ارزیابی کیفی چربی ماهی کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) طی نگه‌داری انجماد در دماهای مختلف

مسعود رضائی[۱]، محمد علی سحری[۲] و سهراب معینی[۳]

چکیده

درکیلکای آنچوی بلافاصله پس از صید و طی نگه‌داری به صورت منجمد در دو برودت ۱۸- و۳۰- درجه سانتی‌گراد طی ۸ ماه(۲، ۴، ۶ و ۸)، شاخص‌های کیفی از جمله مقادیر رطوبت، چربی کل، عدد پراکسید، اسیدهای چرب آزاد، آهن هم، اسید تیوباربیتوریک، چربی خنثی و فسفولیپید تعیین شد. هم‌چنین ترکیب اسیدهای چرب و تغییرات ممکن نیز بررسی گردید. نتایج آماریَ نشان داد نمونه‌های ماهی نگـه‌داری شده در هر دو دما، از نظر مقادیر پر اکسید، چربی خنثی و اسیدهای چرب آزاد افزایش معنی دار و مقادیر چربی کل، فسفولیپید، آهن هـم، ترکیبت اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (Poly unsaturated fatty acid) (PUFA) و امگا-۳ کـاهش معنـی‌داری در دوره نگـه‌داری دَارد (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های آماری، چربی در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گـراد از کیفیـت بهتـری برخـوردار بـود. هم‌چنین مشخص شد که شاخص آهن می‌تواند توسط آزمون مؤلفه‌های اصـلی (PCA) (Principal control analysis) بـا شـاخص‌هـای کیفی مهم نظیر(PUFA) و امگا-۳ گروه بندی شود.

واژه‌های کلیدی: کیلکای‌آنچوی، نگه‌داری در انجماد، فساد اکسیداتیو و هیدرولیتیک، آهن هِم، PUFA، امگا-۳

مقدمه

انجماد، مهم‌ترین روش نگه‌داری محصولات دریـایی مـی‌باشـد (۲۵). با این وجود، ادامه فرایندهای اکـسیداسیونی و هیـدرولیز چربی ماهی‌ها، باعث بروز تغییرات ناخواسته‌ای در دوره انجماد و در نتیجه کاهش کیفیت محصول می‌شوند(۳ و۱۶). میزان این تغییرات متأثر از نحوه انجماد، دمای نگه‌داری و نوسانات دمایی می‌باشد. انجماد ماهی با تشکیل کریستال‌های یخ، سبب افزایش غلظت نمک و ترکیبات آلی (تغییرات pH) در فاز مایع گردیـده که در نتیجه ممکن است پروتئین‌های عضله دهیدراته و دناتوره شـده و یـا غـشاهای سـلولی تخریـب گردنـد. در بـسیاری از گونه‌های ماهی، تری متیل آمین اکسید توسط آنزیم تـری متیـل آمین اکسیداز به فرمالدئید و دی متیل آمین تجزیه می‌شود (۲۳).

۱. استادیار شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
۲. دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳. دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

اکسیداسیون چربی در ماهی، علاوه بر تغییرات طعم و بو، با مجموعه دیگری از تغییرات نیز همراه است. علاوه بر تندی اکسیداتیو، نوع دیگری از تندی تحت عنوان تندی هیدرولیتیک وجود دارد که نخستین مرحله آن، شکسته شدن تری گلیسرید به اسیدهای چرب و گلیسرول است و این عمل ممکن است در اثر لیپازهای میکروبی یا لیپازهای با منشا داخلی ایجاد گردد. بعضی از میکروارگانیزم‌ها دارای لیپوکسیدازهایی هستند که واکنش بین زنجیر اسید چرب و اکسیژن را فعال می‌سازد. ادامه این واکنش‌ها در مراحل بعد منجر به تولید ترکیباتی مانند آلدئیدها و کتون‌ها می‌گردد که طعم خاص تندی چربی‌ها به دلیل وجود همین ترکیبات است (۱۳). به عبارت دیگر پیشرفت پدیده تندی مهم‌ترین دلیل کاهش کیفیت و ارزش خوراکی ماهی‌های منجمد را رقم می‌زند و فساد چربی، مهم‌ترین عامل کاهش ماندگاری ماهی در سردخانه می‌باشد و باعث شده که بسیاری از مطالعات به تغییر طعم ماهی منجمد و جلوگیری از ایجاد طعم نامطلوب در گونه‌هایی که چربی نسبتاً بالایی دارند، معطوف گردد(۱۳). اطلاعات موجود در زمینه فساد ناشی از اکسایش و هیدرولیز چربی ماهی‌ها نشان می‌دهد که به‌طور کلی عوامل متعددی بر شدت این نوع فساد در غذاهای دریایی مؤثر بوده، که در این میان، دما و زمان نگه‌داری ماهی منجمد تأثیر زیادی روی ماندگاری آن دارد(۱۲و۱۷). در حال حاضر برای نگه‌داری فرآورده‌های دریایی، دمای ۱۸- سانتی گراد استفاده می‌شود اما به لحاظ تداوم آهسته واکنش‌های شیمیایی(آنزیمی و غیر آنزیمی) در دماهای پایین که منجر به ایجاد تغییرات غیر قابل برگشت در طعم، بو و ظاهر ماهی می‌گردند، بهتر است جهت نگه‌داری اکثر نمونه‌های ماهی از دمای ۳۰- تا۴۰ - درجه سانتی گراد استفاده شود(۲۴).

