ارزیابی مشخصات روغن حاصل از فراورده‌های جانبی ماهی پیش تیمار شده در شرایط گوناگون

حامد حسینی[1]، محمد قربانی[2*]، علیرضا صادقی ماهونک[2]، سید مهدی جعفری[2]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ٩٤/٠٧/١٤ تاریخ پذیرش: ٩٤/٠٨/٣٠)

چکیده

شرایط مختلف شامل دماهای ٦٥ و ٨٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ و ۱۵ دقیقه، حمام فراصوت به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه و پروب فراصوت به مدت ۱۰ دقیقه جهت پیش تیمار سر ماهی سرگنده پرورشی، سر ماهی کپور آب شور و ماهی کیلکا آب شور استفاده شد. به منظور تعیین میزان ارزش غذایی روغن هر یک از نمونه‌های اولیه، ترکیب اسید چرب آنها تعیین گردید. همچنین، آزمایش‌های مختلف شامل بازدهی روغن، عدد یدی، عدد پراکسید، جذب فرابنفش در طول موج‌های ۲۳۳ و ۲٦٨ نانومتر روی روغن حاصل از تیمارهای مختلف انجام گرفت. از نظر مقدار اسیدهای چرب ضروری، روغن کیلکا به عنوان غنی‌ترین ($p<۰/۰۵$) نمونه تعیین شد. بیشترین ($p<۰/۰۵$) بازدهی روغن و عدد یدی برای نمونه‌های پیش تیمار شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و پیش تیمار شده با پروب فراصوت حاصل شدند. بالاترین مقادیر ($p<۰/۰۵$) عدد پراکسید، عدد دی‌ان مزدوج و عدد تری‌ان مزدوج برای نمونه‌های پیش تیمار حرارتی به ویژه نمونه‌های پیش تیمار شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. مشخص شد انرژی فراصوت با توجه به اثر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بر بازدهی و عدد یدی روغن حاصل و عدم تغییر معنی‌دار شاخص‌های اکسایش بررسی شده نسبت به نمونه‌های شاهد، روش مناسبی برای بهبود شرایط استخراج روغن ماهی به روش مرسوم است که طی آن تنها از دمای بالا (حدود ۹۵ درجه سانتی-گراد) و زمان طولانی (معمولا یک ساعت) استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان از این انرژی جهت پیش تیمار مواد مصرفی و کاهش دما و زمان فرایند استفاده نمود.

کلید واژگان: روغن ماهی، پیش تیمارهای حرارتی و فراصوت، ترکیب اسید چرب، عدد یدی، وضعیت اکسایش

* مسئول مکاتبات: moghorbani@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

۱- مقدمه

ظهور کشاورزی در حدود ٦۰۰۰ سال قبل از میلاد و عبور از جمع‌آوری مواد غذایی به سمت تولید محصولات غذایی موجب تغییرات بسیار مهمی در رژیم غذایی انسان گردید. اولین مصرف ماهی فرایند شده در حدود ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد توسط کروزر (۱۹۷٤) گزارش شد [۱]. امروزه مشخص شده است که احتمالا نقش ماهی در تامین ریز مغزی‌هایی مثل ویتامین‌های A و D، آهن، فسفر، منیزیوم، کلسیم، سلنیوم، ید و به ویژه اسیدهای چرب ضروری اهمیت بیشتری نسبت به مقدار انرژی و پروتئین آن دارد. اسیدهای چرب ضروری برای توسعه و ترمیم بافت‌های عروقی و عصبی مورد نیاز هستند [۱]. از مهمترین آن‌ها می‌توان به اسیدهای چرب خانواده امگا ۳ شامل اسید آلفا لینولنیک[1]، EPA[2] و DHA[3] اشاره نمود که برای سلامت انسان بسیار اهمیت دارند [۳]. به نقل از جامعه متخصصان شیمی روغن آمریکا[4] (AOCS، ۲۰۰۹)، گزارش اخیر سازمان ملل در سال ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که ارزش بازار اسیدهای چرب خانواده امگا ۳ بیش از ۱۳ بیلیون دلار بوده است که به تفکیک، ۱۸۰ میلیون دلار مواد خام پوشش دهی شده، ۱/۲ بیلیون دلار روغن‌ها و کنسانتره‌های تصفیه شده و پوشش‌دهی شده و ۱۳/۱ بیلیون دلار محصولات پوشش‌دهی شده را شامل می‌گردد. [٤].

با توجه به تاثیر عوامل مختلف بر پروفایل اسیدهای چرب روغن ماهی، نتایج متفاوتی توسط محققین برای ماهی‌های مشابه گزارش شده است. گاو و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات مقدار اسیدهای چرب EPA و DHA ماهی سرگنده[5] (*Aristichthys nobilis*) را از مرحله لارو تا ماه چهارم به ترتیب بین ٦/٤۲ تا ۷/۹۹ درصد و ۱٦/۰۹ تا ۷/۸٤ درصد گزارش نمودند. آنها عوامل مختلف شامل فصل پرورش ماهی، نوع پلانکتون‌های آب و دمای آب را در تغییر ترکیب اسید چرب آن موثر دانستند [۵]. با توجه به اهمیت تغذیه‌ای روغن ماهی، نحوه استخراج روغن ماهی و فرایندهای بعدی می‌توانند اثر مهمی بر میزان استخراج و مشخصات روغن داشته باشند. در ابتدا، روش استخراج دو مرحله‌ای شامل پختن اولیه و پرس، جهت استخراج روغن ماهی مورد استفاده قرار می‌گرفت. در ادامه روش‌های پرس حلزونی و پرس هیدرولیکی توسعه یافت. امروزه پرکاربردترین روش شامل پخت اولیه، پرس ماده پخته شده و صاف کردن یا سانتریفوژ به منظور جداسازی روغن از میسلا می‌باشد. اما این روش‌ها در مورد مواد حاوی روغن پایین مناسب نیستند. در سال‌های اخیر روش‌های جایگزین زیادی شامل کاربرد سیال فوق بحرانی، آنزیم‌های پروتئاز و امواج فراصوت جهت افزایش راندمان استخراج روغن مورد استفاده قرار گرفته است [٦].

