مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثر نگهداری ضایعات قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر ترکیب اسید های چرب، اکسایش، و ارزش تغذیه ای روغن

سید احمد موسوی[۱]، مهدی نیکو*[۲]، علی حقی وایقان[۳]

۱-فارغ التحصیل کارشناسی ارشد فرآوری آبزیان، گروه پاتوبیولوژی و کنترل کیفی، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲-دانشیار گروه پاتوبیولوژی و کنترل کیفی، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳-استادیار گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۱۷

کلمات کلیدی:

ضایعات فرآوری ماهی،

نگهداری،

اسید های چرب،

اکسایش،

قزل آلای رنگین کمان

DOI: **10.22034/FSCT.21.149.13.**

مسئول مکاتبات: *

m.nikoo@urmia.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، اثر نگهداری ضایعات فرآوری قزل آلای رنگین کمان در دمای ٤ درجه سانتی گراد بر ارزش غذایی و ترکیب اسید های چرب روغن حاصل از هیدرولیز مورد بررسی قرار گرفت. اسید های چرب چند غیر اشباع (PUFA, ٪۳۹/۹۷-٤۳/۷۰) و پس از آن اسید های چرب تک غیر اشباع (MUFA, ٪۳۱/۹۰-۳٤/۰۵) و اشباع (SAF, ٪۱۹/۲۷-۲۲/۵۹) بیشترین میزان اسید های چرب را بخود اختصاص داده بودند. اسید چرب لینولئیک (C18:2n6Cis)، واکسینیک (C18:1n9) و پالمیتیک (C16:0) نیز فراوانترین اسید های چرب روغن ضایعات بودند. شاخص هیپو/هیپرکلسترولمی (h/H) در روغن بین ٤/۲۳ الی ۵/۱۵ متغیر و بیشترین میزان مربوط به روز دوم نگهداری بوده است. میزان ترومبوژنسیته (TI) در روزهای ۰ و ۲ کمتر از سایر زمان ها و بیشترین نسبت مربوط به روز پنجم نگهداری ضایعات بود (p > ۰/۰۵). نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ (n-6/n-3) بعنوان شاخص در ارزیابی ارزش تغذیه ای روغن بین ۵/۰۱ الی ۷/٦۱ بوده است. نسبت PUFA/SFA بین ۱/۷۷ الی ۲/۲۹ و در روز ۵ بطور معنی داری از سایر نمونه ها کمتر بود (p < ۰/۰۵). بیشترین میزان شاخص کیفیت روغن ماهی (FLQ) مربوط به ضایعات تازه بوده است (p < ۰/۰۵). میزان این شاخص پس از یک روز نگهداری تا انتهای روز پنجم تفاوت معنی داری نداشت (p > ۰/۰۵). همچنین شاخص ارزش تغذیه ای (NVI) بین ۲/۲۵ الی ۲/۵۵ و تفاوتی بین زمانهای مختلف نگهداری نشان نداد (p > ۰/۰۵). ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) در مجموع بین ۱/۷۳ تا ٤/۰۵ درصد کل اسید های چرب بود و کاهشی را با گذشت زمان نگهداری نشان داد (p < ۰/۰۵). با افزایش زمان نگهداری ضایعات، شاخص پلی ین (PI) کاهش نشان داد و تا روز ٤ نگهداری کمتر از ضایعات تازه ولی بین زمانهای مختلف تفاوت معنی دار مشاهده نگردید (p > ۰/۰۵). نتیجه این مطالعه نشان داد که ترکیب اسید های چرب و ارزش تغذیه ای روغن ضایعات قزل آلای رنگین کمان تحت تاثیر تازگی ضایعات می باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