نظر به اهمیت فساد چربی ماهی‌ها، این تحقیق بر روی ماهی کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) که بیشترین میزان صید را بین ماهی‌های دریای خزر به خود اختصاص داده و ارزش غذایی بالایی نیز دارد، صورت پذیرفت. هدف از تحقیق حاضر، بررسی برخی از خصوصیات کیفی چربی ماهی کیلکای آنچوی در حین انجماد در دو دمای ۱۸- و ۳۰- درجه سانتی‌گراد است.

مواد و روش‌ها

ماهی

ماهی کیلکا در فواصل حدود ۱۱ کیلومتری اسکله صیادی بابلسر (از بنادر دریای مازندران) بوسیله صید شبانه یک شناور صیادی در مهرماه ۱۳۸۰ تهیه گردید. ماهیان صید شده با آب سرد دریا (Chilled sea water) (نسبت ماهی، یخ، آب دریا به ترتیب ۶۰: ۲۵: ۱۵) خنک شده و سپس به محل اسکله انتقال و از آنجا به کارخانه فراوری و بسته بندی کیان خزر (برای هر تیمار دمایی ۴۰ بسته یک کیلوگرمی در ظروف پلی اتیلنی در بسته) حمل گردیدند. در محل کارخانه، ماهی‌ها بسته بندی شده و در تونل انجماد (نوع تماسی با جریان هوای سرد و برودت ۳۵- درجه سانتی‌گراد) در مدت ۴ ساعت منجمد گردید. تعدادی از بسته‌های ماهی جهت بررسی عوامل و شاخص‌های شیمیایی به صورت تازه بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شده و بسته‌های دیگر نیز به طور تصادفی در سردخانه‌های ۱۸- و۳۰- درجه سانتی‌گراد توزیع گردید. نمونه‌ها در فواصل زمانی دو ماهه از سردخانه خارج و جهت مقایسه شاخص‌های کیفیت مورد آزمایش قرار گرفت.

بررسی شیمیایی

آزمایش‌های شیمیایی در اداره کل آزمایشگاه‌های غذا و دارو وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی انجام گرفته و مواد شیمیایی مورد استفاده نیز از شرکت مرک آلمان با بالاترین درجه خلوص تهیه شد.

مقدار رطوبت از اختلاف وزن گوشت چرخ شده و همگن ماهی قبل و بعد از ۴ ساعت نگه‌داری در دمای ۱۰۵°C مشخص شد (۱). چربی کل به روش بلای و دایر (۶) استخراج و مقدار آن محاسبه گردید. مقدار اسیدهای چرب آزاد (Free fatty acid = FFA)، پراکسید (Peroxide value = PV) و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

اسید تیوباربیتوریک (Tiobarbituric acid= TBA) با استفاده از روش اگان و همکاران(۱۰) به دست آمد. برای تعیین مقدار آهن هم (Heme iron= HI) از روش کلارک و همکاران(۷) استفاده شد. مقادیر فسفولیپید و چربی خنثی به ترتیب از روش‌های سیوالد و انچگر(۲۱) و جی انگ (۱۵) به دست آمد. برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب، حدود نیم گرم از نمونه چربی با محلولی از متانول، بنزن، اسید سولفوریک (۵/ .، ۱۵، ۴۵ میلی لیتر) مخلوط و به مدت دو ساعت رفلاکس شد، تا متیل استر اسیدهای چرب تشکیل گردد. بعد از آبگیری با سولفات سدیم انهیدرید (بدون آب)، حلال موجود در محلول متیل استری به وسیله دستگاه تبخیر کننده چرخشی (Rotary avaporator) جدا شد. جهت تشخیص پروفیل و مقدار اسیدهای چرب از گازکروماتوگراف: Vista Varian– 6000؛ ستون: BPX- 70 ،60m (I.D. 0.32 mm)؛ دتکتور: FID؛ حرارت ستون: ۱۵۰ سانتی‌گراد، حرارت دتکتور: ۲۵۰ سانتی‌گراد، حرارت انژکتور: ۲۳۰ سانتی گراد، برنامه دمایی: ایزوترمال، میزان تزریق: ۰/۵ میکرولیتر، جریان گاز ازت: ۵ میلی لیتر در دقیقه، استفاده و حدود ۰/۵ میکرولیتر استانداردهای اسید چرب تزریق و زمان اقامت آنها تعیین گردید، سپس نمونه‌ها تزریق، شناسایی و تعیین درصد شدند (۸)