نقش امواج فراصوت در بهبود استخراج مربوط به اثرات مکانیکی، حفره زایی و گرمایی است که منجر به تخریب دیواره سلولی، کاهش اندازه ذره و تشدید انتقال جرم در طول غشای سلولی می‌گردد. ترکیدن حباب‌ها باعث ایجاد اغتشاش خیلی ریز (micro-turbulence)، به هم خوردن ذرات فرار و اختلال در ذرات متخلخل ماده می‌شود که این تغییرات منجربه تسریع انتشار ادی (eddy) و داخلی می‌گردند [۷، ۸]. همچنین حفره‌زایی بر روی سطح ماده منجر به پوست اندازی سطحی، فرسایش و شکستن ذره می‌شود [۹]. افزایش بازدهی استخراج روغن در نتیجه کاربرد امواج فراصوت برای برگه‌های سویا [۱۰] و پودر بادام اوتوکلاو شده گزارش شده است [۱۱]. به طور کلی طی سال‌های گذشته امواج فراصوت (۲۱-۵۰ کیلوهرتز) جهت بهبود استخراج ترکیبات مختلف از جمله ترکیبات فنولی، آنتی اکسیدان‌ها، روغن‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، رنگدانه‌های طبیعی، همی سلولوزها، ساپونین‌ها و مواد دارویی استفاده شده است [۱۲]. کاربرد امواج فراصوت مضاعف همزمان در ۱۹ و ۲۵ کیلوهرتز به عنوان یک روش کارآمد در کاهش زمان استخراج روغن (بیش از ۱۰ برابر) از سویا و جلبک دریایی و افزایش بازدهی به میزان ۵۰-۵۰۰ درصد گزارش شد [۱۳].

در تبیین اهداف این پژوهش می‌توان به این موضوع اشاره نمود که طی فرایند تولید کنسرو ماهی از یک مرحله پیش پخت قبل از پاک کردن ماهی استفاده می‌شود و معمولا عمل سر زنی قبل از مرحله پیش پخت به منظور کاهش انرژی مصرفی در این مرحله انجام می‌گیرد. بنابراین فراورده جانبی تولید شده به عنوان منبع تولید روغن ماهی قابل استفاده می‌باشد [۱٤]. علاوه بر این در واحدهای تولید پودر ماهی، پساب خروجی پخت ماهی در مخازنی جمع آوری می‌شود سپس فاز روغنی از فاز آبی جدا شده و به عنوان یک فراورده جانبی با

1. α-linolenic acid
2. Eicosapentaenoic acid, 20:5
3. Docosahexaenoic acid, 22:6
4. American Oil Chemist's Society
5. Big head

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

مصارف غیر انسانی عرضه می‌گردد. در مطالعه حاضر سعی شده تا با تعیین محتوای اسیدهای چرب ضروری و بررسی شرایط مختلف استخراج روغن از فراورده‌های جانبی مشاهده شده در برخی واحدهای تولیدی شمال ایران، به یک شرایط بهینه جهت تامین بازدهی بالاتر روغن ماهی با غیر اشباعیت بالاتر و وضعیت اکسایش مناسب‌تر دست یابیم.

۲- مواد و روش ها

۲- ۱- مواد

سر ماهی سرگنده (*Aristichthys nobilis*) پرورشی از بازار محلی در شهر گرگان در فصل تابستان (تیر ماه)، سر ماهی کپور (*Hypophthalmichtys molitrix*) آب شور از بازار محلی در شهر ساری (فصل تابستان، تیر ماه) و ماهی کیلکا (*Clupeonella delicatula*) از اسکله صیادی شهر بابلسر (فصل تابستان، شهریور ماه) تهیه شدند و کلیه نمونه‌ها در زمان کوتاه (۰/۵ تا ٤/۵ ساعت) در ظروف دارای عایق حرارتی حاوی یخ به آزمایشگاه تجزیه مواد غذایی (گرگان، ایران) منتقل شدند. آبشش سر ماهی‌های سرگنده و کپور قبل از حمل و نقل جدا گردید و در آزمایشگاه پس از شستشوی کافی تا زمان شروع آزمایش (۱ تا دو روز بعد) در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. با توجه به این که هیچ بخشی از ماهی کیلکا قبل از فرایند در کارخانه‌های پودر ماهی جدا نمی‌شود، در پژوهش حاضر نیز ماهی کیلکا به طور کامل مورد استفاده قرار گرفت. معرف هانوس، یدید پتاسیم و حلال‌های مورد استفاده از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند.

۲- ۲- آماده سازی نمونه ها

در هنگام استفاده، نمونه‌ها از فریزر (۲۰- درجه سانتی‌گراد) خارج شده و داخل پلاستیک‌های غیر قابل نفوذ به آب در ظروف حاوی آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در این شرایط نمونه‌ها در مدت حدود یک ساعت رفع انجماد شدند و سپس توسط خرد کن صنعتی (ایران) خرد شده و دو بار توسط چرخ گوشت (Kenwood AT950A، انگلستان) با سرعت متوسط به خمیر همگن تبدیل شدند. خمیر حاصل توسط مخلوط کن به نسبت دو به یک با آب مخلوط شد [۱۵]. ابتدا خمیر ماهی بدون انجام هرگونه پیش تیمار به عنوان نمونه شاهد مورد استفاده قرار گرفت. پیش تیمارهای حرارتی در دو دمای ٦٥ و ٨٥ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های ۵ و ۱۵ دقیقه با استفاده از حمام بخار (Memmert WNB22، آلمان) اعمال گردید. به منظور پیش تیمار فراصوت از دو دستگاه فراصوت شامل حمام فراصوت (Parsonic2600s- ۲۸ کیلو هرتز- ۵۰ وات، ایران) به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه و پروب فراصوت (ایران، ٢٤ کیلو هرتز ۱۵۰ وات) به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. طی عملیات فراصوت، پروب فراصوت در زمان‌های استراحت دستگاه داخل ظرف نمونه جابجا شد. محدوده تغییر دما طی کاربرد حمام فراصوت و پروب فراصوت به ترتیب ۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد (دماسنج دیجیتال دارای سنسور سیار که صحت آن توسط دماسنج جیوه‌ای شاهد شد) و ۸ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد (نمایش دما توسط سنسور دستگاه پروب فرا صوت) تعیین شد. بعد از هر پیش تیمار، نمونه‌ها در ۷۵۰۰ g به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ (Hanil Combi 514R، کره جنوبی) شدند. در ادامه بخش فوقانی مایع (روغن و بخش آبی) به دکانتور منتقل شده و دو فاز آب و روغن از هم جدا شدند [۱۵]. روغن جدا شده جهت حذف فلزات و ترکیبات رنگی با ذغال فعال (Merck، آلمان) به میزان ٤ درصد (وزنی/وزنی) وزن روغن برای یک ساعت در دمای محیط و تاریکی مخلوط شد و حذف ذغال و ناخالصی‌های جذب شده توسط سانتریفوژ در ۱۵۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت [١٦]. روغن تصفیه شده تا زمان انجام آزمایش‌های شیمیایی بیشتر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تحت گاز ازت (خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد، ایران) نگهداری شد.