۱-مقدمه

امروزه با توسعه مفهوم آبزی پروری پایدار، اقتصادی و متنوع با اثرات کمتر نامساعد زیست محیطی، استفاده بهتر از ضایعات آبزی پروری می تواند سودمند باشد [۱,۲]. استفاده از ضایعات دریایی برای ترکیباتی با ویژگی های زیستی نشان از استراتژی خاص در تولید ارزش افزوده می باشد. ضایعات آبزی پروری یا منابع دریایی در صورتیکه با مدیریت صحیح جمع آوری، نگهداری و فرآوری شوند تا واکنش های نامطلوب کیفی در آنها به حداقل برسد، می توانند منبع مفیدی برای تولید ترکیبات با ارزش مانند پروتئین هیدرولیز شده جهت کاربرد در غذا یا خوراک باشند [۳,٤]. اگر قرار باشد از ضایعات به عنوان مواد اولیه در تولید ترکیبات مختلف استفاده گردد، بایست دستورالعمل های بهداشتی مرتبط با جمع آوری، نگهداری و حمل و نقل برای ضایعات گونه خاص وضع گردد. ضایعات آبزیان دارای مقادیر متنابهی پروتئین (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) می باشند. ضایعات شامل تکه های گوشت[1]، باله ها، گوشت های چسبیده به استخوان[2]، سر، پوست و امعاء و احشاء، همچنین گونه های دورریز و غیر ماکول می باشد [۵]. مطالعات مختلف نشان دادند که پروتئین مواد غذایی منبع غنی از پپتید هایی هستند که اثر مثبت بر سلامتی مصرف کننده از طریق کاهش ریسک ابتلا به بیماری های مزمن دارند [٦,۷]. عضله، استخوان، پوست و امعاء و احشاء ماهی، باقیمانده عضلات پس از تهیه فیله و ضایعات میگو منابع تولید پروتئین هیدرولیز شده و پپتید های زیست فعال محسوب می شوند [٤].

مطالعات مختلف ترکیب اسید های چرب ضایعات ماهی را به شکل تازه و نگهداری شده بررسی نمودند. هیدرولیز روشی به منظور بهره برداری موثر از ضایعات آبزیان و بخصوص ضایعات فرآوری قزل آلای رنگین کمان می باشد. با این وجود، ترکیب اسید های چرب روغن ضایعات و ارزش تغذیه ای روغن تحت تاثیر شرایط هیدرولیز یا پیش تیمار روی ماده اولیه قرار می گیرد. نگهداری ضایعات قبل از شروع فرآیند هیدرولیز چه در محل تولید آن (شرکت های فرآوری فیله منجمد) و چه حین حمل و نقل اثر قابل توجهی بر شروع واکنش های کیفی نامطلوب در ضایعات می نماید. وجود هموگلوبین به عنوان پرواکسیدان و همچنین چربی های محوطه شکمی ماهی می تواند سبب تسریع فساد گردد و لذا سبب افزایش میزان اکسایش در داخل رآکتور می گردند. بروز اینگونه واکنش های شیمیایی نامطلوب حین هیدرولیز نهایتا بر خواص ارگانولپتیک، عملکرد در آبزی (مانند کاهش رشد)، و ماندگاری محصولات از جمله روغن تاثیر خواهد داشت. بطور کلی روغن های دریایی غنی از اسید های چرب بلند زنجیره غیر اشباع مانند EPA و DHA می باشند که در برابر اکسایش آسیب پذیرند. افزایش ، ترکیبات واکنش دهنده با اسید تیوباربیتوریک نشان دهنده تجزیه هیدروپراکسید ها و پیشرفت اکسایش روغن می باشد [۸].