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها ی مربوط به زمان نگه‌داری درحالت انجماد بر اساس برنامه آماری MSTATC مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه مقادیر شاخص‌ها در دو برودت ۳۰ – و ۱۸ – درجه سانتی‌گراد در زمان‌های متفاوت آزمایش، از آزمون T- test استفاده شد. روش تجزیه واریانس یک طرفه جهت تعیین وجود اختلاف معنی دار بین مقادیر حاصل از هر صفت در ماه‌های مختلف صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ ماه به کار رفت و جهت تعیین دقیق وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین صفات در زمان‌های اندازه‌گیری، از روش LSD در سطح ۵٪ استفاده شد. جهت تعیین هم‌بستگی دوگانه و سطح معنی‌دار بودن آنها نیز از نرم افزارMSTATC استفاده شد و ارتباطات موجود بین صفات مشخص گردید. میزان اهمیت هریک از شاخص‌های فساد چربی با آزمون تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در برنامه نرم افزاری SPSS تعیین گردید.

نتایج و بحث

مقادیر شاخص‌های فساد چربی کیلکای آنچوی در برودت ۱۸– و ۳۰– درجه سانتی‌گراد در جدول ۱ ملاحظه می‌شود. تغییرات رطوبت در هر دو برودت بسیار محدود بوده و به طور کلی مقادیر رطوبت نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری را که متاثر از دما و زمان نگه‌داری باشد جز در ماه‌های ۲ و ۴ (که احتمالاً به دلیل نوسانات رطوبت نسبی انبار یا خطای احتمالی در بسته بندی صحیح و آزمایش‌های انجام شده بوده است)، از خود بروز نداد. مطالعات ابورگ و همکاران (۴) روی ماهی ساردین در دماهای ۱۰– و ۱۸– درجه سانتی گراد نتایج مشابهی را نشان داده‌اند. در ضمن برای هر یک از تیمارهای دمایی(۱۸– و۳۰– درجه سانتی‌گراد) آثار معنی‌داری از زمان نگه‌داری(در سطح ۰/۰۵) در چربی کل نمونه‌ها دیده شد. حال آن که گزارش‌های مربوط به نگه‌داری ماهی‌های منجمد آرین *Ariomma indica* و هک (۲) فاقد چنین تغییرات معنی‌داری در مقدار چربی کل در طی زمان نگه‌داری می‌باشند(۲۰). به نظر می‌رسد نمونه‌های متفاوت ماهی، شرایط متفاوت آزمایش، هیدرولیز بافتی متفاوت در نمونه‌ها و احتمالاً خطای آزمایش دلیل این اختلاف باشد.

نتایج نشان داد نگه‌داری ماهی‌های کیلکای آنچوی منجمد سبب افزایش مقادیر پراکسید در هر دو برودت شد و بالاترین مقدار پراکسید در ماه ششم نگه‌داری تعیین گردید. مقایسه میانگین‌های پراکسید در زمان‌های نگه‌داری یکسان نشان داد که به استثناء ماه آخر آزمایش، مقادیر پراکسید در برودت ۱۸– درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۳۰– درجه سانتی‌گراد بوده و تفاوت آنها معنی‌دار است (جدول۱). افزایش مقادیر پراکسید در نمونه‌های منجمد نسبت به نمونه‌های تازه (زمان صفر) حاکی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

جدول ۱. مقادیر شاخص‌های فساد چربی کیلکای آنچوی در برودت ۳۰° C- و ۱۸° C-

زمان / شاخص	زمان صفر (ماهی تازه)	۲ ماه		٤ ماه		٦ ماه		۸ ماه	
		۳۰° C-	۱۸° C-	۳۰° C-	۱۸° C-	۳۰° C-	۱۸° C-	۳۰° C-	۱۸° C-
رطوبت	۷۷/٦۰^{aB}	۷۷/٦٦^{a}	۷۷/۷۲۷^{B}	۷۷/۵۰^{ab}	۷۸/۱۸^{A*}	۷٦/۹۹^{c}	۷۷/۲۵^{C}	۷۷/۳۸^{b}	۷۷/٦٦^{B}
چربی کل	۴/۳۰^{aA}	۳/۵۵^{b}	۳/٦۸^{B}	۳/۷۳^{b}	۳/۳۱^{C*}	۳/۲۲^{c}	۲/۹۵^{D*}	۳/۱۸^{c}	۳/۰۸^{D}
فسفو لیپید تام	۲۸/۳۷^{aA}	۲۵/۸۴^{b}	۲۵/۳٤ ^{B*}	۲٤/۷۶^{c}	۲۳/٤۳^{C*}	۲۳/۱۲^{d}	۲۱/۷۶^{D*}	۲۲/٤۳^{d}	۲۰/۹٤^{D*}
چربی خنثی	۷۱/٦۳^{dD}	۷٤/۱٦^{c}	۷٤/۷۵^{C*}	۷۵/۲٤^{b}	۷٦/۵۷^{B*}	۷٦/۸۸^{a}	۷۸/۲٤^{A*}	۷۷/۵۷^{a}	۷۹/۰٦^{A*}
عدد پراکسید	۰/۹۰^{cD}	۲/۱۷^{c}	٦/٦۸^{C*}	۱۱/۰۳^{b}	۱۹/۳۱^{B*}	۲۱/۵٦^{a}	۳۸/۰۶^{A*}	۲۰/۱۳^{a}	۱۸/۷۲^{B}
اسیدهای چرب آزاد	۰/۳۵^{dC}	٦/۳۱^{c}	۸/٤۲^{B}*	۵/۸۶^{c}	۱۲/۳٦^{A*}	۷/۸۷^{b}	۱۱/۳۷^{A*}	۹/۰۲^{a}	۱۱/۲۷^{A*}
آهن هم	۱۰/۳۲^{aA}	۹/۸۲^{b}	۸/٦۸^{C*}	۸/٤۴^{d}	٦/٤۸^{D*}	۷/۸۳^{c}	۵/٦۸^{E*}	۹/۳۷^{b}	۷/۵۸^{C*}
اسید تیوباربیتوریک	۰/۱۳^{bB}	۰/۰۷^{c}	۰/۰۹^{C*}	۰/۱۹^{b}	۰/۱۶^{B*}	۰/۱۸۸^{a}	۰/۲۹^{A*}	۰/۱۹^{a}	۰/۱۱^{C*}