۲- ۳- تعیین بازدهی روغن

بازدهی به عنوان درصد روغن جدا شده از نمونه‌های پیش تیمار شده و شاهد (نمونه‌ای که قبل از استخراج چربی هیچ پیش تیماری بر روی آن اعمال نشد) بیان گردید و با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد [۱۷]. قابل ذکر است با توجه به قیمت گذاری ماهی در واحد های فراورش و عرضه نسبت به وزن مرطوب، در این روش نیز مقایسه‌ها بر اساس وزن مرطوب و بدون در نظر گرفتن مقدار ماده خشک انجام گرفت.

(معادله ۱) ۱۰۰ × (وزن نمونه سر ماهی پیش تیمار شده / وزن روغن خام) = درصد بازدهی روغن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

۲-٤- ترکیب اسید چرب

ترکیب اسید چرب روغن حاصل از نمونه‌های شاهد (استخراج مطابق روش توصیف شده بالا) مطابق روش استاندارد ملی ایران (شماره استاندارد٤٠٩٠) به استر متیل تبدیل شد [۱۸]. استر متیل اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (6100 YoungLin، کره جنوبی) مجهز به ستون موئینه (SGE BPX70: 60m, 0.25mm×0.25µm) و آشکار ساز نوع یونیزاسیون شعله‌ای (Flame Ionization Detector) در حضور مقادیر معلوم از استانداردهای اسید چرب، شناسایی و مقدار آن‌ها بر اساس درصد تعیین گردید. دمای تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکار ساز ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. برنامه دمایی آون شامل مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی-گراد، تغییر به ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی-گراد بر دقیقه و نگهداری در این دما به مدت ۲۰ دقیقه بود. همچنین از گاز هیدروژن به عنوان گاز حامل و جهت تزریق نمونه از اسپلیت با نسبت ۱:۸۰ استفاده شد.

۲-۵- مشخصات شیمیایی روغن

عدد یدی روغن حاصل از تمام تیمارها به روش تیترسنجی با تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال و معرف ۲۰ درصد هانوس مطابق روش AOCS (Cd 25-1، ۱۹۹۳) تعیین گردید. عدد پراکسید به روش تیترسنجی با استفاده از اسید استیک و کلروفرم با نسبت ۳ به ۲ به عنوان حلال و در حضور محلول ۰/۰۱ نرمال تیوسولفات سدیم مطابق روش استاندارد AOCS (Cd 8-53، ۲۰۰۳) تعیین شد [۱۹]. اعداد دی و تری‌ان مزدوج نمونه‌ها براساس روش IUPAC (۱۹۸۷) توسط طیف سنج نوری[1] (PG Instruments, T80 UV/VIS، انگلستان) در محدوده جذب فرابنفش، به ترتیب با طول موج-های ۲۳۳ و ۲٦۸ نانومتر و با استفاده از ایزواکتان به عنوان حلال روغن تعیین گردید و نتایج توسط معادله ۲ تجزیه و تحلیل شد [۲۰].

$$E_{1cm} = A_\lambda / C_L \times l \quad (۲)$$

در حالیکه، E، شاخص دی و تری‌ان مزدوج (بدون واحد)؛ A_λ، جذب اندازه گیری شده در ۲۳۳ و ۲٦۸ نانومتر؛ C_L، غلظت محلول چربی بر حسب گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر و l، طول کوت بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

۲- ٦- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها در دو تکرار انجام شدند. نتایج آزمایش بر اساس طرح کامل فاکتوریل با استفاده از نرم افزارآماری (JMP 10، آمریکا) تجزیه و تحلیل شدند. اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون توکی تعیین گردید.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- ترکیب اسید چرب روغن استخراج شده از نمونه‌های ماهی

در جدول ۱ ترکیب اسید چرب روغن حاصل از نمونه‌های ماهی بدون پیش تیمار ارائه شده است. بر اساس جدول ۱ میزان اسیدهای چرب غیر اشباع در تمام نمونه های مورد ارزیابی بیشتر از اسیدهای چرب اشباع تعیین شد. اسید پالمیتیک به عنوان بیشترین ($p<۰/۰۵$) اسید چرب اشباع و اسید اولئیک به عنوان بیشترین ($p<۰/۰۵$) اسید چرب غیر اشباع برای تمام نمونه‌ها مشخص شد (به جزء روغن کیلکا که مقدار اسید اولئیک و DHA آن تقریبا مشابه شد).

از نظر مقایسه مقدار اسیدهای چرب خانواد امگا-۳ در بین نمونه‌های ارزیابی شده، روغن کیلکا با مقدار ۳۸/٤۳ درصد به عنوان غنی‌ترین روغن ($p<۰/۰۵$) تعیین گردید و مقدار این اسیدهای چرب در روغن استخراج شده از سر ماهی کپور برابر ۵/۹۷ درصد به عنوان کمترین مقدار ($p<۰/۰۵$) اندازه‌گیری شد. همچنین، روغن حاصل از کپور در مقایسه با سایر نمونه‌ها فاقد اسیدهای چرب ۸:۰، ۱۰:۰، ۲۰:٤، ۲۲:۱ و ۲٤:۱ مشاهده شد که در توافق با نتایج واجکویچ و همکاران (۱۹۹۹) می‌باشد [۲۱]. واجکویچ و همکاران (۱۹۹۹) مقدار اسیدهای چرب اشباع روغن ماهی کپور نقره‌ای را به‌طور معنی‌داری بالاتر از روغن ماهی سرگنده گزارش کردند. آن‌ها اسید اولئیک را (۳۲/۲ درصد در کپور نقره‌ای و ۳۵ درصد در سرگنده) به عنوان اسید چرب غالب در هر دو نمونه تعیین نمودند که در توافق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. همچنین، مقدار اسید-های چرب امگا ۳ روغن ماهی کپور نقره‌ای و سرگنده را به ترتیب ۱۵/۷ (شامل ۳/۵ درصد EPA و ۳/۵ درصد DHA)

1. Spectrophotometer

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

و ١٤/٤ (شامل ٣/١ درصد EPA و ٣/٣ درصد DHA) درصد عنوان کردند [٢١]. ناصری و همکاران (٢٠١٣) مقدار اسیدهای چرب امگا ٣ و امگا ٦ ماهی کپور نقره‌ای (*H. molitrix*) صید شده از جنوب ایران را به ترتیب ٨/٩ و ٦/١ درصد تعیین نمودند [٢٢].