توسعه صنعت آبزی پروری و کمبود پودر و روغن ماهی از ماهیان سطحی زی از مهم ترین مشکلاتی است که آبزی پروری در پیش رو دارد. به دلیل کاهش تولید پودر ماهی و گرانی بیش از حد قیمت آن در سالهای اخیر، پیش بینی شده است در سال ۲۰۲۵ ، حدود ۳۸ درصد تولید پودر ماهی در مقیاس جهانی از ضایعات ماهی تامین شود. به عنوان مثال در سال ۲۰۱۵، ۱۳/۹ میلیون تن پودر ماهی از ماهیان کم ارزش به شکل کامل تولید شده در حالیکه در همین سال ۵/٦۹ میلیون تن پودر ماهی از ضایعات تولید شد [۹]. محصولات حاصل از ضایعات مجددا در چرخه تولید خوراک ماهی قابل استفاده است و نظر به کمبود نهاد های تولید خوراک آبزیان، ارزبری و بالطبع آن افزایش هزینه های تولید، تولید داخل نهاده ها، مکمل ها و افزودنی های خوراک آبزیان، از ضایعات آبزیان و ارتقاء کیفیت خوراک آبزیان از اولویت های صنعت آبزی پروری کشور می باشد. با وجود اینکه پروتئین هیدرولیز شده طی فرآوری ضایعات به روش

1 -Trimmings

2- Frame

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

هیدرولیز تولید می گردد، همزمان روغن از ضایعات جدا و قابل استفاده است. لذا، شرایط نگهداری ضایعات بعنوان مواد اولیه و متغیر های هیدرولیز بر میزان و ویژگی های تغذیه ای روغن حاصل نیز موثر خواهند بود.

ایران یکی از بزرگترین تولید کنندگان قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دنیا می باشد که طبق آخرین آمار تولید، در سال۹۸ بیش از ۱۸۲ هزار تن تولید قزل آلا داشته است. در صورت تهیه فیله بدون استخوان، قزل آلا دارای ۳۰ درصد ضایعات می باشد که عمدتا شامل سر و امعاء و احشا و استخوان می باشد [۱۰,۱۱] که عمدتا بدون استفاده، دور ریخته می شود. با گسترش آبزی پروری در کشور و کمبود نهاد های خوراک شامل پودر و روغن ماهی که سبب افزایش قیمت تمام شده ماهی نیز شده است، استفاده موثر از ضایعات قزل آلا در تولید برخی نهاده های خوراک از جمله روغن می تواند تامین کننده بخشی از نیاز کارخانجات تولید خوراک ماهی باشد [۱۲,۱۳]. از اینرو، این مطالعه با هدف بررسی اثر نگهداری ضایعات قزل آلای رنگین کمان در دمای ٤ درجه سانتی گراد بر ترکیب اسید های چرب، اکسایش، و ارزش تغذیه ای روغن حاصل هیدرولیز صورت پذیرفته تا از این طریق در تولید برخی نهاده های خوراک ماهی از جمله روغن گامی موثر را بردارد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- تهیه و آماده سازی ضایعات قزل آلا

در این طرح از ضایعات تازه ماهی قزل آلای رنگین کمان استفاده شد. ماهی قزل آلا از یک فروشگاه ماهی در ارومیه به طور زنده خریداری و توسط یونولیت و یخ به آزمایشگاه فرآوری شیلات پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری منتقل گردید. در آزمایشگاه، ضایعات (شامل سر، امعاء و احشاء، باله، استخوان) جداسازی و توسط چرخ گوشت (پارس خزر، تهران، ایران) با قطر سوراخ ۳ میلی متری به شکل خمیر در آورده شدند. به جهت جلوگیری از بالارفتن دما حین چرخ کردن ضایعات، ملحقات چرخ گوشت به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد سرد شد. این روند به مدت یک هفته تکرار شد.