۱. حروف کوچک و متفاوت (d, c, b,a) بیانگر اختلاف معنی دار هر یک از شاخص‌ها در زمان‌های متفاوت نگه‌داری در دمای ۳۰° C- می‌باشد.

۲. حروف بزرگ و متفاوت (E, D, C, B, A) بیانگر اختلاف معنی دار هر یک از شاخص‌ها در زمان‌های متفاوت نگه‌داری در دمای ۱۸° C- می‌باشد.

*: بیانگر اختلاف معنی دار دو برودت (۱۸- و ۳۰° C-) در زمان‌های یکسان می‌باشد.

از بروز تندی و فساد در ابتدا و متعاقب آن این عدد در ادامه دوره نگه‌داری ماهی منجمد کاهش یافته است. کاهش عدد پراکسید علی‌رغم این که می‌دانیم اکسیداسیون به شدت ادامه پیدا کرده است به سبب تجزیه محصولات حاصل از اکسیداسیون بوده و به همین دلیل اندازه‌گیری TBA روش مناسب تری به شمار می‌رود(۵). نتایج مشابهی به هنگام نگه‌داری ماهی ساردین در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به دست آمد که مقادیر پراکسید پس از ۶ ماه دچار کاهش شد (۱۹) (جدول ۱).

روند صعودی مقادیر TBA در ماه‌های ۲ تا ۶ برای تیمار ۱۸- درجه سانتی‌گراد و از ۲ تا ۸ ماه برای تیمار ۳۰- درجه سانتی‌گراد منتج از پیشرفت اکسیداسیون چربی و ارتباط این شاخص با زمان و دمای نگه‌داری ماهی کیلکای آنچوی می‌باشد(جدول ۱). مقادیر TBA پس از ۶ ماه نگه‌داری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد کاهش معنی داری را نشان داد. به نظر می‌رسد علت این کاهش به واکنش احتمالی مالون دی آلدئید با انواع ترکیبات یا اجزای موجود در عضلات مرتبط باشد(۱۸) که در این حالت علی‌رغم افزایش فساد ماهی، مقادیر TBA دچار کاهش شده است(۲). برخی از متخصصین نیز دلایل کاهش TBA را پس از مدت زمان مشخص به واسطه واکنش تراکمی مالون دی آلدئید با اسیدهای آمینه ماهی، تشکیل ترکیبات اضافی کربونیل و یا واکنش مالون دی آلدئید با میوزین بیان نموده اند (۲۲).

هم‌بستگی دو شاخص PV و TBA که بیانگر ترتیب مقادیر محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی در دو دمای نگه‌داری هستند، بالا و معنی دار بوده و حاکی از ارتباط نزدیک این شاخص‌ها با هم می‌باشد(جدول ۲).

فعالیت هیدرولیتیک چربی به هنگام نگه‌داری ماهی‌های کیلکا در هر دو دما نیز مشاهده شد و مقدار آن در برودت ۱۸- درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۳۰- درجه سانتی‌گراد بود(جدول ۱). ضرایب هم‌بستگی اسیدهای چرب آزاد با سایر شاخص‌های فساد چربی ارتباط منفی بالا ومعنی داری را با مقادیر چربی کل، ترکیب PUFA وامگا-۳ و روابط مثبت بالا و معنی دار را با مقادیر پراکسید در هر دما نشان داد(جدول ۲).

کم بودن مقادیر اسیدهای چرب آزاد (FFA) در برودت ۳۰- درجه سانتی‌گراد نشان از اثرات حفاظتی دماهای پایین در تولید FFA (۳) و فعالیت کمتر آنزیمی(۵) دارد. غلظت تقریباً ثابت FFA در مراحل آخر نگه‌داری در برودت ۱۸- درجه سانتی‌گراد احتمالاً می‌تواند به دلیل کاهش مواد اولیه (سوبسترا) و یا افزایش سرعت اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد باشد(۱۲).

مطالعه درصد مقادیر فسفولیپید(Phospholipid= PL) و چربی خنثی (Neutral lipid= NL) موجود در چربی کل هر یک از مراحل اندازه‌گیری نشان داد که در هر دو دما با افزایش زمان نگه‌داری درصد فسفولیپید چربی ماهی کیلکا از یک روند نزولی و درصد چربی خنثی از یک روند صعودی پیروی می‌کند(جدول ۱). در مطالعه حاضر مقدار فسفولیپید ماهی کیلکای آنچوی تازه ۱۲۴۰ میلی گرم در۱۰۰ گرم عضله بود که پس از ۸ ماه نگه‌داری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به میزان ۲۶/۷ درصد و در دمای ۳۰- تا ۲۱/۵ درصد کاهش نشان داد. مطالعه مشابه نیز نشان داد که مقادیر فسفولیپید در هنگام نگه‌داری ماهی‌های منجمد کاهشی بین ۵۳-۱۷ درصد خواهد داشت(۲۰). در این گزارش بیان شده که طی یک دوره نگه‌داری ۳۲۰ روزه و در برودت ۲۰- درجه سانتی‌گراد، مقدار فسفولیپید ماهی آرین *A. indica* حدود ۳۵ درصد کاهش یافته است. کاهش فسفولیپید در هنگام نگه‌داری ماهی کیلکای آنچوی احتمالاً به واسطه آنزیم‌های لیپولیتیک داخلی و افزایش چربی خنثی و نیز ممکن است مربوط به افزایش اسیدهای چرب آزاد رها شده ناشی از تجزیه فسفولیپیدها در جریان نگه‌داری باشد(۱۵). هم‌چنین بالاتر بودن مقادیر نهایی فسفولیپید در نمونه‌های ماهی‌های نگه‌داری شده در برودت ۳۰- درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه‌های نگه‌داری شده در برودت ۱۸- درجه سانتی‌گراد نیز مؤید آن است که هیدرولیز آنزیمی فسفولیپید در دمای پایین، کمتر می‌باشد(۱۵).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

جد.ول۲. ضریب هم‌بستگی برخی از ترکیبات دو گانه شاخص‌های فساد چربی کیلکای آنچوی در دو دمای ۱۸°C- و ۳۰°C- و سطح معنی داری آنها

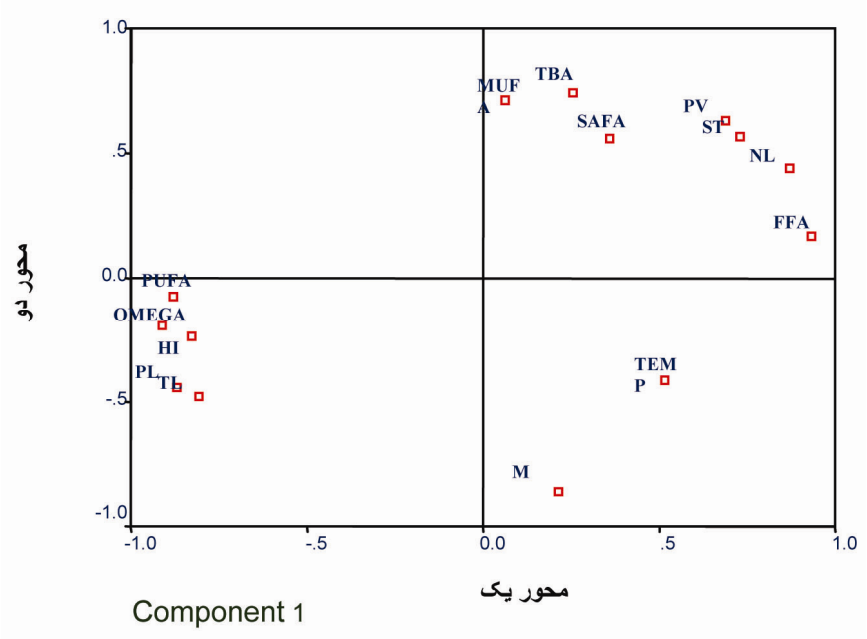
شاخص ها	چربی کل		عدد پراکسید		اسیدهای چرب آزاد		PUFA[1]		امگا-۳	
	-۳۰°C	-۱۸°C	-۳۰°C	-۱۸°C	-۳۰°C	-۱۸°C	-۳۰°C	-۱۸°C	-۳۰°C	-۱۸°C
چربی کل	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	-۰/۷۸۳	-۰/۸۷۹	-۰/۹۵۸	-۰/۹۲۲	۰/۷۶۹	۰/۷۰۷	۰/۸۰۶	۰/۸۰۲
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
عدد پراکسید			۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۷۷۵	۰/۷۲۵	-۰/۷۴۵	-۰/۳۸۱	-۰/۸۷۸	-۰/۵۱۰
			۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	/۱۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱
اسیدهای چرب آزاد					۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	-۰/۸۷۳	-۰/۷۲۴	-۰/۸۶۸	-۰/۷۸۷
					۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
PUFA*							۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۴۰	۰/۹۸۲
							۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
امگا-۳									۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
									۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

۱. اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع

جدول ۳. میانگین[1] ترکیب اسیدهای چرب ماهی کیلکای آنچوی تازه

اسید چرب	C14	C16	C16:1	C18	C18: 1	C18:2n-6	C18:3n-3	C20:1	C20: 4n-6	C20:5n-3	C22: 6n-3	SFA	MUFA	PUFA
میانگین(٪)	۲/۸۱	۲۰/۱۸	۳/٤٦	٤/۹۱	۱۹/٦۸	۳/۵۲	۱/٤۸	۱/۵۷	۱/۱۱	٦/۸۷	۲۷/۹۲	۲۷/۹۰	۲٤/۷۰	٤۲/۰٦

۱. میانگین ۳ تکرار



شکل ۱. تجزیه مؤلفه‌های اصلی کیفیت ماهی کیلکای آنچوی در دو برودت

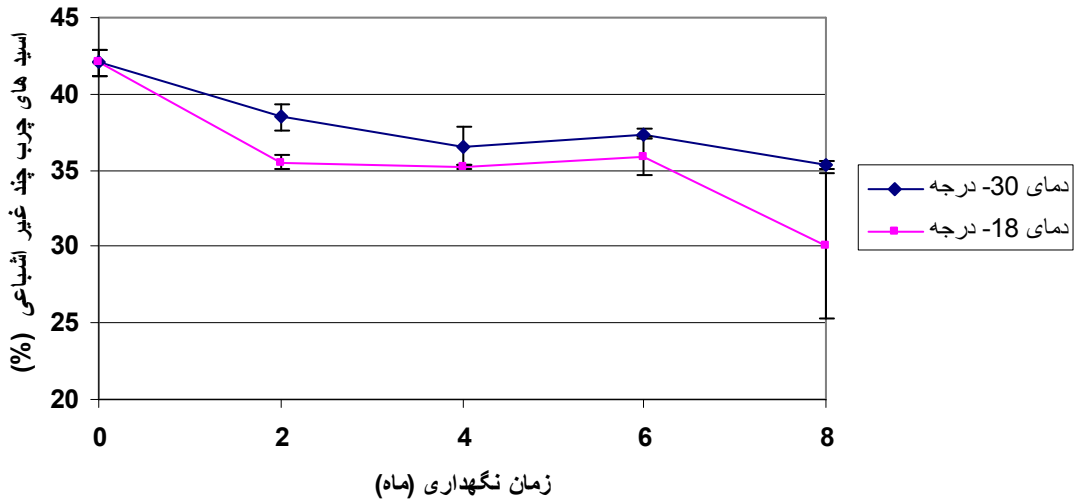
نمودارتجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که برخی از شاخص‌ها از جمله آهن هم (HI) با شاخص‌های مهمی مانند PUFA و امگا-۳ با همدیگر در محور فاکتور یک، گروه بندی شدند که بیانگر اهمیت این شاخص‌ها در معرفی فساد ماهی کیلکای آنچوی می‌باشد.

در هنگام نگه‌داری ماهی‌های کیلکا به‌صورت منجمد، میزان آهن هِم در نمونه‌های نگـه‌داری شـده در هـر دو دمـای مـورد آزمایش کاهش یافت. این کاهش در برودت ۳۰- و ۱۸- درجـه سانتی‌گراد بـه ترتیـب بـه میـزان ۱۰ و ۲۷ درصـد بـوده اسـت. تحقیقات نشان داده است که هر قدر از مقدار آهـن هِـم کاسـته شده و آهن غیرهِم افزایش یابد، فساد اکسیداسیونی چربـی نیـز افزایش می‌یابد (۱۴)، آهـن همـواره در محـصولات چـرب بـه عنوان یک پرواکسیدان قوی مطرح بوده است. آزمون مؤلفه‌های اصلی نیز این شاخص را با شاخص‌های مهمـی نظیـر ترکیبـات PUFA و امگا-۳ گروه بندی نمود (شکل ۱). نمودارهای تجزیه وتحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهند که آهن هِم با PUFA و امگا-۳ با همدیگر در محـور فـاکتور یـک گـروه‌بنـدی شـدند. بنابراین شاخص آهن هِم می‌تواند یکی از شاخص‌های مناسـب جهت معرفی فساد کیفی ماهی کیلکای آنچوی منجمد باشد.