Table 1 Fatty acid composition of oil from the samples

Fatty acids common name	%		
	Bighead head	**Kapour head**	**Kilka**
C8:0	0.01 [a]	-	0.01±0.01 [a]
C10:0	0.01 [a]	-	0.01 a
C12:0	0.22±0.01 [a]	0.05±0.01 [b]	0.03±0.01 [b]
C13:0	0.1±0.08 [a]	0.07±0.04 [a]	0.03±0.04 [a]
C14:0	3.29±0.05 [a]	1.74±0.41 [b]	1.08±0.016 [b]
C14:1	0.11±0.03 [a]	0.1±0.02 [a]	0.2±0.03 [a]
C15:0	1.02±0.21 [a]	0.41±0.06 [b]	0.12±0.06 [b]
C15:1	0.06 [b]	0.27±0.06 [a]	0.01 [b]
C16:0	17.99±0.6 [a]	18.07±0.6 [a]	13.14±0.08 [b]
C16:1	8.9±0.05 [a]	8.73±0.05 [a]	3.1±0.04 [b]
C17:0	1.07±0.37 [a]	0.79±0.12 [a]	1.21±0.25 [a]
C17:1	0.86±0.05 [a]	0.8±0.03 [a]	0.05±0.01 [b]
C18:0	3.12±0.25 [a]	3.54±0.06 [a]	3.94±0.19 [a]
C18:1 tr	1.13±0.01 [a]	0.16±0.03 [b]	0.1±0.04 [b]
C18:1	31.17±0.86 [b]	38.71±0.08 [a]	28.95±1.39 [b]
C18:2 tr	0.5±0.05 [a]	0.68±0.05 [a]	0.08±0.01 [b]
C18:2 ω6	8.75±0.03 [b]	11.79±0.04 [a]	1.37±0.01 [c]
C18:3 ω6	0.11±0.02 [b]	0.01 [c]	1.05±0.01 [a]
C18:3 ω3	3.99±0.05 [a]	2.11±0.01 [b]	0.54±0.01 [c]
C 20:0	0.3±0.04 [b]	0.56±0.02 [a]	0.44±0.04 [b]
C 20:1 ω6	1.27±0.01 [b]	1.62±0.03 [a]	0.29±0.01 [c]
C 20:4 ω6	-	-	0.34±0.01
C 22:0	0.63±0.01 [a]	0.57±0.04 [a]	0.57±0.06 [a]
C 22:1 ω3	0.44±0.04 [a]	-	0.61±0.03 [a]
C 20:5 (EPA)	3.48±0.03 [b]	1.41±0.01 [c]	7.74±0.04 [a]
C 24:0	0.14±0.02 [a]	0.07±0.42 [a]	0.01±0.02 [a]
C24:1 ω3	0.22±0.01 [b]	-	0.37±0.01 [a]
C 22:5 ω3	0.86±0.06 [b]	0.65±0.06 [b]	1.07±0.1 [a]
C 22:6 (DHA)	4.21±0.37 [b]	1.8±0.04 [b]	28.47±1.46 [a]
∑ud (unidentified fatty acids)	6.04	5.29	5.07
∑**SFA** (saturated fatty acid)	27.9±1.57 [a]	25.87±0.75 [a]	20.59±0.41 [b]
∑**MUFA** (Monounsaturated fatty acid**)**	44.16±0.96 [b]	50.39±0.19 [a]	33.68±1.32 [c]
∑**PUFA** (Polyunsaturated fatty acid **)**	21.9±0.37 [b]	18.45±0.04 [c]	40.66±1.37 [a]
ω6/ω3	0.14	0.39	0.05

Means with the same letters within the same rows are not significantly different (P < 0.05).

اختلاف نتایج آن‌ها با کار حاضر می‌تواند مربوط به محل پرورش ماهی باشد چرا که بر طبق گزارشات موجود، مقدار این اسیدهای چرب در ماهی‌های آب شور بیشتر از ماهی‌های آب شیرین می‌باشد [٣]. شی و همکاران (٢٠١٣) مقدار چربی، اسیدهای چرب EPA و DHA و مقدار کل اسیدهای چرب خانواده امگا ٣ روغن ماهی سرگنده پرورش یافته در دانشگاهی در چین را به ترتیب ١/٦٩، ٢/٠٨، ٢/٠١ و ٤/٦ درصد معرفی نمودند [٢٣]. در حالیکه در مطالعه حاضر مقدار اسیدهای چرب ذکر شده و مقدار کل اسیدهای چرب خانواده امگا ٣ سر ماهی سرگنده تقریبا دو برابر این مقدار تعیین گردید. علاوه بر عوامل محیطی و تغذیه‌ای موثر بر این اختلاف می‌توان به تفاوت ماده اولیه مورد استفاده نیز اشاره کرد، به طوریکه در کار حاضر تنها ترکیب اسید چرب سر ماهی سر-گنده مورد ارزیابی قرار گرفت. در رابطه با تاثیر شرایط محیطی بر ترکیب اسید چرب روغن ماهی، واجکویچ و همکاران (١٩٩٩) نشان دادند مقدار اسیدهای چرب خانواده امگا ٣ روغن ماهی کپور نقره‌ای و سرگنده در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز می‌باشند و این اختلاف را ناشی از دما و شرایط