۲-۲- فرآیند هیدرولیز

تیمار های آزمایشی روزهای نگهداری ضایعات بوده بطوریکه در زمان های ۱، ۲، ۳،٤، و ۵ نمونه برداری صورت گرفت. جهت انجام هیدرولیز، ضایعات پس از چرخ شدن با آب مقطر به نسبت ۱:۱ (w/w) مخلوط و توسط هموژنایزر به مدت ۲ دقیقه هموژن گردید. هیدرولیز در دمای٤۰ درجه سانتی گراد طی زمان ۱ ساعت به روش اتولیزی صورت پذیرفت [۱۲]. طی زمان واکنش، مخلوط پیوسته توسط هم زن مکانیکی بهم زده میشد. به منظور قطع واکنش آنزیمی محلول برای مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و پس از سرد کردن و فیلترینگ اولیه توسط پارچه توری، به مدت ۱۵ دقیقه در دور g × ٤۰۰۰ به مدت ۱۵ در دمای ٤ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ گردید. میزان لرد و سایر اجزاء هیدرولیز (فاز پپتید، روغن، آب حاصل) از طریق سنجش وزن هر جزء سنجیده شد.

۲-۳- سنجش اسید های چرب

میزان اسید های چرب به روش Miquel [۱٤] تعیین شد. از دستگاه گروماتوگرافی گازی (Agilent Technologies 7890A, Santa Clara, CA, USA) و ستون DB225MS برای سنجش اسید های چرب استفاده شد. مقدار یک گرم نمونه با یک میلی لیتر از محلول استخراجی (اسید سولفوریک ۲/۵ درصد + متانول ۹۸ درصد، به نسبت ۱:٤۰ حجمی/حجمی) مخلوط و برای مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. سپس، ۵۰۰ میکرولیتر هگزان با ۱/۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ درصد کلرید سدیم اضافه شده تا متیل استرهای اسید چرب استخراج گردد. سپس نمونه برای مدت ۱۰ دقیقه و با دور ٤۰۰۰ سانتریوفیوژ و بخش بالایی محلول (شامل هگزان-متیل استر) جدا شد. میزان اسید های چرب بر حسب درصد از کل پیک های حاصل با فرض اینکه ۱۰۰ درنظر گرفته شده باشند، محاسبه گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

۲-٤- تعیین ارزش غذایی روغن

ارزش تغذیه ای روغن از طریق سنجش میزان اسید های چرب امگا-۳ و نسبت های بین اسید های چرب مختلف

$$IT = [(C14:0) + (C16:0) + (C18:0)]/[(0.5 \times MUFA) + (0.5 \times PUFAn-6) + (3 \times PUFAn-3) + (PUFAn-3/PUFAn-6)].$$

که به لحاظ ارزش تغذیه ای، TI کوچکتر برای سلامتی مفید است.

شاخص هیپو/هیپرکلسترولمی (h/H) که بیانگر سطح نامتعادل کلسترول خون است طبق فرمول زیر محاسبه شد [۱٦]:

$$h/H = (PUFAn-3 + PUFAn-6 + C18:1)/(C14:0 + C16:0)$$

شاخص ارزش تغذیه ای (NVI) بر اساس فرمول زیر ارائه گردید [۱۷]:

Nutritive Value Index (NVI) [39]

$$NVI = \frac{(C18:0 + C18:1)}{C16:0}$$

شاخص کیفیت روغن ماهی (FLQ) بر اساس فرمول زیر ارائه گردید [۱۷]:

Fish Lipid Quality (FLQ) [40]

$$FLQ = 100 \times \frac{[C22:6\,(n-3) + C20:5\,(n-3)]}{\Sigma FA}$$

۲-٥-آنالیز آماری

از نرم افزار SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) شماره ۱٦ جهت آنالیز آماری استفاده گردید. آنالیز آماری داده ها با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) انجام و مقایسه بین میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن صورت پذیرفت. معنی داری داده ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) بررسی شد. داده

پس از اندازه گیری پروفیل اسید های چرب سنجش گردید. شاخص ترموژنسیته[3] که بیانگر شاخص القاء تجمع پلاکت است طبق فرمول زیر محاسبه شد [۱٥]:

ها به شکل میانگین ± انحراف معیار (SD) در سه تکرار ارائه گردید.