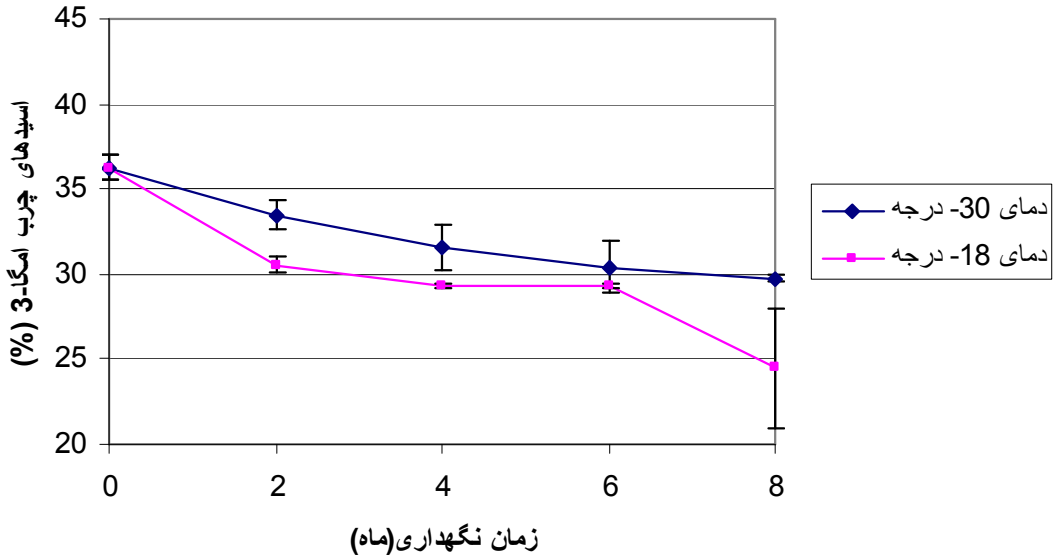
ترکیب اسیدهای چرب نمونه تازه کیلکا آنچـوی در جـدول ۳ آورده شد. مطابق این جدول مقادیر انـواع اسـیدهای چـرب، ماهی کیلکا به‌صـورت PUFA > (Saturated fatty acid)SFA > (Mono unsaturated fatty acid)MUFA بـوده و فراوانـی اسـیدهای چـرب آن بـه‌صـورت $C_{22}:6\omega_3 > C_{16}:0 > C_{18}:1$ می‌باشد. در مطالعه حاضـر کـاهش مقـادیر PUFA در بـرودت ۱۸- درجـه سـانتی گـراد بیـشتر از ۳۰- درجـه سـانتی گـراد بود(شکل ۲) و در هر دو دمای نگه‌داری ایـن تغییـر عمـدتاً بـه واسطه کاهش $C_{22}:6\omega_3$ است(شکل ۳). نتـایج مـشابهی نیـز از کاهش ترکیبات PUFA در مطالعه انجام شده بر روی ماهی‌های ماکرل و کپور نگه‌داری شده در دمای ۱۸ـ درجه سانتی‌گراد بـه دسـت آمـده اسـت (۹). مجمـوع دو اسـید چـرب مهـم (Docosahexaenoic acid) DHA ،(Eicosapentaenoic acid) EPA نمونه‌هـا پـس از پایـان دوره نگـه‌داری در بـرودت ۱۸- درجـه سانتی گراد بـا کـاهش ۳۲/۵ درصـد و در بـرودت ۳۰- درجـه سانتی گراد با کاهش ۲۱/۴ درصد مواجه شـدند. میـزان نـسبت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]



شکل۲. تغییرات اسیدهای چرب چند غیراشباعی ماهی کیلکای آنچوی در زمان‌ها و دماهای مختلف نگه‌داری



شکل۳. تغییرات اسیدهای چرب امگا-۳ ماهی کیلکای آنچوی در زمان‌ها و دماهای مختلف نگه‌داری

درصد مقادیر $C_{22}: 6\omega_3 + C_{20}: 5\omega_3$ به $C_{16}:0$ به عنوان یکی از شاخص‌های اندازه گیری اکسیداسیون چربی(۱۵) کاهش بیشتری را در برودت ۱۸- نسبت به ۳۰- نشان دادند. این نسبت از مقدار ۱/۷۲برای ماهی کیلکای آنچوی تازه به ترتیب به مقادیر ۱/۵۴ و ۱/۰۶ در نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ۳۰- و ۱۸- درجه سانتی گراد، کاهش یافت.

کاهش مقادیر ترکیبات PUFA، امگا-۳ و DHA با افزایش زمان نگه‌داری حاکی از فعالیت مکانیسم‌های اکسیداسیونی و آنزیمی در هنگام نگه‌داری ماهی‌ها در سردخانه می‌باشد و مقادیر کمتر FFA در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گرد نیز مؤید فعالیت کمتر آنزیمی در این دما در مقایسه با برودت ۱۸- درجه سانتی گراد می‌باشد. در این خصوص، یون و همکاران (۱۱)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

نشان دادند که جهت کاهش فعالیت آنزیمی و نگه‌داری طولانی‌تر ماهی‌ها در سردخانه نیاز به برودت کمتر از ۲۰- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای حفظ ترکیبات ارزشمند امگا-۳ و هم‌چنین ممانعت از فساد چربی ماهی ها، به ویژه برای مواقعی که نیاز به نگه‌داری طولانی‌تر باشد، استفاده از برودت ۳۰- درجه سانتی‌گراد ضروری بوده و این دما به شکل مؤثری اکسایش چربی ماهی را محدود می‌نماید.

منابع مورد استفاده

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th (ed.), Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Procedure 984. 25.
2. Aubourg, S. P., M. R. Manisilla and G. Sotelo. 1999. Differential lipid damage in various muscle zones of frozen hake *(Merluccius merluccius*) Z Lebensm Unters Forsch A. 208: 189-193.
3. Aubourg, S. P. and I. Medina. 1999. Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglifinus)* frozen storage. J. Sci. Food Agric. 79: 1943-1948.
4. Aubourg, S. P., C. G. Sotelo and R. Perez-Martin. 1998. Assessment of quality changes in frozen sardine (*Sadina pilcardus*) by fluorescence detection. JAOCS, 75: 575-580.
5. Ben-gigirey, B., J. M. De Sousa, T. G. Villa and J. Barros-velazquez. 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. J. Food Sci. 64: 20-24.
6. Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37: 911-917.
7. Clark, E. M., A. W. Mahoney and C. E. Carpenter. 1997. Heme and total iron in ready -to- eat chicken. J. Agric. Food Chem. 45: 124-126.
8. Cronin, D. A., R. Powell and R. Gormley. 1991. An examination of the (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid and status of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) Irish. J. Food Sci. Technol. 15: 53-62.
9. Dragoev, S. G. D.D. Kiosev, S. A. Danchev, N.I. Ionchev and N.S. Genv. 1998. Study on oxidative processes in frozen fish, Bulgarine. J. Agric. Sci. 4:55-65.
10. Egan, H., R. S. Krik and R. Sawyer. 1997. Pearson's Chemical Analysis of Foods. 9th ed., Longman Scientific and Technical, UK.
11. Eun, J. B., J. A. Boyle and J. O. Hearnsberger. 1994. Lipid peroxidant and chemical change in Catfish (*Ictalurus punctatus*) muscle microsoes during frozen storage. J. Food Sci. 59: 251-255.
12. Haard, N. F. 1992. Biochemical reaction in fish muscle during frozen storage, In: E. G. Bligh (Ed.), Seafood Science and Technology, Fishing News Books, Oxford, UK.
13. Hedges, N., R. Unilever and S. Harnbrook. 2001. Maintaining the Quality of Frozen Fish. *In*: Safety and Quality Issues in Fish Processing. Woodhead pubishing limited, Washington, DC.
14. Hoke, M. E., M. L. Jahncke, J. L. Silva, J. O. Hearnsberger, R. S., Chamul and O. Suriyaphan. 2000. Stability of washed frozen mince from canal catfish farms, J. Food Sci. 65: 1083-1086.
15. Jeong, B. Y., T. Oshima, C. Koizumi and Y. Kanou. 1990. Lipid deterioration and its inhibition of Japanese oyster (*Crasostrea gigas*) during frozen storage. Nippon Suisan Gakkaishi. 56 (12): 2083- 2091.
16. Joseph, J., C. George and P. A. Perigreen. 1989 Studies on minced fish storage and quality improvement. J. Marine Biologic. Assoc. India 31: 247- 251.
17. Mackie, I. M. 1993. The effect of freezing on flesh proteins. Food Rev Int. 9: 575-610.
18. Namulema, A., J. H. Muyonga and A. N. Kaaya. 1999 Quality deterioration in frozen Nile perch (Lates niloticus) stored at –13 and –27°C. Food Res. Int. 32: 151-156
19. Pacheco-Aguilar R., M. E. Lugo-Sachez and R. Robles-Burgueno. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. J. Food Sci. 65: 40-47
20. Sanker, T. V. and M. R. Raghunath. 1995. Effect of pre-freezing iced storage on the lipid fraction of *Ariomma indica* during frozen storage. Fishery Technol. 32(2) 88-92.
21. Seewald, M. and H. Eichinger. 1989. Seperation of major phospholipid classes by high- performance liqiud chromatography and subsequent analysis of phospholipid-bound fatty acid using gas chromatography. J. Chrom. 469: 271- 280.
22. Silva, J. L. and G. R. Ammerman. 1993. Composition, lipid change, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage. J. Applied Aqua 2 (2) 39-49.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]

23. Sotelo, C. G. and H. Rehbein. 2000. TMAO Degrading Enzymes. PP: 167-190. *In*: N. F. Haard and B. K. Simoson (Eds.), Seafood Enzymes. Marcle Dekker, New York.
24. Tall, J. and P. Harris. 1995. Rancidity in frozen fish. *In*: R. J. Hamilton (Ed.), Fish Oil Technology Nutrition and Marketing. Sharnbrook Pub., Uk.
25. Vidya Sager Reddy, G. and L. N. Sriker. 1996. Effect of preprocess ice storage on the lipid change of Japanese threadfin bream *(Nimepterus japonicas*) mince during frozen storage. Asian Fish Sci. 9: 109-114.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.33.9]