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

تغذیه‌ای متفاوت در هر فصل معرفی نمودند [۲۱]. مغانجوقی و همکاران (۲۰۱۵) کیفیت روغن حاصل از ماهی کیلکا رشد یافته در غرب دریای خزر را در مراحل مختلف تصفیه مورد ارزیابی قرار دادند [۲٤]. آن‌ها عدد پراکسید (۷/٦٦ میلی اکی والان پراکسید بر کیلوگرم)، درصد اسیدهای چرب آزاد (۰/۸٦ درصد بر حسب اسید اولئیک)، مقادیر EPA (۵/۲ درصد)، DHA (۱۰/۸ درصد)، مجموع اسیدهای چرب اشباع (۳۳/۱٦ درصد)، تک غیر اشباع (٤۲/۸۳ درصد) و چند غیر اشباعی (۲۱/۸٤ درصد) و همینطور مجموع اسیدهای چرب خانواد امگا۳ (۱۸/۷٤ درصد) روغن خام استخراج شده از ماهی کیلکا را تعیین نمودند. اختلاف نتایج کار مشابه با مطالعه حاضر را می‌توان ناشی از نحوه نگهداری روغن استخراج شده در کار قبلی (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد) و عوامل محیطی موثر بر ترکیب اسید چرب ماهی و حتی دقت و شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده در هر دو مطالعه دانست. البته با توجه به عدد پراکسید بالای گزارش شده در کار قبلی می‌توان استنباط کرد که مقدار کمتر اسیدهای چرب چند غیر اشباعی نسبت به نتایج ما، بیشتر ناشی از نحوه‌ی تهیه و نگهداری روغن خام مورد استفاده آن‌ها بوده است. هر دو گروه اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ و امگا-٦ برای بدن انسان ضروری هستند اما امکان تبدیل آن‌ها در بدن انسان به یکدیگر وجود ندارد [۲۵]. بر طبق جدول ۱ نسبت اسیدهای چرب خانواده امگا-٦ به امگا-۳ برای تمام نمونه‌ها در محدوده بهینه توصیه شده سازمان سلامت جهانی (۵-۱۰) قرار نگرفت [۲٦].

۳- ۲- مشخصات شیمیایی روغن ماهی

در جدول ۲ بازده و عدد یدی روغن حاصل از سر ماهی‌های سرگنده و کپور و ماهی کیلکا در شرایط مختلف استخراج شامل دماها و زمان‌های متفاوت و کاربرد امواج فراصوت به دو شکل حمام فراصوت و پروب فراصوت ارائه شده است. با افزایش دمای پیش تیمار به ۸۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در مقدار بازدهی روغن استخراج شده از هر سه نوع ماهی سرگنده (۱/۹۸ درصد) و کپور (۵/۳۹ درصد) و ماهی کیلکا (۲/٦ درصد در ٦۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۵ دقیقه) نسبت به نمونه‌های شاهد (به ترتیب، ۱/٦۷، ٤/٤۷ و ۲/٤ درصد) مشاهده شد. حرارت دادن بافت ماهی باعث انعقاد پروتئین و جداسازی مکانیکی بخش جامد و مایع می‌گردد.

Table 2 Yields and iodine values (g I_2 for 100 g oil) of oil from the samples treated in different conditions

Iodine value (g I_2 for 100 g oil)			Yields			Treatment	
Kilka	Kapour head	Bighead head	Kilka	Kapour head	Bighead head		
136.46±0.16 d	99.25±0.57 c	121.99±0.14 d	2.4±0.03 d	4.47±0.19 c	1.67±0.02 d	control	
136.05±0.3 d	101.5±0.49 bc	124.47±0.52 cd	2.44±0.06 d	4.58±0.05 bc	1.74±0.08 cd	5 min	65 °C
138.87±0.01 bc	100.87±0.79 bc	128.17±0.11 cd	2.6±0.03 c	4.67±0.23 bc	1.87 bcd	15 min	
139.55±0.43 bc	101.37±1.49 bc	129.03±0.22 bc	2.79±0.02 b	5.39±0.13 ab	1.98±0.06 abc	5 min	85 °C
143.01±0.02 a	105.46±1.09 a	140.85±4.09 a	2.92±0.03 a	5.73±0.3 a	2.04±0.01 ab	15 min	
138.17±0.2 c	99.42±0.83 c	123.55±0.65 cd	2.43±0.04 d	5.02±0.23 abc	1.85±0.03 bcd	15 min	Ultrasonic bath
139.91±0.89 b	103.17±3.04 ab	127.97±1.23 cd	2.71±0.01 bc	5.05±0.13 abs	2.03±0.13 ab	30 min	
141.59±0.45 a	104.76±0.64 a	135.55±7.16 ab	2.78±0.03 b	5.72±0.4 a	2.14±0.01 a	10 min	Ultrasonic probe
0.001	0.013	0.003	0.001	0.003	0.001		p-value

Means with the same letters within the same columns are not significantly different ($P < 0.05$).

علاوه براین، متلاشی شدن سلول‌های حاوی چربی تحت تاثیر گرما منجربه رها شدن روغن به فاز مایع می‌شود [۲۷]. از طرف دیگر کاربرد امواج فراصوت به ویژه پروب فراصوت، باعث افزایش بازدهی استخراج روغن مشابه نمونه‌های پیش تیمار حرارتی گردید که نشان دهنده نقش مشابه این امواج در تخریب سلول‌ها و آزادسازی بیشتر روغن از بافت نمونه می-باشد. امواج فراصوت از طریق کاهش فشار موئینگی، کاهش چسبندگی بین سطوح و روغن و افزایش پیوستگی بین ملکول‌های روغن منجر به افزایش بازیابی روغن می‌گردد [۲۸].

یکی از استانداردهای تجاری معمول روغن ماهی عدد یدی است. عدد یدی اسید اولئیک، و EPA به ترتیب، برابر ۹۰ و ٤۲۰ است و عدد یدی متفاوت روغن‌ها مربوط به ترکیب متفاوت اسیدهای چرب تشکیل دهنده آن‌ها می باشد. بنابراین روغن‌های دارای اسیدهای چرب غیر اشباع بالاتر، عدد یدی بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های حاوی اسید چرب غیر اشباع پایین‌تر نشان می‌دهند [۲۷].

در مطالعه حاضر، عدد یدی روغن استخراج شده از سر ماهی سرگنده، سر ماهی کپور و ماهی کیلکا در شرایط بدون پیش تیمار به ترتیب ۱۲۱/۹۹، ۹۹/۲۵ و ۱۳٦/٤٦۲ گرم ید بر ۱۰۰

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

گرم روغن تعیین شد. بیمبو (۱۹۹۸) عدد یدی روغن حاصل از ماهی‌های مختلف تجاری در سطح جهان را بین ۹۵ تا ۲۰۰ گزارش نمود و بر اساس نتایج او، اختلاف حد بالا و پایین تغییر عدد یدی روغن‌های ماهی معمول تجاری بین ۲۰ تا ٦٥ واحد تعیین شد [۲۹]. بر اساس جدول ۲ عدد یدی برای روغن حاصل از نمونه‌های پیش تیمار شده با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و پیش تیمار شده با حمام فراصوت به مدت ۳۰ دقیقه و پروب فراصوت به طور معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بالاتر از نمونه شاهد گردید. علاوه براین نتایج نسبتا مشابهی در مقایسه نمونه‌های ذکر شده با سایر پیش تیمارها مشاهده شد که نشان دهنده تاثیر مثبت افزایش دما و زمان حرارت دهی در افزایش عدد یدی روغن حاصل و اهمیت کاربرد امواج فراصوت می‌باشد، در حالیکه می‌توان این امواج را در دمای پایین که اثر مخرب بر روی اسیدهای چرب حساس به حرارت ندارد استفاده نمود.

چانتاکوم و همکاران (۲۰۰۰) در یک مطالعه بر روی کیفیت و بازده روغن حاصل از سر ماهی تن پیش پخت شده (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای ٦٠ دقیقه) و غیر پیش پخت شده در شرایط متفاوت دما و زمان حرارت، افزایش بازده و عدد یدی روغن سر ماهی تن را با افزایش دما و زمان حرارت دهی مشاهده نمودند و کاربرد دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد برای ماهی‌های غیر پیش پخت شده را به عنوان شرایط بهینه معرفی نمودند. با این حال آن‌ها اذعان داشتند کاربرد دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به علت دناتوراسیون شدید و تشکیل ساختارهای بسته پروتئینی باعث کاهش بازده روغن می‌گردد. علاوه براین آن‌ها با افزایش دما تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش مقدار عدد یدی را مشاهده کردند و کاهش عدد یدی در نتیجه کاربرد دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد را تحت تاثیر اکسایش گزارش نمودند [۲۷].

در جدول ۳ مقادیر میانگین اعداد پراکسید و جذب فرابنفش روغن ماهی‌های مختلف در شرایط متفاوت پیش تیمار ارائه شده است. بر طبق نتایج تجزیه و تحلیل آماری (جدول ۳)، اثر پیش تیمارهای مورد استفاده بر کلیه شاخص‌های مورد ارزیابی معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) شد. در هر سه نمونه سرگنده ، کپور و کیلکا، پایین‌ترین عدد پراکسید برای نمونه‌های شاهد (به ترتیب، ۲/۳۹۲، ۰/۹۳ و ۱/۸۰۵ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) و نمونه‌های پیش تیمار شده با اموج فرا صوت و بالاترین اعداد پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم برای نمونه‌های پیش تیمار حرارتی به ویژه نمونه‌های حرارت دیده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه (سرگنده: ٤/٢٤٨، کپور: ۱/۹۷۹ و کیلکا: ۳/۲۱۱) تعیین شدند. لازم به ذکر است که عدد پراکسید تمام نمونه‌های ماهی مورد بررسی شامل شاهد و یا تیمار شده کمتر از مقدار توصیه شده (۳-۲۰ میلی اکی والان پراکسید بر کیلوگرم) برای روغن ماهی خوراکی گردید [۲۹، ۳۰].

Table 3 oxidative indices of oil from the fish treated in different conditions

CT (k_{268})			CD (k_{232})			PV (mEq O_2 / kg oil)			Treatment	
Kilka	Kapour head	Bighead head	Kilka	Kapour head	Bighead head	Kilka	Kapour head	Bighead head		
0.368 ^{e}	0.414 ^{e}	0.293 ^{d}	6.615 ^{c}	5.144 ^{e}	7.151 ^{d}	1.805 ^{c}	0.93 ^{c}	2.392 ^{b}	control	
0.434 ^{de}	0.491 ^{cd}	0.496 ^{b}	6.654 ^{c}	5.437 ^{cd}	7.358 ^{bcd}	1.8 ^{c}	1.205 ^{bc}	2.527 ^{b}	5 min	65 ^{o}C
0.482 ^{cd}	0.522 ^{c}	0.5 ^{b}	6.731 ^{bc}	5.546 ^{bc}	7.412 ^{bc}	1.815 ^{c}	1.329 ^{b}	2.607 ^{b}	15 min	
0.603 ^{b}	0.607 ^{b}	0.762 ^{a}	6.808 ^{ab}	5.74 ^{ab}	7.508 ^{b}	2.592 ^{b}	1.719 ^{a}	3.644 ^{ab}	5 min	85 ^{o}C
0.773 ^{a}	0.679 ^{a}	0.845 ^{a}	6.94 ^{a}	5.894 ^{a}	7.884 ^{a}	3.211 ^{a}	1.979 ^{a}	4.248 ^{a}	15 min	
0.445 ^{de}	0.442 ^{de}	0.503 ^{b}	6.725 ^{bc}	5.222 ^{de}	7.276 ^{bcd}	1.785 ^{c}	1.22 ^{bc}	2.78 ^{b}	15 min	Ultrasonic bath
0.476 ^{d}	0.418 ^{e}	0.429 ^{bc}	6.726 ^{bc}	5.291 ^{cde}	7.186 ^{cd}	1.827 ^{c}	1.002 ^{bc}	2.427 ^{b}	30 min	
0.566 ^{bc}	0.411 ^{e}	0.392 ^{c}	6.629 ^{c}	5.174 ^{de}	7.116 ^{d}	1.8 ^{c}	0.918 ^{c}	2.32 ^{b}	10 min	Ultrasonic probe
0.001	0.001	0.001	0.0002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004		p-value

Means with the same letters within the same columns are not significantly different ($P < 0.05$).

طی فرایند حرارتی ماهی، پروتئین‌های آن به ویژه میوگلوبین دناتوره شده و آهن موجود در ساختار آن آزاد می‌شود که نقش مهمی در افزایش اکسایش چربی ایفا می‌کند [۳۱]. این پدیده توسط چانتاکوم و همکاران (۲۰۰۰) طی حرارت دهی سر ماهی تن در دماهای ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درجه سانتی‌گراد برای زمان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه مشاهده شد. البته آن‌ها عدد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

پراکسید پایین‌تری برای نمونه‌های حرارت دیده در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده کردند که علت آن را تجزیه هیدروپراکسیدها در دمای بالا عنوان نمودند [۲۷].