۳- نتایج و بحث

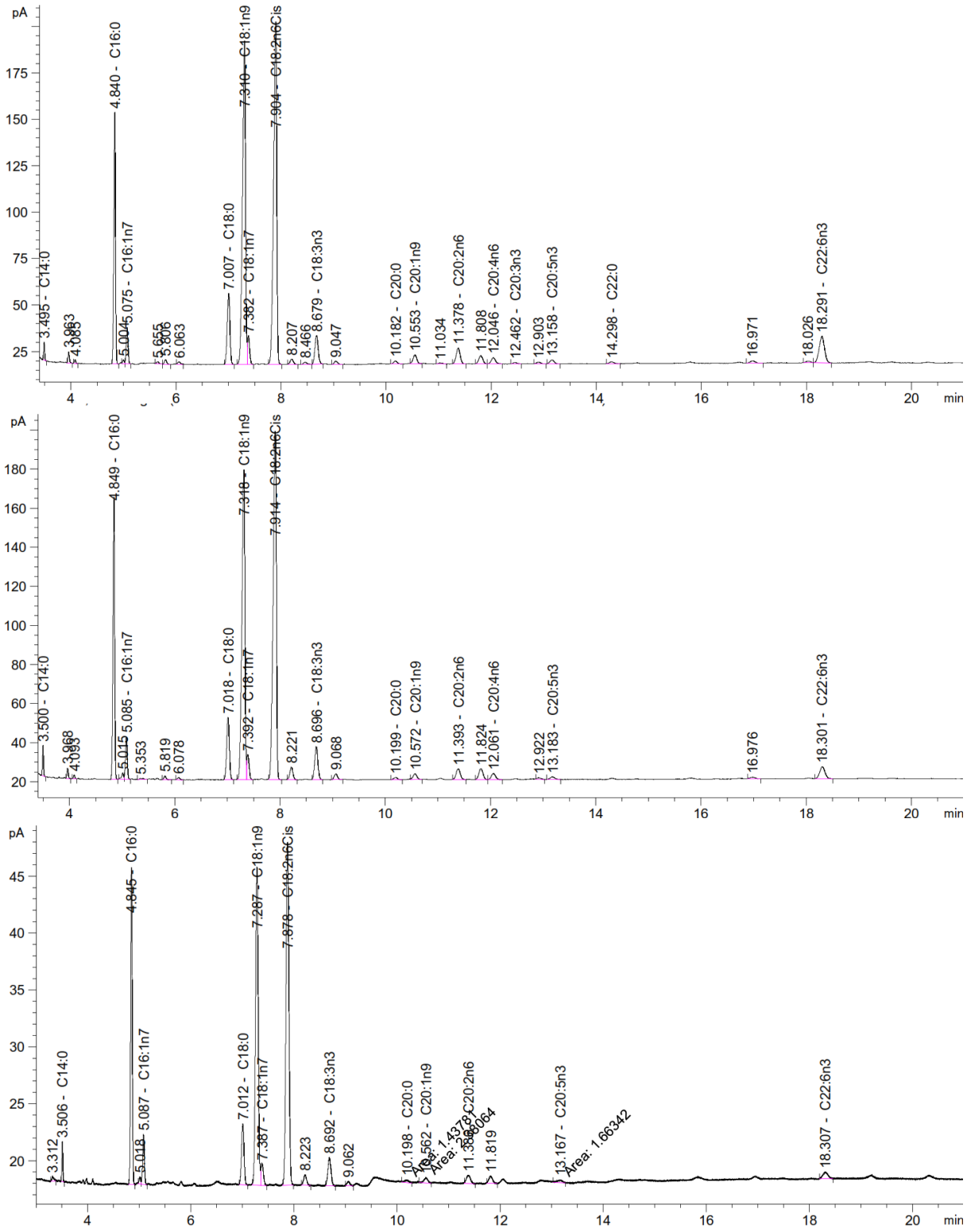
کروماتوگرام اسید های چرب روغن ضایعات قزل آلای رنگین کمان حاصل از هیدرولیز در روزهای مختلف نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی گراد در شکل ۱ نشان داده شده است. اسید های چرب چند غیر اشباع (٤۳/۷۰-۳۹٪/۹۷) فراوانترین اسید های چرب روغن ضایعات قزل آلا بوده و پس از آن اسید های چرب تک غیر اشباع (۳٤/۰٥-۳۱٪/۹۰) و اسید های چرب اشباع (۲/٥۹-۱۹/۲۷٪) بیشترین میزان اسید های چرب را بخود اختصاص داده بودند (جدول ۱). میزان SFA طی زمان های مختلف نگهداری تفاوت اندکی را نشان داد بطوریکه در انتهای زمان نگهداری افزایش یافت و کمترین درصد این اسید های چرب در روزهای ۱ و ۲ مشاهده شد. با این وجود، این تفاوت معنی دار نبود ($p >$ ۰/۰٥). اسید های چرب MUFA، تغییراتی را طی دوره نگهداری نشان ادند بطوریکه در ضایعات تازه و روز ۵ام، بیشترین درصد را نشان ولی در روز دوم کمتر از سایر زمانها بود ($p <$ ۰/۰٥). درصد اسید های چرب PUFA در روزهای ۲ الی ٤ بیشتر از سایر زمانها و مشابه یکدیگر بوده ($p >$ ۰/۰٥) ولی در روز پنجم کاهش معنی دار نشان داد ($p <$ ۰/۰٥). در بین اسید های چرب، اسید چرب لینولئیک (C18:2n6Cis)، واکسینیک (C18:1n9) و پالمیتیک (C16:0) فراوانترین اسید های را بخود اختصاص داده بودند. Nikoo و همکاران [۱۲] در خصوص تغییر ترکیب

