مقایسه کیفیت شیمیایی فیله و ناگت تولیدی از تیلاپیای منجمد وارداتی (Oreochromis niloticus) با تیلاپیای پرورشی در ایران

محبوبه موسایی پور[1]، بهاره شعبانپور[2*]، پرستو پورعاشوری[3]، انیسه جمشیدی[4]، یاسمن اعتمادیان[4]

1-دانشجوی کارشناسی ارشد فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

2-استاد، گروه فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

3-استادیار،گروه فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

4-دانشجوی دکتری فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: 1396/02/16 تاریخ پذیرش: 1396/06/11

چکیده

مطالعه حاضر به مقایسه کیفیت شیمیایی فیله و ناگت تولیدی از ماهی تیلاپیای وارداتی (Oreochromis niloticus) منجمد با گونه پرورشی این ماهی در کشور می‌پردازد. میزان ترکیبات تقریبی، بازهای نیتروژنی فرار، تیوباربیوتوریک اسید، پپتیدهای محلول در تری‌کلرواستیک‌اسید، اسیدهای چرب‌آزاد، میزان آبچک فیله‌ها، ظرفیت نگهداری آب، حلالیت پروتئین، دی‌متیل‌آمین، فرمالدئید، هیپوزانتین، الکتروفورز پروتئین، ارزیابی رنگ، بافت و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد میزان رطوبت و ظرفیت نگهداری آب فیله و ناگت وارداتی نسبت به نوع پرورشی بیشتر بود. شاخص‌های اکسیداسیون چربی (TBA)، فرمالدئید و هیپوزانتین در ناگت وارداتی بیشتر از محصول تولیدی از پرورشی بود. فیله وارداتی حاوی میزان DMA و TCA بیشتری بود ($p<0/05$). میزان شاخص a* و b* فیله و ناگت پرورشی نسبت به وارداتی بیشتر بودند. فیله وارداتی دارای سختی بیشتری نسبت به نوع پرورشی بود، اما در بین ناگت‌های تولیدی این تفاوت معنی‌دار نبود ($p>0/05$). نیروی چسبندگی، بهم‌پیوستگی، حالت جویدنی، خاصیت چسبندگی و ارتجاعی فیله پرورشی نسبت به وارداتی از کیفیت بهتری برخوردار بود. طبق نتایج آزمون‌های شیمیایی و فیزیکی فیله و ناگت پرورشی از کیفیت بالاتری نسبت به نوع وارداتی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تیلاپیا، ناگت، فیله منجمد، کیفیت

[*]مسوول مکاتبات: b_shabanpour@yahoo.com

1- مقدمه

تیلاپیای نیل (Oreochromis niloticus) یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی می‌باشد. تیلاپیا از خانواده سیچلیده و از دسته ماهیان آب شیرین می‌باشد که به علت رشد سریع و پرورش ساده و ارزان در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه قرار گرفته است. پرورش این گونه در 85 کشور دنیا صورت می‌گیرد و رو به افزایش می‌باشد (36،4). توسعه تکنیک‌های تکثیر، تغذیه، بازاریابی و فراوری، منجر به گسترش سریع تولید این ماهی از اواسط دهه‌ی 1980 شده است (22). این ماهی در پاییز سال 1387 توسط موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور به منظور معرفی به صنعت آبزی‌پروی به کشور وارد شد (5). عرضه ماهی بصورت تازه طرفداران زیادی دارد. اما این روش همواره با مشکلاتی از نظر حفظ کیفیت و توزیع روبرو بوده است (7). از سوی دیگر نگهداری ماهی و فراورده‌های منجمد آن، سبب تغییرات نامطلوب و کاهش کیفیت می‌گردد. این تغییرات موجب دناتوره شدن پروتئین، اکسیداسیون چربی و تغییرات در بافت، عطر و طعم حتی در دماهای پایین می‌شوند (22). واکنش‌های آنزیمی، اکسیداسیون چربی، فعالیت‌های میکروبی سبب ایجاد بو و طعم نامطلوب در ماهی و فراورده‌های آن می‌گردد. این عامل نقش موثری در کاهش پذیرش مصرف‌کنندگان دارد (42). تغییرات ایجاد شده در جوامع در سال‌های اخیر، سبب افزایش توجه به غذاهای آماده مصرف شده است. یکی از مهمترین غذاها در این دسته، فرآورده‌های پوشش‌دهی شده است. ناگت ماهی یکی از این محصولات بوده که پس از لعاب‌دهی، پیش‌سرخ شده و به صورت منجمد به مصرف‌کننده عرضه می‌شود (8). تاکنون مطالعات مختلفی روی تیلاپیا و محصولات تولیدی از آن (ناگت، برگر، کوفته و ...) در داخل و خارج از کشور انجام شده است. ونگچویی و ویچاسیلپ (2015) کاربرد بهینه فسفات و نمک بر خواص حسی و فیزیکی فیله‌های تیلاپیای نیل منجمد را ارزیابی کردند. این مطالعه نشان داد که غلظت فسفات، نمک و زمان غوطه‌وری فاکتورهای قابل توجهی بر خواص حسی و فیزیکی فیله‌های منجمد می‌باشد (49). ارزیابی کیفیت تیلاپیای منجمد نشان داد که استفاده از عصاره پوست نارنگی می‌تواند ماندگاری فیله‌های منجمد تیلاپیا را با جلوگیری از تغییرات بافتی توسعه دهد (20). آنجلینی و همکاران (2013) ماندگاری و ارزیابی حسی کوفته تیلاپیا طی نگهداری منجمد در دو نوع بسته‌بندی را بررسی کردند و بسته‌بندی پلی‌اتیلن مومی شرایط یکنواخت‌تری را طی نگهداری نشان داد (9). مشایخی و همکاران (1392) اثر بسته‌بندی‌های مختلف بر خواص فیله تیلاپیای نگهداری شده در دمای یخچال را بررسی کردند (7). بررسی تاثیر روش نوع انجماد بر فیله تیلاپیای نیل نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری تخریب ریزساختار فیله‌ها افزایش می‌یابد. این تخریب در نمونه‌های منجمد شده به روش انجماد تند کمتر از نمونه‌های انجماد کند بود (5). امروزه در کشور تیلاپیا به صورت وارداتی وجود داشته و به صورت منجمد و فرآوری شده مورد مصرف قرار می‌گیرد. هدف این تحقیق بررسی کیفیت فیله منجمد وارداتی و مقایسه آن با فیله‌های تولیدی از گونه پرورشی داخل کشور و همچنین بررسی کیفیت ناگت تولیدی از این دو نوع فیله می‌باشد. در این راستا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی این فیله‌ها و محصولات تولیدی از آن ها مورد آزمایش قرار گرفت. لذا با توجه به عدم وجود اطلاعات در این زمینه، این مطالعه می‌تواند فقدان این داده‌ها را تا حدودی پوشش دهد و اطلاعات مناسبی را فراهم سازد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد شیمیایی

اوره، بتامرکاپتواتانول، پرکلریک اسید 70 درصد، پتاسیم دی‌هیدروژن ارتوفسفات، هیپوزانتین، آمونیوم استات، بنزن، استیل استون، فرمالدئید 37 درصد، دی‌متیل‌آمین هیدروکلراید، آنزیم گزانتین‌اکسیداز تجاری، تارتارات سدیم‌پتاسیم و سایر مواد شیمیایی، معرف‌ها و محلول‌های بافر مورد استفاده در این

تحقیق از شرکت‌های تیتراکم، مرک، سیگما خریداری گردید. در کلیه آزمایشات از آب مقطر دوبار تقطیر استفاده شد.

2-2-آماده‌سازی نمونه

فیله ماهی تیلاپیای منجمد وارداتی از کشور چین و فیله ماهی پرورشی (خریداری شده از مزارع پرورشی استان یزد) با میانگین وزن 350 گرم خریداری و همراه با یخ به آزمایشگاه فراوری آبزیان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. سپس هر دو دسته به قطعات 5*3*2 سانتی‌متر برش داده شده و به دو بخش تقسیم گردیدند. دسته اول برای بررسی کیفیت فیله‌ها، مورد آزمون قرار گرفتند. از دسته دوم ناگت تهیه شد. بدین منظور قطعات فیله، آردزنی، لعاب‌دهی، سوخاری (پودر سوخاری با دانه‌بندی 042، شرکت شیرین پارت ایران) و در دمای 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 دقیقه سرخ شدند (16) و آزمون‌های مورد نظر برای هر دو گروه فیله و ناگت وارداتی و پرورشی انجام گردید.

2-3- آزمون‌های شیمیایی

2-3-1- ترکیبات تقریبی

میزان پروتئین (vap 40 ساخت شرکت Gerhadt) ، خاکستر (Nambertherm, controller B170, Germany) ، چربی کل (416 SE, Gerhardt, Germany) و رطوبت (آون مدل WT-binder 7200, Germany) طبق روش AOAC انجام شد (10).

2-3-2- بازهای نیتروژنی فرار (TVN)

عصاره‌گیری از نمونه با استفاده از دستگاه تقطیر، بعد از افزودن اکسید منیزیوم به نمونه هموژن شده انجام شد و نمونه تیتر گردید (28).

2-3-3- تیوباربیوتوریک اسید (TBA)

TBA با استفاده از دستگاه تقطیر و جمع‌آوری بخارات حاصل از نمونه حرارت دیده و خواندن جذب نمونه‌ها در طول موج 538 نانومتر (Biochrom LTD. Cambrige CB4oFJ England) تعیین شد. میزان TBA برحسب میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید محاسبه شد (24).

2-3-4- پپتیدهای محلول در تری‌کلرواستیک‌اسید (TCA)

میزان پپتیدهای محلول با هموژن کردن نمونه در تری‌کلرواستیک اسید 5% سرد و خواندن جذب نمونه‌ها با استفاده از روش بیورت در طول موج 540 نانومتر تعیین شد (48).

2-3-5- اسیدهای چرب آزاد (FFA)

نمونه گوشت ماهی در کلروفرم و متانول به مدت یک دقیقه هموژن و به دکانتور جهت استخراج چربی منتقل شد و با افزودن معرف متاکروزول ارغوانی و تیتراسیون مقدار اسیدهای چرب آزاد تعیین گردید (50).

2-3-6- دی‌متیل‌آمین (DMA)

مقدار دی‌متیل‌آمین با رسم منحنی استاندارد و هموژن کردن (IKA T25 Ultra trux, Germany) نمونه با تری‌کلرواستیک‌اسید 7/5 درصد و خواندن جذب در طول موج 440 نانومتر محاسبه شد (50).

2-3-7- فرمالدئید (FA)

برای تعیین این شاخص از روش ویودا (1986) استفاده گردید. ابتدا نمونه‌های هموژن شده با پرکلریک اسید فیلتر گردیده و پس از خنثی‌سازی به حجم رسانده شد و با معرف Nash (ترکیب محلول استل استون با آمونیوم استات) مخلوط گردیدند. پس از حرارت دادن نمونه‌ها در حمام آبی (Memmert GmbH+ Co, Germany) (60 درجه سانتی‌گراد) جذب آن‌ها در طول موج 415 نانومتر خوانده شد

و میزان فرمالدئید باکمک منحنی استاندارد بر حسب میکروگرم بر گرم نمونه محاسبه گردید (50).

2-3-8- هیپوزانتین (HX)

مقدار هیپوزانتین به کمک منحنی استاندارد رسم شده طبق روش ویودا (1986) محاسبه شد. نمونه با پرکلریک اسید 6 درصد مخلوط و فیلتر گردید. عصاره به دست آمده با بافر فسفات پتاسیم هیدروکسید در pH= 7-7/6 خنثی شد. یک میلی‌لیتر از آن با بافر فسفات، آب و آنزیم گزانتین‌اکسیداز تجاری مخلوط و پس از گرم کردن لوله‌ها در دمای 37 درجه سانتی‌گراد، جذب نمونه‌ها در طول موج 290 نانومتر خوانده شد. میزان هیپوزانتین بر حسب میکرومول بر گرم تعیین شد (50).

2-3-9- حلالیت پروتئین

با استفاده از روش کجلدال و طبق روش تورکلسن و همکاران، (2008)؛ شویک‌لو و همکاران، (2010) محاسبه شد (43، 46).

2-3-10- الکتروفورز (SDS-page)

تغییرات پلی‌پپتیدی به روش لاملی و همکاران (1970) و با استفاده از نشانگر 250-10 کیلو دالتون تعیین شد (30).

2-4- آزمون‌های فیزیکی

2-4-1- رنگ‌سنجی

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond, CAM-system England 500) مورد آنالیز قرارگرفت. میزان سفیدی از روی شاخص‌های L^* (روشنی، بعد سفیدی- سیاهی)، a^* (قرمزی- سبزی) و b^* (زردی- آبی) محاسبه شد (33).

2-4-2- بافت‌سنجی

فاکتورهای سختی، خاصیت ارتجاعی، نیروی چسبندگی، بهم پیوستگی، حالت جویدنی، خاصیت چسبندگی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Brook field مدل LFRA 4500) و سلول بار 4/5 کیلوگرم که مجهز به پروب سیلندری با قطر 50/8 میلی‌متر و سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شده، اندازه‌گیری شد (25).

2-4-3- آبچک (Dripploss)

پس از انجمادزدایی نمونه‌های منجمد (دمای 4 درجه سانتی- گراد به مدت 24 ساعت)، میزان آبچک از تفاوت وزن قبل بعد از انجمادزدایی محاسبه گردید (19).

2-4-4- ظرفیت نگهداری آب (WHC)

میزان این شاخص با سانتریفیوژکردن نمونه‌ها (Eppendorf, 5810R,Germany) (3000g به مدت 15 دقیقه) و تفاوت وزن و محاسبه رطوبت باقی مانده تعیین گردید (23).

2-4-5- ارزیابی حسی

ظاهر، رنگ (رنگ گوشت و رنگ کلی ناگت تولیدی)، بافت، بوی مطلوب، طعم (تلخی و گسی ناگت تولیدی) و پذیرش کلی محصول براساس مقیاس 9 نقطه‌ای هدونیک توسط 5 نفر از افراد آشنا با طعم و بوی ماهی (9 = عالی و 1 = خیلی بد) انجام شد (22).

2-5- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون t-test و به کمک با نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گردید. نتایج داده‌ها با سه تکرار به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- ارزیابی ترکیبات تقریبی

نتایج ترکیبات تقریبی در جدول شماره 1 نشان داده شده است. طبق نتایج میزان رطوبت در فیله وارداتی و ناگت تولیدی از آن

در مقایسه با فیله پرورشی و ناگت تولیدی آن بیشتر می‌باشد ($p<0/05$). میزان چربی ناگت تولیدی از ماهیان وارداتی کمتر از پرورشی بود ($p<0/05$). محتوای پروتئین فیله‌های وارداتی و پرورشی و ناگت تولیدی نشان داد که میزان این شاخص در تیمارهای پرورشی بیشتر بود ($p<0/05$). تفاوت در میزان رطوبت و پروتئین فیله‌های وارداتی و پرورشی و ناگت‌های تولیدی از آن‌ها احتمالا به وجود تفاوت در شرایط پرورش و تغذیه و سن این ماهی ارتباط دارد، که اثر خود را به شکل غیرمستقیم بر ترکیب تقریبی ناگت‌های تولیدی نیز می‌گذارد. اثر شرایط پرورش بر ترکیب تقریبی عضله ماهیان در تحقیقات متعددی نشان داده شده است (6). همچنین پس از تولید ناگت میزان رطوبت و پروتئین کاهش پیدا کرد که دلیل آن می‌تواند خروج آب و برخی ترکیبات پروتئینی محلول در آب و جایگزینی روغن باشد (1). کاناسی سوبایا و همکاران (2015) میزان رطوبت 78/83، خاکستر 0/97، پروتئین 17/42 و چربی 1/03 درصد را برای فیله‌های تیلاپیای نیل تازه گزارش دادند که تقریبا با مطالعه حاضر همخوانی دارد (27). مطالعه‌ای دیگر که روی اثر فریزر خانگی بر ترکیب بیوشیمیایی و محتوای مواد معدنی تیلاپیای نیل صورت گرفت نشان داد که ترکیبات تقریبی ماهیان منجمد به طور معنی‌داری کمتر از تازه بودند (34).

جدول 1- مقایسه میانگین ترکیبات تقریبی بین تیمارهای آزمایشی مختلف

تیمار	رطوبت %	چربی %	پروتئین %	خاکستر %
فیله منجمد وارداتی	80/29±0/37[a]	2/95±0/11[a]	15/65±0/09[b]	0/90±0/00[b]
فیله تازه پرورشی	77/93±0/25[b]	2/98±0/06[a]	18/60±0/08[a]	1/00±0/00[a]
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	70/17±0/51[a]	8/50±0/08[b]	19/86±0/19[b]	0/84±0/02[b]
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	60/56± 1/50[b]	10/05±0/20[a]	28/62±0/18[a]	1/11±0/09[a]

*مقایسات جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون بین دو تیمار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p< 0/05$) می‌باشد.

3-2- ترکیبات نیتروژنی فرار

TVN یکی از شاخص‌های ارزیابی فساد ماهی می‌باشد (18). افزایش این شاخص در نمونه‌های ماهی به دلیل تولید آمونیاک و دیگر آمین‌های فرار می‌باشد (27). با توجه به نتایج بدست آمده محتوای TVN فیله وارداتی و پرورشی و هر دو نمونه ناگت تولیدی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p>0/05$) (جدول 2). کی‌یوهه و همکاران (2015) مقدار این شاخص را در نمونه‌های تازه تیلاپیای نیل را 6/65 میلی‌گرم بر 100 گرم نمونه گزارش کردند و افزایش آن طی زمان را به دلیل فعالیت‌های باکتری‌ها و آنزیم‌های درونی نسبت دادند (21). میزان این شاخص برای فیله‌های منجمد تیلاپیای صادر شده به لهستان و آلمان به ترتیب 13/72 و 11/35 میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه گزارش شد(29). مطالعات نشان داد که شرایط نگهداری و عمل‌آوری اولیه بر این فاکتور اثرگذار می‌باشد. در مطالعه دیگر میزان این شاخص برای تیلاپیای تازه 7/93 و پس از یک ماه نگهداری به صورت منجمد 8/87 میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه گزارش شد (27). مقادیر گزارش شده مطالعات فوق نسبت به میزان گزارش شده در این تحقیق بیشتر می‌باشد.

3-3- تیوباربیوتوریک اسید

شاخصTBA میزان مالون‌دی‌آلدئیدهای تولید شده در طی اکسیداسیون چربی را اندازه گیری می‌کند. این ترکیب از شکست هیدروپراکسیدها که محصول واکنش اولیه چربی با

اکسیژن است تشکیل می‌شوند (28). نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین محتوای TBA فیله‌ها وجود ندارد ($p>0/05$) اما میزان این شاخص به طور معنی‌داری در ناگت تولیدی از فیله وارداتی (0/51 میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم) افزایش یافت (جدول 2). افزایش محتوای TBA به دلیل تجزیه لیپیدها به علت اکسیداسیون و هیدرولیز آنزیمی اسیدهای چرب غیراشباع، طی نگهداری منجمد می‌باشد. انجماد و انجمادزدایی سبب تخریب غشای‌سلولی توسط کریستال‌های یخ و آزادسازی پراکسیدان‌ها به ویژه آهن‌هم شده و تجمع محصولات ثانویه اکسیداسیون تسریع می‌گردد (27). کاناسی سوبایا و همکاران (2015) میزان تیوباربیوتوریک اسید نمونه‌های تازه تیلاپیای نیل را 0/39، و پس از یک ماه نگهداری منجمد را 0/56 میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم گزارش کردند. مقادیر گزارش شده مطالعه فوق بیشتر از مطالعه حاضرمی‌باشد (27). در مطالعه انجام شده بر روی فیله‌های منجمد وارداتی به کشورهای اروپایی، میزان این شاخص در تیلاپیای نیل وارداتی از لهستان و آلمان به ترتیب 0/11 و 0/33 میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید بر کیلوگرم گزارش شد،که نتایج گزارش شده با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (29).

3-4- میزان اسیدهای چرب‌آزاد

FFA در اثر تجزیه آنزیمی لیپید تولید می‌شوند و در ماهی منجمد افزایش می‌یابند (47). تجزیه آنزیمی طی نگهداری به صورت منجمد، با رها شدن آنزیم‌ها از لیپوزوم، سبب کاهش چربی و افزایش اسید چرب‌آزادف در نتیجه کاهش ارزش غذایی می‌گردد (27). تشکیل FFA به تنهایی باعث کاهش ارزش غذایی نمی‌شود، اما سبب تسریع اکسیداسیون و تولید ترکیبات با وزن مولکولی کم شده و بر طعم و بوی تندی چربی ماهی و محصولات آن اثر می‌گذارد (39). طبق جدول 2 مقدار این شاخص دربین فیله‌ها و ناگت‌های تولیدی از آن‌ها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($p>0/05$). در مقایسه بین فیله و ناگت، محتوای این شاخص در فیله‌ها بیشتر از ناگت بود. در بررسی انجام شده بر دناتوره شدن بافت و تغییرات ساختاری تیلاپیا تیل تازه طی نگهداری منجمد، میزان این شاخص برای نمونه تازه 2/44 و پس از یک ماه 3/29 بر حسب درصد اولئیک اسید گزارش شد (27).

جدول 2- مقایسه میانگین شاخص‌های فساد (TVN، TBA، FFA) بین تیمارهای آزمایشی مختلف

تیمار	TVN (میلی‌گرم نیتروژن/100 گرم نمونه)	TBA (میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم)	FFA (درصد اولئیک اسید)
فیله منجمد وارداتی	4/90±0/40[a]	0/25±0/06[a]	4/19±0/45[a]
فیله تازه پرورشی	5/66±0/29[a]	0/18±0/01[a]	4/65±0/25[a]
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	3/50±0/40[a]	0/51±0/01[a]	1/62±0/06[a]
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	5/60±0/80[a]	0/36±0/01[b]	1/43±0/04[a]

* مقایسات جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p< 0/05$) می‌باشد.

3-5- دی‌متیل‌آمین

دی‌متیل‌آمین توسط آنزیم تری‌متیل‌آمین‌اکسید دمتیلاز در ماهیچه و بخش‌های مختلف تولید می‌شود. دمای نگهداری فاکتور اصلی در میزان تولید دی‌متیل‌آمین طی نگهداری می‌باشد (15). میزان این شاخص در فیله وارداتی نسبت به فیله پرورشی مقدار بیشتری می‌باشد (جدول 3). تفاوت معنی‌داری بین دی‌متیل‌آمین ناگت‌های تولیدی مشاهده نگردید ($p>0/05$). در مطالعه بر روی ماهی هیک دی‌متیل‌آمین 0/068 میلی‌گرم گزارش شد. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان این شاخص در دمای 5- درجه سانتی‌گراد تغییرات قابل توجهی داشت، اما در دمای کمتر تغییر قابل توجهی بر محتوای آن نداشت (45). در مطالعه روی ماهی هیک و ماکرل طی نگهداری منجمد میزان این شاخص به ترتیب 0/076 و 0/019 بود که با افزایش زمان نگهداری میزان این شاخص افزایش یافت (44). مقادیر گزارش شده مطالعه فوق کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد.

3-6- فرمالدئید

فرمالدئید از تجزیه آنزیمی تری‌متیل‌آمین‌اکسید بوجود می‌آید و سبب سفت‌شدگی، کاهش قابلیت استخراج پروتئین در محلول‌های نمکی و کاهش کیفیت ارگانولپتیکی در ماهی منجمد می‌گردد (50). فرمالدئید با پروتئین‌های میوفیبریلی، سارکوپلاسمیک و کلاژن واکنش داده و سبب سفتی عضله می‌شود (44). طبق نتایج بدست آمده، تفاوت قابل توجهی در مقادیر فرمالدئید فیله‌ها مشاهده نگردید ($p>0/05$). در طی نگهداری منجمد افزایش فعالیت تری‌متیل‌آمین‌اکسیداز باعث تخریب بیشتر تری‌متیل‌آمین اکسید و افزایش محتوای فرمالدئید و دی‌متیل‌آمین می‌شود (26). در بین ناگت‌ها، میزان این شاخص در ناگت تولیدی از فیله وارداتی به‌طور قابل‌توجهی از ناگت تولیدی از فیله پرورشی بیشتر می‌باشد (جدول 3). نتایج ارزیابی بافت و سنجش میزان سختی فیله‌ها داده‌های حاصل را تایید می‌نماید. نیلوی جامان و همکاران (2015) میزان فرمالدئید در تیلاپیای نیل تازه را 1/85 میکروگرم بر گرم و در نمونه‌های به دست آمده از بازارهای متفاوت 2/53-2/50 میکروگرم گزارش کردند(26). مقادیر گزارش شده در مطالعه حاضر در خصوص فیله و ناگت تولیدی بیشتر از سایر گزارشات می‌باشد.

3-7- هیپوزانتین

هیپوزانتین یکی دیگر از شاخص‌های کیفیت و تازگی ماهی طی دوره نگهداری می‌باشد (40). تخریب اینوزین منوفسفات در اثر فساد باکتریایی و تجزیه اتولیتیکی، باعث تولید هیپوزانتین و اینوزین می‌شود. تجمع هیپوزانتین باعث ایجاد طعم تلخ می‌شود (17). نتایج حاصل از این آزمایش در جدول شماره 3 نشان داده شده است. میزان این شاخص در ناگت تولیدی از فیله وارداتی 4/26 و در ناگت حاصل از فیله پرورشی 3/49 میکرومول بر گرم بود و بین فیله‌ها تفاوت قابل توجهی وجود نداشت ($p>0/05$). در مطالعه‌ای میزان این شاخص در فیله‌های تازه تیلاپیا کمتر از یک میکرومول بر گرم گزارش شد (32). بارنت و همکاران (1991) مقدار هیپوزانتین در pink و کوهو سالمون تازه را به ترتیب در محدوده 0/2-0/7 و کمتر از یک میکرومول بر گرم گزارش دادند که میزان این شاخص در فیله تیلاپیا بیشتر بود (12).

جدول 3- مقایسه میانگین دی متیل آمین و فرمالدئید و هیپوزانتین بین تیمارهای آزمایشی مختلف

تیمار	دی‌متیل‌آمین (میلی گرم DMA-N در هر 100 گرم نمونه)	فرمالدئید (میکروگرم بر گرم)	هیپوزانتین (میکرو مول بر گرم)
فیله منجمد وارداتی	0/60±0/02[a]	5/81±0/34[a]	3/23±0/25[a]
فیله تازه پرورشی	0/2±0/01[b]	5/75±0/08[a]	3/47±0/03[a]
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	0/36±0/06[a]	19/48±0/48[a]	4/26±0/08[a]
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	0/45±0/00[a]	12/52±0/70[b]	3/49±0/04[b]

* مقایسات جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p< 0/05) می‌باشد.

3-8- پپتیدهای محلول در تری‌کلرواستیک اسید

تغییرات پپتیدهای محلول در TCA نشان‌دهنده تجزیه پروتئین‌های ماهی می‌باشد و یکی از شاخص‌های کاربردی در تشخیص و کنترل تجزیه پروتئین‌هاست (17،20). وجود این پپتیدها در اثر فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک بوده و اساسا در اثر تجزیه زنجیره سنگین میوزین تولید می‌شوند (17). این تغییر به دلیل فعالیت آنزیم‌های درونی فیله ماهی و تجمع فرآورده‌های حاصل از تجزیه ترکیبات پس از صید ماهیان می‌باشد (13). در این مطالعه میزان این شاخص در فیله وارداتی بیشتر از فیله‌های پرورشی بود (جدول 4). نتایج این مطالعه همسو با نتایج سایر مطالعات بود و این محققان بیان کردند که پروتئازهای درونی باعث افت کیفیت فیله می‌شود(13 ،37،41). میزان این شاخص در ناگت تولیدی از فیله پرورشی (1/56 میلی مول تیروزین در گرم نمونه) بیشتر از ناگت وارداتی بود (1/10 میلی مول تیروزین در گرم نمونه).

3-9- حلالیت پروتئین

محصولات اکسیداسیون چربی و اسیدهای چرب‌آزاد که طی نگهداری تشکیل می‌شوند بر حلالیت پروتئین اثر گذارند. اسیدهای چرب‌آزاد با ایجاد بخش‌های آبگریز در سطح پروتئین سبب کاهش قابلیت استخراج پروتئین‌ها می‌گردند (2). با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمون مشاهده شد که تفاوت قابل توجهی بین محتوای حلالیت پروتئین فیله‌ها و ناگت‌ها وجود ندارد (p>0/05) (جدول 4). میزان حلالیت در ناگت‌های تولیدی بیشتر از فیله‌ها بود. این تغییر می‌تواند بدلیل تغییر ساختار پروتئین‌ها باشد (14). مطالعات انجام شده روی حلالیت پروتئین سایر گونه‌های ماهیان نشان داد که این شاخص در طی نگهداری منجمد کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش انبوهش و دناتوره شدن پروتئین گزارش شد (14، 38).

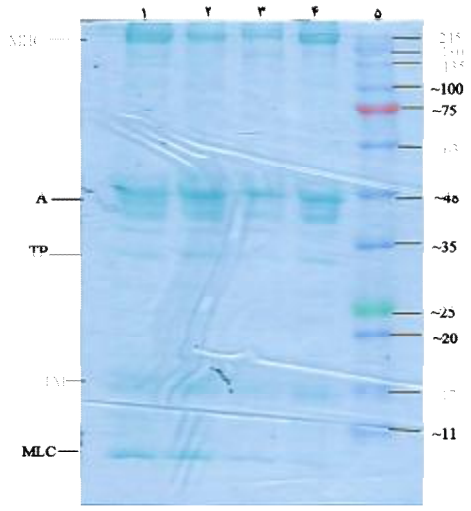
جدول 4- مقایسه میانگین حلالیت پروتئین و پپتیدهای محلول در TCA بین تیمارهای آزمایشی مختلف

تیمار	حلالیت پروتئین (درصد)	پپتیدهای محلول در TCA (میلی مول تیروزین در گرم نمونه)
فیله منجمد وارداتی	5/92±0/09[a]	0/35±0/05[a]
فیله تازه پرورشی	5/96±0/23[a]	0/18±0/00[b]
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	11/92±1/84[a]	1/10±0/06[b]
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	11/32±0/15[a]	1/56±0/07[a]

* مقایسات جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p< 0/05)) می‌باشد.

3-10- الکتروفورز پروتئین

دو ترکیب اصلی مهم در الگوی پروتئین طی نگهداری، زنجیره سنگین میوزین و اکتین می‌باشند (32). نتایج نشان داد بیشترین شدت باند و تراکم حضور زنجیره سنگین میوزین (MHC) در فیله پرورشی و وارداتی وجود داشت. از نظر وجود پروتئین اکتین، سه تیمار فیله وارداتی و ناگت تولیدی آن و فیله پرورشی شدت باند یکسانی را نشان دادند. در ناگت تولیدی از فیله پرورشی، پروتئین اکتین و زنجیره سنگین میوزین هر دو شدت باند کمتری را نشان دادند، که کلیه نتایج حاصله با نتایج ارزیابی پپتیدهای محلول در TCA نیز هم‌خوانی دارد. البته این امر در مورد ناگت وارداتی تنها در مورد زنجیره سنگین میوزین صدق می‌کند. همچنین در این الگو پروتئین‌های دیگری چون تروپومیوزین، تروپونین و زنجیره سبک میوزین مشاهده شد که شدت باند آن‌ها در فیله پرورشی نسبت به وارداتی و ناگت تولیدی از فیله وارداتی نسبت به پرورشی بیشتر بود. در کل ناگت‌های تولید شده از هر دو فیله شرایط خوبی را از نظر کیفیت در شدت باند پروتئین‌ها نشان دادند. دلیل این امر می‌تواند داشتن شرایط خوب انجماد در فیله‌های وارداتی و انجمادزدایی آن‌ها باشد، که موجب شده ناگت‌های تولیدی از آن‌ها کیفیت پروتئین‌های خود را حفظ کنند. در مطالعه حاضر از نظر وزن مولکولی پروتئین زنجیره سنگین میوزین در محدوده بالای 200، اکتین در دامنه 45، تروپونین در دامنه کمتر از 35، تروپومیوزین در دامنه 17 و زنجیره سبک میوزین در محدوده 11 کیلو دالتون مشاهده شدند. در مطالعه لیو و همکاران (2009) بر روی فیله های تیلاپیا بیشترین شدت باند زنجیره سنگین میوزین در فیله های زمان صفر گزارش شد که با افزایش زمان نگهداری از تراکم آن کاسته شد که علت آن فعالیت باکتریایی و پروتئازهای درونی گزارش شد (32)



شکل1- الگوی SDS-PAGE پروتئین‌های تیمارهای آزمایشی. 1: فیله تازه پرورشی، 2: ناگت تولیدی از فیله منجمد وارداتی، 3: ناگت تولیدی از فیله تازه پرورشی، 4: فیله منجمد وارداتی و 5: نشانگر

3-11- رنگ سنجی

ویژگی‌های ظاهری محصول بویژه رنگ آن بر پذیرش محصولات تاثیر زیادی دارد، بنابراین ویژگی‌های مرتبط با رنگ در ارزیابی کیفی محصول نقش بسزایی دارد (3). از نظر شاخص a^* و b^* فیله وارداتی و ناگت تولیدی از آن قرمزی و زردی کمتری نسبت به تیمار پرورشی داشتند (جدول 5). لیما و همکاران (2015) میزان شاخص‌های L^*، a^* کمتر و b^* بیشتری را در ناگت‌های تیلاپیای نیل نسبت به مطالعه حاضر گزارش دادند (31). در مطالعه دیگر میزان این شاخص‌ها برای فیله‌های تیلاپیای نیل به طور تقریبی به ترتیب 71، 13 و 16 گزارش شد که با داده‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (35).

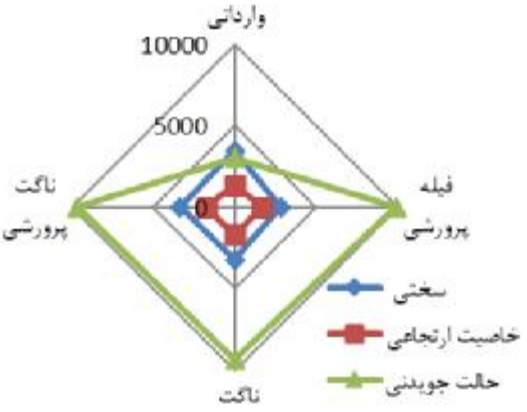
جدول5- مقایسه میانگین ارزیابی رنگ تیمارهای آزمایشی مختلف

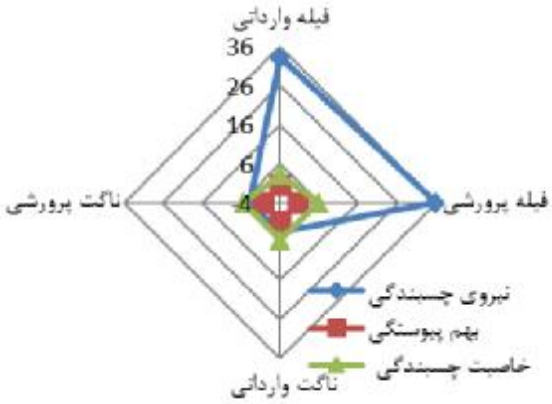
تیمار	شاخص L^*	شاخص a^*	شاخص b^*
فیله منجمد وارداتی	$72/53\pm0/80^a$	$11/40\pm0/23^b$	$10/73\pm0/26^b$
فیله تازه پرورشی	$72/16\pm0/66^a$	$12/20\pm0/00^a$	$12/16\pm0/43^a$
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	$64/43\pm3/53^a$	$14/63\pm0/26^b$	$25/90\pm0/46^b$
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	$67/56\pm2/63^a$	$15/70\pm0/23^a$	$29/66\pm0/70^a$

* مقایسه جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p< 0/05$) می‌باشد.

3-12 بافت سنجی

بافت ماهی طی نگهداری منجمد تحت تاثیر تشکیل کریستال‌های یخی و دناتوره شدن پروتئین می‌باشد. در طول انجماد و دوره نگهداری، رشد کریستال‌های یخی باعث شکست مکانیکی بافت و آزادسازی پروتئازها می‌شود (27). نتایج حاصل نشان دادند که میزان سختی فیله وارداتی بیشتر از فیله‌های پرورشی بود. این افزایش را می‌توان به علت بالاتر بودن میزان فرمالدئید در این فیله وارداتی دانست. فرمالدئید با پروتئین‌های میوفیبریلی، سارکوپلاسمیک و کلاژن واکنش داده و سبب سفتی عضله می‌شود (44). نیروی چسبندگی، میزان بهم پیوستگی، حالت جویدنی، خاصیت چسبندگی و ارتجاعی فیله‌های وارداتی کمتر از نمونه‌های پرورشی بود. در بین ناگت‌ها، میزان بهم پیوستگی ناگت تولیدی از فیله وارداتی بیشتر بود (شکل 2).





شکل2- مقایسه میانگین پروفیل بافت تیمارهای آزمایشی مختلف. 1: سختی (g)، 2:خاصیت ارتجاعی (mm)، 3: نیروی چسبندگی (gs)، 4: بهم پیوستگی، 5: حالت جویدنی (gmm)، 6: خاصیت چسبندگی (g).

3-13- آبچک

درصد آبچک با افزایش زمان نگهداری به صورت منجمد رابطه مستقیم دارد. با افزیش سرعت و زمان انجماد درصد آبچک به علت تفاوت در محل قرارگیری کریستال‌های یخی، اندازه، شکل آن‌ها و به دنبال آن آسیب‌های فیزیکی فیبرهای عضله کاهش می‌یابد (5). نتایج مطالعه حاضر تفاوت قابل توجهی را در میزان آبچک فیله‌ها نشان نداد ($p>0/05$)، که احتمالا بدلیل انجماد مناسب فیله‌ها می‌باشد (جدول 6). مطالعه بر روی تاثیر روش انجماد بر میزان آبچک فیله‌های تیلاپیا نشان داد که انجماد سریع سبب کاهش میزان آبچک و حفظ کیفیت فیله می‌گردد (5).

3-14- ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب از همیت زیادی به منظور ارزش تجاری ماهی و پذیرش مصرف کننده و نشان‌دهنده آبدار بودن گوشت می‌باشد (27). نتایج حاصل از آزمایش تفاوت معنی‌داری را در محتوای ظرفیت نگهداری آب فیله‌ها نشان نداد ($p>0/05$). میزان این شاخص در ناگت تولیدی از فیله وارداتی بیشتر از ناگت تولیدی از فیله پرورشی بود (جدول 6). در مطالعه‌ای بر روی ماهی تیلاپیا نشان داده شد که میزان این شاخص در ماهی منجمد با تجزیه اکتین و میوزین کاهش می‌یابد (27).

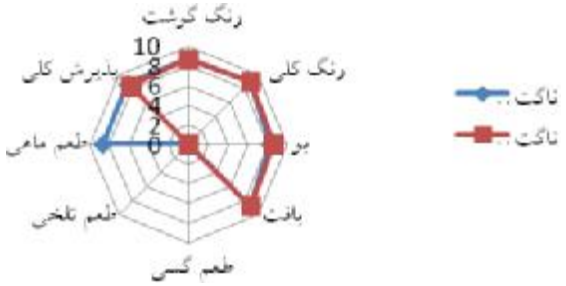
جدول 6- مقایسه میزان آبچک در تیمار فیله‌ها و ظرفیت نگهداری آب بین تیمارهای آزمایشی مختلف

تیمار	میزان آبچک	ظرفیت نگهداری آب (g/Kg)
فیله منجمد وارداتی	5/30±0/46[a]	372/49±8/48[a]
فیله تازه پرورشی	5/69±0/28[a]	364/28±2/30[a]
ناگت تولیدی از فیله وارداتی	-	176/74±6/86[a]
ناگت تولیدی از فیله پرورشی	-	104/53±2/45[b]

* مقایسات جداگانه بین فیله و ناگت انجام شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p< 0/05$) می‌باشد.

3-15- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی روشی متداول، سریع و ساده برای ارزیابی تازگی ماهی است و نشان دهنده کیفیت محصول می‌باشد (28). نتایج ارزیابی حسی در شکل 3 نشان داده شده است. از دید ارزیابان حسی کیفیت، طعم، ظاهر، رنگ و بافت هر دو ناگت تولیدی از فیله منجمد وارداتی و فیله تازه پرورشی عالی بود. مرادی و همکاران (1391) بیان نمودند که فیله‌های ماهی تیلاپیای نیل و تیلاپیای هیبرید قرمز پخته شده از دید ارزیابان بافت، طعم، مزه و بوی خوبی داشته است (6). تغییرات کمی در پارامترهای حسی مانند رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی در فیش برگرهای تولیدی از فیله‌های تیلاپیای نیل طی دوره نگهداری منجمد گزارش شد (47). آرانیلوا و همکاران (2005) ایجاد تغییرات ناچیز در رنگ و مزه فیله‌های تیلاپیای منجمد طی دوره نگهداری را گزارش نمودند (11).



شکل 3- ارزیابی حسی بین تیمار ناگت‌های تولیدی از فیله‌های تیلاپیا

4- نتیجه‌گیری

نتایج بررسی میزان هیپوزانتین و فرمالدئید نشان داد که فیله‌های پرورشی داخل دارای مقدار کمتری بودند. از سوی دیگر بررسی بافت نشان داد فیله‌های وارداتی میزان سختی بافت بیشتری نسبت به نمونه‌های پرورشی داشتند. با توجه به نتایج آزمون‌های شیمیایی و ارزیابی حسی فیله پرورشی و ناگت

تولیدی آن نسبت به وارداتی از کیفیت تغذیه‌ای بهتری برخوردار بودند.

5- منابع

1. ایزدی، س.، شعبانپور، ب.، اجاق، س.م. و پوریا، م. 1393. تولید ناگت ماهی کم چرب با استفاده از هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کیتوزان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره 62، دوره 14. 269-261.

2. جنت علیپور، ح.، شعبانپور، ب.، صادقی ماهونک، ع. و شعبانی، ع. 1389. اثرات انجماد و دو روش انجمادزدائی روی کیفیت غذایی فیله تاس ماهی ایرانی (Acipenser persicus). فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره 40، دوره 10. 20-11.

3. شعبانپور، ب.، قربانبان، گ.، پورعاشوری، پ.، اجاق، س.م. و عقیلی‌نژاد، م. 1394. اثر غلظت‌های مختلف نمک خالص و مخلوط بر ویژگی‌های حسی و میکروبی تخم نمک‌سود قزل‌آلای رنگین‌کمان (Oncorhynchus mykiss) طی نگهداری در یخچال. علوم و صنایع غذایی، شماره 64، دوره 14. 201-191.

4. قیومی جونیانی، ا.، خوشخو، ژ.، مطلبی، ع. و مرادی، ی. 1390. تاثیر روش‌های مختلف پخت بر ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی تیلاپیا. مجله علمی شیلات ایران، سال بیستم، شماره 2. 108-97.

5. کرمی، ب.، مرادی، ی.، مطلبی، ع.، حسینی، س.ا. و سلطانی، م. 1392. بررسی تاثیر روش انجماد کند و انجماد تند روی ریز ساختمان، آبچک، ترکیبات تقریبی و خصوصیات حسی فیله ماهی تیلاپیای نیل (Oreochromis niloticus). مجله علمی شیلات ایران، سال بیست و دوم، شماره 3. 146-132.

6. مرادی، ی.، مشائی، ن.، کرمی، ب. و زارع گشتی، ق. 1391. بررسی ترکیبات تقریبی، اسیدهای چرب و ارزیابی حسی گوشت ماهی تیلاپیای نیل (Oreochromis niloticus) و تیلاپیای هیبرید قرمز پرورش داده شده در آب لب شور زیرزمینی بافق -یزد. کجله علمی شیلات ایران، سال بیست و یکم، شماره 2. 132-125.

7. مشایخی، ف.، مرادی، ی.، گوهری اردبیلی، ا. محمدزاده میلانی، ج.، زارع گشتی، ق. و رضوانی گیل کلائی، ع. 1392. اثر بسته‌بندی‌های مختلف بروی ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی فیله ماهی تیلاپیای نیل(Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758) نگهداری شده. مجله علمی شیلات ایران، سال بیست و دوم، شماره 1. 100-85.

8. Albert, A., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman, S.M. and Hernando, I. 2009. Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as predusts using three cooking procedures. Journal of Food Hydrocolloids. 23(5): 1443–1448.

9. Angelini, M.F., Galvao, J.A., Vieira, A.D.F., Savay-da-Silva, L.K. and Shirahigue, L.D. 2013. Shelf life sensory assessment of tilapia quenelle during frozen storage. Journal Pesquisa Agropecuária Brasileira. 48(8): 1080-1087.

10. AOAC. 1990. Official methods of analysis (14 th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

11. Arannilewa, S.T., Salawu, S.O., Sorungbe, A.A. and Ola-Salawu, B.B. 2005. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (Sarotherodun galiaenus). Journal of Biotechnology. 4(8): 852-855.

12. Barnett, H.J., Nelson, R.W. and Poysky, F.T. 1991. A Comparative study using multiple indices to measure changes in quality of Pink and Coho Salmon during fresh and frozen storage. Utilization Research Division, Northwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration.

13. Benjakul, S., Seymour, T.A., Morrissey, M.T. and An, H. 1997. Physicochemical Changes in Pacific Whiting Muscle Proteins during Iced Storage. Journal of Food Science. 62(4): 729-733.

14. Benjakul, S., Visessanguan, W., Thongkaew, C. and Tanaka, M. 2005. Effect of frozen storage

24. Iegen, J.O., King, J.A., Pearson, A.M. and Gray, I.I. 1979. Influence of heme pigments, nitric and non-heme iron on development of warmed-over flavore (WOF) in cooked meat. Journal of Agriculture and Food. 27(4): 830-842.
25. Jafarpour, A. and Gorczyca, E.M. 2009. Characteristics of sarcoplasmic proteins and their interaction with surimi and kamaboko gel. Journal of Food Science and Technology.74(1): N16-N22.
26.Jaman, N., Sazedul Hoque, Md., Chakraborty, S.C., Enamul Hoq, Md. and Seal, H.P. 2015. Determination of formaldehyde content by spectrophotometric method in some fresh water and marine fishes of Bangladesh. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2(6): 94-98.
27. Kanasi, S., Ranendra, K.M., Jyotibrata, C., Bhargavi, M.p., Bahni, D., Deepayan, R. and et al. 2015. Protein degradation and instrumental textural changes in fresh Nile tilapia (Oreochromis niloticus) during frozen storage. Journal of Food Processing and Preservation. 39(6): 2206-2214.
28. Khalafalla, F.A., Ali, F.H. and Hassan, A.R. 2015. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fillets using natural herbs. Journal Basic and Applied Sciences. 4(1): 33-40.
29. Kulawik, P., Migdal, W., Gambus, F., Cieslik, E., Özogul, F., Tkaczewska, J. and et al. 2015. Microbiological and chemical safety concerns regarding frozen fillets obtained from Pangasius sutchi and Nile tilapia exported to European countries. Journal of the Science Food and Agricalture. 96(4): 1373–1379.
30. Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. Journal of Food Science. 227: 680-685.
31. Lima, D.P., Fuzinatto, M.M., Andretto, A.P., Braccini, G.l. and Mori, R.H. 2015. Mechanically separated fillet and meat nuggets of Nile tilapia treated with homeopathic product. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 9(6): 182-189.
32. Liu, S., Fan, W., Zhong, S., Ma, C., Li, P., Zhou, K. and et al. 2010. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0°C based on sensory, microbiological, biochemical and on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. Journal of Food Hydrocolloids. 19(2): 197–207.
15. Castell, C.H., Neal, W. and Smith, B. 1970. Formation of Dimethylamine in stored frozen sea fish. Journal of Fisheries Research Board of Canada. 27(10):1685-1690.
16. Chen, S., Chen, H., Chao, Y. and Lin, R. 2009. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. Journal of Food Engineering. 95(2): 359–364.
17. Dawei, Y., Yanshun, X., Qixing, J., Fan, Y. and Wenshui, X. 2016. Freshness assessment of Grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fillets during storage at 4˚C by physicochemical, microbiological and sensory changes. Journal of Food Safety. 1-9.
18. Eyo, A.A. Storage poteintial and utilization of Tilapia mince. Journa of National Institute for Freshwater Fisheries Research (NIFFR).135-143.
19. Gonçalves, A.A. and Ribeiro, J.L.D. 2009. Effects of phosphate treatment on quality of red shrimp (Pleoticus muelleri) processed with cryomechanical freezing. Journal of LWT-Food Science and Technology. 42(8): 1435-1438.
20. He, Q., Yang, Z., Gong, B., Wang, J., Xiao, K. and Yang, S.T. 2017. Quality Evaluation Focusing on Tissue Fractal Dimension and Chemical Changes for Frozen Tilapia with Treatment by Tangerine Peel Extract. Journal of Scientific Reports. 7: 1-8.
21. He, Q., Zhu, L., Shen, Y., Lin, X. and Xiao, K. 2015. Evaluation of the effects of frozen storage on the microstructure of tilapia (Perciformes: Cichlidae) through fractal dimension method. Journal of LWT -Food Science and Technology. 64(2) :1283-1288.
22. Hernandez, R., Ribeiro, R.P., Matsushita, M., Tanamati, A.A.C., Canan, C. and Bona, E. 2015. Chemical, sensory and microbiological stability of freeze-dried Nile tilapia croquette mixtures. CyTA - Journal of Food.13(4): 556–562.
23. Himonides, A., Taylor, K.A. and Knowles, M.J. 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79(6): 845-850.

42. Sae-leaw, T., Benjakul, S., Gokoglu, N. and Nalinanon, S. 2013. Changes in lipids and fishy odour development in skin from Nile tilapia (Oreochromis niloticus) stored in ice. Journal of Food Chemistry. 141(3): 2466–2472.
43. Shaviklo, Gh.R., Thorkelsson, G., Arason, S., Kristinsson, H. and Sveinsdottirb, K. 2010. The influence of additives and drying on quality attributes of fish protein powder made from saithe (Pollachius virens). Journal of the Science of Food and Agriculture. 90(12): 2133-2143.
44. Simeonidou, S., Govaris, A. and Vareltzis, K. 1997. Effect of frozen storage on the quality of whole fish and fillets of horse mackerel (Trachurus trachurus) and mediterranean hake (Merlucclus mediterraneus). Journal of Z Lebensm Unters Forsch A. 204(6): 405-410.
45. Sotelo, C.G., Gallardo, J.M., Piñeiro, C. and Perez-Martin, R. 1995. Trimethylamine oxide and derived ompounds' changes during frozen storage of hake (Merluccius merluccius). Journal of Food Chemistry. 53(1): 61-65.
46. Thorkelsson, G., Sigurgisladottir, S., Geirsdottir, M., Johansson, R., Guerad, F., Chabeaud, A. and et al. 2008. Mild processing techniques and development of functional marine protein and peptide ingredients. In: Borresen T (ed) Improving seafood products for the consumer. Journal of Woodhead Publishing Ltd, Cambridge. Pp: 363-386.
47. Tokur, B., Polat, A., Beklevik, G. and Ozkutuk, S. 2004. Changes in the quality of fishburger produced from Tilapia (Oreochromis niloticus) during frozen storage (_18 ˚C). Journal of European Food Research and Technology. 218(5):420–423.
48. Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. Journal of Meat Science. 66(3): 579-588.
49. Wangtueai, S. and Vichasilp, C. 2015. Optimization of phosphate and salt application to physical and sensory properties of frozen Nile tilapia fillets. Journal of International Food Research. 22(5): 2002-2009.
50. Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J. and Burns, B.G. 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Journal of Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 143pp.
physical attributes. Journal of Biotechnology. 9(5): 692-701.
33. Lou, Y.K., Pan, D.D. and Ji, B. 2004. Gel properties of surimi gel from bighead carp: Influence of setting and soy protein isolate. Journal of Food Science. 69: 374-378.
34. Mahmoud Sharaf, M. 2013. Influence of domestic freezing on the biochemical composition and mineral contents of fish muscles. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. 5(1):11- 16.
35. Mantilla, D., Kristinsson, H.G., Balaban, M.O., Otwell, W.S., Chapman, F.A. and Raghavan, S., 2008. Carbon monoxide treatments to impart and retain muscle color in tilapia fillets. Journal of Food Science, 73(5): 390-399.
36. Molardi, E., Canhadas, L., Lucio, M. and Kaminski, M. 2015. Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (Oreochromis niloticus) fish burger. Journal of Food Science and Technology. 52(8): 5111–5119.
37. Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M.E. and Robles-Burgueno, M.R. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of monterey sardine muscle stored at 0 °C. Journal of Food Science. 65(1): 40-47.
38. Partiban, F., Sankar, T.V. and Anandan, R. 2005. Changes in the functional properties of Tilapia (Oreochromis mossambicus) protein during storage in ice. Journal of Fishery Technology. 42(2): 155-162.
39. Pourashouri, P., Shabanpour, B., Aubourg, S.P., Daghigh Rohi, J. and Shabani, A. 2009. An investigation of rancidity inhibition during frozen storage of Wels catfish (Silurus glanis) fillets by previous ascorbic and citric acid treatment. International Journal of Food Science and Technology. 44(8): 1503–1509.
40. Ramanath, S. and Velankar, N.K. 1977. Nucleotide degradation and production of Hypoxanthine in some Indian marine and freshwater fishes . Journal of Fishery Technology. 14(2): 92-97.
41. Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S. and Benjakul, S. 2010. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (Pangasianodon gigas) muscles during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology. 45(5): 985-994.