روش دی‌ان مزدوج نسبت به تعیین شاخص پراکسید سریع‌تر، ساده‌تر، مستقل از واکنش‌های شیمیائی یا توسعه رنگ بوده و به مقدار نمونه کمتری نیاز دارد [۳۲]. محققین مختلف همبستگی بین میزان دی‌ان‌های مزدوج و هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در طی نگهداری نمونه‌های متفاوت در شرایط مختلف را گزارش نمودند [۳۳، ۳٤]. به‌طور کلی تشکیل پراکسیدها هم زمان با تشکیل باندهای دوگانه مزدوج در اسید-های چرب چند غیر اشباعی می‌باشد که می‌تواند با استفاده از قابلیت جذب ویژه دی‌ان‌های مزدوج و تری‌ان‌های مزدوج در طیف فرابنفش اندازه‌گیری شود [۳۵]. جذب فرابنفش در ۲٦۸ نانومتر به عنوان معیاری از تری‌ان‌های مزدوج و محصولات ثانویه اکسایش همانند کتو دی‌ان‌ها و دی‌انال‌های مزدوج می-باشد [۳٦].

در مقایسه با نمونه‌های شاهد، عدد دی‌ان مزدوج روغن حاصل از ماهی‌های پیش تیمار شده با امواج فراصوت افزایش معنی-داری ($p<۰/۰۵$) نشان ندادند، درحالیکه نمونه‌های پیش تیمار حرارتی به ویژه نمونه‌های حرارت دیده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) برای تشکیل دی‌ان‌های مزدوج نشان دادند. علاوه براین نتایج مشابهی برای اعداد تری‌ان مزدوج نمونه‌ها حاصل گردید، با این تفاوت که اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین عدد تری‌ان مزدوج نمونه‌های پیش تیمار شده در ٦۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد نیز مشاهده شد. در توجیه این موضوع باید اشاره کرد که برای تولید تری و دی‌ان‌های مزدوج، به ترتیب وجود اسیدهای چرب با ۳ و ۲ باند دوگانه ضرورت دارد و مشخص شده که سرعت واکنش اکسایش با افزایش تعداد باندهای غیر اشباع زیاد می‌شود [۳۷]. بنابراین با توجه به سرعت اکسایش بیشتر اسیدهای چرب با بیش از سه باند دوگانه نسبت به انواع دارای تعداد باند دوگانه پایین‌تر، می‌توان انتظار داشت اعداد تری‌ان مزدوج طی ارزیابی وضعیت اکسایش نمونه‌های تیمار شده در شرایط مختلف، تغییرات معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بیشتری نسبت به اعداد دی‌ان مزدوج نشان دهند (جدول ۳).

٤- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد روغن ماهی کیلکا در بین نمونه‌های مورد بررسی دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای از اسیدهای چرب ضروری بوده و می‌تواند به عنوان منبع تامین این ترکیبات برای بدن انسان مورد استفاده قرار بگیرد. بیشترین بازدهی روغن و عدد یدی برای نمونه‌های پیش تیمار شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و پیش تیمار شده با پروب فراصوت حاصل شدند. بالاترین مقادیر عدد پراکسید، عدد دی‌ان مزدوج و عدد تری‌ان مزدوج برای نمونه‌های پیش تیمار حرارتی به ویژه نمونه‌های پیش تیمار شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد، در حالیکه تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین شاخص‌های اکسایش روغن حاصل از سایر نمونه‌ها شامل شاهد و انواع پیش تیمار شده با امواج فراصوت مشاهده نشد. انرژی فراصوت با توجه به اثر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بر بازدهی و عدد یدی روغن حاصل و عدم تغییر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) شاخص‌های اکسایش بررسی شده، روش مناسبی برای بهبود استخراج روغن به روش مرسوم است که طی آن از دمای بالا (حدود ۹۵ درجه سانتی گراد) و زمان طولانی (معمولا یک ساعت) استفاده می‌شود و می‌تواند افت تغذیه‌ای ناشی از تخریب حرارتی اسیدهای چرب ضروری موجود در روغن ماهی را تعدیل نماید. از آنجائیکه در روش مرسوم صنعتی انجام پخت به منظور ارتقای ایمنی محصول و خروج روغن ضرورت دارد، می‌توان از انرژی فراصوت به عنوان یک پیش تیمار جهت تعدیل زمان و دمای اعمال شده استفاده نمود که منجربه حفظ مقادیر بیشتری از اسیدهای چرب ضروری در فرآورده جانبی می‌گردد.

۵- منابع

[1] Kreuzer, R. 1974. Fish and its place in culture. In: Kreuzer R, (Ed.) Fishery products. Fishing News Ltd. by arrangement with FAO, 462p.

[2] Valdimarsson, G. and James, D. 2001. World fisheries-utilisation of catches. Ocean and Coastal Management, 44: 619-633.

[3] Hearn, T. L., Sgoutas, S. A., Hearn, J. A. and Sgoutas, D. S. 1987. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. Journal of Food Science, 52: 1209–1211.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

[4] Bimbo, A. P. 2009. Raw material sources for the long-chain omega-3 market: Trends and sustainability. Part 2. http://www.aocs.org/Membership/informArticleDetail.cfm?ItemNumber=1085 (Accessed September 2015).

[5] Guo, G., Dong, S., Zhao, W. and Chen, W. 2008. Fatty acid composition of plankton and bighead carp (*aristichthys nobilis*) in freshwater ponds. CLEAN – Soil, Air, Water, 36(2): 209-215.

[6] Rubio-Rodriguez, N., Beltran, S. Jaime, I., De Diego, S. M., Sanz, M. T. and Carballido, J. R. 2010. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11(1): 1-12.

[7] Jadhav, D., Rekha, B. N., Gogate, P. R. and Rathod, V. K. 2009. Extraction of vanillin from vanilla pods: a comparison study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction. Journal of Food Engineering, 93: 421–426.

[8] Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. and Bates, D. 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—a review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9: 161–169.

[9] Paniwnyk, L. Cai, H., Albu, S., Mason, T. J. and Cole, R. 2009. The enhancement and scale up of the extraction of antioxidants from Rosmarinus officinalis using ultrasound. Ultrasonics Sonochemistry, 16: 287–292.

[10] Li, H., Pordesimo, L. and Weiss, J. 2004. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. Food Research International, 37: 731–738.

[11] Zhang, Q. A., Zhang, Z. Q., Yue, X. F., Fan, X. H., Li, T. and Chen, S. F. 2009. Response surface optimization of ultrasound-assisted oil extraction from autoclaved almond powder. Food Chemistry, 116: 513–518.

[12] Shirsath, S. R., Sonawane, S. H. and Gogate, P. R. 2012. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations- A review of current status. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 53: 10-23.

[13] Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M. and Cintas, P. 2008. Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves. Ultrasonics Sonochemistry, 15: 898–902.

[14] Chantachum, S., Benjakul, S. and Sriwirat, N. 2000. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. Food Chemistry, 69: 289–294.

[15] Sathivel, S. 2005. Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. Journal of Food Science, 70: 455-459

[16] Sathivel, S. and Prinyawiwatkul, W. 2004. Adsorption of FFA in crude catfish oil onto chitosan, activated carbon, and activated earth: a kinetics study. Journal of the American Oil Chemists' Society, 81: 493–496.

[17] Decker, E. A. and Xu, Z. 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. Food Technology, 52 (10): 54-59

[18] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). 2014. Animal and vegetable fats and oil preparation of methyl esters of fat acids (4090).

[19] American Oil Chemists' Society. 1993, 1998, 2003. Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society, Champaign.

[20] IUPAC. 1987. Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry, Method 2.505. In: C. Paquot and A. Hautfenne, (Eds.), Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. Palo Alto, California, Blackwell Scientific, pp. 212–213.

[21] Vujkovic, G., Karlovic, D., Vujkovic, I., Vorosbaranyi, I. and Jovanovic, B. 1999. Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. Journal of the American Oil Chemists' Society, 76(4): 475-480.

[22] Naseri, M., Abedi, E. Mohammadzadeh, B. and Afsharnaderi, A. 2013. Effect of frying in different culinary fats on the fatty acid composition of silver carp. Food Science and Nutrition 1(4): 292-297.

[23] Shi, P.-S., Wang, Q., Zhu, Y.-T., Gu, Q.-H. and Xiong, B.-X. 2013. Comparative study on muscle nutritional composition of juvenile bighead carp (*Aristichthys nobilis*) and paddlefish (*Polyodon spathula*) fed live feed. Turkish Journal of Zoology, 37(3): 308-320.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

[24] Motalebi Moghanjoghi, A. A., Hashemi, G., Mizani, M., Gharachorloo, M. and Tavakoli, H. R. 2015. The effects of refining steps on Kilka (*Clupeonella delicatula*) fish oil quality. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(2): 382-392.

[25] Bornscheuer, U. T. 2000. Enzymes in lipid modification. Federal Republic of Germany, WILEY-VCH, Verlag GmbH and Co. KGaA, 435p.

[26] WHO/NIN. 2005. Dietary fats and non-communicable diseases. In: The report of WHO-NIN workshop on dietary fats and non-communicable diseases, National institute of nutrition (NIN), India

[27] Chantachum, S., Benjakul S. and Sriwirat N. 2000. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. Food Chemistry 69(3): 289-294.

[28] Hamida, T. and Babadagli, T. 2007. Analysis of capillary interaction and oil recovery under ultrasonic waves. Transport in Porous Media, 70(2): 231–255

[29] Bimbo, A. P. 1998. Guidelines for characterizing food grade fish oil. International Fishmeal and Oil Manufacturers Association, 9(5): 473-483.

[30] Crexi, V. T., Monte M. L., Soares L. A. d. S. and Pinto L. A. A. 2010. Production and refinement of oil from carp (*Cyprinus carpio*) viscera. Food Chemistry, 119(3): 945-950.

[31] Decker, E. A. and Xu, Z. 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. Food Technology, 52(10): 54-59.

[32] Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. and Sporns, P. 2005. Lipid oxidation stability. In: Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates. New Jersey, USA, John Wiley and Sons, pp. 513-547.

[33] Nepote, V., Olmedo, R. H., Mestrallet, M. G. and Grosso, N. R. 2009. A study of the relationships among consumer acceptance, oxidation chemical indicators, and sensory attributes in high-oleic and normal peanuts. Journal of Food Science, 74(1): 1-8.

[34] Rohman, A., Che Man, Y. B., Ismail, A. and Hashim, P. 2011. Monitoring the oxidative stability of virgin coconut oil during oven test using chemical indexes and FTIR spectroscopy. International Food Research Journal, 18: 303-310.

[35] Wanasundara, U. N., Shahidi, F. and Jablonski, C. 1995. Comparison of standard and NMR methodologies for assessment of oxidative stability of canola and soybean oils. Journal of Food Chemistry, 52(3): 249-253.

[36] Osterberg, K., Savage, G. P. and McNeil, D. L. 2001. Oxidative stability of walnuts during long term in shell storage. Journal of Acta Hort (ISHS), 544: 591-597.

[37] Parker, T. D., Adams, D. A., Zhou, K., Harris, M. and Yu, L. 2003. Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. Journal of Food Science, 68: 1240–3.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]

Evaluating properties of oils extracted from fish by-products pretreated in various conditions

Hosseini, H. [1], Ghorbani, M. [2*], Sadeghi Mahoonak, A. R. [2], Jafari, S. M. [2]

1. Ph. D. Student, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Associate Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

(Received: 2015/10/06 Accepted: 2015/11/21)

The Various condition including temperatures of 65 and 85^{o}C for 5 and 15 min, ultrasonic bath for 15 and 30 min moreover probe ultrasonic for 10 min were used to pretreat the heads of two fish including bighead (*ristichthys nobilis*) and silver carp (*Hypophthalmichtys molitrix*) and were also used to kilca fish (*Clupeonella delicatula*). Fatty acid composition each of the control samples was determined to evaluate their nutritional value. Also, the different experiments with determination of oil yield, iodine value (IV), peroxide value (PV), UV absorption in 233 and 268 nm were performed for the oil extracted from the samples pretreated at various condition. The kilca oil was more enriched for it high content of essential fatty acid compared with the other samples. The highest (P<0.05) amounts of oil yield and IV were obtained for the samples pretreated at 85^{o}C (15 min) moreover the samples pretreated with ultrasonic probe. Highest levels of PV and absorption in 233 and 268 nm were recorded for the thermal pretreated samples particularly those pretreated at 85^{o}C. With respect to the significant effect (P<0.05) of ultrasonic wave on oil yield and IV and it insignificant effect (P<0.05) on the samples oxidative indices, it is a suitable method to improve the typical extraction condition of fish oil, where high temperatures (about of 95^{o}C) and long times (about of 1 hours) were used. Therefore, this power can be used to pretreat the materials and thus to reduce the temperature and period of cocking step.

Keywords: Fish oil, Thermal and ultrasonic pretreatments, Fatty acid composition, Iodine value, Oxidation progress

[*] Corresponding Author E-Mail Address: : moghorbani@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-05]