3 -Thrombogenecity (TI)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

اسید های چرب در ارتباط با زمان و دمای هیدرولیز ضایعات قزل آلا نشان دادند که ترکیب اسید های چرب روغن پس از سانتریفیوژ در تیمارهای مختلف، ۳ اسید چرب فوق بیشترین درصد را تشکیل داده بودند.



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

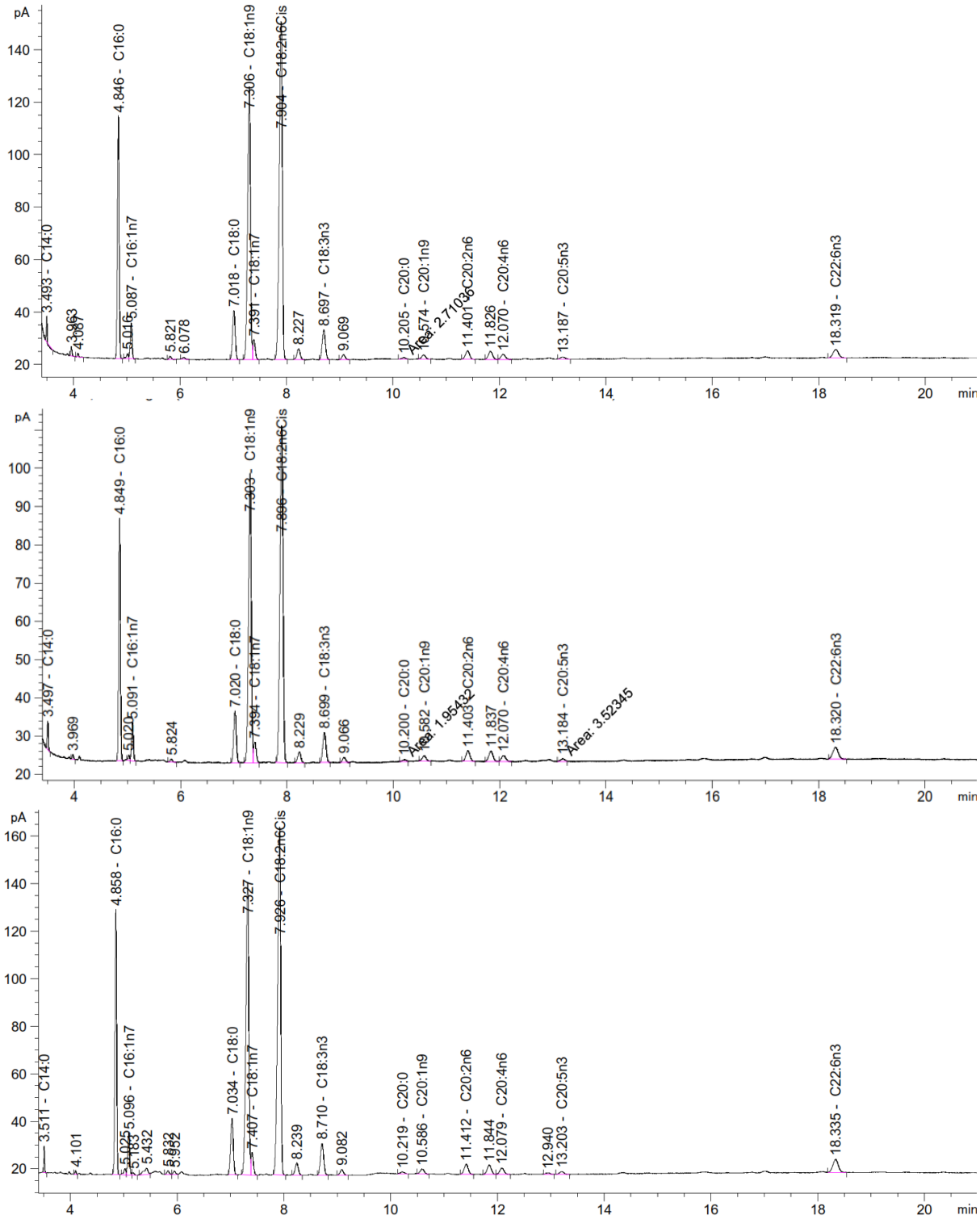


Fig1. Chromatograms of fatty acids of oils obtained from hydrolysis of rainbow trout processing by-products at different storage times (0-5 days) at 4 °C.

Table 1. The major groups of fatty acids in oils derived from the hydrolysis of rainbow trout by-products at different times of storage at 4 °C.

Fatty acids	Days of storage					
	0	1	2	3	4	5
∑SFA	20.96±2.47^{a}	19.35±1.15^{a}	19.27±1.24^{a}	20.51±0.36^{a}	20.23±0.38^{a}	22.59±2.43^{a}
∑MUFA	33.80±0.07^{a}	32.33±0.39^{bc}	31.90±0.07^{c}	32.35±0.14^{bc}	32.71±0.02^{b}	34.05±0.14^{a}
∑PUFA	41.61±0.70^{ab}	43.13±1.23^{a}	43.70±1.54^{a}	42.90±0.46^{a}	41.98±0.33^{ab}	39.97±0.58^{b}
N-3	6.59±0.58^{a}	6.19±0.60^{a}	5.62±0.58^{ab}	5.66±0.17^{ab}	5.46±0.14^{ab}	4.64±0.24^{b}

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

N-6	34.06±0.32^{e}	36.54±0.06^{c}	38.58±0.25^{a}	37.23±0.28^{b}	36.52±0.19^{c}	35.33±0.33^{d}

* Different small superscript letters in the same row indicate significant difference (P≤0.05).

۲-٤- ارزش تغذیه ای اسید های چرب ضایعات قزل آلا

ارزش تغذیه ای اسید های چرب روغن ماهی از طریق اندازه گیری شاخص های TI، h/H، NVI، FLQ، n-6/n-3 و PUFA/SFA ارزیابی گردید (جدول ۲). هیپرکلسترولمی (کلسترول بالا) شکلی از هیپرلیپیدمی است و به بالا بودن سطح کلسترول در خون اطلاق می‌شود علت این بیماری می‌تواند محیط (مانند چاقی مرضی و رژیم غذایی) یا ژنتیک باشد. افراد مبتلا به هیپرکلسترولمی در معرض خطر ابتلا به بیماریهای قلبی و حملات قلبی قرار دارند. نسبت بالاتر h/H به لحاظ ارش غذایی بین روغن های مختلف بهتر است [۱٦] اگرچه حد قابل توصیه برای فرآورده های آبزیان گزارش نگردید، ولی برای فرآورده های گوشتی عدد ۲ برای این شاخص توصیه شده است [۱۸]. میزان بالاتر از ۲ بیانگر فرآورده به ترکیب اسیدهای چرب مطلوب برای سلامتی می باشد. در مارماهی اروپایی[4] این شاخص ۱.۹٤ بوده و سپس تغییراتی پس از نمک زنی، پخت، استرلیزاسیون، و نگهداری طی ۱۲ ماه نشان داد و بین ۲/۰۱ تا ٤/۰۳ متغیر بود [۱٦]. مقدار این شاخص در روغن ضایعات قزل آلا بین ٤/۲۳ الی ۵/۱۵ متغیر بود که نشان دهنده مفید بودن این روغن به لحاظ کلسترول خون می باشد. بیشترین میزان این شاخص مربوط به روز دوم نگهداری بوده است. ولی بین روزهای مختلف نگهداری تفاوت بین نمونه ها معنی دار نبود ($p > ۰/۰۵$). میزان h/H در روغن ضایعات مکرل[5] و کپور[6] بین ۲/۲۱ الی ۲/۷۷ گزارش گردید [۱۷].

شاخص TI بیانگر القاء تجمع پلاکت می باشد. مقدار کمتر این شاخص (<۱) برای سلامتی انسان مفید گزارش شده و غذاهای با میزان TI کمتر نقش مهمتری در حفاظت در برابر بیماریهای عروقی دارند [۱۸]. مقدار این شاخص برای مارماهی اروپایی ۰.۸٦٪ [۱٦] و برای کپور معمولی ۰/٦۹٪ گزارش گردید [۱۹]. میزان کمتر این شاخص برای ماهی وایت نیدل[7] (۰.٤٤) و ساردین[8] (۰.۲۰) گزارش گردید [۲۰]. مقدار TI در روغن ضایعات قزل آلا بین ۰/۳٤ الی ۰/٤۵ بوده که مطابق با میزان ان در حد ۰/۵ در روغن گونه های مختلف ماهیان دریایی آبهای برزیل می باشد [۲۰]. میزان کمتر این شاخص (۰/۲۳ الی ۰/۳۳) در روغن ضایعات مکرل و کپور گزارش شد [۱۷]. در این مطالعه میزان TI در روزهای ۰ و ۲ کمتر از سایر زمان ها و بیشترین نسبت مربوط به روز پنجم نگهداری ضایعات بود ولی این تفاوت معنی دار نبود (جدول ۲) ($p > ۰/۰۵$).

نسبت n-6/n-3 بعنوان شاخص در ارزیابی ارزش تغذیه ای روغن های خوراکی بکار برده می شود. در این مطالعه نسبت بین ۵/۰۱ الی ۷/٦۱ بوده است (جدول ۲). در روز ششم روغن بیشترین نسبت و روغن روز ۰ (ضایعات تازه) کمترین نسبت n-6/n-3 را نشان داد. این نسبت در وزهای ۲ تا ٤ روز تفاوت معنی دار نشان نداد ($p > ۰/۰۵$). در گوشت خام مارماهی، این نسبت ۰/٤۱ بوده ولی پس از کنسروسازی و نگهداری برای مدت ۱ سال به ۱۰/۲۳ رسید [۱٦]. همچنین در روغن ضایعات مکرل بین ۰/۱۸ الی ۰/۲۲ متغیر بود[۱۷]. به لحاظ تغذیه ای، نسبت n-6/n-3 بین ