:6) به میزان ۶/۳۲ درصد بوده است.

مقایسه تغییرات اسیدهای چرب تیلاپیلا قرمز حاصل از انجماد کند و تند در جدول ۳- ۱۰حاکی از آن است که درصد اسیدهای چرب MUFA, SFA و PUFA در زمان نگهداری در سردخانه دستخوش تغییراتی شده است ($p<0/05$) , به طوریکه درصد SFA و MUFA افزایش و درصد PUFA کاهش نشان داده است. مقدار SFA از ۲۷/۱۲ درصد به ۳۰/۱۰ درصد در نمونه های حاصل از انجماد کند و ۲۹/۱۶ درصد در نمونه های حاصل از انجماد تند رسیده است که تفاوت معنی داری را با نمونه های تازه داشتند ($p<0/05$). همچنین میزان MUFA افزایش معنی دار در سطح ۹۵ درصد داشت و از ۳۹/۰۱ درصد به ۴۴/۵۰ درصد در نمونه های با انجماد کند و ۴۲/۹۴ درصد در نمونه های با انجماد تند رسید. همچنین اسیدهای چربPUFA از ۳۳/۵۲ درصد به ۲۴/۸۰ درصد در نمونه های با انجماد کند و ۲۷/۳۳ درصد در نمونه های با انجماد تند رسید که کاهش معنی دار در سطح ۹۵ درصد داشت. نتایج جدول ۴-۱۰ نشان می دهد میزان تغییرات اسیدهای چرب در زمان نگهداری در سردخانه برای انجماد کند نسبت به انجماد تند بیشتر بوده است($p<0/05$).

جدول ٤-٨- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه های فیله تیلاپیا قرمز حاصل از انجماد کند در زمان نگهدای در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان های نگهداری						
	نمونه تازه	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴±۰/۰۰ a	۰/۰۵±۰/۰۰ a	۰/۰۵±۰/۰۰ a	۰/۰۸±۰/۰۰ b	۰/۰۹±۰/۰۰ b	۰/۰۹±۰/۰۰ b	۰/۱۱±۰/۰۱ c
C14:0	۲/۷۴±۰/۱۳ a	۲/۴۹±۰/۰۲ a	۲/۵۵±۰/۰۳ a	۲/۵۵±۰/۰۱ a	۲/۶۹±۰/۰۸ a	۳/۲۱±۰/۰۲ b	۳/۱۱±۰/۰۰ b
C15:0	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۷±۰/۰۱ b	۰/۳۷±۰/۰۰ b	۰/۳۴±۰/۰۱ a	۰/۴۲±۰/۰۰ c	۰/۴۰±۰/۰۱ c	۰/۴۲±۰/۰۳ c
C16:0	۱۶/۸۷±۰/۱۴ a	۱۷/۳۸±۰/۰۶ b	۱۷/۸۸±۰/۰۳ b	۱۷/۹۸±۰/۰۳ b	۱۷/۸۰±۰/۰۰ b	۱۸/۲۵±۰/۰۳ c	۱۸/۷۴±۰/۰۳ c
C17:0	۰/۷۶±۰/۰۱ b	۰/۷۱±۰/۰۱ b	۰/۸۲±۰/۰۱ c	۰/۶۷±۰/۰۳ b	۰/۷۱±۰/۰۱ b	۰/۶۸±۰/۰۰ b	۰/۲۷±۰/۰۱ a
C18:0	۵/۶۵±۰/۰۳ a	۵/۹۴±۰/۰۱ a	۶/۲۸±۰/۱۰ b	۶/۴۵±۰/۰۳ b	۶/۴۳±۰/۰۱ b	۶/۳۸±۰/۰۱b	۶/۸۵±۰/۰۱ c
C20:0	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۲۸±۰/۰۱ a	۰/۲۷±۰/۰۱ a	۰/۲۵±۰/۰۱ a	۰/۴۰±۰/۰۱ b	۰/۲۲±۰/۰۱a	۰/۱۷±۰/۰۳a
C22:0	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۶±۰/۰۱ a	۰/۱۰±۰/۰۱a	۰/۰۷±۰/۰۱b
C24:0	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۸±۰/۰۱ a	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۲۹±۰/۰۳ a	۰/۶۵±۰/۰۱ b	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۶±۰/۰۱a
∑ SFA	۲۷/۱۲±۰/۲۲ a	۲۷/۷۳±۰/۱۱ a	۲۸/۶۶±۰/۲۸ b	۲۸/۷۳±۰/۱۸ b	۲۹/۳۵±۰/۰۹ c	۲۹/۶۵±۰/۲۲ c	۳۰/۱۰±۰/۳۱d
C14:1	۰/۳۲±۰/۰۲ a	۰/۳۳±۰/۰۳ a	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۴۸±۰/۰۱ b	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۵۴±۰/۰۱ c	۰/۵۹±۰/۰۱ c
C15:1	۰/۱۱±۰/۰۰ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۱۰±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۰ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۱±۰/۰۱ a
C16:1	۶/۷۲±۰/۰۸ c	۵/۵۸±۰/۱۲ a	۶/۰۳±۰/۰۵ b	۶/۳۵±۰/۰۲ b	۷/۰۱±۰/۰۶ c	۶/۸۲±۰/۰۳ c	۷/۷۵±۰/۰۳ d

ادامه جدول ۴-۸

C17:1	۰/۶۱±۰/۰۱ a	۰/۵۹±۰/۰۲ a	۰/۶۲±۰/۰۱ a	۰/۶۸±۰/۰۱ b	۰/۷۶±۰/۰۲ b	۰/۸۷±۰/۰۱ c	۰/۶۶±۰/۰۳ b
C18:1t	۰/۲۹±۰/۱۱ a	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۱±۰/۰۱ a	۰/۳۶±۰/۰۱ a	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۳۸±۰/۰۳ b	۰/۴۳±۰/۰۰ b
C18:1c n9	۲۹/۷۵±۰/۲۰ a	۳۱/۵۶±۰/۰۴ b	۳۱/۹۹±۰/۰۵ c	۳۲/۱۰±۰/۰۱ c	۳۲/۹۶±۰/۰۳ d	۳۳/۴۴±۰/۰۶ e	۳۳/۴۵±۰/۰۳ f
C20:1	۰/۲۴±۰/۰۲ a	۰/۲۸±۰/۰۲ a	۰/۲۴±۰/۰۳ a	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۱۹±۰/۰۱ a	۰/۳۴±۰/۰۱ b	۰/۵۵±۰/۰۳c
C22:1	۰/۲۴±۰/۰۳ a	۰/۲۲±۰/۰۰ a	۰/۳۷±۰/۰۱ b	۰/۲۷±۰/۰۱ a	۰/۳۱±۰/۰۱ b	۰/۳۹±۰/۰۳ b	۰/۴۳±۰/۰۱c
C24:1	۰/۷۳±۰/۰۲ a	۰/۸۲±۰/۰۲ b	۰/۶۱±۰/۰۱ a	۰/۴۹±۰/۰۱ a	۰/۵۶±۰/۰۱ a	۰/۵۱±۰/۰۱a	۰/۵۳±۰/۰۱a
∑ MUFA	۳۹/۰۱±۰/۱۹ a	۳۹/۸۲±۰/۱۲ a	۴۰/۶۱±۰/۳۰ b	۴۱/۱۲±۰/۱۱ b	۴۲/۵۲±۰/۱۴ c	۴۳/۴۲±۰/۱۹ d	۴۴/۵۰±۰/۳۰ e
C18:2t	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۲۵±۰/۰۲ a	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۰±۰/۰۱ a	۰/۲۵±۰/۰۴ a	۰/۳۴±۰/۰۳a
C18:2c n6	۱۸/۱۵±۰/۰۶ c	۱۷/۵۵±۰/۰۳ c	۱۸/۱۲±۰/۰۱ c	۱۸/۰۱±۰/۰۵ c	۱۵/۶۲±۰/۰۳ b	۱۵/۶۷±۰/۰۳ b	۱۴/۱۶±۰/۰۲ a
C20:2 n6	۰/۸۱±۰/۱۳ b	۰/۶۹±۰/۰۲ a	۰/۶۲±۰/۰۱ a	۰/۷۱±۰/۰۱ a	۰/۷۰±۰/۰۱ a	۰/۶۹±۰/۰۳ a	۰/۶۵±۰/۰۱ a
C18:3 n6	۰/۲۳±۰/۰۱ a	۰/۳۴±۰/۰۱ b	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۳۵±۰/۰۱ b	۰/۳۵±۰/۰۱ b	۰/۳۴±۰/۰۱ b	۰/۲۹±۰/۰۱ a
C18:3 n3	۱/۹۸±۰/۰۰ a	۱/۹۲±۰/۰۳ a	۲/۰۸±۰/۰۱ b	۲/۲۷±۰/۰۱ c	۱/۸۷±۰/۰۲ a	۱/۹۰±۰/۰۱ a	۱/۹۱±۰/۰۸a
C20:3 n6	۰/۳۱±۰/۰۱ a	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۴۵±۰/۰۱ b	۰/۳۲±۰/۰۱a	۰/۲۸±۰/۰۱a
C18:4 n3	۱/۳۵±۰/۰۱ b	۱/۴۰±۰/۰۴ b	۱/۱۴±۰/۰۲ a	۱/۵۰±۰/۰۲ b	۱/۲۳±۰/۰۱ a	۱/۲۷±۰/۰۳ a	۱/۲۸±۰/۰۳ a
C20:4 n6	۱/۳۳±۰/۰۲c	۱/۳۶±۰/۰۳ c	۱/۱۱±۰/۰۱ b	۰/۹۹±۰/۰۳ b	۱/۰۱±۰/۰۱ b	۰/۸۲±۰/۰۱ a	۰/۸۳±۰/۰۳a
C20:5 n3	۰/۶۳±۰/۰۳ b	۰/۶۷±۰/۰۱ b	۰/۶۳±۰/۰۲ b	۰/۵۳±۰/۰۱ b	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۶۲±۰/۰۱ b	۰/۳۰±۰/۰۳ a

ادامه جدول ۴-۸

C22:5 n3	۱/۴۹±۰/۰۲ c	۱/۴۷±۰/۰۵ c	۱/۵۰±۰/۰۳ c	۱/۲۸±۰/۰۱ b	۱/۰۶±۰/۰۱ a	۱/۰۱±۰/۱۱a	۱/۰۲±۰/۰۱a
C22:6 n3	۶/۹۵±۰/۱۲ e	۶/۰۵±۰/۰۳ d	۵/۰۴±۰/۱۴ c	۴/۳۹±۰/۱۲ b	۳/۸۸±۰/۰۸a	۳/۶۰±۰/۲۱ a	۳/۴۲±۰/۱۸ a
∑ PUFA	۳۳/۵۲±۰/۲۱ e	۳۲/۰۷±۰/۲۲ d	۳۱/۰۷±۰/۲۴ c	۳۰/۶۷±۰/۲۹ c	۲۶/۸۰±۰/۱۵b	۲۶/۴۹±۰/۳۲ b	۲۴/۸±۰/۴۱a
Other	۰/۸۳±۰/۰۶	۰/۹۰±۰/۰۱	۰/۴۹±۰/۰۶	۰/۳۳±۰/۰۳	۰/۲۱±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۳	۰/۱۶±۰/۰۱
∑ n3	۱۲/۴۰±۰/۱۲d	۱۱/۵۱±۰/۱۷c	۱۰/۳۹±۰/۱۱b	۹/۹۷±۰/۱۵b	۸/۳۷±۰/۲۱a	۸/۴۱±۰/۲۰a	۷/۹۳±۰/۱۲a
∑ n6	۲۰/۸۳±۰/۱۶c	۲۰/۲۷±۰/۱۲c	۲۰/۴۳±۰/۲۴c	۲۰/۳۸±۰/۱۱c	۱۸/۱۳±۰/۱۹b	۱۷/۸۴±۰/۰۹b	۱۶/۲۱±۰/۱۱a
n 3/n 6	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۹

- ΣSFA (Saturated Fatty acids) :مجموع اسید های چرب اشباع

- ΣMUFA (Monounsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع داری یک باند دوگانه

-ΣPUFA (Polyunsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه

- داده ها بیانگر میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است

- حروف لاتین مختلف بالای داده ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها میباشد ($P<0.05$)

-n3/n6: نسبت مجموع اسید های چرب امگا۳ به مجموع اسید های چرب امگا ۶

جدول ٤-۹- تغییرات اسیدهای چرب در نمونه تیلاپیا قرمز حاصل از انجماد تند در زمان نگهدای در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد (درصد از کل اسیدهای چرب)

اسیدهای چرب	زمان های نگهداری						
	نمونه تازه	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم
C12:0	۰/۰۴±۰/۰۰ a	۰/۰۸±۰/۰۱ b	۰/۰۸±۰/۰۰ b	۰/۰۴±۰/۰۱ a	۰/۰۹±۰/۰۱ b	۰/۱۲±۰/۰۰ c	۰/۱۲±۰/۰۲ c
C14:0	۲/۷۴±۰/۱۳ a	۲/۴۶±۰/۱۴ a	۳/۰۹±۰/۰۲ b	۲/۹۵±۰/۰۱ a	۲/۷۵±۰/۰۳ a	۳/۰۴±۰/۰۱ b	۳/۰۸±۰/۰۱b
C15:0	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۴۳±۰/۰۱ b	۰/۴۲±۰/۰۱ b	۰/۳۹±۰/۰۱ b	۰/۴۱±۰/۱۵ b	۰/۴۳±۰/۰۱ b	۰/۳۷±۰/۱۱ b
C16:0	۱۶/۸۷±۰/۱۴ a	۱۷/۰۵±۰/۳۰ a	۱۷/۵۰±۰/۳۰ b	۱۷/۳۶±۰/۰۲ b	۱۷/۵۱±۰/۱۱ b	۱۸/۸۵±۰/۲۰ c	۱۷/۷۴±۰/۰۱ b
C17:0	۰/۷۶±۰/۰۱ a	۰/۸۵±۰/۰۱ b	۰/۷۹±۰/۰۳ a	۰/۷۸±۰/۰۰ a	۰/۷۵±۰/۳۹ a	۰/۷۲±۰/۰۱ a	۰/۸۶±۰/۱۹b
C18:0	۵/۶۵±۰/۰۳ a	۵/۸۲±۰/۰۳ a	۵/۰۹±۰/۰۸ a	۵/۴۵±۰/۰۲ a	۵/۹۵±۰/۱۰ b	۵/۲۰±۰/۰۱a	۶/۱۵±۰/۰۹ c
C20:0	۰/۲۹±۰/۰۱ a	۰/۳۷±۰/۰۱ a	۰/۲۷±۰/۰۱ a	۰/۳۳±۰/۰۱ a	۰/۳۱±۰/۰۱ a	۰/۲۶±۰/۰۱ a	۰/۲۲±۰/۰۱a
C22:0	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۵±۰/۰۱ a	۰/۱۵±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۱۵±۰/۰۱ a	۰/۱۳±۰/۰۱ a	۰/۰۹±۰/۰۱ a
C24:0	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۳۴±۰/۰۱ a	۰/۳۲±۰/۰۱ a	۰/۸۰±۰/۰۱ b	۰/۸۳±۰/۰۱ b	۰/۳۷±۰/۰۲a	۰/۵۳±۰/۰۸ c
∑ SFA	۲۷/۱۲±۰/۲۲ a	۲۷/۵۵±۰/۲۴ a	۲۷/۷۱±۰/۲۰ b	۲۸/۲۳±۰/۱۸ c	۲۸/۷۵±۰/۲۶ c	۲۹/۱۲±۰/۳۲ d	۲۹/۱۶±۰/۲۵d
C14:1	۰/۳۲±۰/۰۲ a	۰/۳۹±۰/۰۱ a	۰/۵۵±۰/۰۰ b	۰/۲۷±۰/۰۲ a	۰/۴۸±۰/۰۲ b	۰/۶۲±۰/۰۱ c	۰/۶۸±۰/۰۹ c
C15:1	۰/۱۱±۰/۰۰ a	۰/۱۶±۰/۰۱ a	۰/۱۷±۰/۰۱ a	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۴±۰/۰۱ a	۰/۱۶±۰/۰۱ a	۰/۰۸±۰/۰۳ a
C16:1	۶/۷۲±۰/۰۸ a	۶/۵۵±۰/۱۷ a	۶/۴۵±۰/۰۳ a	۶/۱۸±۰/۰۸ a	۷/۲۱±۰/۰۱ b	۷/۱۷±۰/۱۲ b	۷/۰۴±۰/۰۱ b
C17:1	۰/۶۱±۰/۰۱ a	۰/۷۴±۰/۱۱ b	۰/۷۶±۰/۰۱ b	۰/۷۰±۰/۰۱ b	۰/۷۶±۰/۰۱ b	۰/۷۳±۰/۰۸b	۰/۸۵±۰/۰۲ c

ادامه جدول ۴-۹

C18:1t	۰/۲۹±۰/۱۱ ^{a}	۰/۳۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۶±۰/۰۲ ^{a}	۰/۲۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۲۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۹±۰/۰۱ ^{a}	۰/۱۸±۰/۰۱ ^{a}
C18:1c n9	۲۹/۷۵±۰/۲۰ ^{a}	۲۹/۶۶±۰/۰۸ ^{a}	۲۹/۴۲±۰/۶۰ ^{a}	۳۲/۱۱±۰/۰۱ ^{b}	۳۲/۰۰±۰/۰۳ ^{b}	۳۱/۹۰±۰/۱۲ ^{b}	۳۲/۳۴±۰/۰۸ ^{c}
C20:1	۰/۲۴±۰/۰۲ ^{a}	۰/۳۳±۰/۱۱ ^{a}	۰/۳۸±۰/۰۳ ^{b}	۰/۲۲±۰/۱۱ ^{a}	۰/۴۴±۰/۰۱ ^{c}	۰/۴۰±۰/۰۱ ^{c}	۰/۴۷±۰/۰۱ ^{c}
C22:1	۰/۲۴±۰/۰۳ ^{a}	۰/۳۴±۰/۰۱ ^{b}	۰/۴۵±۰/۰۶ ^{c}	۰/۱۶±۰/۰۵ ^{a}	۰/۴۷±۰/۰۱ ^{c}	۰/۵۳±۰/۰۱ ^{c}	۰/۴۹±۰/۰۱ ^{c}
C24:1	۰/۷۳±۰/۰۲ ^{a}	۰/۷۲±۰/۰۱ ^{a}	۰/۷۶±۰/۰۲ ^{a}	۰/۷۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۵±۰/۰۱ ^{b}	۰/۹۱±۰/۰۳ ^{c}	۰/۸۱±۰/۱۹ ^{d}
∑MUFA	۳۹/۰۱±۰/۱۹ ^{a}	۳۹/۲۲±۰/۱۷ ^{a}	۳۹/۳۰±۰/۲۹ ^{a}	۴۰/۷۳±۰/۱۲ ^{b}	۴۲/۲۹±۰/۱۴ ^{c}	۴۲/۸۱±۰/۲۰ ^{c}	۴۲/۹۴±۰/۳۲ ^{c}
C18:2t	۰/۲۹±۰/۰۱ ^{b}	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{b}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^{b}	۰/۳۶±۰/۰۰ ^{b}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^{b}	۰/۳۳±۰/۰۱ ^{b}	۰/۱۰±۰/۰۱ ^{a}
C18:2c n6	۱۸/۱۵±۰/۰۶ ^{c}	۱۸/۱۴±۰/۱۰ ^{c}	۱۸/۱۵±۰/۰۹ ^{c}	۱۷/۱۲±۰/۰۱ ^{b}	۱۶/۸۹±۰/۲۵ ^{b}	۱۶/۱۰±۰/۰۹ ^{a}	۱۶/۴۰±۰/۱۷ ^{a}
C20:2 n6	۰/۸۱±۰/۱۳ ^{b}	۰/۶۶±۰/۰۹ ^{a}	۰/۵۶±۰/۰۱ ^{a}	۰/۹۰±۰/۲۵ ^{b}	۰/۷۸±۰/۰۵ ^{a}	۰/۶۸±۰/۱۵ ^{a}	۰/۶۵±۰/۱۲ ^{a}
C18:3 n6	۰/۲۳±۰/۰۱ ^{b}	۰/۲۸±۰/۰۰ ^{b}	۰/۲۶±۰/۰۱ ^{b}	۰/۶۹±۰/۰۱ ^{c}	۰/۳۲±۰/۰۱ ^{b}	۰/۴۴±۰/۰۰ ^{b}	۰/۱۹±۰/۰۱ ^{a}
C18:3 n3	۱/۷۸±۰/۰۰ ^{b}	۱/۷۱±۰/۰۱ ^{b}	۱/۸۴±۰/۰۳ ^{b}	۱/۷۳±۰/۱۵ ^{b}	۱/۷۱±۰/۰۱ ^{b}	۱/۲۹±۰/۰۱ ^{a}	۱/۵۳±۰/۲۳ ^{a}
C20:3 n6	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{a}	۰/۲۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۲۷±۰/۱۲ ^{a}	۰/۶۰±۰/۲۰ ^{b}	۰/۳۲±۰/۰۱ ^{a}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۶±۰/۱۱ ^{a}
C18:4 n3	۱/۲۵±۰/۰۱ ^{b}	۱/۰۵±۰/۱۸ ^{a}	۱/۳۵±۰/۱۲ ^{b}	۱/۱۰±۰/۰۳ ^{a}	۱/۰۹±۰/۱۱ ^{a}	۱/۱۱±۰/۲۵ ^{a}	۱/۰۲±۰/۰۹ ^{a}
C20:4 n6	۱/۳۳±۰/۰۲ ^{c}	۱/۱۰±۰/۰۱ ^{b}	۰/۹۹±۰/۱۸ ^{b}	۰/۷۸±۰/۰۱ ^{a}	۰/۷۸±۰/۰۱ ^{a}	۰/۷۶±۰/۰۱ ^{a}	۰/۸۲±۰/۲۶ ^{a}
C20:5 n3	۰/۸۳±۰/۰۳ ^{b}	۰/۸۰±۰/۱۱ ^{b}	۰/۹۰±۰/۰۲ ^{b}	۰/۵۰±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۰±۰/۱۴ ^{a}	۰/۶۴±۰/۰۱ ^{a}
C22:5 n3	۱/۵۹±۰/۰۲ ^{b}	۱/۶۶±۰/۲۰ ^{b}	۱/۶۷±۰/۰۹ ^{b}	۱/۴۴±۰/۲۰ ^{a}	۱/۳۰±۰/۰۸ ^{a}	۱/۴۳±۰/۰۱ ^{a}	۱/۵۱±۰/۰۸ ^{a}

ادامه جدول ۴-۹

C22:6 n3	۶/۹۵±۰/۱۲ d	۶/۸۰±۰/۱۲ d	۵/۷۲±۰/۱۱c	۵/۶۰±۰/۰۱ c	۴/۷۴±۰/۰۹ b	۴/۷۰±۰/۱۱ b	۴/۱۱±۰/۲۵a
∑ PUFA	۳۳/۵۲±۰/۲۱ e	۳۲/۷۴±۰/۱۲ d	۳۲/۰۰±۰/۲۰ d	۳۰/۸۲±۰/۱۸ c	۲۸/۷۶±۰/۱۵b	۲۷/۶۲±۰/۳۱ a	۲۷/۳۳±۰/۳۰a
Other	۰/۸۳±۰/۰۶	۰/۸۸±۰/۰۱	۰/۸۸±۰/۰۱	۰/۵۲±۰/۳۰	۰/۲۸±۰/۰۱	۰/۲۲±۰/۰۱	۰/۲۳±۰/۱۲
∑ n3	۱۲/۴۰±۰/۱۲d	۱۲/۰۲±۰/۱۸d	۱۱/۴۸±۰/۰۹c	۱۰/۳۷±۰/۲۳b	۹/۳۸±۰/۱۲a	۹/۰۲±۰/۱۰a	۸/۸۱±۰/۱۱a
∑ n6	۲۰/۸۳±۰/۱۶c	۲۰/۳۴±۰/۱۹b	۲۰/۲۳±۰/۲۴b	۲۰/۰۹±۰/۱۱b	۱۹/۰۹±۰/۱۶a	۱۸/۲۷±۰/۰۸a	۱۸/۴۲±۰/۱۷a
n 3/n 6	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۸

- ΣSFA (Saturated Fatty acids) :مجموع اسید های چرب اشباع

- ΣMUFA (Monounsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع داری یک باند دوگانه

-ΣPUFA (Polyunsaturated Fatty acids) : مجموع اسید های چرب غیر اشباع دارای چند باند دوگانه

- داده ها بیانگر میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار است

– حروف لاتین مختلف بالای داده ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها میباشد ($P<0.05$)

-n3/n6: نسبت مجموع اسید های چرب امگا۳ به مجموع اسید های چرب امگا ۶

جدول٤-١٠- مقایسه تغییرات درصد گروه های اسید چرب تیلاپیا قرمز با انجماد کند و تند در زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان های نگهداری(ماه)	SFA		MUFA		PUFA	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
نمونه تازه	۲۷/۱۲±۰/۲۲ ^{a}	۲۷/۱۲±۰/۲۲ ^{a}	۳۹/۰۱±۰/۱۹ ^{a}	۳۹/۰۱±۰/۱۹ ^{a}	۳۳/۵۲±۰/۲۱ ^{e}	۳۳/۵۲±۰/۲۱ ^{e}
ماه اول	۲۷/۷۳±۰/۱۱ ^{aB}	۲۷/۵۵±۰/۲۴ ^{aA}	۳۹/۸۲±۰/۱۲ ^{aA}	۳۹/۲۲±۰/۱۷ ^{aA}	۳۲/۰۷±۰/۲۲ ^{dB}	۳۲/۷۴±۰/۱۲ ^{dA}
ماه دوم	۲۸/۶۶±۰/۲۸ ^{bB}	۲۷/۷۱±۰/۲۰ ^{bA}	۴۰/۶۱±۰/۳۰ ^{bA}	۳۹/۳۰±۰/۲۹ ^{aA}	۳۱/۰۷±۰/۲۴ ^{cB}	۳۲/۰۰±۰/۲۰ ^{dA}
ماه سوم	۲۸/۷۳±۰/۱۸ ^{bA}	۲۸/۲۳±۰/۱۸ ^{cA}	۴۱/۱۲±۰/۱۱ ^{bB}	۴۰/۷۳±۰/۱۲ ^{bA}	۳۰/۶۷±۰/۲۹ ^{cB}	۳۰/۸۲±۰/۱۸ ^{cA}
ماه چهارم	۲۹/۳۵±۰/۰۹ ^{cA}	۲۸/۷۵±۰/۲۶ ^{cA}	۴۲/۵۲±۰/۱۴ ^{cB}	۴۲/۲۹±۰/۱۴ ^{cA}	۲۶/۸۰±۰/۱۵ ^{bB}	۲۸/۷۶±۰/۱۵ ^{bA}
ماه پنجم	۲۹/۶۵±۰/۲۲ ^{cA}	۲۹/۱۲±۰/۳۲ ^{dA}	۴۳/۴۲±۰/۱۹ ^{dA}	۴۲/۸۱±۰/۲۰ ^{cA}	۲۶/۴۹±۰/۳۲ ^{bB}	۲۷/۶۲±۰/۳۱ ^{aA}
ماه ششم	۳۰/۱۰±۰/۳۱ ^{dB}	۲۹/۱۶±۰/۲۵ ^{dA}	۴۴/۵۰±۰/۳۰ ^{eB}	۴۲/۹۴±۰/۳۲ ^{cA}	۲۴/۸۰±۰/۴۱ ^{aB}	۲۷/۳۳±۰/۳۰ ^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

۳-٤- تغییرات فاکتورهای شیمیایی نمونه ها

۱-۳-٤- مقدار پراکسید (PV)

تغییرات مقدار تولید پراکسید نمونه ها در طول دوره نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد در سردخانه ، اندازه گیری شد که نتایج این تغییرات در جدول ۴-۱۱ (فیله) و جدول ۴-۱۲ (ماهی شکم خالی) آورده شده است. همانطوریکه ملاحظه میشود عدد پراکسید در نمونه های فیله تازه تیلاپیا نیل ۰/۰۱ و در نمونه های ماه ششم ۰/۸۶ میلی اکی والان بر کیلوگرم برای تیمارهای با انجماد کند و ۰/۴۹ میلی اکی والان بر کیلوگرم برای تیمارهای با انجماد تند محاسبه گردید .

همچنین برای نمونه های فیله تازه تیلاپیا قرمز ۰/۰۲ میلی اکی والان بر کیلوگرم محاسبه شد. این میزان در طول دوره نگهداری دستخوش تغییراتی شد، به طوری که در نمونه های با انجماد کند در ماه ششم به ۰/۹۳ میلی اکی والان بر کیلوگرم رسید. در نمونه های با انجماد تند نیز این شاخص, روند افزایشی را نشان داد ولی مقدار افزایش از نمونه های انجماد کند کمتر بود(۰/۶۹ میلی اکی والان بر کیلوگرم). همین روند افزایش در نمونه های شکم خالی نیز مشاهده شد. مقدار پراکسید برای نمونه های با انجماد تند در هر دو نمونه (فیله و شکم خالی) در شرایط مناسبتری از انجماد کند برای هر دو ماهی قرار داشت. بعبارت دیگر مقدارافزایش پراکسید در نمونه های انجماد تند بصورت معنی داری از نمونه های انجماد کند کتر بود ($p<0/05$).

جدول ٤-١١: تغییرات پراکسید فیله ماهی (میلی اکی والان بر کیلوگرم)در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۰/۰۱ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۱ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ ^{aA*}
ماه اول	۰/۰۴ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۳ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^{aA}
ماه دوم	۰/۰۹ ± ۰/۰۶ ^{bA}	۰/۰۸ ± ۰/۰۲ ^{bA}	۰/۱۵ ± ۰/۱۲ ^{bA}	۰/۱۱ ± ۰/۱۴ ^{bA}
ماه سوم	۰/۲۰ ± ۰/۰۵ ^{cB}	۰/۱۴± ۰/۰۹ ^{cA}	۰/۲۶ ± ۰/۱۱ ^{cB}	۰/۱۷± ۰/۰۹ ^{bA}
ماه چهارم	۰/۳۶ ± ۰/۰۹ ^{dB}	۰/۲۲± ۰/۰۸ ^{dA}	۰/۵۳ ± ۰/۱۱ ^{dB}	۰/۳۲± ۰/۰۸ ^{cA}
ماه پنجم	۰/۶۴ ± ۰/۰۶ ^{eB}	۰/۳۱± ۰/۰۸ ^{eA}	۰/۷۶ ± ۰/۰۵ ^{eB}	۰/۴۵± ۰/۰۱ ^{dA}
ماه ششم	۰/۸۶ ± ۰/۰۱ ^{fB}	۰/۴۹± ۰/۰۵ ^{fA}	۰/۹۳ ± ۰/۱۱ ^{fB}	۰/۶۹± ۰/۴ ^{eA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-۱۲: تغییرات پراکسید ماهی شکم خالی (میلی اکی والان بر کیلوگرم)در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۰/۰۱ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۱ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۲ ± ۰/۰۱ aA*
ماه اول	۰/۰۶ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۴ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ aA
ماه دوم	۰/۰۹ ± ۰/۰۶ bA	۰/۰۷ ± ۰/۰۲ bA	۰/۱۶ ± ۰/۱۲ bA	۰/۱۰ ± ۰/۱۴ bA
ماه سوم	۰/۲۱ ± ۰/۰۵ cB	۰/۱۳ ± ۰/۰۹ cA	۰/۲۸ ± ۰/۱۱ cB	۰/۱۸ ± ۰/۰۹ bA
ماه چهارم	۰/۳۴ ± ۰/۰۹ dB	۰/۲۷ ± ۰/۰۸ dA	۰/۵۷ ± ۰/۱۱ dB	۰/۳۳ ± ۰/۰۸ cA
ماه پنجم	۰/۶۰ ± ۰/۰۶ eB	۰/۳۰ ± ۰/۰۸ eA	۰/۷۹ ± ۰/۰۵ eB	۰/۴۲ ± ۰/۰۱ dA
ماه ششم	۰/۸۷ ± ۰/۰۱ fB	۰/۵۰ ± ۰/۰۵ fA	۰/۹۰ ± ۰/۱۱ fB	۰/۷۰ ± ۰/۴ eA

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

۲-۳-٤- تیوباربیوتریک اسید (TBA)

میزان تغییر تیوباربیوتریک اسید در طول زمان انجماد در نمونه های فیله در جدول ۴-۱۳ و نومنه های شکم خالی در جدول ۴-۱۴ آورده شده است. این میزان برای نمونه های تازه فیله تیلاپیا نیل ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. مقدار TBA در طی زمان نگهداری در سردخانه به تدریج افزایش یافت به طوریکه در پایان زمان اندازه گیری (ماه ششم) به ۱/۲۰ در تیمارهای با انجماد کند و ۱/۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمارهای با انجماد تند رسید.میزان این شاخص در نمونه های تازه فیله تیلاپیا قرمز ۰/۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شد و با گذشت زمان این شاخص فساد, افزایش معنی داری را از خود نشان داد($p<0/05$).به طوریکه مقدار آن در پایان دوره نمونه برداری در نمونه های با انجماد کند به ۱/۲۶ و در نمونه های با انجماد تند به ۱/۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم رسید. نمونه های های شکم خالی نیز از تغییرات مشابهی برخوردار بودند.در این نمونه ها در ماه ششم مقدار تیوباربیوتریک اسید در نمونه های انجماد تند ماهی نیل و قرمز بترتیب به ۱/۴۰ و ۱/۱۰ رسید و حا آنکه مقدار ان در انجاد تند در ماهی نیل و قرمز بترتیب ۱/۶و ۱/۵ بود. نتایج نشان دهنده افت کیفیت نمونه ها در طی انبارداری می باشد و میزان این پیشرفت در نمونه های با انجماد کند بیشتر از نمونه های با انجماد تند می باشد($p<0/05$).

جدول ٤-١٣: تغییرات تیوباربیوتریک اسید (میلی گرم بر کیلوگرم) نمونه های فیله در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۰/۰۱ ± ۰/۰۰ aA	۰/۰۱ ± ۰/۰۰ aA	۰/۰۳ ± ۰/۰۴ aA	۰/۰۳ ± ۰/۰۴ aA*
ماه اول	۰/۰۲ ± ۰/۰۷ aA	۰/۰۱ ± ۰/۱۲ aA	۰/۰۳ ± ۰/۰۱ aA	۰/۰۵ ± ۰/۱۲ aA
ماه دوم	۰/۰۷ ± ۰/۰۹ aA	۰/۰۷ ± ۰/۰۸ aA	۰/۰۸ ± ۰/۱۱ aA	۰/۰۸ ± ۰/۱۰ aA
ماه سوم	۰/۱۴ ± ۰/۰۸ bB	۰/۱۰ ± ۰/۱۰ bA	۰/۱۶ ± ۰/۰۸ bB	۰/۰۹ ± ۰/۰۹ aA

ادامه جدول ۴-۱۳.

ماه چهارم	۰/۶۶ ± ۰/۰۱ ^{cB}	۰/۴۰± ۰/۱۰ ^{cA}	۰/۵۹ ± ۰/۰۵ ^{cA}	۰/۶۱± ۰/۱۱ ^{bA}
ماه پنجم	۰/۸۰ ± ۰/۰۹ ^{dB}	۰/۶۸± ۰/۱۱ ^{dA}	۰/۸۳ ± ۰/۱۰ ^{dB}	۰/۶۸± ۰/۰۷ ^{bA}
ماه ششم	۱/۲۰ ± ۰/۰۶ ^{eB}	۱/۰۰± ۰/۰۹ ^{eAA}	۱/۲۶ ± ۰/۱۰ ^{eB}	۱/۰۰± ۰/۰۴ ^{cA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-١٤: تغییرات تیوباربیوتریک اسید (میلی گرم بر کیلوگرم) نمونه های شکم خالی در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۰/۰۱ ± ۰/۰۰ ^{aA}	۰/۰۱ ± ۰/۰۰ ^{aA}	۰/۰۳ ± ۰/۰۴ ^{aA}	۰/۰۳ ± ۰/۰۴ ^{aA*}
ماه اول	۰/۰۹ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۶ ± ۰/۰۲ ^{aA}	۰/۰۸ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۰۸ ± ۰/۰۱ ^{aA}
ماه دوم	۰/۱۴ ± ۰/۰۰ ^{aA}	۰/۰۷ ± ۰/۰۸ ^{aA}	۰/۰۹ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۰/۱۴ ± ۰/۰۰ ^{aA}
ماه سوم	۰/۱۵ ± ۰/۰۱ ^{bB}	۰/۱۲ ± ۰/۰۰ ^{bA}	۰/۱۰ ± ۰/۰۰ ^{bB}	۰/۱۴ ± ۰/۰۱ ^{aA}

ادامه جدول ۴-۱۴

ماه چهارم	۰/۸۰± ۰/۰۰ ^{cA}	۰/۶۴ ± ۰/۰۰ ^{cB}	۱/۰۰ ± ۰/۰۰ ^{cA}	۰/۵۳± ۰/۰۰ ^{bA}
ماه پنجم	۱/۰۰± ۰/۰۰ ^{dA}	۰/۸۷ ± ۰/۰۰ ^{dB}	۱/۵۰ ± ۰/۰۰ ^{dB}	۱/۲۰± ۰/۰۰ ^{bA}
ماه ششم	۱/۵۰± ۰/۰۰ ^{eAA}	۱/۱۰ ± ۰/۰۰ ^{eB}	۱/۶۰ ± ۰/۰۰ ^{eB}	۱/۴۰± ۰/۰۰ ^{cA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

۳-۳-٤- مجموع بازهای ازته فرار (TVN)

بررسی نتایج مربوط به این شاخص(جداول ۴-۱۵ و ۴-۱۶) نشان می دهد که با افزایش مدت زمان نگهداری در سردخانه افزایش معنی داری ($p<0/05$) در میزان این شاخص رخ داده است. به طوریکه از ۱۱/۵۰ میلی گرم در نمونه های فیله تازه نیل به ۲۳/۸ میلی گرم در تیمارهای با انجماد کند و۲۱/۰۰ میلی گرم نیتروژن در صد گرم در تیمارهای با انجماد تند رسیده است($p<0/05$). در نمونه های فیله تازه تیلاپیا قرمز این شاخص ۱۲/۶۳ میلی گرم به دست آمده که همزمان با افزایش زمان انبارداری میزان آن دستخوش افزایش شد و در پایان دوره به ۲۱/۹۳ و ۲۰/۴۰ میلی گرم نیتروژن در صد گرم به ترتیب برای تیمارهای با انجماد کند و تند رسیده است($p<0/05$). نتایج پیشرفت فساد در نمونه ها را نشان می دهد و میزان آن در تیمارهای با انجماد کند نسبت به انجماد تند بیشتر می باشد($p<0/05$).

بررسی جدول ۴-۱۶ نشان میدهد که تغییرات مربوط به TVN در نمونه های ماهی شکم خالی نیز مشابه نمونه های فیله شده میباشد. بعبارت دیگر مقدار TVN در هر دو ماهی شکم خالی نیا و قرمز با افزایش زمان ماندگاری افزایش یافته است اما مقدار افزایش در نمونه های انجماد تند بطور معنی داری از نمونه های انجماد کند کمتر بوده است.

جدول ٤-١٥: تغییرات بازهای ازته فرار (میلی گرم نیتروژن در صد گرم) در نمونه های فیله در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۱۱/۵۰ ± ۰/۰۱ ^{aA}	۱۱/۵۰ ± ۰/۰۱ ^{aA*}	۱۲/۶۳ ± ۰/۰۵ ^{aA}	۱۲/۶۳ ± ۰/۰۵ ^{aA*}
ماه اول	۱۱/۲۰ ± ۰/۱۴ ^{aA}	۱۱/۶۰ ± ۰/۱۵ ^{aA}	۱۲/۶۶ ± ۰/۱۱ ^{aA}	۱۲/۶۶ ± ۰/۱۱ ^{aA}
ماه دوم	۱۷/۹۰ ± ۰/۱۰ ^{bB}	۱۵/۴۰ ± ۰/۱۹ ^{bA}	۱۸/۳۶ ± ۰/۱۵ ^{bB}	۱۵/۸۶ ± ۰/۱۴ ^{bA}
ماه سوم	۲۰/۵۲ ± ۰/۱۴ ^{cB}	۱۶/۸۰± ۰/۲۴ ^{bA}	۱۹/۸۶ ± ۰/۲۱ ^{cB}	۱۶/۸۰± ۰/۱۲ ^{bA}
ماه چهارم	۲۱/۰۰ ± ۰/۱۱ ^{dB}	۱۹/۰۱± ۰/۱۱ ^{cA}	۲۰/۷۳ ± ۰/۰۶ ^{dB}	۱۹/۶۰± ۰/۲۰ ^{cA}
ماه پنجم	۲۲/۰۲ ± ۰/۱۰ ^{dB}	۲۱/۰۰± ۰/۲۶ ^{dA}	۲۱/۶۰ ± ۰/۱۲ ^{eB}	۱۹/۶۰± ۰/۱۰ ^{cA}
ماه ششم	۲۳/۸۰ ± ۰/۰۸ ^{eB}	۲۱/۰۰± ۰/۱۲ ^{dA}	۲۱/۹۳ ± ۰/۲۲ ^{eB}	۲۰/۴۰± ۰/۲۰ ^{dA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-١٦: تغییرات بازهای ازته فرار (میلی گرم نیتروژن در صد گرم) در نمونه های شکم خالی در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	۱۱/۵۰ ± ۰/۰۱ ^{aA*}	۱۲/۶۳ ± ۰/۰۵ ^{aA}	۱۲/۶۳ ± ۰/۰۵ ^{aA*}	۱۱/۵۰ ± ۰/۰۱ ^{aA}
ماه اول	۱۶/۲۰ ± ۰/۱۴ ^{aA}	۱۳/۹۰ ± ۰/۱۵ ^{aA}	۱۵/۶۶ ± ۰/۱۱ ^{aA}	۱۴/۶۶ ± ۰/۱۱ ^{aA}
ماه دوم	۱۹/۰۰ ± ۰/۱۰ ^{bB}	۱۵/۴۰ ± ۰/۱۹ ^{bA}	۱۶/۸۰ ± ۰/۱۵ ^{bB}	۱۵/۴۰ ± ۰/۱۴ ^{bA}
ماه سوم	۲۰/۵۲ ± ۰/۱۴ ^{cB}	۱۶/۸۰± ۰/۲۴ ^{bA}	۱۹/۸۶ ± ۰/۲۵ ^{cB}	۱۶/۸۰± ۰/۰۲ ^{bA}
ماه چهارم	۲۱/۰۰ ± ۰/۱۱ ^{dB}	۱۹/۰۱± ۰/۱۱ ^{cA}	۲۰/۳۳ ± ۰/۰۶ ^{dB}	۱۸/۵۰± ۰/۲۰ ^{cA}
ماه پنجم	۲۱/۰۲ ± ۰/۰۰ ^{dB}	۱۹/۰۰± ۰/۰۶ ^{dA}	۲۱/۶۰ ± ۰/۰۲ ^{eB}	۱۹/۶۰± ۰/۱۰ ^{cA}
ماه ششم	۲۳/۸۰ ± ۰/۰۰ ^{eB}	۲۱/۰۰± ۰/۱۲ ^{dA}	۲۵/۲۰ ± ۰/۰۲ ^{eB}	۲۱/۰۰± ۰/۰۰ ^{dA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

٤-٤- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی مربوط به رنگ ، بو، طعم و مزه و بافت در فیله تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب در جداول ۴-۱۷ و ۴-۱۸ ، ۴-۱۹و ۴-۲۰ آمده است. از نظر فاکتورهای ارگانولپتیک ماهی تازه بالاترین امتیاز را داراست. در طول دوره انجماد امتیازات مربوط به فاکتورها ، کاهش معنی داری را از خود نشان دادند($p<0/05$). در نمونه های تازه تیلاپیای نیل امتیازات مربوط به فاکتور رنگ ۴/۸ بود که پس از گذشت شش ماه از نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد در نمونه های انجماد کند به ۳/۱ و در نمونه های انجماد تند به ۳/۸ رسید($p<0/05$). همچنین امتیاز فاکتور بو از ۴/۸ در فیله های تازه به ۳ در نمونه های انجماد کند و ۳/۵ در نمونه های با انجماد تند ماه آخر نمونه برداری رسید($p<0/05$). امتیازات مربوط به طعم و مزه و بافت هم از ۵ در نمونه تازه به ۳ در انجماد کند و ۳/۸ در انجماد تند رسید($p<0/05$)(جدول۴-۱۷).

امتیاز فاکتور رنگ در تیلاپیا قرمز تازه ۵ می باشد که در ماه ششم به ۳ در نمونه های انجماد کند و ۳/۴ در انجماد تند رسید($p<0/05$) و در مورد فاکتور بو امتیاز نمونه تازه ۴/۸ به دست آمد که در ماه آخر آزمون به ۳/۱ و ۳/۵ به ترتیب در نمونه های انجماد کند و تند رسید($p<0/05$). فاکتورهای طعم و مزه و بافت در نمونه تازه امتیاز ۵ را به خود اختصاص دادند که در ماه ششم به ۲/۶ و ۴ رسید($p<0/05$)(جدول۴-۱۸).

تغییرات فاکتور های ارزیابی حسی در نمونه های ماهی شکم خالی در مدت زمان نگهداری در سردخانه مشابه نمونه های فیله شده اتفاق افتاد. در این نمونه ها نیز نومنه های انجماد کند تغییرات تند تری را از نمونه های انجماد تند از خود نشان دادند.

جدول ٤-١٧- نتایج ارزیابی حسی فیله تیلاپیا نیل در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری (ماه)	رنگ		بو		طعم و مزه		بافت	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
نمونه تازه	۴/۸±۰/۰ ^{c}	۴/۸±۰/ ۰^{c}	۴/۸±۰/۰^{d}	۴/۸±۰/۰^{d}	۵/۰±۰۰/۰^{e}	۵/۰±۰/۰^{c}	۵/۰±۰/۰^{c}	۵/۰±۰/۰^{c*}
ماه اول	۴/۳±۰/۱^{bA}	۴/۳±۰/۱^{bA}	۴/۵±۰/۲^{cB}	۴/۸±۰/۱^{dA}	۴/۸±۰/۱^{dA}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۱^{cA}
ماه دوم	۴/۱±۰/۱^{bA}	۴/۳±۰/۲^{bA}	۴/۵±۰/۱^{cA}	۴/۵±۰/۲^{cA}	۴/۰±۰/۳^{cA}	۴/۱±۰/۲^{bA}	۴/۸±۰/۲^{cB}	۴/۴±۰/۲^{bA}
ماه سوم	۴/۰±۰/۱^{bA}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۳/۶±۰/۲^{bB}	۳/۸±۰/۱^{bA}	۳/۵±۰/۲^{bB}	۴/۱±۰/۱^{bA}	۴/۰±۰/۲^{bA}	۴/۱±۰/۱^{aA}
ماه چهارم	۳/۳±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}	۳/۳±۰/۱^{aB}	۳/۸±۰/۲^{bA}	۳/۵±۰/۱^{bB}	۴/۰±۰/۲^{bA}	۳/۱±۰/۱^{aB}	۴/۱±۰/۲^{aA}
ماه پنجم	۳/۱±۰/۲^{aB}	۳/۸±۰/۲^{aA}	۳/۱±۰/۲^{aB}	۳/۵±۰/۲^{aA}	۳/۱±۰/۲^{aB}	۴/۱±۰/۲^{bA}	۳/۰±۰/۳^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}
ماه ششم	۳/۱±۰/۱^{aB}	۳/۸±۰/۱^{aA}	۳/۰±۰/۱^{aB}	۳/۵±۰/۱^{aA}	۳/۰±۰/۱^{aB}	۳/۸±۰/۳^{aA}	۳/۰±۰/۳^{aB}	۳/۸±۰/۳^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-١٨-نتایج ارزیابی حسی فیله تیلاپیا قرمز در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری (ماه)	رنگ		بو		طعم و مزه		بافت	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
نمونه تازه	۵/۰±۰/۰^{d*}	۵/۰±۰/۰^{c*}	۴/۸±۰/۰^{d*}	۴/۸±۰/۰^{d*}	۵/۰±۰/۰^{f*}	۵/۰±۰/۰^{ce*}	۵/۰±۰/۰^{e*}	۵/۰±۰/۰^{c*}
ماه اول	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۶±۰/۲^{eA}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۲^{eA}	۴/۸±۰/۱^{cA}
ماه دوم	۴/۵±۰/۱^{cB}	۴/۸±۰/۲^{cA}	۴/۰±۰/۴^{cB}	۴/۵±۰/۴^{cA}	۴/۰±۰/۲^{dB}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۴±۰/۲^{dA}	۴/۵±۰/۱^{bA}
ماه سوم	۴/۵±۰/۱^{cA}	۴/۵±۰/۲^{bA}	۳/۶±۰/۱^{bA}	۳/۸±۰/۱^{bA}	۳/۶±۰/۳^{cB}	۴/۴±۰/۲^{bA}	۴/۰±۰/۳^{cB}	۴/۵±۰/۲^{bA}
ماه چهارم	۳/۸±۰/۱^{bB}	۴/۵±۰/۱^{bA}	۳/۶±۰/۰^{bA}	۳/۸±۰/۰^{bA}	۳/۱±۰/۱^{bB}	۴/۱±۰/۳^{aA}	۳/۱±۰/۲^{bB}	۴/۱±۰/۳^{aA}
ماه پنجم	۳/۱±۰/۲^{aB}	۴/۱±۰/۲^{aA}	۳/۱±۰/۰^{aB}	۳/۵±۰/۰^{aA}	۳/۱±۰/۲^{bB}	۴/۰±۰/۲^{aA}	۳/۱±۰/۲^{bB}	۴/۰±۰/۲^{aA}
ماه ششم	۳/۰±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۳/۱±۰/۲^{aB}	۳/۵±۰/۲^{aA}	۲/۸±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۲/۶±۰/۳^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-١٩- نتایج ارزیابی حسی تیلاپیا نیل شکم خالی در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری (ماه)	رنگ		بو		طعم و مزه		بافت	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
نمونه تازه	۴/۸±۰/۰ ^{c}	۴/۸± ۰ / ۰^{c}	۴/۸±۰/۰^{d}	۴/۸±۰/۰^{d}	۵/۰±۰۰/۰^{e}	۵/۰±۰/۰^{c}	۵/۰±۰/۰^{c*}	۵/۰±۰/۰^{c}
ماه اول	۴/۳±۰/۱^{bA}	۴/۷±۰/۱^{bA}	۴/۵±۰/۲^{cB}	۴/۹±۰/۱^{dA}	۴/۸±۰/۱^{dA}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۹±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۱^{cA}
ماه دوم	۴/۱±۰/۱^{bA}	۴/۴±۰/۲^{bA}	۴/۵±۰/۱^{cA}	۴/۶±۰/۲^{cA}	۴/۲±۰/۳^{cA}	۴/۵±۰/۲^{bA}	۴/۶±۰/۲^{bA}	۴/۶±۰/۲^{cB}
ماه سوم	۴/۰±۰/۱^{bA}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۳/۴±۰/۲^{bB}	۳/۸±۰/۱^{bA}	۳/۸±۰/۲^{bB}	۴/۴±۰/۱^{bA}	۴/۰±۰/۲^{bA}	۴/۲±۰/۱^{aA}
ماه چهارم	۳/۸±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}	۳/۳±۰/۱^{aB}	۳/۸±۰/۲^{bA}	۳/۵±۰/۱^{bB}	۴/۰±۰/۲^{bA}	۳/۸±۰/۱^{aB}	۴/۲±۰/۲^{aA}
ماه پنجم	۳/۳±۰/۲^{aB}	۳/۹±۰/۲^{aA}	۳/۲±۰/۲^{aB}	۳/۳±۰/۲^{aA}	۳/۱±۰/۲^{aB}	۴/۰±۰/۲^{bA}	۳/۵±۰/۳^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}
ماه ششم	۳/۱±۰/۱^{aB}	۳/۸±۰/۱^{aA}	۳/۰±۰/۱^{aB}	۳/۲±۰/۱^{aA}	۳/۰±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۳^{aA}	۳/۲±۰/۳^{aB}	۳/۹±۰/۳^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار (P<0.05) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-٢٠-نتایج ارزیابی حسی تیلاپیا قرمز شکم خالی در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری (ماه)	رنگ		بو		طعم و مزه		بافت	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
نمونه تازه	۵/۰±۰/۰^{d*}	۵/۰±۰/۰^{c*}	۴/۸±۰/۰^{d*}	۴/۸±۰/۰^{d*}	۵/۰±۰/۰^{f*}	۵/۰±۰/۰^{ce*}	۵/۰±۰/۰^{c*}	۵/۰±۰/۰^{c*}
ماه اول	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۹±۰/۱^{cA}	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۸±۰/۲^{dA}	۴/۷±۰/۲^{eA}	۴/۹±۰/۱^{cA}	۴/۷±۰/۲^{eA}	۴/۸±۰/۱^{cA}
ماه دوم	۴/۵±۰/۱^{cB}	۴/۷±۰/۲^{cA}	۴/۰±۰/۴^{cB}	۴/۵±۰/۴^{cA}	۴/۲±۰/۲^{dB}	۴/۸±۰/۱^{cA}	۴/۴±۰/۲^{dA}	۴/۶±۰/۱^{bA}
ماه سوم	۴/۵±۰/۱^{cA}	۴/۵±۰/۲^{bA}	۳/۷±۰/۱^{bA}	۳/۷±۰/۱^{bA}	۳/۹±۰/۳^{cB}	۴/۵±۰/۲^{bA}	۴/۰±۰/۳^{cB}	۴/۴±۰/۲^{bA}
ماه چهارم	۳/۸±۰/۱^{bB}	۴/۴±۰/۱^{bA}	۳/۶±۰/۰^{bA}	۳/۷±۰/۰^{bA}	۳/۴±۰/۱^{bB}	۴/۲±۰/۳^{aA}	۳/۶±۰/۲^{bB}	۴/۱±۰/۳^{aA}
ماه پنجم	۳/۱±۰/۲^{aB}	۴/۱±۰/۲^{aA}	۳/۲±۰/۰^{aB}	۳/۵±۰/۰^{aA}	۳/۱±۰/۲^{bB}	۴/۰±۰/۲^{aA}	۳/۳±۰/۲^{bB}	۴/۰±۰/۲^{aA}
ماه ششم	۳/۱±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۳/۱±۰/۲^{aB}	۳/۵±۰/۲^{aA}	۲/۸±۰/۱^{aB}	۴/۰±۰/۱^{aA}	۲/۹±۰/۳^{aB}	۴/۰±۰/۲^{aA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

٥-٤- شمارش کلی باکتریها

نتایج آزمون میکروبی شامل شمارش کلی باکتری نمونه فیله در جدول ۴-۲۱ آمده است. بر این اساس در نمونه تازه تیلاپیا نیل تعداد ۲×۱۰^{۵} پرگنه برای هر گرم گوشت ($cfu\ g^{-1}$) یافت شده و با گذشت زمان از تعداد آنها کاسته شده و در ماه ششم برای نمونه های حاصل از انجماد کند به ۳×۱۰^{۲} و همچنین برای نمونه های با انجماد تند به صفر رسیده است. در فیله های تیلاپیا قرمز هم در نمونه تازه ۵×۱۰^{۳} پرگنه برای هر گرم گوشت یافت شده و در پایان زمان نمونه برداری در ماه ششم به ۳×۱۰^{۲} برای تیمارهای با انجماد کند و صفر پرگنه در گرم عضله برای تیمارهای با انجماد تند رسیده است. نتایج کاهش تعداد باکتری ها را با گذشت زمان نشان می دهد و این کاهش در نمونه های انجماد تند بیشتر می باشد($p<0/05$).

جدول٤-۲۱- شمارش کلی باکتری ها ($cfu\ g^{-1}$) فیله تیلاپیا در طول نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر (تازه)	$۲\times۱۰^{۵}\pm۰/۱^{f}$	$۲\times۱۰^{۵}\pm۰/۱^{e}$	$۵\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{e}$	$۵\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{e*}$
ماه اول	$۱\times۱۰^{۵}\pm۰/۱^{eB}$	$۵\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{dA}$	$۳\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{dB}$	$۲\times۱۰^{۳}\pm۰/۲^{dA}$
ماه دوم	$۲\times۱۰^{۴}\pm۰/۰^{dB}$	$۲\times۱۰^{۳}\pm۰/۲^{cA}$	$۳\times۱۰^{۳}\pm۰/۰^{dB}$	$۲\times۱۰^{۳}\pm۰/۲^{cA}$
ماه سوم	$۳\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{cB}$	$۲\times۱۰^{۲}\pm۰/۲^{bA}$	$۱\times۱۰^{۳}\pm۰/۲^{cB}$	$۲\times۱۰^{۲}\pm۰/۲^{bA}$
ماه چهارم	$۱\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{bB}$	$۲\times۱۰^{۲}\pm۰/۱^{bA}$	$۱\times۱۰^{۳}\pm۰/۲^{cB}$	$۲\times۱۰^{۲}\pm۰/۱^{bA}$
ماه پنجم	$۱\times۱۰^{۳}\pm۰/۱^{bB}$	$۰\pm۰/۰^{aA}$	$۵\times۱۰^{۲}\pm۰/۲^{bB}$	$۰\pm۰/۰^{aA}$
ماه ششم	$۳\times۱۰^{۲}\pm۰/۲^{aB}$	$۰\pm۰/۰^{aA}$	$۳\times۱۰^{۲}\pm۰/۱^{aB}$	$۰\pm۰/۰^{aA}$

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

٦-٤- نتایج آبچک

نتایج مربوط به میزان آبچک در نمونه ها در جداول ۴-۲۳ و ۴-۲۵ آمده است. در تمامی نمونه ها با افزایش زمان نگهداری در سردخانه با افزایش حجم آبچک روبرو هستیم($p<0/05$). در نمونه های فیله تیلاپیا نیل با انجماد کند مقدار آبچک از ۴/۴ درصد (در ماه اول) به ۱۱/۶ درصد در ماه ششم افزایش داشته و در تیمارهای با انجماد تند نیزمقدار آبچک ماه اول (۱/۷) به ۶/۸ درصد در ماه ششم رسیده است. در فیله تیلاپیا قرمز با انجماد کند, درصد آبچک طی مدت شش ماه نگهداری از ۴/۸ به ۱۱/۴ درصد و در نمونه های با انجماد تند از ۲/۱ به ۶/۱ درصد رسیده است. این افزایش در نمونه های نیل شکم خالی برای نمونه های انجماد تند و کند بترتیب ۶/۰و ۱۱/۲ و برای نمونه قرمز بترتیب ۶/۶ و ۱۰/۹ بوده است. نتایج نشان داد که افزایش آبچک نمونه ها ی انجماد کند بیشتر از نمونه های انجماد تند می باشد($p<0/05$).

جدول ٤-۲۳: تغییرات درصد آبچک نمونه های فیله در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر(تازه)	–	–	–	–
ماه اول	۴/۴±۰/۲^{aB}	۱/۷±۰/۰^{aA}	۴/۸±۰/۲^{aB}	۲/۱±۰/۱^{aA}
ماه دوم	۵/۳±۰/۲^{aB}	۱/۹±۰/۲^{aA}	۵/۶±۰/۲^{aB}	۲/۰±۰/۱^{aA}
ماه سوم	۸/۰±۰/۱^{bB}	۲/۲±۰/۲^{aA}	۷/۱±۰/۱^{bB}	۲/۶±۰/۲^{aA}
ماه چهارم	۸/۴±۰/۲^{bB}	۳/۴±۰/۱^{bA}	۹/۳±۰/۱^{cB}	۳/۱±۰/۴^{bA}
ماه پنجم	۱۰/۱±۰/۴^{cB}	۶/۱±۰/۲^{cA}	۱۰/۸±۰/۲^{dB}	۵/۴±۰/۳^{cA}
ماه ششم	۱۱/۶±۰/۰^{dB}	۶/۸±۰/۲^{cA}	۱۱/۴±۰/۱^{eB}	۶/۱±۰/۲^{cA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار ($P<0.05$) بین روش های انجماد می باشد.

جدول ٤-٢٤: تغییرات درصد آبچک نمونه های شکم خالی در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد

زمان نمونه برداری	تیلاپیای نیل		تیلاپیای قرمز	
	انجماد کند	انجماد تند	انجماد کند	انجماد تند
صفر(تازه)	-	-	-	-
ماه اول	۴/۳±۰/۲^{aB}	۱/۸±۰/۰^{aA}	۴/۶±۰/۲^{aB}	۲/۳±۰/۱^{aA}
ماه دوم	۵/۶±۰/۲^{aB}	۱/۹±۰/۲^{aA}	۵/۴±۰/۲^{aB}	۲/۲±۰/۱^{aA}
ماه سوم	۷/۰±۰/۱^{bB}	۲/۳±۰/۲^{aA}	۷/۲±۰/۱^{bB}	۲/۶±۰/۲^{aA}
ماه چهارم	۷/۴±۰/۲^{bB}	۳/۲±۰/۱^{bA}	۸/۰±۰/۱^{cB}	۳/۰±۰/۴^{bA}
ماه پنجم	۱۰/۱±۰/۴^{cB}	۵/۹±۰/۲^{cA}	۱۰/۱±۰/۲^{dB}	۵/۱±۰/۳^{cA}
ماه ششم	۱۰/۹±۰/۰^{dB}	۶/۶±۰/۲^{cA}	۱۱/۲±۰/۱^{eB}	۶/۰±۰/۲^{cA}

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار (P<0.05) بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار (P<0.05) بین روش های انجماد می باشد.

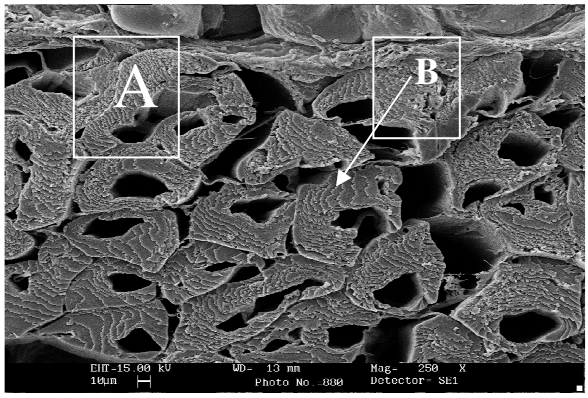
۴-۷- بررسی تغییرات ساختمان داخلی[1] بافت نمونه ها

عکسهای (SEM) مربوط به تیمار شاهد(تازه) و نمونه های انجماد تند و نمونه های انجماد کند مربوط به ماههای سوم و ششم تیلا پیای نیل در شکل های ۴-۱ تا ۴-۵ و عکس های مربوط به نمونه های تیلاپیای قرمزدر شکلهای ۴-۶ تا ۴-۱۰ آورده شده است. بزرگنمایی عکسها ۲۵۰x می باشد.

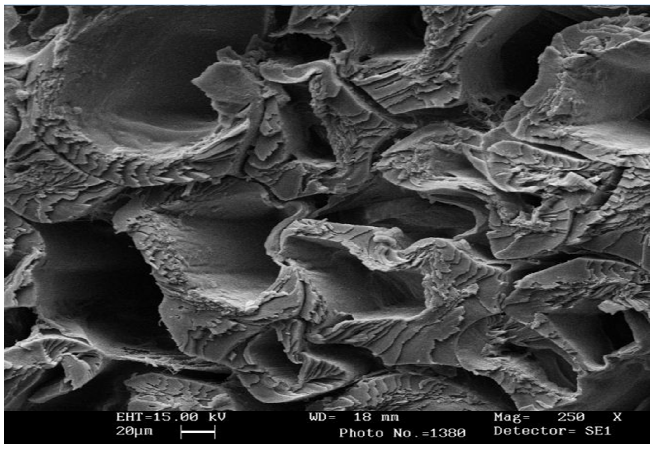
همانطور که در عکسهای نمونه های شاهد(۴-۱و۴-۶) دیده میشود این نمونه ها قبل از انجماد دارای ساختمان داخلی مشخص و رشته های عضلانی قابل تشخیص است. اماپس از انجماد این ساختمان دچار تغییر شده,

[1] Microstructure

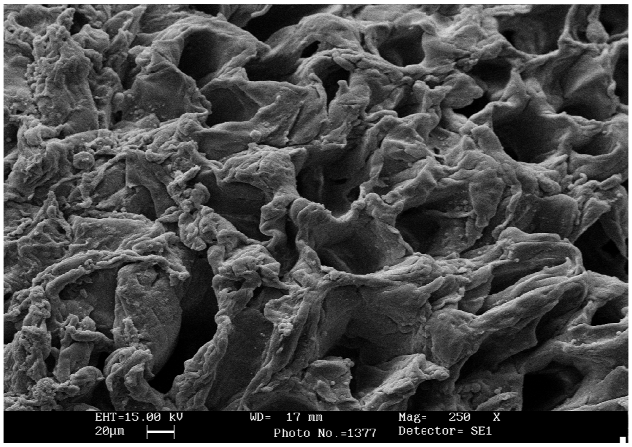
آرایش خود را از دست داده و رشته های عضلانی بافت تخریب شده است. این تغییر در نمونه های انجماد کند بیشتر از انجماد تند بود. همچنین تغییر بافت ها با طولانی شدن زمان نگهداری در سردخانه نیز بیشتر شده است.



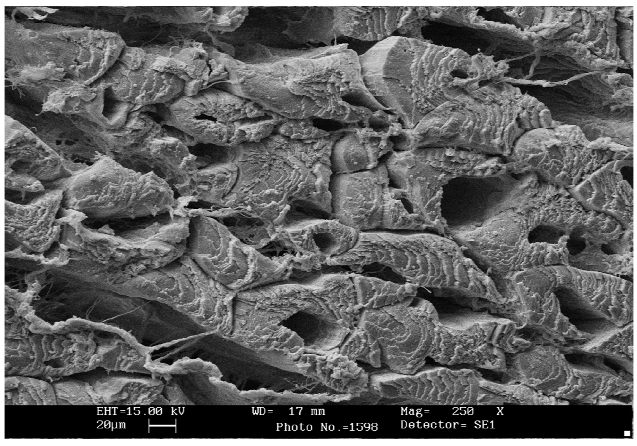
۴-۱: تازه تیلاپیای نیل (شاهد)



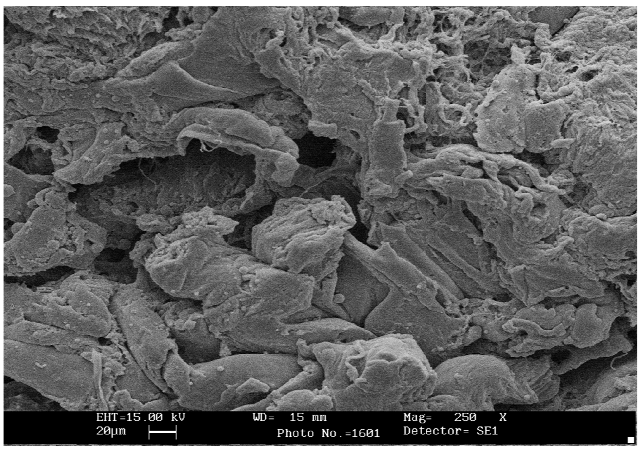
۴-۲:تیلاپیای نیل انجماد تند پس از ۳ ماه



۴-۳ تیلاپیای نیل انجماد کند پس از ۳ ماه



۴-۴: تیلاپیای نیل انجماد تند پس از ۶ ماه

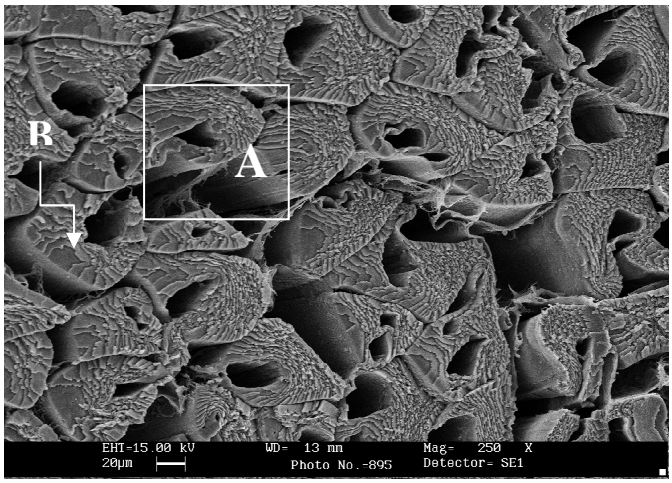


۴-۵: تیلاپیای نیل انجماد کند پس از ۶ ماه

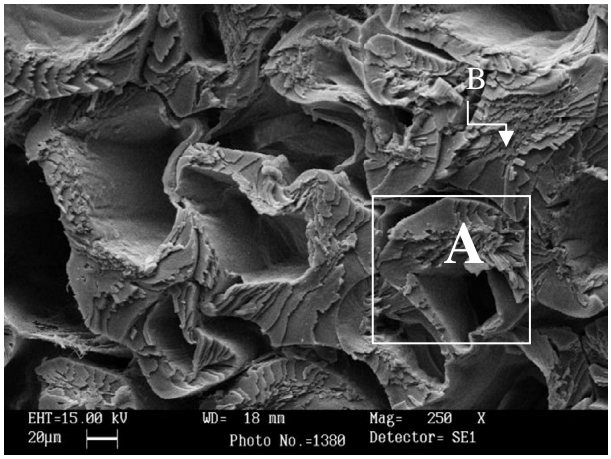
بزرگنمایی عکسها ۲۵۰x می باشد

A= رشته های عضلانی

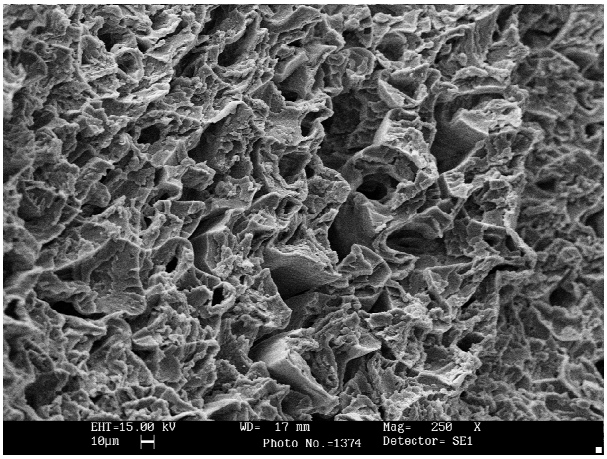
B= میوفیبریل ها



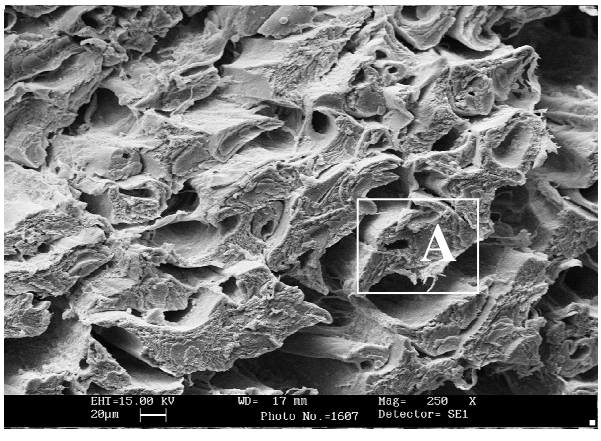
۴-۶: تیلاپیا قرمز تازه (شاهد)



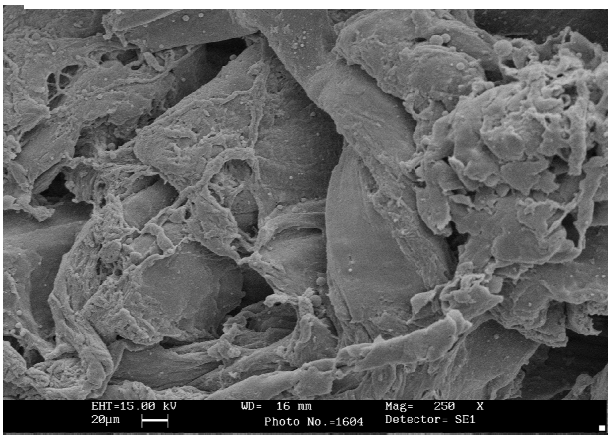
۴-۷:تیلاپیا قرمز انجماد کند پس زا ۳ ماه



۴-۸:تیلاپیا قرمزانجاد تند پس از ۳ ماه



۴-۹:تیلاپیا قرمز انجماد تند پس از ۶ ماه



۴-۱۰: تیلاپیا قرمز انجماد کند پس از ۶ ماه

بزرگنمایی عکسها ۲۵۰x می باشد
A= رشته های عضلانی
B= میوفیبریل ها

۵- بحث

در این فصل به بررسی، تجزیه تحلیل و بحث در مورد نتایج آورده شده در فصل چهارم پرداخته خواهد شد. همچنین نتایج بدست آمده با یافته های سایر محققین مقایسه خواهد گردید.

۵-۱- تغییرات حاصل از انجماد کند و تند و نگهداری در سرخانه بر روی ترکیبات غذایی

بافت عضله تیلاپیای نیل و قرمز

رطوبت

میزان رطوبت در بافت عضله تیلاپیا نیل و قرمز در این پروژه به ترتیب ۷۹/۱۲ و ۷۸/۰۶ درصد به دست آمد (جدول۴-۱). میزان رطوبت بافت عضله و در کل, ارزش غذایی آبزیان برحسب گونه، سن، جنس، شرایط محیطی و فصل متفاوت است و معمولاً بین ۷۵ تا ۸۰ درصد متغیراست

(Rehbein and oehlenschlager, 2009)

میزان رطوبت در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷) ، برای تیلاپیای نیل ۷۶/۳ درصد و برای تیلاپیا قرمز ۷۷/۳ درصد به دست آمد . همچنین در مطالعه Usydus و همکاران (۲۰۱۱) میزان رطوبت ، ۸۱/۲ درصد برای تیلاپیای نیل و در مطالعه Ng و Bahurmiz در سال ۲۰۰۹ ، ۷۹/۵۱ درصد برای تیلاپیای قرمز به دست آمد . در مطالعه حاضر میزان رطوبت بافت عضله تیلاپیا نیل و قرمز در زمان انجماد کاهش داشته است, در تیلاپیای نیل با انجماد کند و تند به ۷۵/۰۸ و ۷۷/۰۱ درصد و در تیلاپیای قرمز با انجماد کند وتند به ۷۳/۵۶ و ۷۶/۳۱ درصد در ماه ششم رسیده است (جدول ۴-۱). کاهش معنی دار میزان رطوبت, در هر دو نوع انجماد مشاهده شده است($p<$ ۰/۰۵) که در هر دو ماهی میزان این کاهش برای تیمارهای با انجماد کند بیشتر بوده است. کاهش رطوبت نمونه ها به علت از دست دادن رطوبت در زمان نگهداری در سردخانه و خروج آبچک از بافت عضله بعد از انجماد زدایی[1] می باشد. هر چقدر میزان آبچک بیشتر باشد, کاهش رطوبت نمونه ها هم بیشتر است. میزان آبچک در

[1] Thawing

پایان زمان نمونه برداری برای تیلاپیا نیل با انجماد تند و کند به ترتیب ۶/۸ و ۱۱/۶درصد و برای تیلاپیا قرمز با انجماد تند و کند ۶/۱ و ۱۱/۴ درصد بوده است (جدول۴-۱۷). در زمانی که یک آبزی منجمد می شود ، کریستالهای یخی تشکیل می شود, در انجماد کند این کریستال ها درشت و خارج سلولی است و باعث آسیب دیدن غشا سلول و خارج شدن مایع درون آن ، افزایش آبچک و در نهایت کاهش ارزش غذایی فرآورده می شود اما در انجماد تند، اندازه کریستالها کوچکتر و داخل سلولی بوده و کمتر باعث آسیب دیواره سلول می شود که از این رو به حفظ کیفیت فرآورده نهایی کمک می کند (Delgado and Rubiolo, 2005). در حقیقت کنترل این کریستالهای یخی به عنوان یک عامل مهم و بحرانی در صنعت انجماد شناخته شده است و مطالعات زیادی در جهت کاهش زمان انجماد و فاز تشکیل کریستالهای یخی انجام شده است . سرعت انجماد عامل مهم کنترل این کریستال ها می باشد و به همین دلیل در نمونه های با انجماد کند, کاهش رطوبت بیشتر از انجماد تند می باشد. کاهش رطوبت گوشت بعد از انجماد, در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است . Pawar و Magar (۱۹۶۵) کاهش رطوبت را در بافت عضله ماهی پومفرت[1] از ۷۵/۲ درصد در نمونه تازه به ۶۹/۳ درصد در انجماد کند و در انجماد تند به ۷۱/۳ درصد بعد از هفت ماه نگهداری در سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد مشاهده کردند . Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) کاهش رطوبت تیلاپیا[2] را از ۷۵/۰۶ درصد به ۶۵/۶۰ درصد در انجماد کند و در پایان زمان نگهداری در سردخانه مشاهده کردند(p< ۰/۰۵).

خاکستر

خاکستر در وزن تر بافت عضله، برای تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب مقادیر ۱/۸۵ و ۱/۳۸ درصد به دست آمد (جدول ۴-۲). میزان خاکستر یا مواد معدنی در آبزیان تقریباً ۰/۵ تا ۲ درصد وزن عضله آن را شامل می شود. در سایر مطالعات که بر روی تیلاپیا نیل و قرمز انجام شده است، مقادیری مشابه نتایج این پروژه به دست آمده است

[1] *Stromateus cinereus*
[2] *Sarotherodun galiaenus*

به طور مثال در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷), برای تیلاپیای نیل ۱/۰۸ درصد و برای تیلاپیا قرمز ۱/۰۳ درصد ، و در مطالعه Osibona و همکاران (۲۰۰۹) برای تیلاپیا زیلی (*Tilapia zillii*) ۱/۲۰ درصد و برای تیلاپیای نیل ۱/۸۰ درصد مقدار خاکستر به دست آمده است . میزان خاکستر در بعضی از گونه های آبزیان به صورت زیر است . کپور ۰/۶ درصد ، ماهی کاد ۱/۱ درصد (Usydus, *et al*., 2011) ، ماکرل هندی (*Rastrelliger kanagurta*) ، ۱/۲۳ درصد (Lakshmisha , *et al*., 2008) و در اردک ماهی ساکن تالاب انزلی ۱/۲۱ درصد (کرمی، ۱۳۸۶) . به طور کلی انجماد تاثیری بر میزان خاکستر عضله ندارد ولی به علت کاهش درصد رطوبت, پروتئین و چربی درصد خاکستر افزایش می یابد. در انجماد کند چون درصد افزایش موارد نام برده بیشتر می باشد, به همین دلیل در پایان زمان نگهداری شاهد افزایش بیشتر خاکستر در نمونه های با انجماد کند هستیم($p< ۰/۰۵$).در مطالعه Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) افزایش خاکستر تیلاپیا از ۱/۸۶ به ۳/۱۵ درصد در زمان نگهداری در سردخانه مشاهده شد($p< ۰/۰۵$).

پروتئین

مقدار پروتئین فیله تیلاپیا نیل و قرمز بر طبق نتایج پروژه حاضر ، ۱۸/۷۰ و ۲۰/۲۶ درصد می باشد (جدول ۴-۳). میزان پروتئین در مطالعات Usydus و همکاران (۲۰۱۱) ۴ /۱۶ درصد و در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷) ۱۷/۴۰ درصد برای تیلاپیا نیل و برای تیلاپیا قرمز ۱۶/۶ درصد به دست آمده است . مقدار پروتئین در عضلات آبزیان بین ۱۵ تا ۲۵ درصد متغیراست که در هنگام عدم دستیابی به مواد غذایی برای مدت طولانی این مقدار ممکن است به حد زیادی کاهش یابد و به ۱۵ درصد هم برسد (Rehbein and Oehlenschlager, 2009). درصد پروتئین در بعضی آبزیان براساس مطالعه Rehbein و Oehlenschalger (2009) به شرح زیر می باشد:

هاداک ۱۹ درصد ، هرینگ ۱۸ درصد ، کفال ۱۹ درصد ، اردک ماهی ۱۹ درصد ، آنچووی ۲۰ درصد, کپور ۱۸ درصد و آلاسکاپولاک ۱۷ درصد. درصد پروتئین عضله تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه

کاهش یافته است . این کاهش در تیلاپیا نیل از ۱۸/۷۰ به ۱۷/۰۰ درصد در نمونه های با انجماد کند می باشد و در تیمارهای با انجماد تند میزان این کاهش کمتر و از ۱۸/۷۰ به ۱۷/۶۱ درصد می باشد. در تیلاپیا قرمز هم نتایج مشابه گرفته شد. به طوریکه در تیمارهای شاهد (تازه), درصد پروتئین ۲۰/۲۶ درصد به دست آمد و در پایان زمان نگهداری در سردخانه در نمونه های با انجماد کند به ۱۷/۵۶ و در نمونه های با انجماد تند به ۱۸/۰۱ درصد رسید (جدول۴-۳). انجماد و نگهداری در سردخانه تاثیر قابل توجهی در کمیت پروتئین های ماهی ندارد اما در زمان انجماد زدایی به علت خروج آبچک که شامل مایع درون و خارج سلول است, پروتئین های محلول در آب و همچنین سایر نوترینت ها از دست می رود که حجم آن بسیار متغیراست.

در این مطالعه با توجه به حجم بالای آبچک در نمونه های انجماد کند ، درصد پائین تر پروتئین های این تیمار را پس از انجمادزدایی در مقایسه با انجماد تند مشاهده می کنیم(p< ۰/۰۵). نتایج مشابه ای را Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) بر روی تیلاپیا گرفتند و کاهش پروتئین را از ۱۷/۸۰ درصد به ۱۵/۷۰ درصد در انجماد کند مشاهده کردند. همچنین در مطالعه ای که Sebarnek و همکاران (۱۹۷۹) انجام دادند و از چندین روش مختلف انجماد برای منجمد کردن گوشت استفاده کردند ، مشاهده نمودند با کاهش سرعت انجماد درصد بالاتری از میزان پروتئین را بعد از انجماد زدایی به دست خواهند آورد. در مطالعه Badii و همکاران (۲۰۰۲) کاهش پروتئین را بعد از گذشت ۷ماه در انجماد کند از ۱۲۰ میلی گرم به ۱۸ میلی گرم در بافت عضله ماهی کاد مشاهده کردند.

چربی

چربی ها جزئی از ترکیب شیمیایی عضله هستند که اختلاف زیادی را از نظر مقدار در بدن ماهی نشان می دهند (Rehbein and oehlenschlager, 2009) . مقدار چربی در بافت عضله تیلاپیا نیل و قرمز در مطالعه حاضر ۱/۳۰ و ۱/۶۸ درصد وزن تر عضله به دست آمد(جدول۴-۴). در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷) در ماهی تیلاپیا قرمز ۰/۹۰

درصد ،در مطالعه Osydus و همکاران (۲۰۱۱) برای ماهی تیلاپیا نیل ۲ درصد ، در مطالعه Rasoarahona و همکاران (۲۰۰۵) برای تیلاپیای نیل ۱/۰۸ درصد و برای تیلاپیا رندالی[1] ۲/۳۱ درصد و همچنین در مطالعه Bahurmiz , Ng (۲۰۰۹) برای تیلاپیای نیل ۱/۷۴ درصد به دست آمد. مطالعات بر روی چربی ماهی به دلیل اهمیت آن بر سلامت مصرف کننده بسیار زیاد است, نتایج زیر درصد چربی کل عضله برخی از آبزیان در سایر مطالعات می باشد. محتوای چربی در وزن تر عضله کاد ۰/۰۸ درصد ، کپور ۵/۱ درصد ، قزل آلا ۷/۴ درصد (Usydus, *et al*., 2011) اردک ماهی ۰/۷ درصد ، هرینگ ۹ درصد ، کفال ۳/۸ درصد و سی باس ۲ درصد (Rehbein and Oehlenschager, 2009) می باشد.

تغییرات چربی در پروژه حاضر، بیانگر کاهش درصد چربی کل در بافت تر نمونه ها با افزایش زمان نگهداری می باشد($P< 0/05$). در تیلاپیا نیل این کاهش از ۱/۳۰ درصد در نمونه های تازه به ۰/۶۱ در تیمارهای با انجماد کند و ۰/۹۱ درصد در تیمارهای با انجماد تند می باشد . همچنین در تیلاپیا قرمز این کاهش از ۱/۶۸ درصد به ۰/۷۳ در تیمارهای با انجماد کند می باشد . در نمونه های با انجماد تند نیز در اتمام دوره نگهداری درصد چربی کل به ۱/۱۸درصد رسیده است(جدول ۴-۴). به علت نرخ بالاتر اکسیداسیون و فعالیت بیشتر آنزیم ها در نمونه های با انجماد کند در پایان زمان نگهداری کاهش میزان چربی در نمونه های با انجماد کند بیشتر از انجماد تند بوده است ($P< 0/05$).

چربی موجود در ماهی در زمان انجماد در معرض اکسیداسیون و اتولیز قرار می گیرد. در طی فرآیند اکسیداسیون ، اسیدهای چرب غیراشباع در ماهی با اکسیژن هوا ترکیب شده و طی سه مرحله تولید پراکسید، کتون و آلدهید می کند. کاهش درصد چربی کل و همچنین تفاوت این کاهش در تیمارهای مختلف حاصل از

[1] Tilapia renalli

انجماد کند ، تند در مطالعه Pawar و Magar(۱۹۶۵) بر روی ماهی پومفرت گزارش شده است و از ۲/۰۱ درصد به ۰/۹ درصد در انجماد کند و ۱/۵ درصد در انجماد تند رسیده است.

۲-۵- مقایسه ارزش غذایی بافت عضله چند گونه از ماهیان پرورشی و دریایی ایران با تیلاپیای نیل و قرمز

همانطور که در جدول ۵-۱ آمده است تیلاپیا قرمز به همراه قزل آلا, بالاترین درصد پروتئین را در میان ماهیان پرورشی ایران داراست. همچنین از نظر چربی هم جز ماهیان با چربی کم (کمتر از ۲ درصد) طبقه بندی می شود. با توجه به نتایج جداول ۴-۷ و ۴-۱۰ که نشان دهنده درصد بالای اسیدهای چرب غیر اشباع در تیلاپیا نیل و قرمز می باشد, این ماهی ارزش تغذیه ای فراوانی برای مصرف کننده خواهد داشت.

جدول ۵-۱- مقایسه ارزش غذایی بافت عضله چند گونه از ماهیان پرورشی و دریایی ایران با تیلاپیای نیل و قرمز (وزن تر)

ماهی	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	منبع
ماهی سفید[1]	۷۷/۲	۱۹	۲/۵	بسیمی ، ۱۳۸۰
کپور معمولی[2]	۷۷	۱۷/۰۲	۵/۵۳	خدیری ، ۱۳۸۱
ازون برون[3]	۷۵/۹	۱۴/۳۵	۹/۰۵	هدایتی فرد ، ۱۳۸۱
کپور علف خوار[4]	۷۲/۴	۱۹/۱۱	۸/۵۲	اسماعیل زاده و همکاران, ۱۳۸۲
اردک ماهی[5]	۷۸/۱	۱۷/۴	۰/۴۴	کرمی ، ۱۳۸۶
کپور نقره ای[6]	۷۸/۸	۱۶/۷	۲/۶	ذوالفقاری و همکاران, ۱۳۸۹
قزل آلا[7]	۷۳/۶۳	۲۰/۴۳	۱/۶۲	جوان, ۱۳۸۹
تیلاپیا نیل	۷۹/۱۲	۱۸/۷۰	۱/۳۰	تحقیق حاضر
تیلاپیا قرمز	۷۸/۰۶	۲۰/۲۶	۱/۶۸	تحقیق حاضر

[1] *Rutilus frisi cuttum*
[2] *Cyprinus carpio*
[3] *Acipenser stellatus*
[4] *Ctenopharyngodon idella*
[5] *Esox lucius*
[6] *Hypophthalmicthys molitrix*
[7] *Onchorhynchus mykiss*

۳-۵- تغییرات حاصل از انجماد کند و تند و نگهداری در سردخانه بر اسیدهای چرب تیلاپیا نیل و قرمز

در مطالعه حاضر ، تعداد ۲۹ اسید چرب در تیلاپیا نیل و قرمز شناسایی شد(جداول ۴-۵ تا ۴-۱۰). در مطالعه Osibona و همکاران (۲۰۰۹) تعداد ۲۳ اسید چرب و در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷) ، ۲۷ اسید چرب در تیلاپیا نیل شناسایی شدند. بیشترین اسید چرب غیر اشباع در هر دو نمونه تیلاپیا نیل و قرمز ، اسید پالمیتیک (C16:0) بود که به ترتیب ۱۵/۳۴ و ۱۶/۸۷ درصد از کل اسیدهای چرب را شامل می شد . در مطالعه Castro و همکاران (۲۰۰۷) مقدار اسید پالمیتیک ۲۵/۹درصد برای تیلاپیا نیل به دست آمد. همچنین برای تیلاپیا قرمز در مطالعه Vieira و همکاران (۲۰۱۱) ۱۶/۵ درصد مقدار اسید پالمیتیک بوده است .

بیشترین میزان اسید چرب غیر اشباع در هر دو نمونه تیلاپیای نیل و قرمز اسید اولئیک (C18:1n9) به ترتیب با مقادیر ۲۸/۵۲ و ۲۹/۷۵ درصد بود . بیشترین میزان امگا ۳ در تیلاپیا نیل و قرمز ، دوکوزاهگزاانوئیک اسید (C22:6) با مقادیر ۶/۳۲ و ۶/۹۵ درصد بود که نتایج مشابه ای در مطالعه Osibona و همکاران (۲۰۰۹) به میزان ۳/۵ درصد و همچنین Vieira و همکاران (۲۰۱۱) به میزان ۵/۷۷ درصد به دست آمده است.

ویژگی چربی ماهیها ، میزان بالای اسید های چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه[1] می باشد . امگا۳ و ۶ جزء مهم ترین خانواده های چربی PUFA هستند . دو اسید چرب مهم از نوع امگا ۳ که در ماهیها به مقدار زیاد یافت می شود شامل ایکوزا پنتا نوئیک اسید[2] با ۲۰ تم کربن و ۵ اتصال مضاعف و دوکوزا هگزانوئیک اسید[3] با ۲۲ اتم کربن و ۶ اتصال مضاعف می باشد که از ارزش تغذیه ای زیادی برخوردارند(Castro, *et al*., 2007), نسبت توصیه شده اسید چرب امگا۳ به امگا ۶ که برای سلامت مصرف کننده اهمیت بالایی دارد ۱ به ۴ و یا ۱ به ۵ می باشد(Sargent, 1997) که در تیلاپیا نیل تازه ۰/۴۵ و در تیلاپیای قرمز ۰/۵۹ می باشد(جداول ۴-۵ و ۴-۸).

[1] PUFA
[2] EPA
[3] DHA

اصلی ترین عامل تعیین کننده امگا ۳ و امگا ۶ جیره غذایی مصرفی ماهی می باشد به همین دلیل در مطالعات مختلف این نسبت متفاوت می باشد . به طور مثال در مطالعه Justi و همکاران (۲۰۰۳) این نسبت برای ماهی تیلاپیا ۰/۲۳ و در مطالعه Weaver و همکاران (۲۰۰۸) ۰/۴۰ محاسبه شده است. اسیدهای چرب نمونه ها در دوره انجماد به دلیل تغییر در زنجیره های اسیدهای چرب ، تغییراتی در مقدار و ترکیب آنها ایجاد شده است, به طوریکه درصد SFA و MUFA افزایش و درصد PUFA کاهش داشته است($p<0/05$). اسیدهای چرب غیر اشباع تحت تاثیر فعالیت آنزیمی از ملکول تری گلیسرید و یا فسفولیپید جدا شده و ایجاد اسید چرب غیر اشباع بصورت آزاد (FFA) می کند, که در نهایت با اکسیژن هوا ترکیب شده و تولید آلدهید وکتون می کند (Devahastin , 2011). پیشرفت فساد اکسیداتیو را می تواند از روی اندازه گیری شاخص TBA و پراکسید به دست آورد. اتواکسیداسیون در نتیجه واکنش بین اکسیژن و لیپیدهای غیر اشباع که در اصطلاح تندی اکسیداتیو موسوم است ، صورت می گیرد. اکسایش (Oxidation) چربی ها از طریق واکنش زنجیره ای انجام می پذیرد. این واکنش در سه مرحله مجزا به نام مرحله آغاز[1]، انتشار[2] و خاتمه[3] انجام می گیرد . از آنجائیکه در مرحله انتشار ترکیبات فعال مجدداً شکل می گیرند ، لذا واکنش به طور خود به خود ادامه پیدا می کند . به علاوه به علت کم بودن انرژی مورد نیاز برای فعال سازی مرحله انتشار ، سرعت واکنش بسیار زیاد است . شروع واکنش اکسیداسیون با تولید یک رادیکال همراه است ، پس از شکل گیری رادیکال آزاد ، این رادیکال با اکسیژن ترکیب شده و پروکسی را به وجود می آورد. ادامه واکنش که با جدا کردن هیدروژن از یک ملکول غیر اشباع دیگر همراه است, به شکل گیری نخستین فرآورده های اتواکسیداسیون در مرحله انتشار یعنی پراکسید منجر می گردد .

[1] Initiation
[2] Propagation
[3] Termination

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 طوریکه در تیلاپیا نیل و قرمز تازه مقدار PUFA به ترتیب ۳۸/۶۲ و ۳۳/۵۲ درصد و در ماه آخر به ۳۰/۵۶ و ۲۴/۰۸ درصد در انجماد کند و ۳۵/۲۲ و ۲۷/۳۳ درصد در انجماد تند رسید($p<0/05$). همچنین در تیلاپیا نیل و قرمز میزان MUFA به ترتیب از ۳۶/۱۴ و ۳۹/۰۱ درصد به ۳۹/۵۵ و ۴۴/۵۰ درصد در انجماد کند و ۳۸/۲۱ و ۴۲/۹۴ درصد در انجماد تند در ماه اخر رسید($p<0/05$). این تغییرات در SFA هم مشاهده شده است و میزان آن در تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب از ۲۴/۸۴ و ۲۷/۱۲ درصد به ۲۸/۹۰ و ۲۹/۳۵ درصد در انجماد کند و ۲۷/۳۸ و ۲۸/۷۵درصد در انجماد تند رسید ($p<0/05$)(جداول ۴-۷ و ۴-۱۰).

شکست زنجیره های اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه در طول دوره انجماد, باعث افزایش ترکیبات تک پیوندی[1] و یا بدون پیوند دوگانه[2] می شود.

با کاهش PUFA درصد اسیدهای چرب امگا ۳ و ۶ هم کاهش می یابد و میزان امگا۳ تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب از ۱۱/۹۰ و ۱۲/۴۰ درصد در نمونه های تازه به ۸/۹۹ و ۷/۹۳ درصد در انجماد کند و ۹/۹۱ و ۸/۸۱ درصد در انجماد تند رسید($p<0/05$). مقدار امگا ۶ هم در تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب از ۲۶/۳۹ و ۲۰/۸۳ درصد به ۲۱/۲۵ و ۱۶/۲۱ درصد در انجماد کند و ۲۵/۱۳ و ۱۸/۴۲درصد در انجماد تند رسید (جداول ۴-۵ تا ۴-۱۰) ($p<0/05$).

مطالعه Ng و Bahurmiz (۲۰۰۹) افزایش SFA از ۲۴/۹ به ۲۶/۱ درصد را بعد از ۷ ماه نگهداری در سردخانه در تیلاپیا قرمز نشان داد. همچنین درصد MUFA از ۳۳ به ۳۴/۱ افزایش داشت و میزان PUFA از ۳۳/۳ درصد به ۳۰/۶ درصد رسید($p<0/05$). در مطالعه Valeria و همکاران (۲۰۱۰) که بر روی ماهی سالمون دریایی[3] انجام گرفت, درصد PUFA کاهش نشان داد و از ۴۴/۳ درصد به ۳۸/۳ درصد در انتهای ماه چهارم رسید. همچنین

[1] MUFA
[2] SFA
[3] Pseudopercis semifasciata

درصد MUFA افزایش داشت و ۱۷/۴درصد در نمونه های تازه به ۲۰/۱ درصد در ماه چهارم رسید. درصد SFA هم از ۲۵/۸ به ۳۰/۷ در ماه آخر رسید(p<0/05).

نرخ پائین تر اکسیداسیون در انجماد تند که ناشی از تفاوتهای سرعت انجماد است (Devahastin, 2011) عامل تغییرات کمتر اسیدهای چرب در تیمارهای با انجماد تند نسبت به انجماد کند می باشد. به طوریکه درصد افزایش SFAو MUFA و کاهش PUFA در تیمارهای با انجماد کند بیشتر است(p<0/05).همانطور که ملاحظه می شود در هر دو نمونه تیلاپیا نیل و قرمز درصد تغییرات اسیدهای چرب در نمونه های انجماد کند ، نسبت به انجماد تند در سطح بالاتری است (p<0/05).

٤-٥-تغییرات حاصل از انجماد کند و تند و نگهداری در سردخانه بر روی شاخص های فساد تیلاپیا نیل و قرمز

همانطور که بیشتر بحث شد از محصولات اولیه اکسیداسیون چربی ها هیدروپراکسیدها هستند که نسبتاً ناپایدارند . هیدروپراکسیدها ترکیبات بدون بو و طعم می باشد و در این هنگام هیچگونه تغییر ارگانولپتیکی در ماهی نمودار نمی گردد . بعضی از هیدروپراکسیدها بدون شکسته شدن زنجیر کربنی ، تولید کتون می کنند ، در حالیکه گروهی دیگر بعد از شکسته شدن زنجیر کربنی تولید کتون می کنند و ترکیبات مولد طعم و بو را به وجود می آورند ، به هر حال بعد از شکسته شدن هیدروپراکسید و با ادامه واکنش های اکسیداسیون ، مجموعه ای از مواد شیمیایی مختلف مانند آلدئید و کتون به وجود می آیند که خود عامل اصلی ایجاد بو و طعم تندی هستند و یا در مراحل بعد شکسته و محلول در آب شده و سپس توسط میکرواورگانیزم ها تجزیه و با شکل گیری ترکیبات مختلف در نهایت به دی اکسید کربن و آب تبدیل می شود (Devahastin 2011).

تولید پراکسید (PV) در تیلاپیا نیل و قرمز روند افزایشی داشته و به ترتیب از مقدار ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میلی اکی والان در نمونه های تازه به ۰/۸۶ و ۰/۹۳ میلی اکی والان بر کیلوگرم در نمونه های حاصل از انجماد کند و ۰/۴۹ و

۰/۶۹ میلی اکی والان بر کیلوگرم در نمونه های با انجماد تند در پایان زمان نگهداری در سردخانه رسیده است ($p<0/05$) (جدول ۴-۱۱). اختلاف معنی دار در سطح ۹۵ درصد در تیمارهای با انجماد کند وتند دیده می شود که ناشی از نرخ اکسیداسیون متفاوت این دو تیمار می باشد. در مطالعه Karacam و Boran (۱۹۹۶) میزان پراکسید از ۱/۸ به ۸/۲ میلی اکی والان بر کیلوگرم در ماهی آنچووی بعد از گذشت ۶ ماه از نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد افزایش یافت.

همچنین همانند پراکسید, شاخص TBA هم افزایش معنی داری در زمان انجماد دارد و این افزایش برای نمونه های با انجماد کند بیشتر است ($P< 0/05$).

برای تیلاپیا نیل تازه این مقدار ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود و در پایان ۱/۲۰در تیمارهای انجماد کند و ۱/۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمارهای انجماد تند بود. همچنین در تیلاپیا قرمز این افزایش از ۰/۰۳ به ۱/۲۶ و ۱/۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب در تیمارهای با انجماد کند و تند بود(جدول ۴-۱۲). میزان TBA در تمام تیمارها پایین تر از حد مجاز که ۳ تا ۵ میلی گرم بر کیلوگرم است (Arannilewa, 2005), می باشد.

در مطالعه Chevalier و همکاران (۲۰۰۰) که بر روی ماهی تاربوت[1] انجام شد افزایش تیوباربیتیوریک اسید را در نمونه ها مشاهده کردند. در نمونه های با انجماد کند از ۰/۴۱ در نمونه های تازه به ۰/۴۹ میلی گرم بر کیلوگرم در روز هفتاد و پنجم از زمان نگهداری در سرخانه رسید و در نمونه های با انجماد تند از ۰/۴۱ به ۰/۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم در پایان زمان نگهداری رسید($P< 0/05$). در مطالعه Karacam و Boran (۱۹۹۶) افزایش میزان TBA را از ۰/۳ به ۳/۱ میلی گرم بر کیلوگرم در ماهی آنچووی بعد از گذشت ۶ ماه از نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد مشاهده شد.

[1] Turbot (*Scophthalmus maximus*)

شاخص فساد دیگری که در مطالعه حاضر بررسی شده است, TVB-N یا مجموع بازهای ازته فرار می باشد که به مجموعه ای از ترکیبات آمونیاک, دی متیل آمین اکسایدو تری متیل آمین اکساید گفته می شود. مقدار تولید این بازها با زمان و میزان فساد رابطه مستقیم دارد و به نوعی از آن می توان به عنوان شاخص فساد ماهی استفاده نمود. حد قابل قبول برای این شاخص ۲۵ تا ۳۰ میلی گرم در صد گرم عضله می باشد (Arannilewa, 2005) که تمامی تیمارها پایین تر از این مقدار بود.

مجموع بازهای ازته فرار در نمونه های تازه تیلاپیا نیل و قرمز به ترتیب ۱۱/۵۰ و ۱۲/۶۳ میلی گرم در صد گرم عضله بود که در نمونه های حاصل از انجماد کند به ۲۳/۸۰ و ۲۱/۹۳ میلی گرم در صد گرم عضله رسید و در نمونه های با انجماد تند به ۲۱/۰۰ و ۲۰/۴۰ میلی گرم در صد گرم عضله در پایان زمان نگهداری در سردخانه رسیده است ($p<0/05$) (جدول ۴-۱۱).

در تیمارهای حاصل از انجماد کند میزان این شاخص بالاتر بود که به علت تخریب پروتئین, فساد اکسیداتیو بالاتر و در نهایت تولید بیشتر بازهای ازته فرار می باشد (Chevalier, *et al*., 2000. Makari, *et al*., 2007). در مطالعه Lakshmanan و همکاران (۱۹۹۰) میزان TVB-N در ماهی کاد در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد از ۶.۶ میلی گرم به ۲۸.۶ میلی گرم در صد گرم عضله افزایش یافت. ($p<0/05$) و در مطالعه Liu و همکاران (۲۰۱۰) میزان TVB-N از ۵ میلی گرم به ۴۶ میلی گرم در صد گرم عضله در تیلاپیا نیل افزایش یافت.

در زمان انجماد با کاهش دما ، بخشی ازآب موجود در داخل عضلات ماهی منجمد می شود و در نتیجه میزان آب غیر منجمد کاهش می یابد, این امر باعث افزایش غلظت آنزیمی و دیگر ترکیبات موجود در محصول می شود. در محدوده دمایی ۱- تا ۲- درجه سانتی گراد که به عنوان محدوده بحرانی تعریف شده ، حداکثر عمل این آنزیمها مانند لیپازها را شاهد هستیم که باعث تخریب بیشتر فرآورده می شود. در انجماد سریع که در این

پروژه استفاده شد و در عرض ۲۵ دقیقه فرآورده به ۵- درجه سانتی گراد رسید فرصت فعالیت تخریبی آنزیمها کاهش یافته است .

۵-۵- بررسی تغییرات ارزیابی حسی

امتیازات مربوط به آزمون ارزیابی حسی نشان می دهد که با گذشت زمان از نگهداری محصول منجمد در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد و با پیشرفت فساد, امتیازات مربوط به رنگ, بو, طعم و مزه و بافت کاهش می یابد. طعم و مزه و بو ماهی مرتبط با میوژن از پروتئنهای سارکوپلاسمیک, پروتئینهای میوفیبریل و همچنین ازتهای غیر پروتئینی می باشد(Suzuki, 1981). با توجه به افزایش میزان آبچک که باعث خروج هر چه بیشتر پروتئین های عضله می شود و همچنین افزایش TVB-N امتیازات مربوط به طعم و مزه و بو ماهی در ماه ششم به پایین ترین مقدار خود رسیده است. همچنین با افزایش اکسیداسیون چربی, طعم بافت عضله ماهی تند می شود که نتیجه آن در امتیازات طعم و مزه و بو در تیمارها مشاهده می شود.

در نمونه های انجماد کند به دلیل آبچک و میزان فساد بیشتر این امتیازات نسبت به نمونه های انجماد تند پایینتر می باشد($p<0/05$)(جداول ۴-۱۴ و ۴-۱۵).

خروج آبچک و دناتوره شدن پروتئینها بافت ماهی را سخت و شکننده کرده به طوریکه بعد از پخت, کیفیت بافت ماهی در نمونه هایی که مدت زمان بیشتری از انجماد آن گذشته نسبت به تیمارهای شاهد تفاوت معنی دار داشتند. همچنین با توجه به درصد پایین رطوبت در نمونه های ماه های آخر که به علت از دست دادن رطوبت بیشتر در زمان نگهداری در سردخانه (خشکی سردخانه ای) اتفاق افتاد و آبچک بیشتر, رنگ بافت عضله تیلاپیا نیل و قرمز بعد از پخت تیره شده و بافت ماهی هم حالت سفت و خشک پیدا کرده و مطلوبیت خود را از دست داده است. در مطالعه Lakshmanan و همکاران (۱۹۹۰) کاهش امتیازات رنگ, بو , بافت و طعم و مزه را در فیله ماهی کاد در انجماد کند در پایان زمان نگهداری در سردخانه مشاهده کردند.

در مطالعه Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷) کاهش معنی دار امتیازات بافت و رنگ عضله را در ماهی آزاد[1] مشاهده کردند و امتیازات مربوط به این دو فاکتور در انجماد کند در پایان زمان نگهداری در سردخانه کمتر از نمونه های با انجماد تند بود($p<0.05$).

٦-٥- آزمون میکروبی

یکی از روش های معمول برای ارزیابی وضعیت کیفیت ماهی ، تعیین میزان شمارش کلی باکتری ها (Total Count) می باشد, در این تحقیق بعد از انجماد نمونه ها شاهد کاهش تعداد کلی آنها هستیم که این کاهش با افزایش زمان بیشتر می شود ودر نمونه های با انجماد تند در تیلاپیا نیل و قرمز در ماه پنجم به صفر می رسد. بیشترین اثر انهدامی انجماد در دامنه برودت ۲- تا ۴- درجه سانتی گراد اتفاق می افتد و با توجه به اینکه در انجماد تند عبور از این مرحله به سرعت (۲۵ دقیقه) و با درجه برودت کمتر (۳۰-) اتفاق می افتد, شوک ناشی از آن تعداد بیشتری از باکتریها را نسبت به انجماد کند از بین می برد و شاهد تعداد کمتر باکتریها در نمونه های انجماد تند در زمانهای مشابه نسبت به نمونه های انجماد کند هستیم($p<0/05$)(Fellows, 2000).

اثر انجماد در جلوگیری از فساد مواد غذایی به علت فعالیت های موجودات ذره بینی بر این اساس است که هر میکروارگانیسمی در دامنه معینی از حرارت محیط می تواند به فعالیت های متابولیسمی خود ادامه دهد . چنانچه حرارت از این حد پایین تر رود رشد آن کند و یا متوقف می شود . بنابراین برودت زیر صفر رشد و تکثیر موجودات ذره بینی را متوقف می کند . از طرفی به علت پایین رفتن درجه حرارت و منجمد شدن ماده غذایی, در ترکیبات آن از نقطه نظر فیزیکی و شیمیایی (مانند فعالیت آبی، pH، فشار اسمزی ، تولید بلورهای یخ در داخل سلول) تغییراتی به وجود می آید که اثر تخریبی مهمی بر روی فعالیت های میکروارگانیسم ها به شرح زیر دارند:

[1] Salmo salar

در نتیجه انجماد ، فعالیت آبی (Water activity) ماده غذایی کاهش می یابد . مثلاً برای آبی که درجه حرارت آن صفر درجه سانتی گراد است ، فعالیت آبی آن یک می باشد . در صورت منجمد کردن آن اگر برودت به ۲۰- و یا ۵۰- درجه سانتی گراد رسانده شود ، فعالیت آبی به ترتیب به ۰/۸۰ و ۰/۶۲ خواهد رسید. در نتیجه دامنه فعالیت میکروارگانیسم با توجه به کم شدن فعالیت آبی کند و یا متوقف خواهد شد.

انجماد باعث افزایش ویسکوزیته ماده سلولی می شود زیرا قسمتی از آب به صورت ذرات یخ درآمده در نتیجه خارج شدن آن از محیط باعث تغلیظ مواد داخل سلولی می گردد.

انجماد موجب از دست رفتن گازهای سیتوپلاسمی مانند اکسیژن و گاز کربنیک می شود . خارج شدن اکسیژن از سلول های از واکنش های تنفسی میکروارگانیسم ها جلوگیری به عمل می آورد.

در اثر انجماد pH ماده سلولی به میزان ۰/۳ تا ۲ واحد تغییر می کند ، که خود می تواند اثر منفی بر فعالیت میکروارگانیسم ها داشته باشد.

انجماد به علت تولید ذرات یخ در درون سلول ها موجب افزایش غلظت الکترولیت های سلولی می شود.

انجماد حالت کلوئید پروتوپلاسم سلولی را به علت منجمد شدن قسمتی از مایعات داخل سلولی تغییر می دهد.

انجماد باعث تغییر ماهیت پروتئین های سلولی و جدا شدن لیپوپروتئین ها از ترکیبات دیگر داخل سلولی می شود. بدون شک کاهش مقدار آب و افزایش غلظت الکترولیت ها در پیدایش این تغییرات موثرند. انجماد در بعضی میکروارگانیسم ها باعث شوک حرارتی می شود . اثر این شوک برروی باکتری های ترموفیل و مزوفیل بیشتر از باکتری های ساکروفیل است . در صورتی که نزول درجه حرارت سریع باشد . تعداد باکتری هایی که از بین می روند بیشتر از زمانی است که کاهش حرارت به کندی صورت پذیرد. انجماد به برخی از میکروارگانیسم ها مثل سودوموناس ، آسیب متابولیکی وارد می کند . احتیاجات غذایی این گونه موجودات ذره بینی بعد از یخ زدایی افزایش نشان می دهد(Fellows, 2000) .

۷-۵- تغییرات آبچک

همانطور که در جدول ۴-۱۷ آمده است, درصد دریپ با افزایش زمان نگهداری در سردخانه رابطه مستقیم دارد و این افزایش در نمونه های با انجماد کند بیشتر از انجماد تند می باشد($p<0/05$). مطالعات زیادی انجام شده است که نشان دهنده افزایش دریپ و کاهش وزن ماهی بعد از انجمادزدایی می باشد(Chevalier, *et al*., 2001; Cao, *et al*., 2003; Makari, *et al*., 2007).با افزایش سرعت و زمان انجماد درصد دریپ کاهش می یابد. این امر به علت تفاوت در محل قرار گیری کریستالهای یخی و اندازه و شکل آنها و به تبع آن آسیبهای فیزیکی فیبرهای عضله می باشد. کریستالهای یخی بزرگ و نامنظم خارج سلولی آسیب بیشتری به دیواره سلولی وارد می کند,به همین دلیل در انجماد کند شاهد درصد بیشتر آبچک هستیم.

در مطالعه Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷) که مقایسه اثر انجماد کند و تند بر روی ماهی آزاد می باشد, درصد آبچک نمونه ها در انجماد کند بعد از گذشت یک ماه به ۱۱/۲۵ درصد و در انجماد تند به ۷/۷۵ درصد رسید($p<0/05$).

۸-۵- تغییرات ساختمان داخلی[1] بافت تیلاپیا نیل و قرمز در زمان انجماد

یکی از موارد ناخوشایند در زمان انجماد, دناتوره شدن (Denaturation) و تجمع و انبوهش (Aggregation) پروتئین های میوفیبریلار هست. که می تواند به عنوان یکی از مهمترین تغییرات بافت عضله در زمان انجماد به حساب آید و معمولا باعث از دست رفتن فعالیتهای بیولوژیکی و تغییرات معنی دار در عملکرد و ساختار فیزیکی خود شود(Suzuki, 1981).

برخی از خواص ماهی منجمد مانند قابلیت ایجاد امولسیون, ظرفیت اتصال چربی, ظرفیت نگهداری آب و قابلیت تشکیل ژل خیلی پایین تر از ماهی تازه می باشد, که علت همه این تغییرات در دناتوره شدن پروتئین به ویژه

[1] Microstructure

میوفیبریلار می باشد(Suzuki, 1981). از جمله عواملی که باعث کاهش میزان دناتوره شدن در زمان انجماد می شود, نرخ انجماد و زمان آن می باشد که با کاهش آن مقدار تخریب بافتهای پروتئینی کاهش می یابد.در عکسهای گرفته شده در پروژه حاضر, همانطور که مشاهده می شود در نمو نه های حاصل از انجماد تند هم در تیلاپیا نیل و هم در قرمز نسبت به تیمارهای با انجماد کند, کمتر بودن میزان دناتوره شدن و تجمع و انبوهش پروتئین بافت را شاهد هستیم, به طوریکه بعد از گذشت شش ماه در تیمارهای با انجماد تند, پروتئن های میوفیبریل تا حدودی ساختار خود را حفظ کرده اند, اما در تیمارهای با انجماد کند, دناتوره شدن و تجمع پروتئین ها و درهم پیچیده شدن ساختار آنها را شاهد هستیم.

به عقیده Connell (۱۹۵۹), دناتوره شدن در اثر انجماد, به دلیل اجتماع و انبوهش پهلو به پهلو پروتئین ها می باشد که توسط شکل گیری پیوندهای عرضی بین ملکولی نظیر پیوند دی سولفید ایجاد می شود. همچنین Matsumoto و همکاران (۱۹۸۰) دناتوره شدن را در نتیجه انبوهش ایجاد شده توسط افزایش تصاعدی پیوندهای عرضی بین مولکولی نظیر پیوندهای هیدروژنی, یونی, هیدروفوبیک و دی سولفید می داند.

نظریه دیگری که در این زمینه وجود دارد دناتوره شدن در اثر انجماد را به افزایش غلظت محلول نمک معدنی و مواد آلی محلول در فاز غیر منجمد موجود در سلول مرتبط می داند(Ota and Yamada, 1978).

غلظت نمک معدنی در سلولهای عضله هنگامی که آب در سلولها به یخ تبدیل می شود, بالاتر می رود و این افزایش در غلظت به همراه تغییرات مربوط در قدرت یونی و pH, سبب تفکیک و دناتوره شدن پروتئین ها می شود. همچنین نظریه دیگری که توسط Suzuki (۱۹۸۱) مطرح شد بیان می کند که دناتوره شدن به علت آن است که ملکول آب که پر کننده فضای بین پروتئین ها می باشد در هنگام انجماد حرکت می کند وموجب نزدیکتر شدن مولکولهای پروتئین و تشکیل پیوندهای عرضی مختلف بین مولکولهای پروتئین می گردد و بنابراین تراکم و انبوهش ایجاد می شود.

از مهمترین روشهای تشخیص و اندازه گیری دناتوره شدن موارد زیر می باشد(Suzuki, 1981):

حلالیت پروتئین میوفیبریل: که مقادیر پروتئین های محلول در نمک با افزایش زمان نگهداری و کاهش سرعت انجماد کاهش می یابد.

ویسکوزیته: ویسکوزیته اکتومیوزین جدا شده یا همان بخش محلول در نمک, با افزایش زمان نگهداری و کاهش سرعت انجماد, کاهش می یابد.

فعالیت آنزیم آدنوزین تری فسفاتاز: که فعالیت این آنزیم با افزایش زمان نگهداری به صورت منجمد کاهش می یابد.

مشاهده با میکروسکوپ الکترونی: همان روشی که در این مطالعه برای مشاهده تغییرات بافت و دناتوره شدن مورد استفاده قرار گرفت. در این روش مشاهده می شود پیش از انجماد اکتومیوزین ساختمان کاملا مشخص را از خود نشان می دهد, اما پس از گذشت چندین هفته از نگهداری در سردخانه, ساختمان طبیعی آنها از بین رفته و تجمع فیلامانهای در هم پیچیده مشاهده می شود. مطالعه با میکروسکوپ الکترونی در مقایسه با روشهای دیگر, به طور قاطع نشان دهنده تجمعات اکتومیوزین در طی نگهداری در سردخانه و اثرات زمان و نرخ انجماد بر این ساختارها می باشد.

مطالعات مختلفی بر روی تغییرات ساختاری بافت و دناتوره شدن بافت عضله ماهی و همچنین تاثیر انواع سرعت و زمان انجماد بر آنها شده است و مشاهده شده که با افزایش سرعت انجماد و کاهش زمان آن میزان این تغییرات به حداقل می رسد (Bello and Luft, 1982; Chen and Pan, 1997; Alizadeh, *et al*., 2007).

همچنین عامل مهم دیگری که باعث تخریب ساختار بافت می شود, کریستالهای یخی می باشد که در زمان انجماد شکل می گیرد و باعث آسیب دیواره سلول و در نهایت بافت می شود. هر چه سرعت انجماد کمتر باشد و عبور از مرحله بحرانی انجماد سریعتر اتفاق بیفتد,

اندازه این کریستالها کوچکتر و متحد الشکل تر خواهند بود و به جای خارج سلول, داخل آن شکل می گیرند و آسیب کمتری به بافت خواهند زد.

در مطالعه حاظر مشاهده می شود در تیمارهای با انجماد تند, تخریب کمتری در بافت صورت گرفته که می تواند به علت کوچکتر بودن همین کریستالهای یخی باشد. همین نتایج در مطالعه Alizadeh و همکاران (۲۰۰۶) و Bello and Luft (۱۹۸۲) گرفته شده است.

٦- جمع بندی

در پایان لازم است به طور فهرست وار به مهمترین یافته های حاصل از این تحقیق اشاره نمود که عبارتند از:

- پارامترهای مهم غذایی در گوشت آبزیان عبارتند از: رطوبت, خاکستر, پروتئین و چربی که به ترتیب در تیلاپیا نیل ۷۹/۱۲, ۱/۸۵, ۱۸/۷۰, ۱/۳۰ و تیلاپیا قرمز ۷۸/۰۶, ۱/۳۸, ۲۰/۲۶, ۱/۶۸ درصد بودند.
- نتایج حاصل از اثر انجماد بر روی ارزش غذایی به صورت زیر به دست آمد:
- رطوبت نمونه ها بعد از گذشت ۶ ماه کاهش داشته و میزان این کاهش در نمونه های انجماد کند بیشتر بوده. در تیلاپیا نیل با انجماد کند و تند به ۷۵/۰۸ و ۷۷/۰۱ درصد و در تیلاپیا قرمز با انجماد کند و تند به ۷۳/۵۶ و ۷۶/۳۱ درصد رسید.
- خاکستر نمونه ها در زمان نگهداری افزایش داشت, به طوریکه در تیلاپیا نیل با انجماد کند و تند به ۳/۱۵ و ۲/۳۱ درصد رسید و در تیلاپیا قرمز به ۲/۷۶ و ۱/۸۹ درصد در انجماد کند و تند رسید.
- پروتئین نمونه ها کاهش معنی دار در زمان نگداری در سردخانه داشت. برای نمونه های نیل با انجماد کند وتند به ۱۷/۰۰ و ۱۷/۶۱ درصد و برای نمونه های قرمز به ۱۷/۵۶ و ۱۸/۰۱ درصد در انجماد کند وتند رسید.
- میزان چربی در کاهش داشت و در تیلاپیا نیل به ۰/۶۱ و ۰/۹۱ درصد و در تیلاپیا قرمز به ۰/۷۳ و ۱/۱۸ درصد در انجماد کند و تند رسید.
- درصد اسیدهای چرب PUFA,MUFA,SFA در زمان نگهداری در سردخانه در تمامی نمونه ها دستخوش تغییراتی شد. به طوریکه درصد SFA و MUFA افزایش و درصد PUFA کاهش نشان داده است. میزان این تغییرات برای نمونه های حاصل از انجماد تند در سطح پایین تری قرار داشته است.

- بررسی شاخصهای فساد نشان می دهد که میزان TBA, PV و TVB-N در نمو نه ها افزایش معنی داری داشته و میزان افزایش در تیمارهای انجماد تند کمتر بوده است اما در تمامی نمونه ها در پایان زمان نگهداری در سردخانه پایین تر از حد مجاز بوده و قابل خوردن می باشد.
- نتایج آزمون حسی نشان می دهد که در طول دوره انجماد ماهی تازه بالاترین امتیازات را به خود اختصاص داده و در ماه ششم شاهد حداقل امتیازات بودیم, هرچند که در ماه آخر نمونه های انجماد تند در وضعیت مناسبتری بودند.
- نتایج مربوط به شمارش کلی باکتری ها کاهش معنی دار آنها را بلافاصله بعد از انجماد و همچنین در پایان زمان نگهداری در سردخانه نشان می دهد, هر چند که این کاهش در نمونه های انجماد تند بیشتر بوده است.
- بررسی نتایج آبچک نمونه ها نشان می دهد که حجم دریپ با افزایش زمان رابطه مستقیم دارد و در ماه اخر شاهد بیشترین میزان دریپ بودیم, همچنین دریپ نمونه های انجماد کند بیشتر از انجماد تند بود.

– عکسهای SEM بافت ماهی در زمان انجماد بیانگر دناتوره شدن و تجمع میوفیبریل ها با افزایش زمان نگهداری بود و مقایسه عکسها در نمونه های انجماد کند و تند نشان می دهد در ماه آخر میزان تخریب بافتها در انجماد تند کمتر می باشد.

– در انجماد تند به علت اینکه ماهی به سرعت از منطقه بحرانی انجماد می گذرد, فراورده نهایی شرایط کیفی مناسبتری نسبت به انجماد کند خواهد داشت و می توان مدت بیشتری ماهی را در سردخانه نگهداری کرد.

تشکر و قدر دانی

از تمامی همکاران مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان که در انتقال ماهی از یزد ، آماده سازی و انجام آزمایشات این پروژه تحقیقاتی همکاری نموده اند صمیمانه تشکر و قدر دانی میگردد. همچنین از کلیه همکاران مرکز تحقیقات ماهیان آبهای شور داخلی بافق یزد که نمونه های ماهی تیلاپیای مورد نیاز را تامین نموده اند نیز تشکر میگردد.

منابع

۱- اسماعیل زاده کناری, ر. سحری, م.ع. و حمیدی اصفهانی, ز. ۱۳۸۲. مقایسه ترکیبات غذایی گوشت ماهی سفید و ماهی علف خوار پرورشی و فراوری مارینا د از آنها. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۲, شماره ۴. صفحات ۱۳-۲۸.

۲- بسیمی, ب. ۱۳۸۰. تهیه کتلت ماهی کپور و تعیین زمان ماندگاری آن در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد. پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال.

۳- جوان, س. ۱۳۸۹. پاستوریزاسیون سرد فیله قزل آلای رنگین کمان با استفاده از اشعه گاما و ارزیابی عمر ماندگاری محصول. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات شیلات ایران. شماره ۸۸۰۶۴-۱۲-۱۲

۴- خدیری, ب. ۱۳۸۱. تولید سوریمی از ماهی کپور و تعیین اثر شستشو و مواد افزودنی بر روی خواص حسی و زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد. پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال.

۵- ذوالفقاری, م. شعبانپور, ب, شعبانی, ع. و شیرانی بید آبادی, ف. ۱۳۸۹. مقایسه ارزش غذایی و بررسی تناسب ارزش تغذیه ای و ریالی اندازه های ختلف ماهی فیفاگ در فصل بهار. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران. شماره ۳. صفحات ۱۸-۱۷۵.

۶- هدایتی فرد, م. ۱۳۸۱. شناسایی کمی و کیفی اسیدهای چرب بافت ماهی کفال طلایی, مجله علوم دریایی ایران. شماره ۲. صفحات ۷۲-۷۷.

۷- کرمی, ب. ۱۳۸۶. تعیین ارزش غذایی و بررسی میزان فلزات سنگین (مس, سرب, روی و جیوه) در بافت عضله, تخمدان و کبد اردک ماهی (*Esox lucius*) در تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال.

8. Al-Kahtani, H.A. Abu-Tarboush, H.M. Bajaber, A.S. and Atia, M. 1966. Chemical changes after Irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel, Journal of Food Science,61: 729-733.
9. Alizadeh, E. Chapleau, N. Lamballerie, M.D.E. and Lebail, A. 2007. Effects of freezing and thawing processes on the quality of atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, Food Engineering and Physical Properties,72:279-284.
10. Amerina, M.A. Pangborn, R.V. Roesler, E.B.1965. Principles of Sensory Evaluation of Food, Academic Press , New York.
11. Antonocopoulos, N.1973. In: Ludorf W Meyer, V Edition, Fischeund Fischerzeugnisse Berlin and Hamburg.
12. AOAC. 2002. Association of Official Analytical Chemists, 16 Edition, Washington DC, USA.
13. 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 (*Sarotherdun galiaenus*), African Journal of Biotechnology, 4: 852-855.
14. Badii, F., Nazlin, K. and Howell, K. 2002. Changes in the texture and structure of Cod and Haddock fillets during frozen storage. Food Hydrocolloids. 16: 313-319.
15. Bello, R.A. Luft, J.H. 1982. Ultrastructural study of skeletal fish Muscle after freezing at different rates, Journal of Food Science, 47:1389- 1394.
16. Benjacul, S. Viessanguan, W. Thongkaew, C. Tanaka, M. 2005. Effect of frozen storageon chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand, Food hydrocolloids, 19: 197-207.
17. Bligh, E.G. and Deyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification, Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 37:911-917.
18. Castro, F.A.F., Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C. and Franceschini, S.C.C. 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 103: 1080-1090.
19. Cao, E. Chen, Y. Cui, Z. 2003. Effect of freezing and thawing rates on denaturation of proteins in Aqueous solutions, Biotechnology and Bioengineering, 82: 684-690.
20. Chevalier, D. Munoz, A.S. and Ghoul, M.2000.Effect of pressure shift freezing, air-blast freezing and storage on some biochemical and physical properties of Turbot, Lebensm Wiss Technology,33: 570-577.
21. Chevalier, D. Munoz, A.S. and Ghoul, M.2001. Effect of freezing conditions and storage on ice crystal and drip volume in turbot evaluation of pressure shift freezing VS. air-blast freezing, Innovative Food Science and Emerging Technology, 1:193-201.
22. Chen, Y.L. and Pan, B.S. 1997. Morphological changes in tilapia muscle following freezing by airblast and liquid nitrogen methods, International Journal of Food Science and Technology,32: 159-168.
23. Chen, Y.L. Pan, B.S. 1995. Freezing tilapia by airblast and liquid nitrogen- freezing point and freezing rate, International Journal of Food Science and Technology, 30:167-173.
24. Chuapoehuk, B. Raksakulthai, N. 1982. Fish finger from minced fish. Fisheries Gazette, 39: 371- 375.
25. Clarke, A.R. and Eberhardt, C.N. Microscopy techniques for materials science. Woodhead Publishing Limited.
26. Conell, J.J. 1959. Control of fish quality. 4nd ed. London, U.K.: Fishing News Books Limited.
27. Delgado, A.E. and Rubiolo, A.C. 2005. Microstructural changes in strawberry after freezing and thawing processes, Food Science and Technology, 38:135-142.
28. Devahastin, S. 2011.Physicochemical aspects of food engineering and processing, CRC Press Publishing.
29. Egan, H. Krik, R.S. and Sawyer, R. 1997. Pearsons Chemical Analysis of foods, 9 Edition, 609-634.
30. El-Sayed, A.M.Fattah. 2006. Tilapia Culture, CABI Publishing.
31. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture, FAO, Rome.
32. Fellows, P.J., 2000. Food Processing Technology. Company Publishing. New York.

33. Fijuwara, K. Oosawa, T. Saeki, H. 1988. Improved thermal stability and emulsifying properties of carp myofibrillar proteins by conjuction with dextran, Journal of Agricultural and Food Chemistery, 46: 1257-1261.
34. Fletcher, J.M. 2002. Freezing Nutrition Handbook, Blackwell Publishing.
35. Garduno, M. Herrera, J.R. and Cruz, J.D. 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type nile tilapia and a red hybrid, Aquaculture Research, 38: 1074-1081.
36. Greef, G.J., Galemoni, F. and Huisman, E.A. 1999. Reproductive biology of pond reared Nile tilapia. Aquaculture Research, 30, 25-33.
37. Grigorakis, K. Taylor, K.D.A. and Alexis, M.N. 2003. Organoleptic and volatile compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (Sparus aurata): Sensory differences and possible chemical basis, Aquaculture, 225: 109-119.
38. Goodband, R.2002. Functional properties of fish proteins, Sea Food quality Technology,85: 78-82.
39. Gwahaba, J.J. 1973. Effects of overfishing on *Tilapia nilotica* populations of lake George, Uganda, over the past 20 years. Journal of East African Wildlife, 11:317-328.
40. Hall, G.M. 2011. Fish Processing- Sustainability and New Opportunities, Blackwell Publishing.
41. Hidoboro, A. and Tejado, M. 2004. Gilthhead sea bream (*Sparus sparus*): suitability for freezing and commercial, Journal of the Science of Food Agriculture,84:1405-1410.
42. Hsieh, Y.L. Regenstein, J.M. 1989. Texture changes of frozen stored cod and ocean perch minces, Journal of Food Science, 63: 638-643.
43. Huss, H.H. 1988. Fresh fish: quality and quality changes, Rome: Food and agriculture Organization (FAO) of the United Nations.
44. ISO 8443, 2003. Horizental method for the enumeration of micro organisms colony count technique at 30C. International Organization for Standardization.
45. Jarenback, L. and Liljemark, A. 1975. Ultrastructural changes during frozen storage of cod, Journal of Food Technology, 10: 309-325.
46. Jarimopas, P. Weerasit, P. (1990). Response to selection for grwoth of Thai red tilapia, Research Paper,Journal National Fisheries,114: 14.

Johnston, W.A., Nicholson, F.J., Roger,

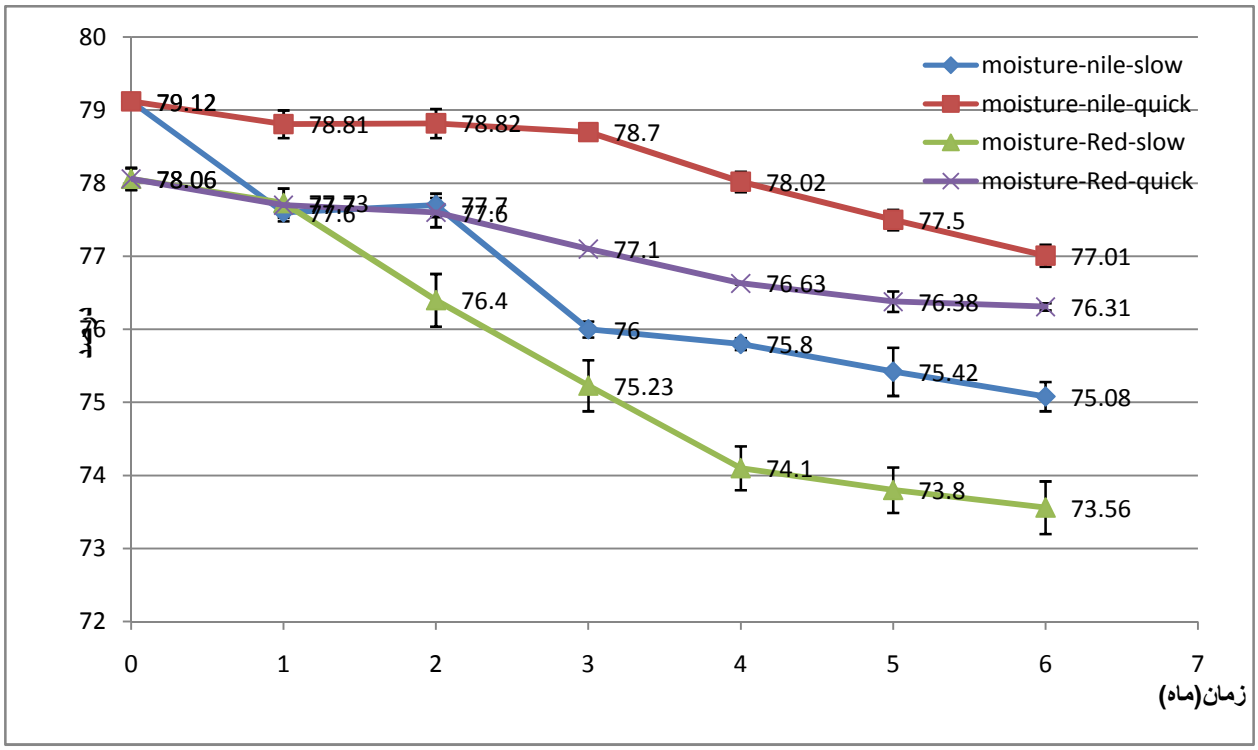
A., Stroud, G.D. 1994. Freezing and refrigerated storage in fisheries, FAO Fisheries Technical Paper.

47. Josephson, D.B. Lindsay, R.C. (1987). Retroaldol degradation of unsaturated aldehydes. Journal A.O.C.S. 64:235-240.
48. 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.
49. Karacam, H. and Boran, M. 1996. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at – 18 C, International Journal of Food Science and Technology, 31:527-531.
50. Kelly, T. R. and Dunnett, J. S. 1969. The effect of low temperature freezing on quality changes in cold stored cod,Journal of food Technology, 4: 105-115.
51. Kiser, J.S. and Beckwith, T.D.1961.Effect of fast freezing upon bacterial flora of Mackerel, Food Research, 7:255-259.
52. Ko, W.C. and Hsu, K.C. (2002). Effect of high-pressure storage on the processing quality of Tilapia meat, High Pressure Bioscience and Biotechnology,20: 411-416.
53. Kolbe, E. Craven, C. Sylvia, G. and Morrissey, M. (2004). Chilling and freezing guidelines to Maintain Onboard Quality and Safety of Albacore Tuna ,Agricultural Experiment Station,1006: 3-15.
54. Kurede, S.A. and Baranowski, J.D. (1987). Prediction of shelf life of frozen minced fish in terms Of oxidative rancidity as measured by TBARS number. Journal of Food Science, 52: 300-311.
55. Lakshmanan, P.T., Varma, T.S.G., Lyer, T.S.G. and Gopakumar. 1990. Quality changes in seafrozen whole and filleted rock cod (Epinephalus spp.) During storage. Fisheries Research, 0:1-12.
56. Lakshmisha, I.P. Ravishankar, C.N. Ninan, G. Mohan, C.O. and Gopal, T.K.S. 2008. Effect of freezing time on the quality of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during frozen storage Sensory and Food quality,37: 345-353.
57. Lioreca, E. Isabel, H. Isabel, P.M, Amparo, Q. Virginia, L. and Susana, M.F.2003. Effect of batter formulation on lipid uptake during frying and lipid fraction of frozen battered squid, European Food Research and Technology, 216:297-302.
58. Lin, D. and Morrissey, M.T. 1994. Iced storage characteristics of Northern squawfish (*Ptychocheilus oregonensis*), Journal of Aquatic Food Production Technology,3: 25-43.
59. Liu, S. Fan, W. Zhong, S,. Ma, C.H. Li, P. Zhou, K. Peng, Z. and Zhu, M. (2010). Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0C based on sensory, microbiological, biochemical And physical attributes. African Journal of Biotechnology, 9: 692-701.

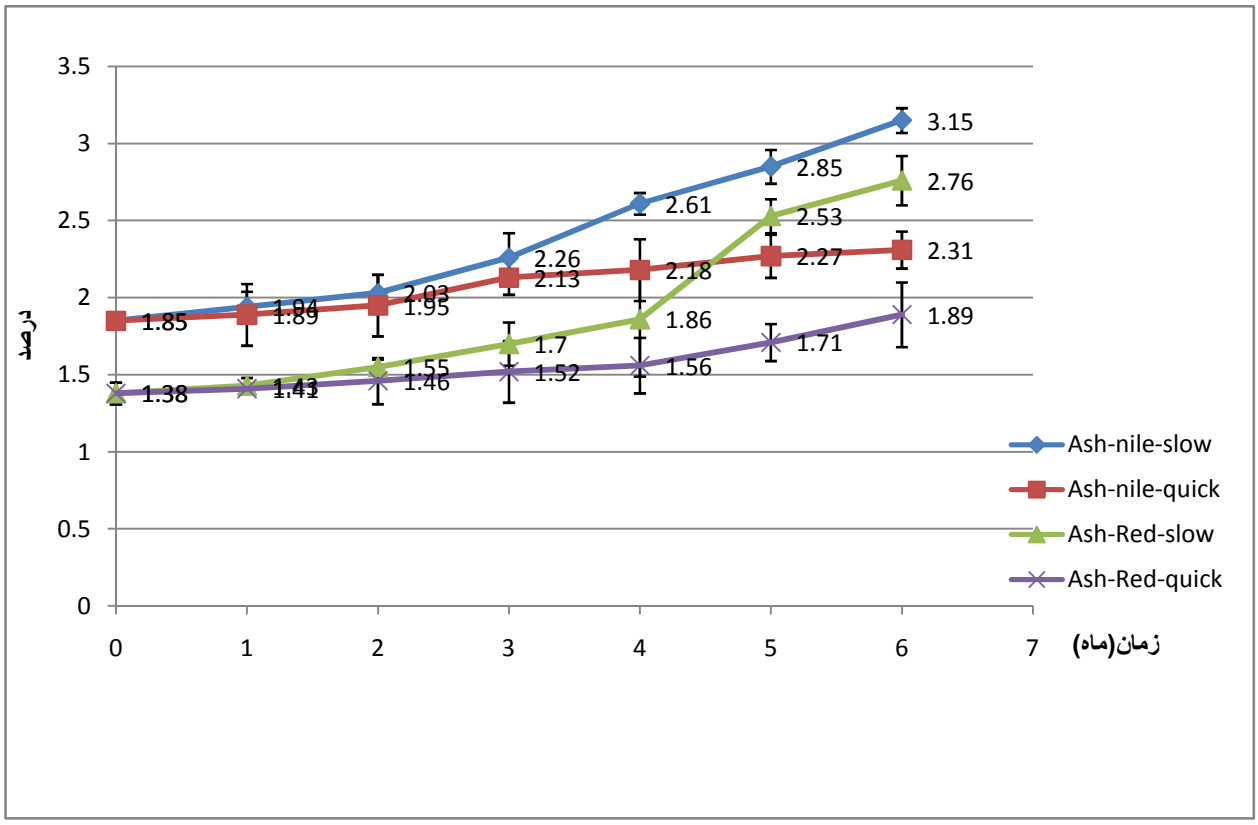
60. Makari, M. Melvin, M. Hotos, G. and Doubi, X.2007. The biochemical and sensory properties of gilthead sea bream frozen at different characteristic freezing times, Journal of Food Quality,30:970-992.
61. Matsumoto, J.J. 1980.Chemical deterioration of proteins, American Chemistry Society.
62. Murph, R.G.1993. Handbook of lipid Research, Plenum Press Publishing.
63. Myers, J.M. Penman, D.J. and Powell, S.F. 1995. Introduction of diploid androgenetic and mitotic gynogenetic Nile tilapia. Theoretical and Applied Genetics. 90:205-210.
64. Namulema, A. Muyonga, J.H. and Kaaya, A.N. 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27C, Food Reaserch International, 32:151-156.
65. Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World, Fourth Edition, John Wiley and Sons Publishing.
66. Ng, W.K. Bahurmiz, O.M. 2009. The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillet from market- size red hybrid tilapia, Food Chemistry,113:1041-1048.
67. Nishida, S.M. 1998. Sneaking behavior of Nile tilapia. Boletin of Technology. 11: 71-79.
68. Osibona, A.O. Kusemiju, K. and 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 Agriculture, 9:608-621.
69. Ota, F. and Yamada, T.1978. deterioration of proteins, Society Fish Publishing.
70. 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.
71. Pirestani, S. Sahari, M.A. and Barzegar, M. 2010. Fatty acids changes during frozen storage in several fish species from south Caspian sea. Journal of Agriculture of Technology,12:321-329.
72. Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture principles and practices, second Edition, Blackwell Publishing.
73. Pons-Sanchez-Cascado, S. and Veciana-Nogues, M.T. (2006). Use of volatile and non volatile amines to evaluate the freshness of anchovies stored in ice, Journal of Science Food Agriculture. 86: 699-705.
74. Rasoarahona, J.R.E. Barnathan, G. and Gaydou, E.M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species from madagascar, Food Chemistry, 91: 683-694.
75. Rasoarahona, J.R.E. Barnathan, G. and Gaydou, E.M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species from madagascar, Food Chemistry, 91: 683-694.
76. Reay, G.A. (1933). The influence of freezing temperature on haddocks muscle. Journal Society Chemistry , 52:256.
77. Reddy, S.K. Nip, W.K. and Tang, C.S. 1981, Changes in fetty acids and sensory quality of fresh water prawn stored under froze conditions, Journal of Food Science, 46:353-356.
78. Rhbein, H. and Oehlenschlager, J. 2009. Fishery Products Quality, Safety and authenticity, John Wiley and Sons Publishing.
79. Richards, M.P. (2002). Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish Muscle, PhD Thesis, University of Massachusetts, Amherst, USA.
80. Rossell, B. 2009. Fish oils, John Wiley and Sons Publishing.
81. Sargent, J.R. 1997. Fish oils and human diet, Journal of Nutrient, 78: 5-13.
82. Santos, C.L.D. James, D. and Teutscher, P. (1981). Guidelines for chilled fish storage experiments, Food and Agriculture Organization Fish Technology.
83. Sarma, J. Reddy, G.V.S. and Srikar, L.N.(2000). Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (Sardinella longiceps). Food Research International, 33: 815-820.
84. Sebranek, J.G. Sang, P.N. Topel, D.G. and Rust, R.E.1979. Effects of freezing methods and frozen storage on chemical characteristics of ground beef patties, Journal of Animal Science, 48:1101-1108.
85. Sigurgisladottir, S. Ingvarsdottir, H. Torrissen, O.J. Cardinal, M. and Hafsteinsson, H.(2000). Effect of freezing/thawing on the microstructure and texture of smoked Atlantic Salmon (Salmo salar), Food research International, 33: 857-865.
86. Siu GM, Draper HH (1978). A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. Journal of Food Science. 43: 1147-1149.
87. Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein, Science Publishing.
88. Tan, F. and Fok, S. 2009. Freezing of tilapia fillets in an air blast freezer, International Journal of Food Science and Technology, 44:1619-1625.
89. Tarladgis, B.G. Watts, B.M. and Younathan, M.T. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods, Journal American Oil Chemistry Society, 37:44-48.

90. Tokur, B. Polat, A. Beklevik, G. and Ozkutuk, S. 2004. Changes in the equality of fishfinger produced from Tilapia (Oreochromis niloticus) during frozen storage at -18C, Journal of Animal Science, 23:348-352.
91. Trewavas, E. 1983. Tilapia Fishes of the Genus *Sarotherodon*, *Oreochromis*, *Danakilia*. British Museum Publishing.
92. 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.
93. Venugopal, V. 2006. Seafood Processing, CRC Press Publishing.
94. 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,1-12.
95. 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.
96. Yanar, Y. Celik, M. and Akamca, E. 2006. Effect of brine concentration on shelf life of hot smoked Tilapia (Oreochromis niloticus) stored at 4 C, Food Chemistry, 97: 244-247.

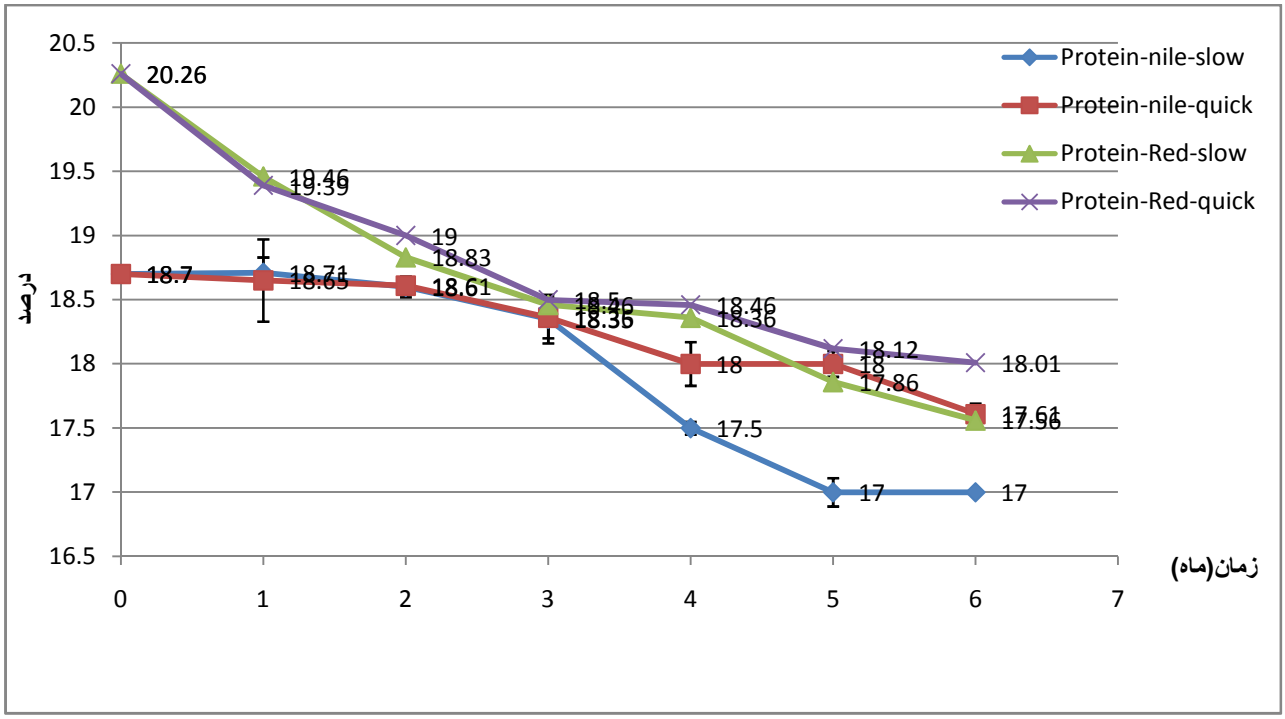
پیوست



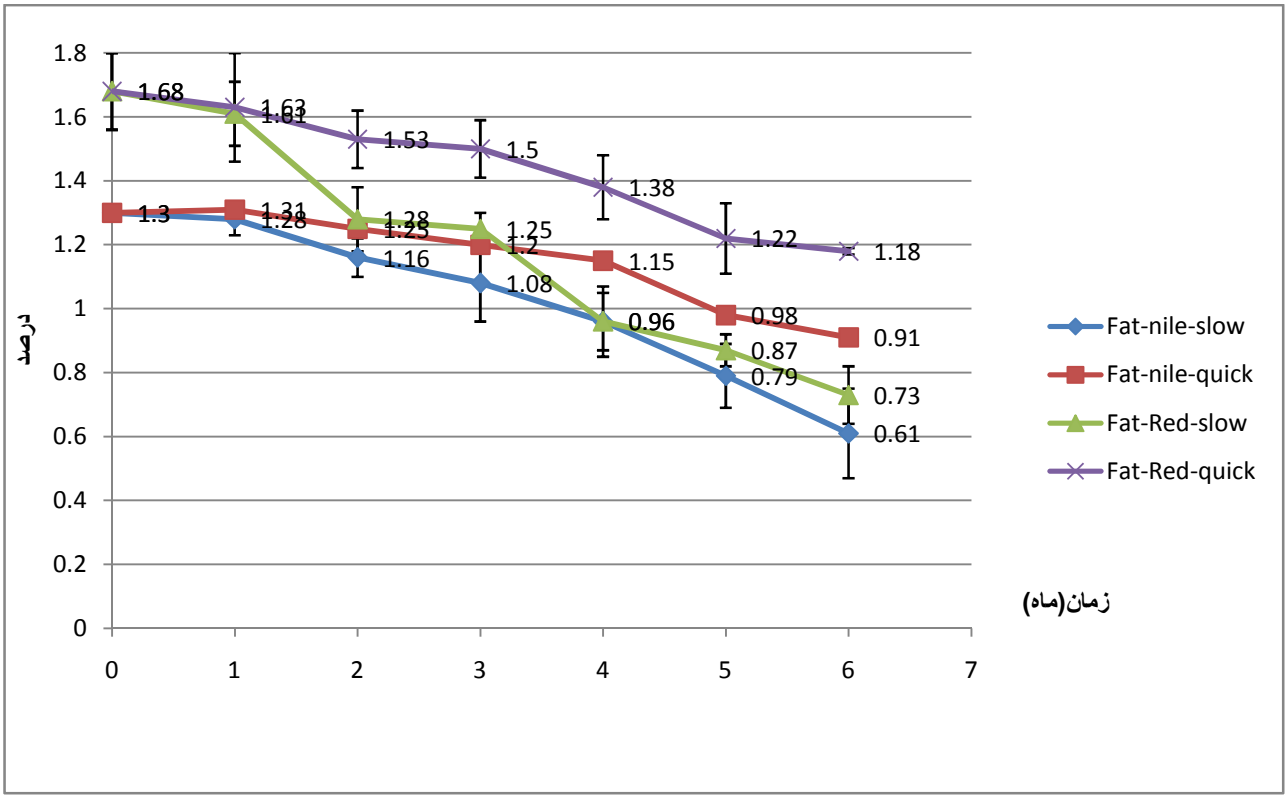
پیوست الف - تغییرات درصد رطوبت تیلاپیا نیل و قرمز (وزن تر) در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



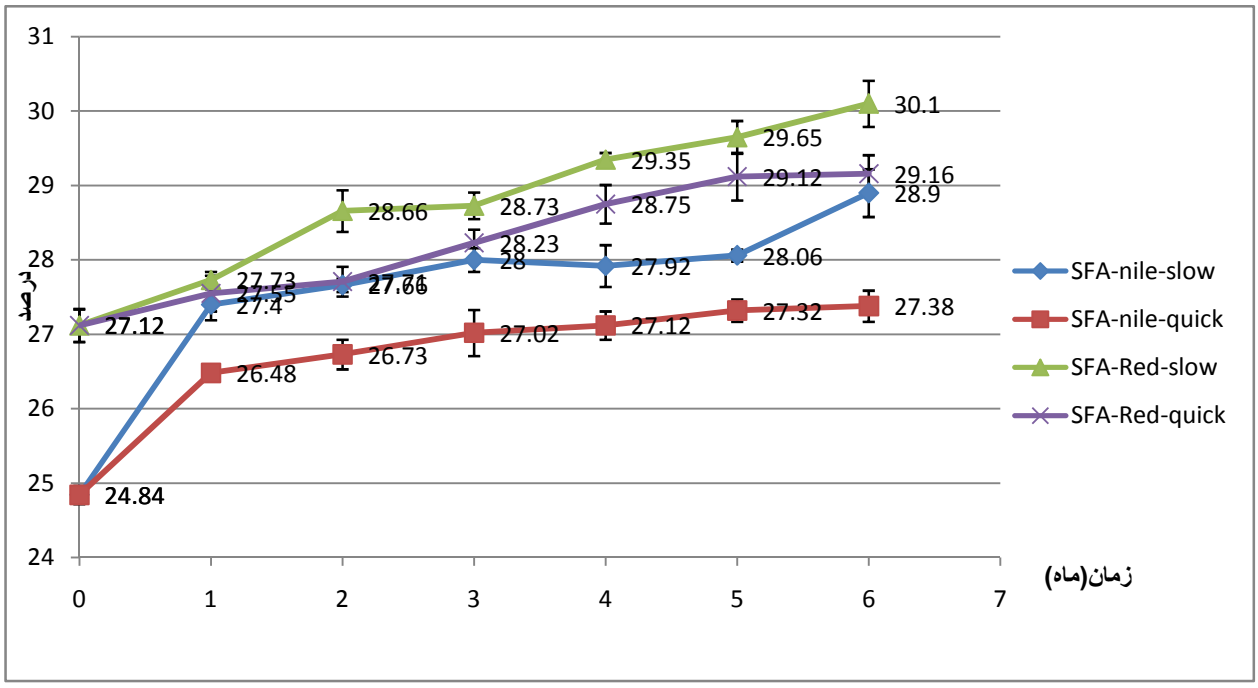
پیوست ب - تغییرات درصد خاکستر تیلاپیا نیل و قرمز(وزن تر) در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



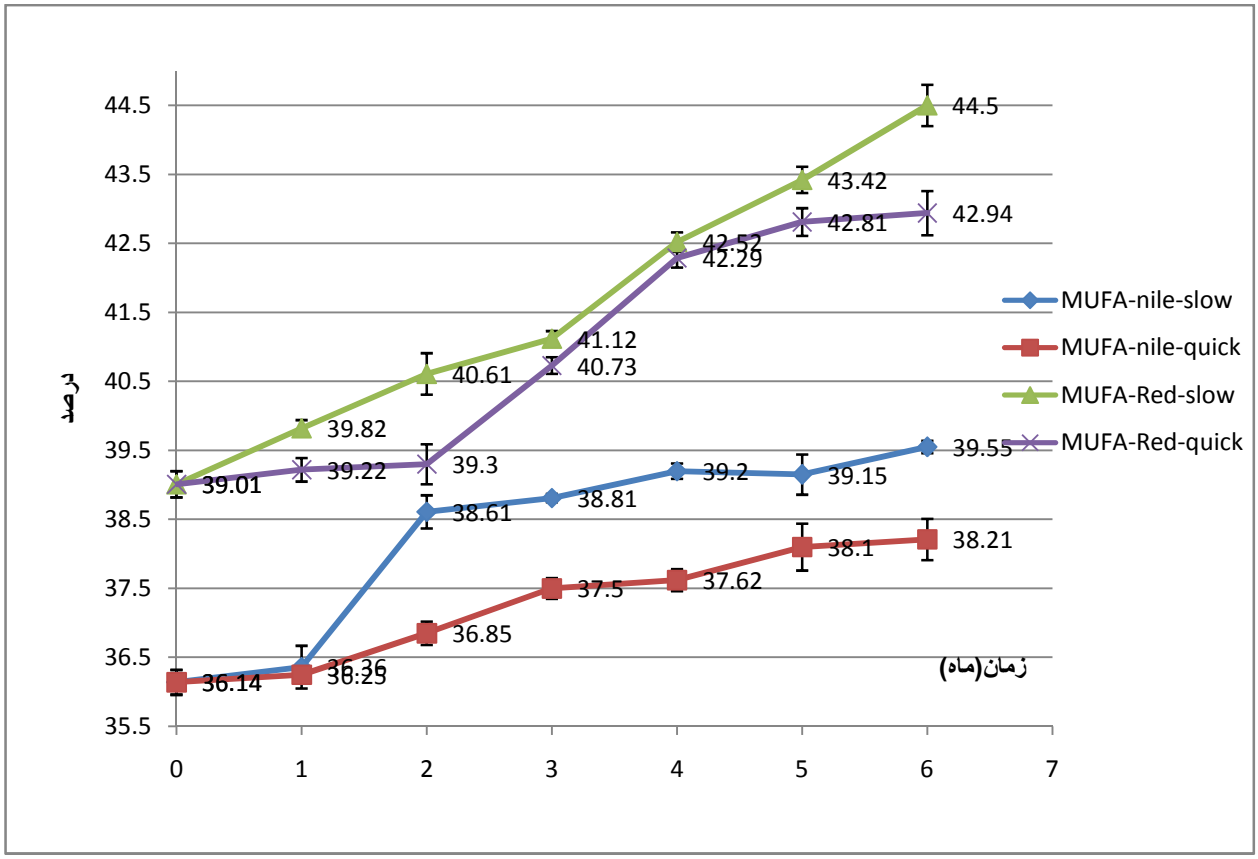
پیوست پ - تغییرات درصد پروتئین تیلاپیا نیل و قرمز (وزن تر) در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



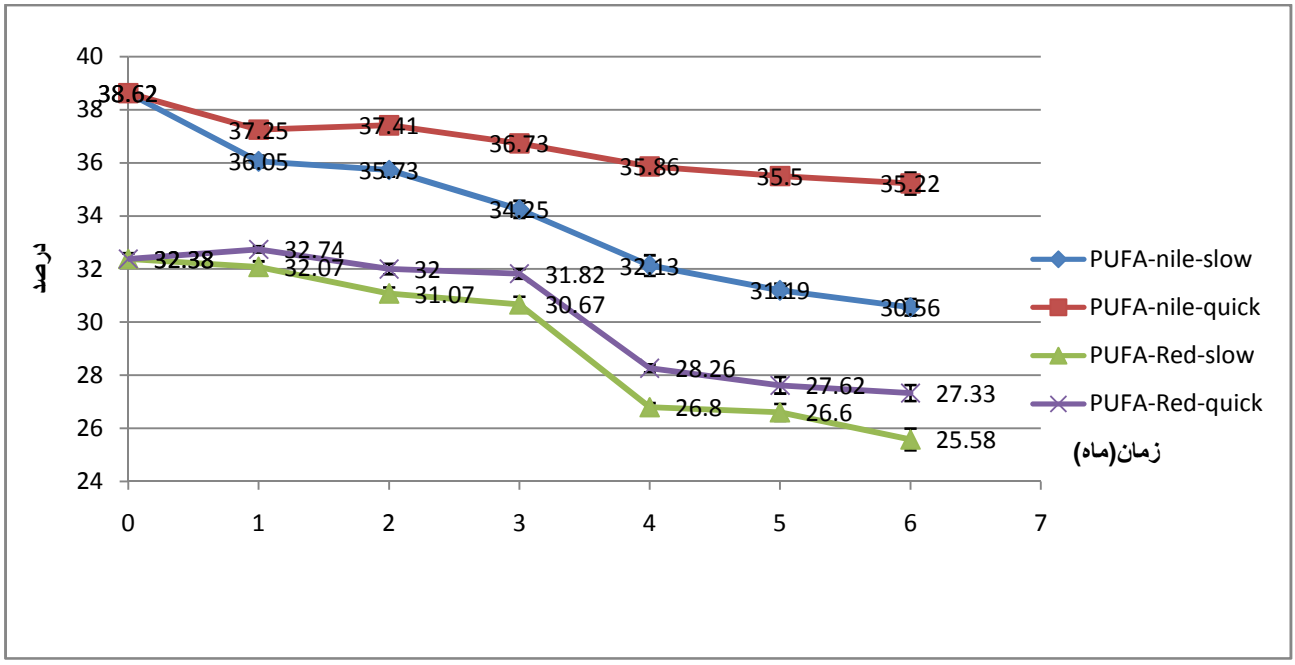
پیوست ت - تغییرات درصد چربی تیلاپیا نیل و قرمز (وزن تر) در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



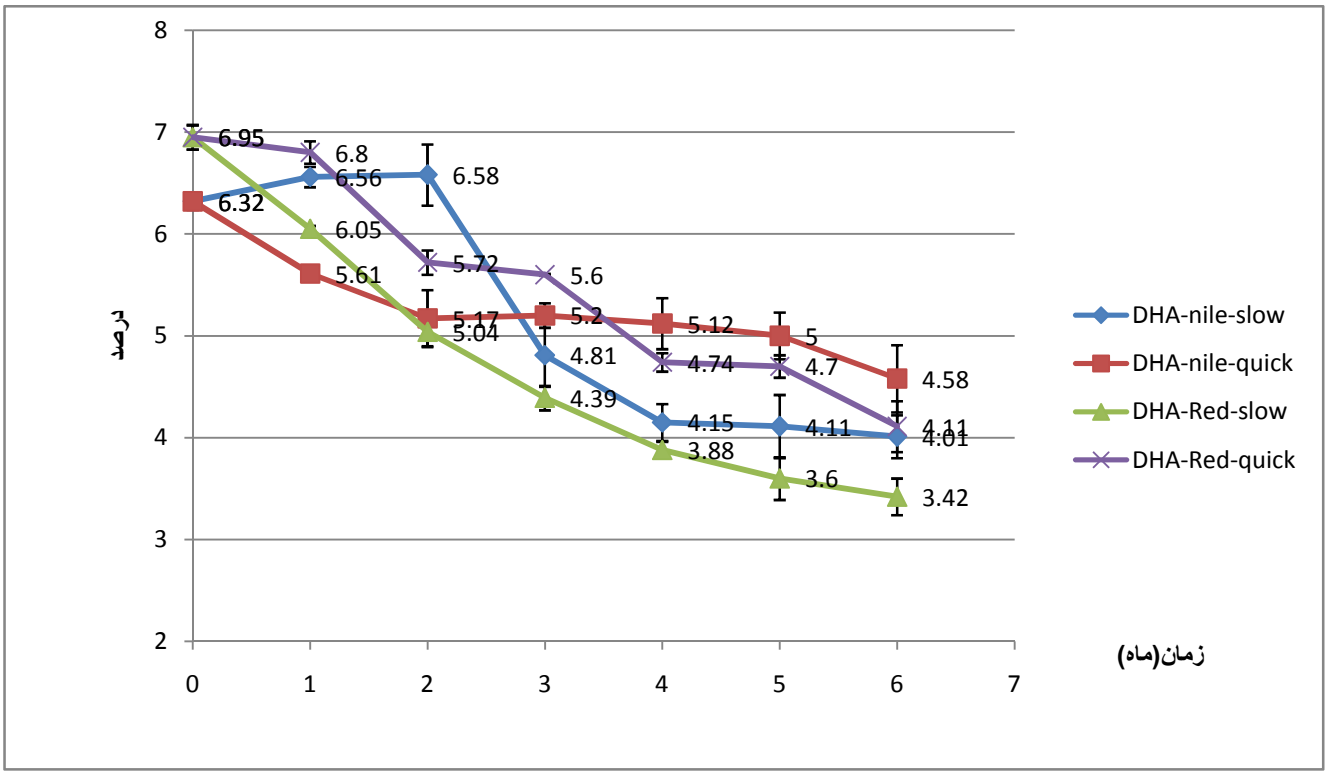
پیوست ث- تغییرات درصد اسیدهای چرب اشباع تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



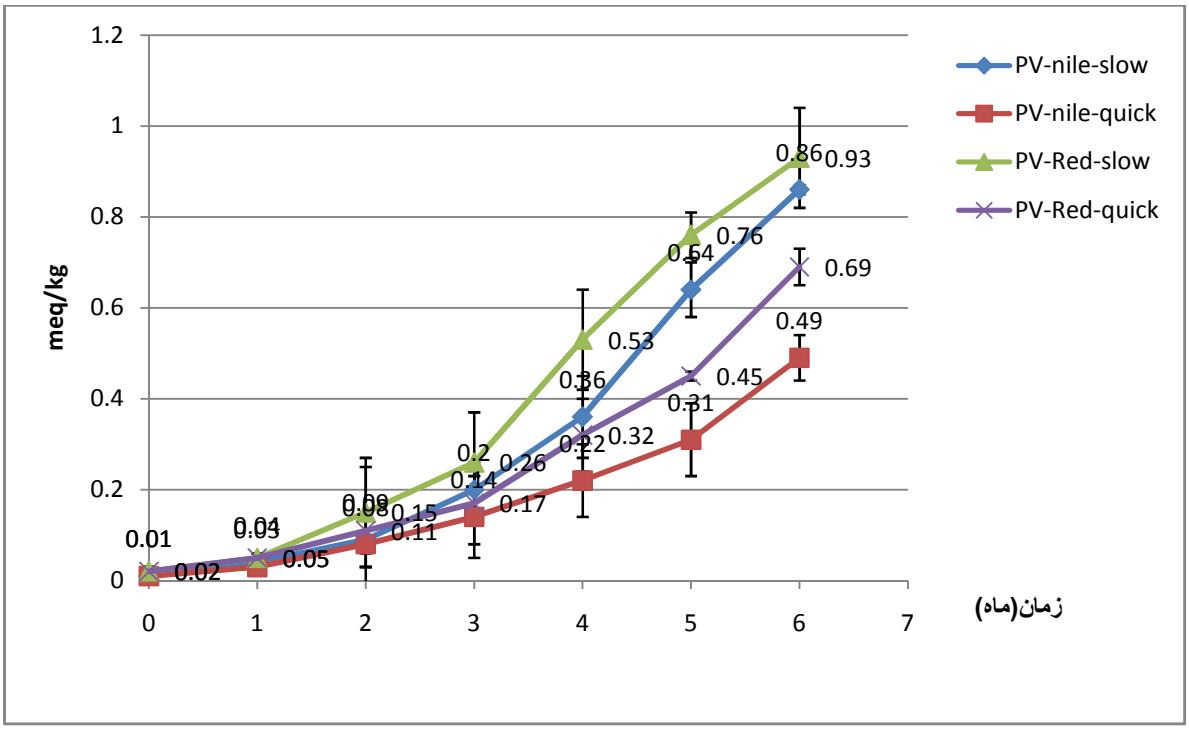
پیوست ج- تغییرات درصد اسیدهای چرب غیراشباع تک زنجیره تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



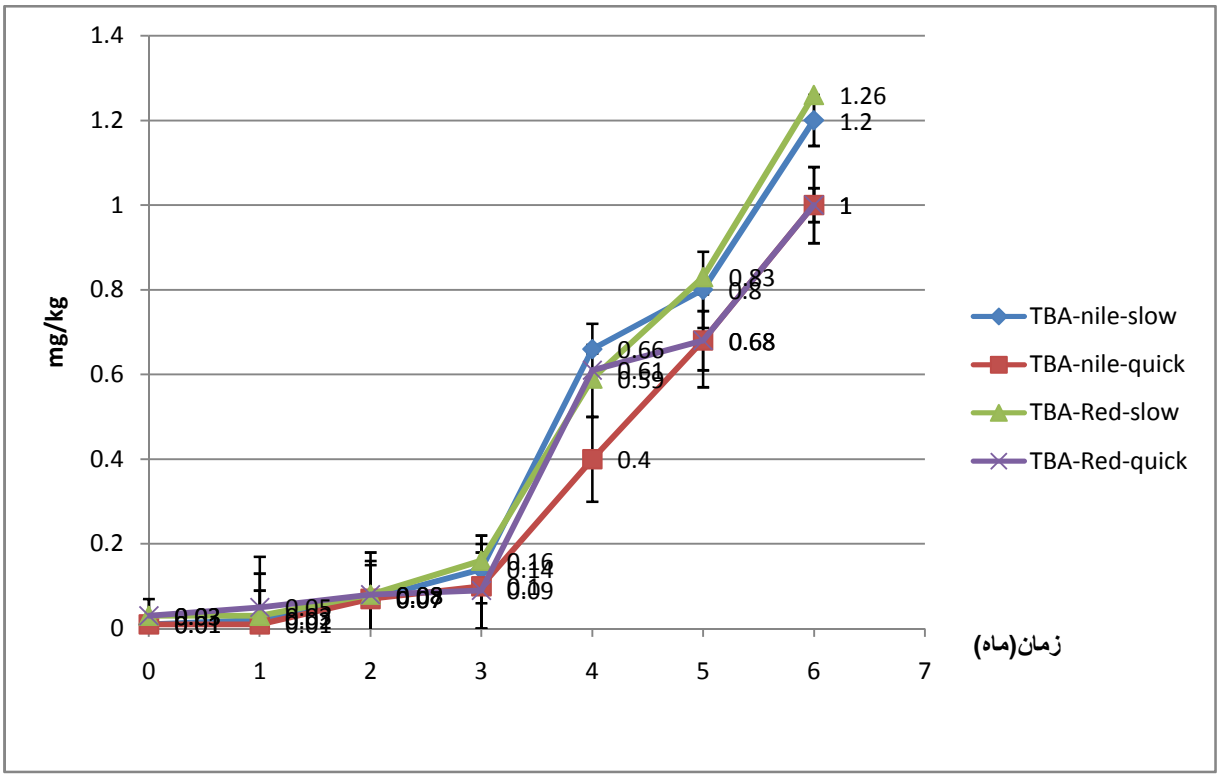
پیوست چ- تغییرات درصد اسیدهای چرب غیراشباع چند زنجیره تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



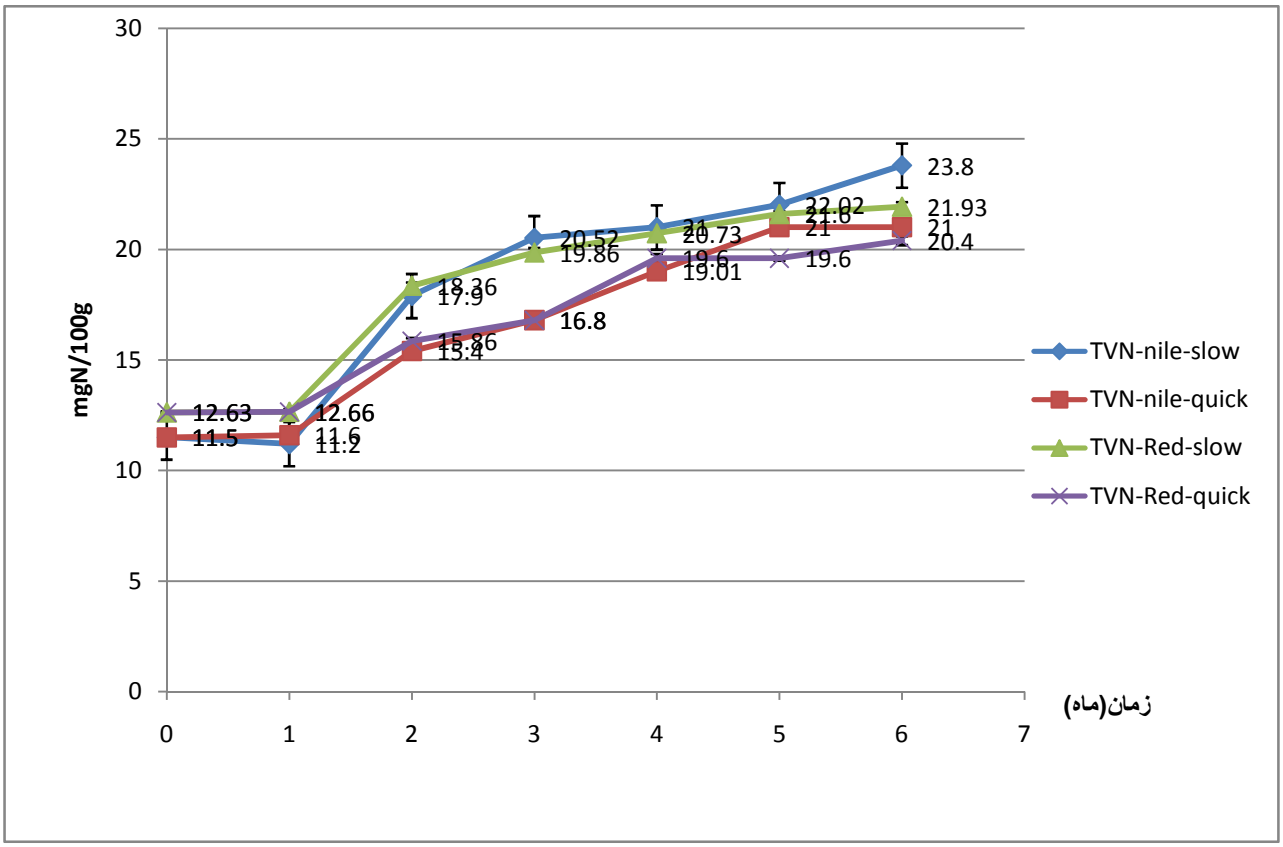
پیوست ح- تغییرات درصد اسید چرب دوکوزاهگزانوئیک اسید تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)



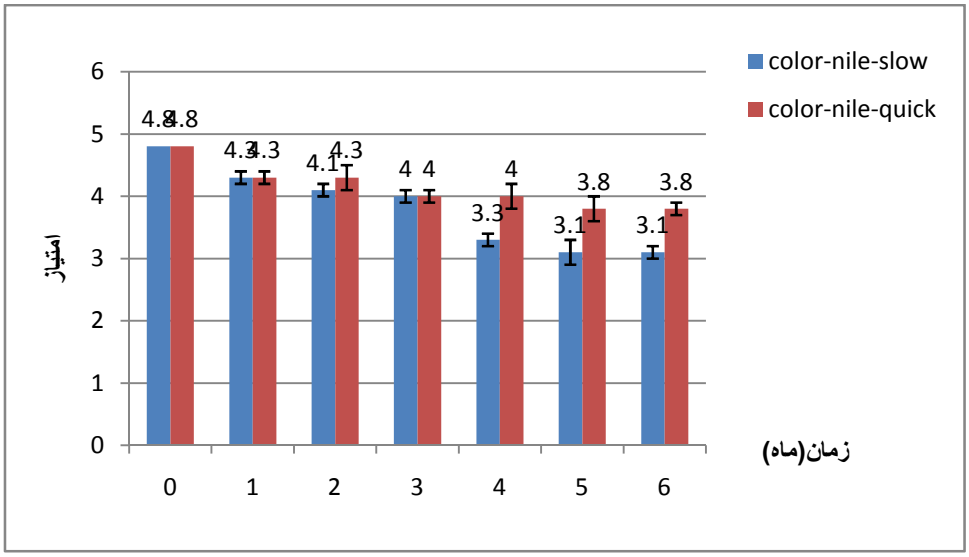
پیوست خ- تغییرات پراکسید تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)(میلی اکی والان در کیلوگرم)



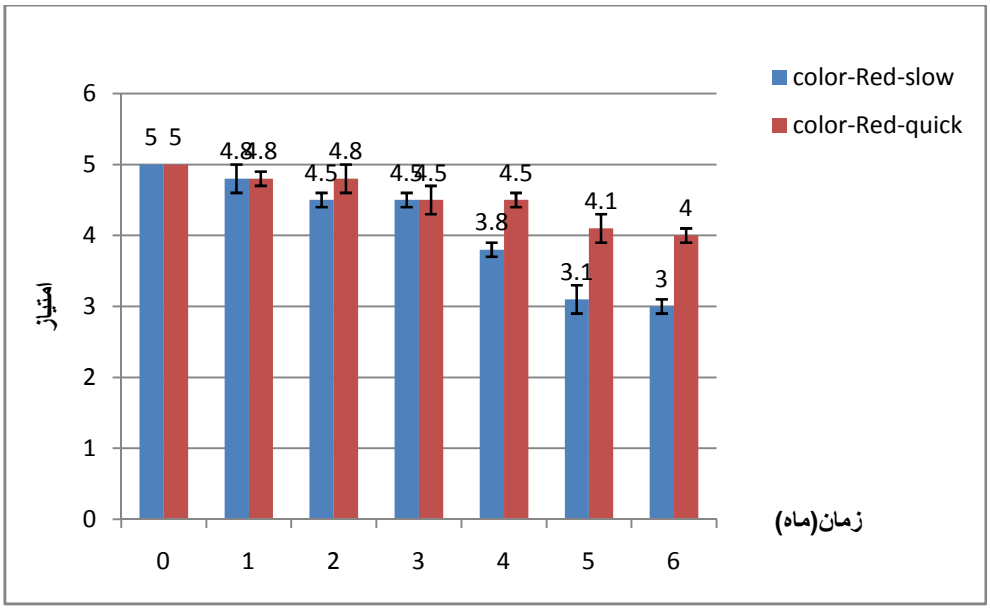
پیوست د- تغییرات تیوباربیتیوریک اسید تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)(میلی گرم در کیلوگرم)



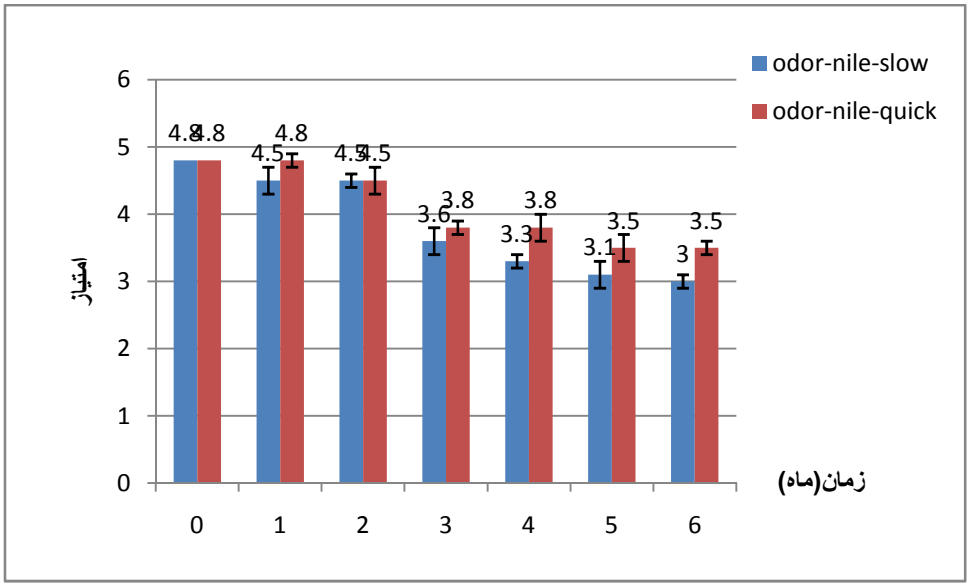
پیوست ذ- تغییرات مجموع بازهای ازته فرار تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد(میانگین±انحراف معیار)(میلی گرم نیتروژن در صد گرم)



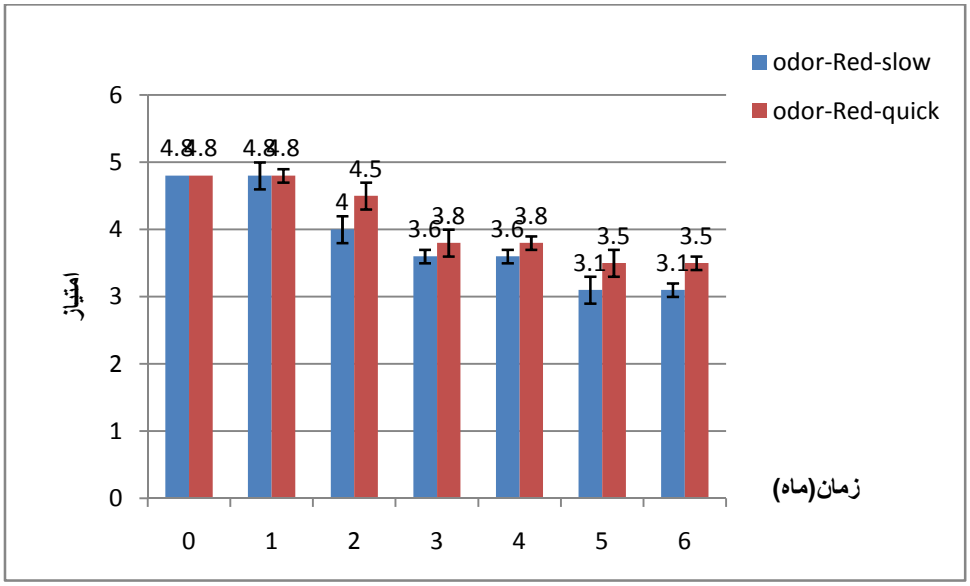
پیوست ر- تغییرات امتیاز رنگ بافت عضله تیلاپیا نیل در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



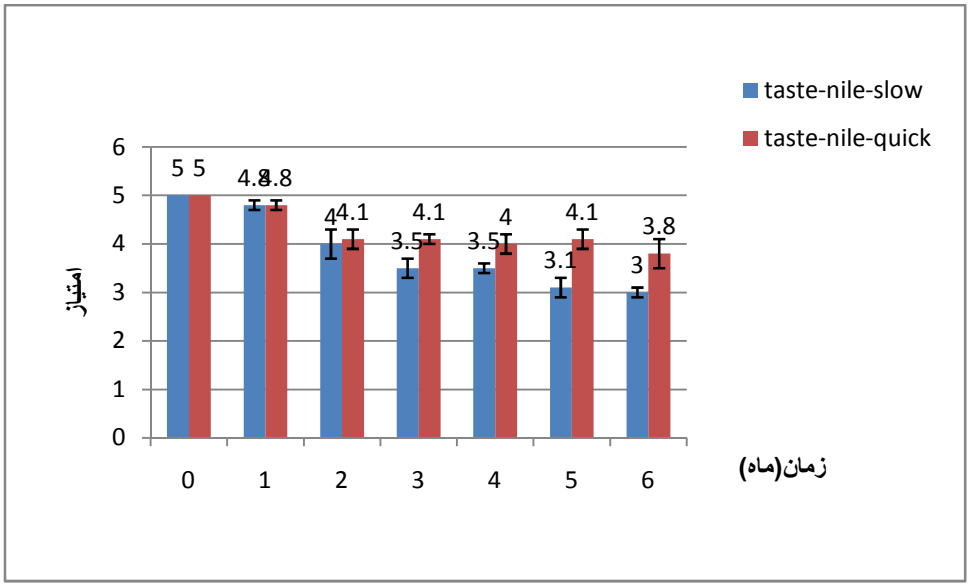
پیوست ز- تغییرات امتیاز رنگ بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



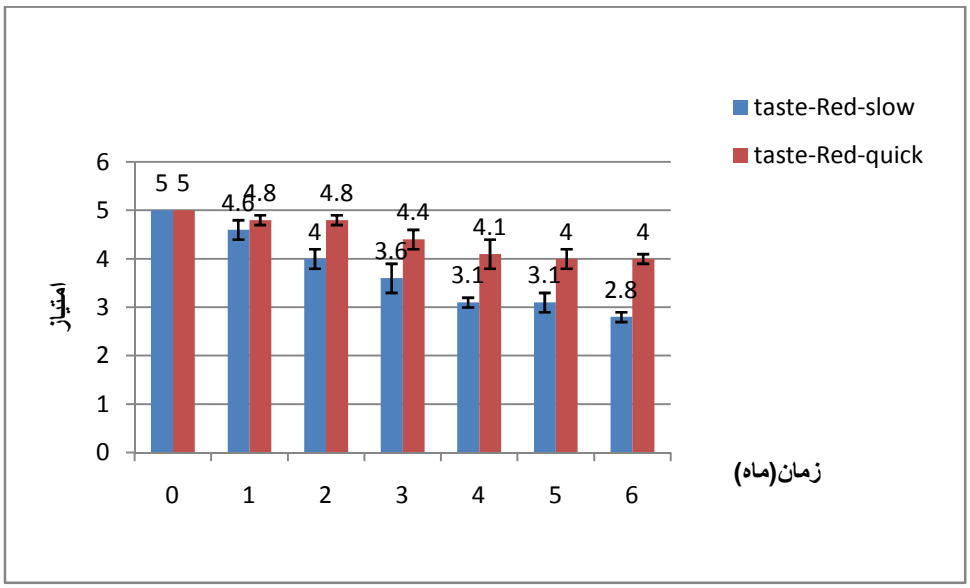
پیوست ژ- تغییرات امتیاز بو بافت عضله تیلاپیا نیل در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



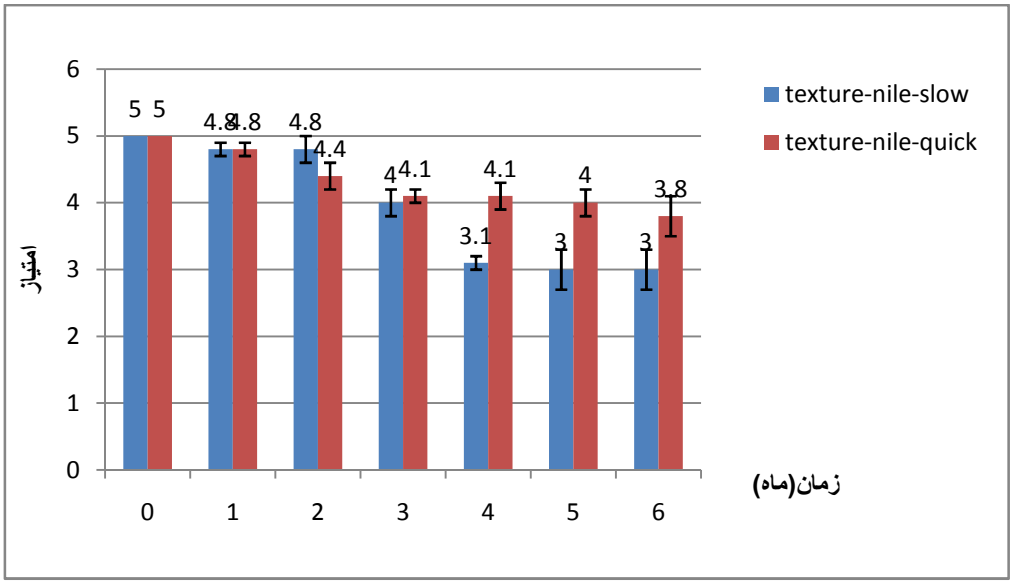
پیوست س- تغییرات امتیاز بو بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



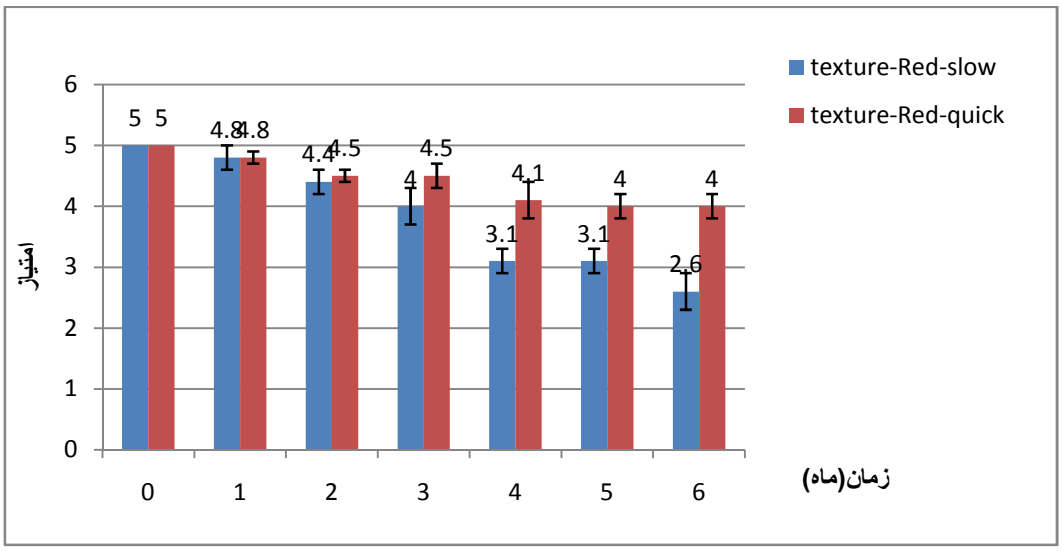
پیوست ش - تغییرات امتیازطعم و مزه بافت عضله تیلاپیا نیل در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



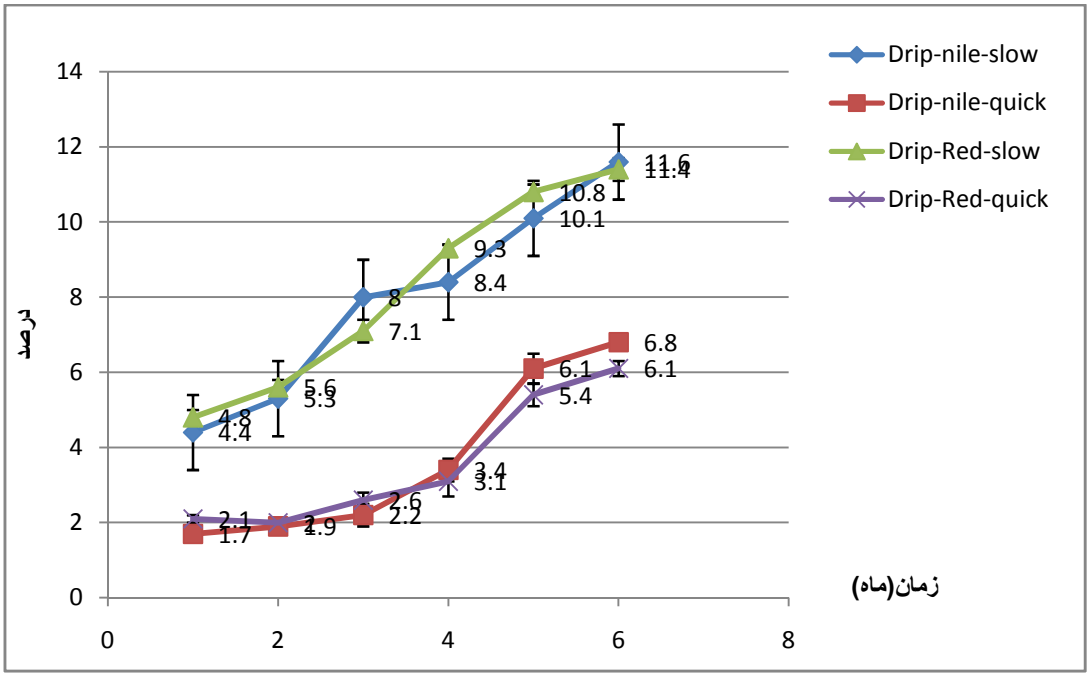
پیوست ص- تغییرات امتیازطعم و مزه بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



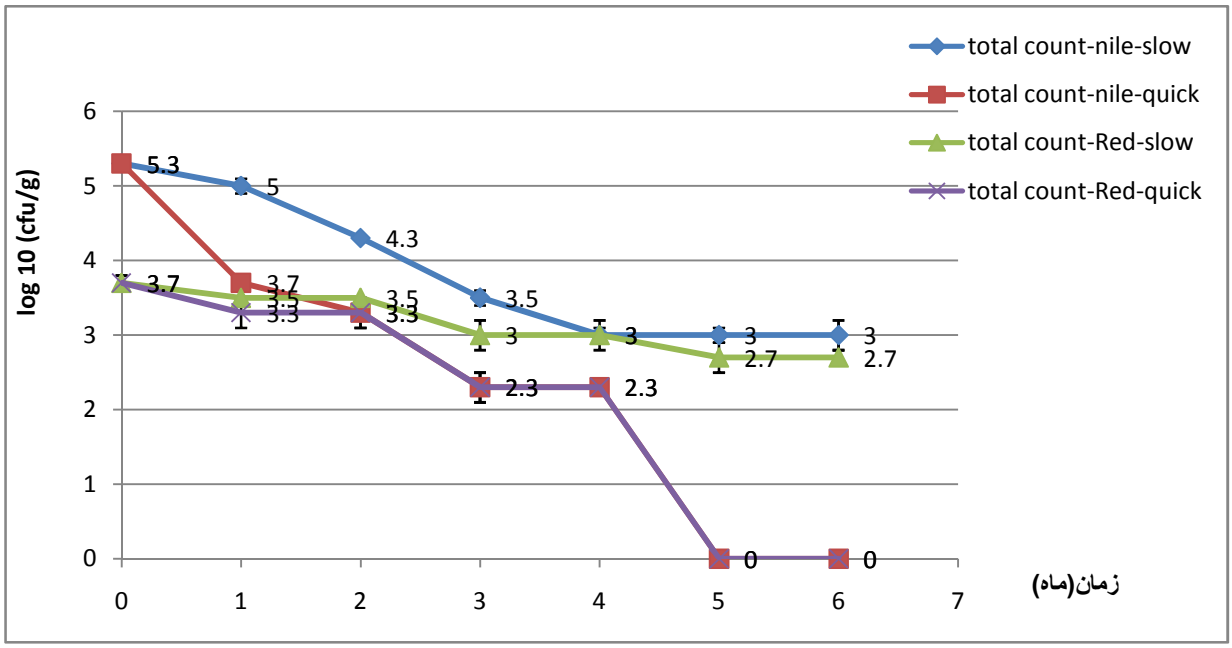
پیوست ض- تغییرات امتیاز بافت عضله تیلاپیا نیل در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



پیوست ط- تغییرات امتیاز بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



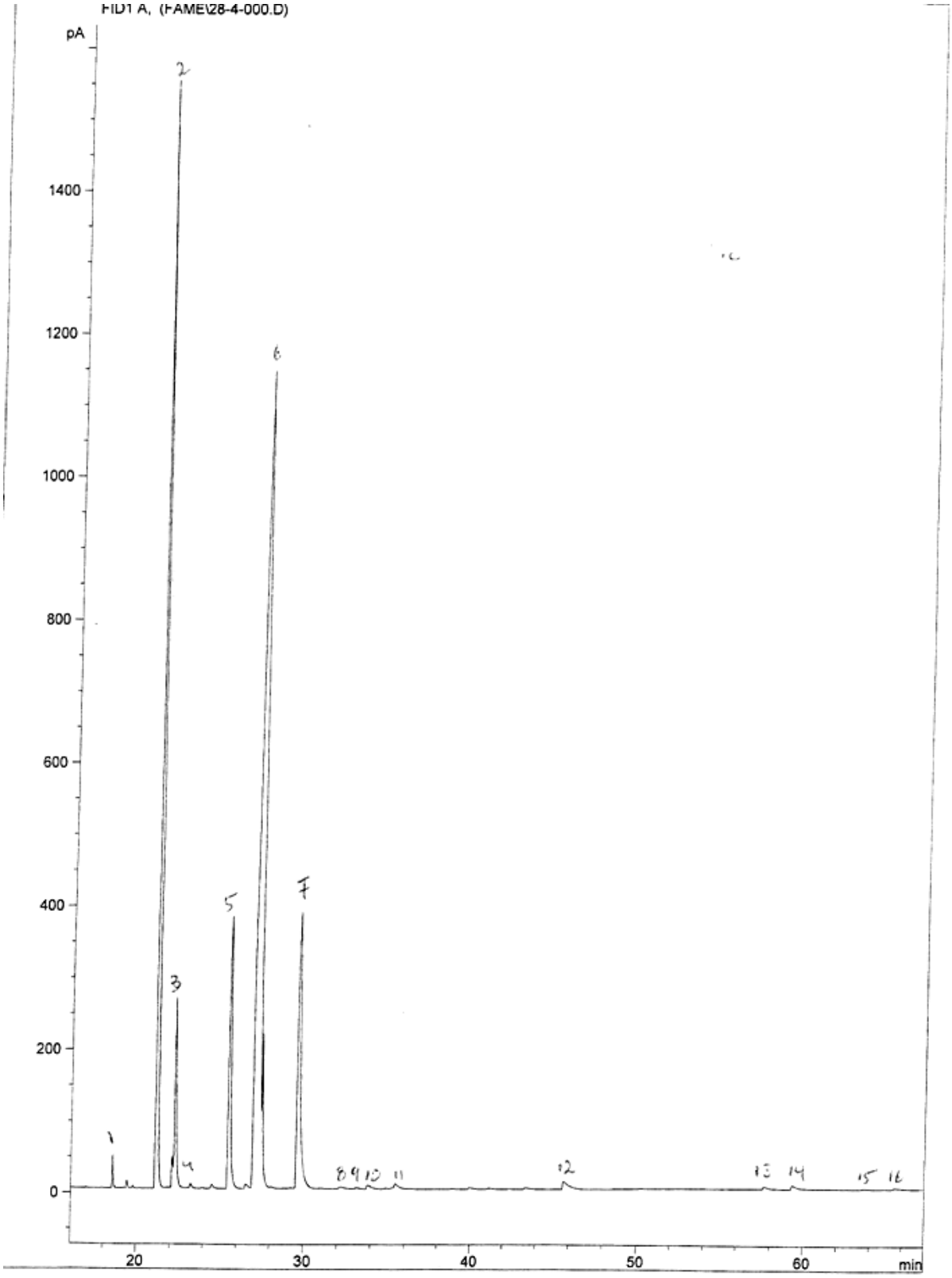
پیوست ظ- تغییرات درصد آبچک در عضله تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد



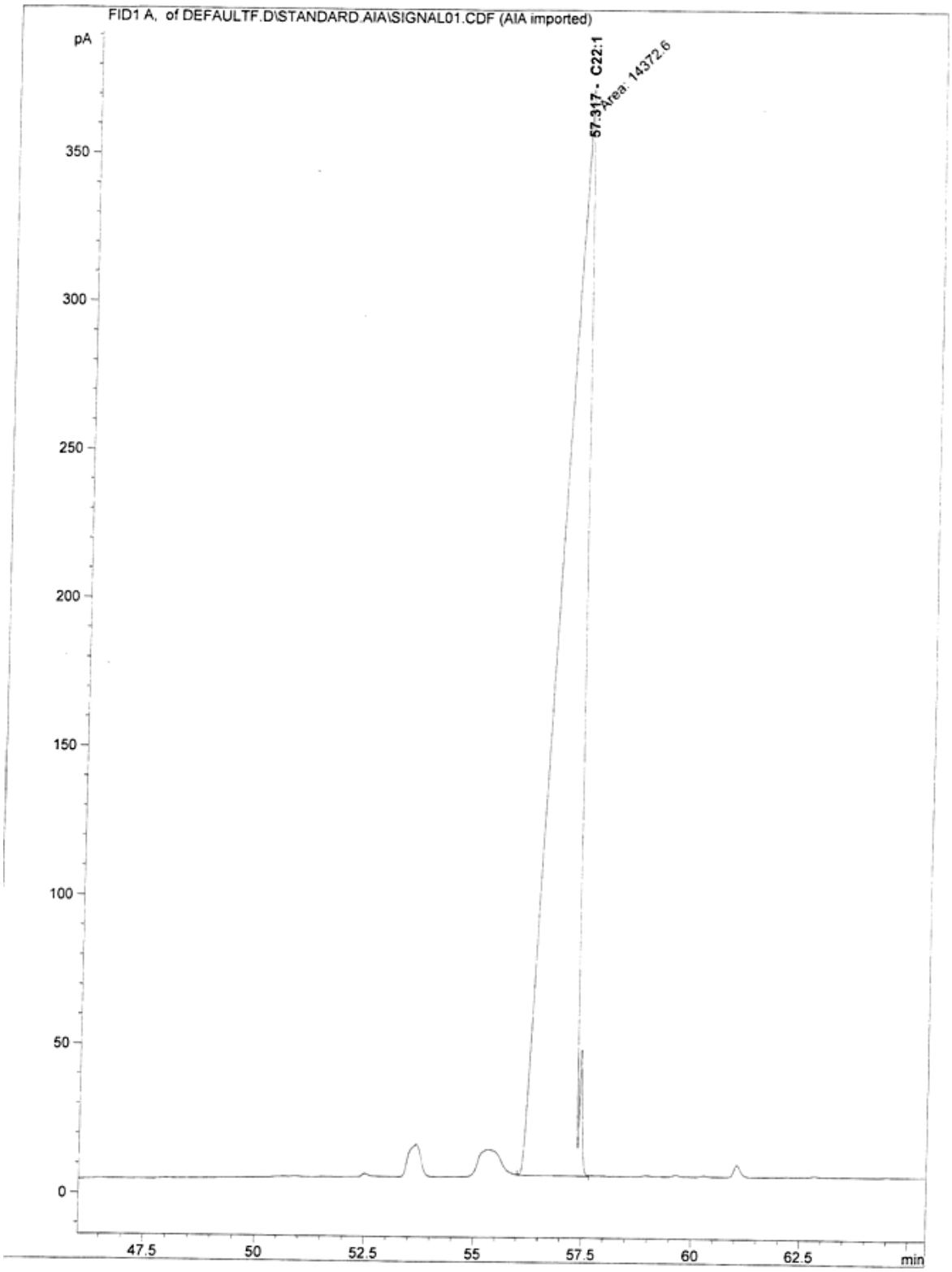
پیوست ع- تغییرات شمارش کلی باکتری ها در عضله تیلاپیا نیل و قرمز در زمان نگهداری در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد

پیوست غ- دستگاه تونل انجماد مارپیچی مورد استفاده

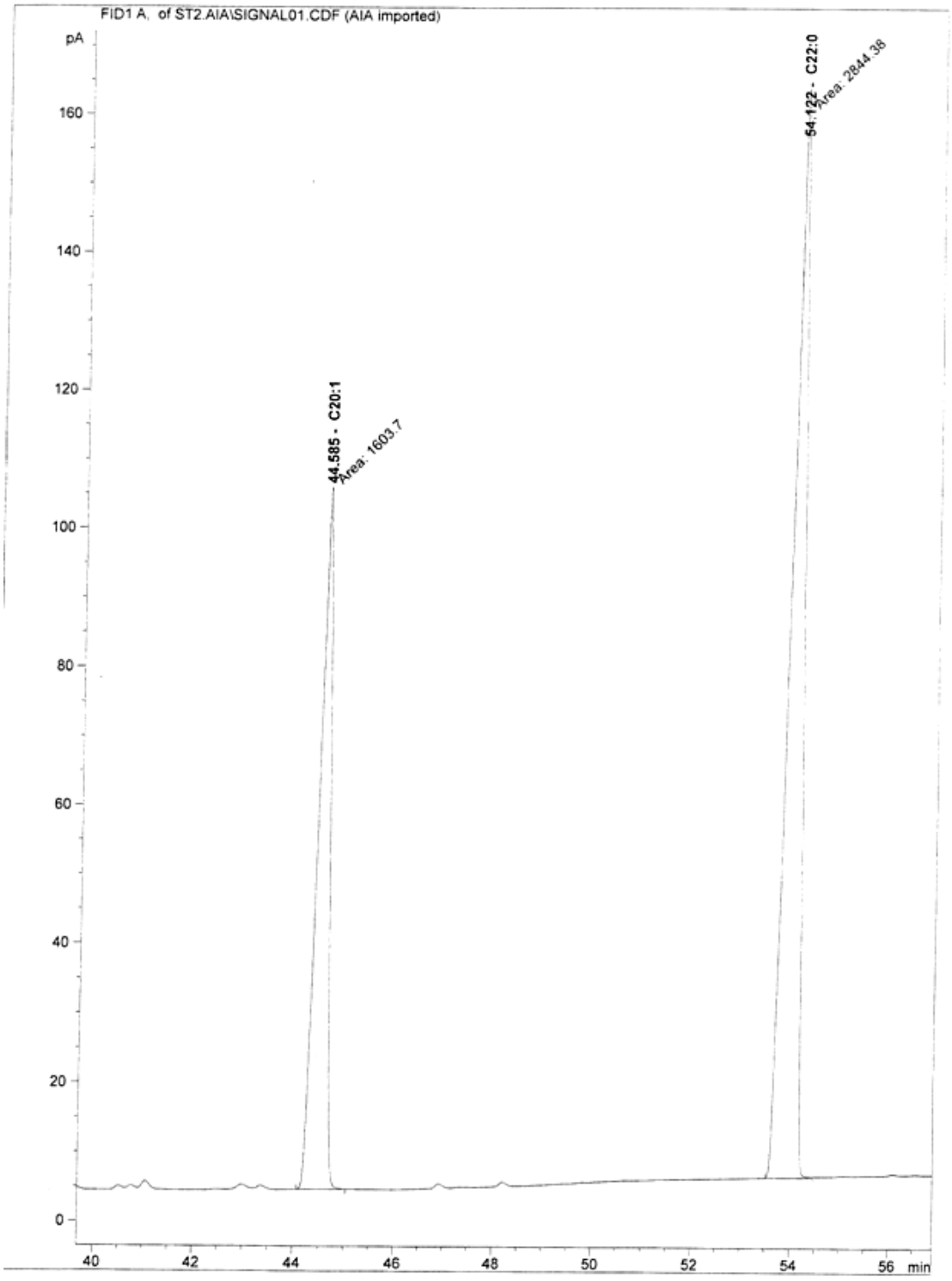
پیوست ق- دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) مورد استفاده



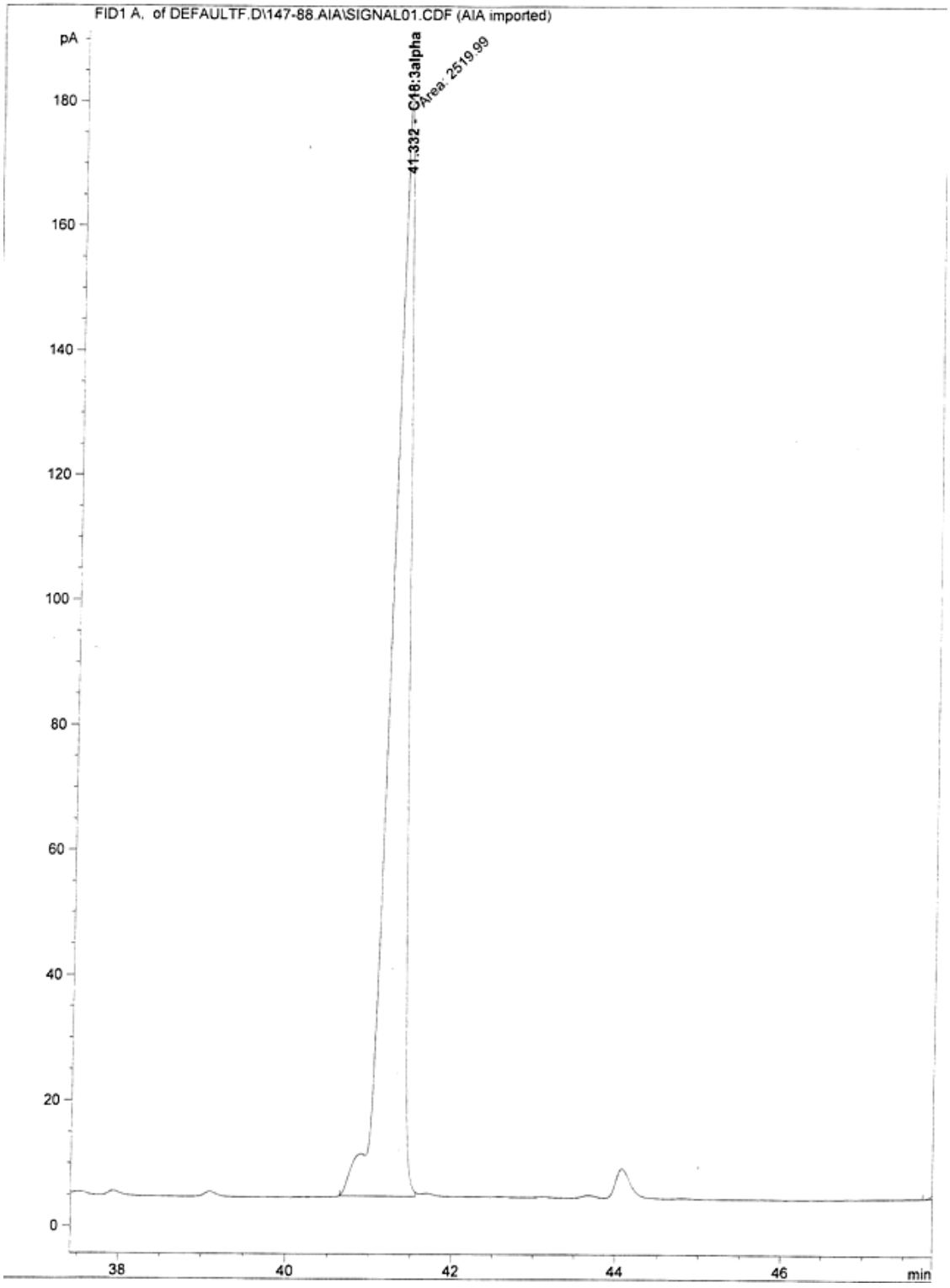
پیوست ک- پیک استاندارد اسیدهای چرب



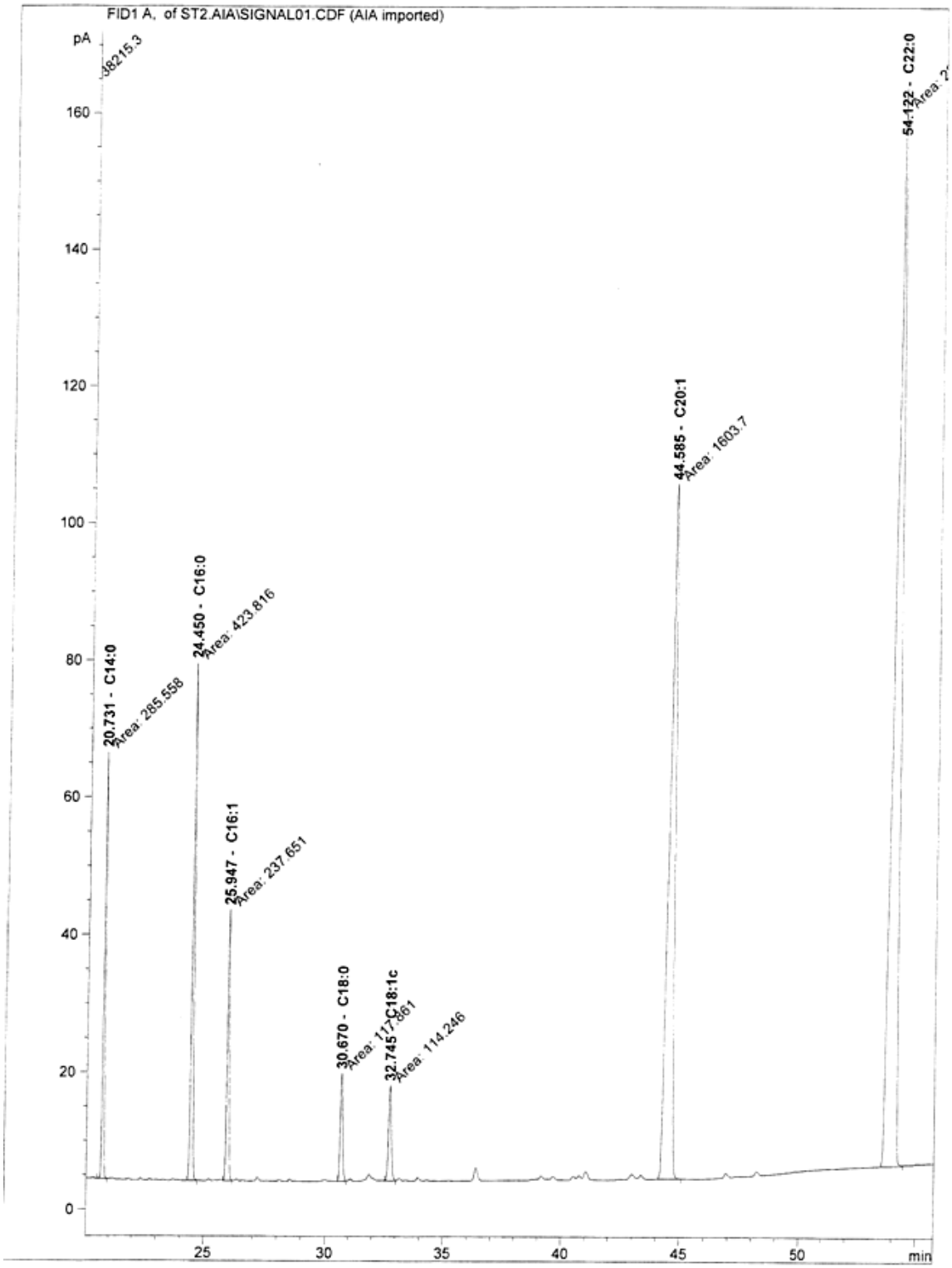
پیوست گ- پیک استاندارد اسیدهای چرب



پیوست ل- پیک استاندارد اسیدهای چرب



پیوست م- پیک استاندارد اسیدهای چرب



پیوست ن- پیک استاندارد اسیدهای چرب

Abstract

In this study, quality of fresh, slow frozen and quick frozen tilapia (gutted and) fillets and its changes during storage at -18 C were investigated. For preparation the samples, fresh tilapia fillets were frozen by slow and quick frozen methods. Slow frozen samples were prepared by storing the packed fillets directly in the -18 C°. The sprila freezing tunle with -30C° was also used for preparation the quick frozen sample. The quick frozen samples were then stored at -18C for six months. Proximate composition, fatty acid profiles, TBA, PV, TVN, Total cuont, Drip loss, and sensory evaluation of the samples were determined in every month. Scanning Electron Microscopy (SEM) was used for study on the effects of the frozen condition on the microstructure of the fillets. Results indicated that two different frozen methods had significantly different effects on the quality of the samples. Most of the proximate composition (protein, moistre and fat) reduced during the storage. Quick frozen samples had significantly ($P<0.05$) lower reduction than slow frozen samples. All of the chemical quality indexes (PV, TBA, and TVN) increased during the storage as compered to the fresh samples. In these paramethers, the slow freezing had higher changes than quick freezing metods ($P<0.05$). The microbial properties of the samples showed decrese during the storage. Lower amont of total cuont was observed at the end of the storage time in the quick frozen samples than slow frozen once ($P<0.05$). The large changes in the fatty acid profiles of the sample were fond in all samples. During the storage SFA and MUF of the samples increased however, the PUFA decresed. A lower change was obseved in the quick frozen samples than slow frozen samples ($P<0.05$). Drip loss was increased in both frozen samples during the storage period. The percentage of the drip in the slow frozen samples was significantly higer than quick frozen samples ($P<0.05$). SEM micrographs were also showed that the chnges in the microstructur of the samples was different in the slow and frozen samples. Slow freezing methods had higher damge in the microstructure of the sample then quick freezing mathods. Sensory evaluation of the samples indicated that a better acceptability in the quick frozen samples than slow frozen sample ($P<0.05$).

Key words: Nile Tilapia, Red Tilapia, quick freezing, slow freezing, fatty acids, Scanning Electron Microscope (SEM), Nutritional value of fish.

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION – Aquatics Fish Processing Research Center

---

Project Title : Investigation on the Effects of Quick and Slow Freezing on Quality of Tilapia Meat
Apprpved Number: 12-12-12-8907-89113
Author: Yazdan Moradi
Project Researcher : Yazdan Moradi
Collaborator(s) *:* S.H. Jalili,F. RafieePor, Gh. Zare Gashti, N.Mashaei, A.Bitraf, F.Khodabandeh, A.Fahim, M. Rahnama, F.Lakzaei, K.Kamali, Ahmad Ghorogi
Advisor(s):-
Supervisor: A.A.Motalebi
Location of execution : Guilan province
Date of Beginning : 2011
Period of execution : 2 Years
Publisher : ***Iranian Fisheries Research Organization***
Date of publishing : ***2013***

All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION

Project Title :

Investigation on the Effects of Quick and Slow Freezing on Quality of Tilapia Meat

Project Researcher :
Yazdan Moradi

Register NO.
42777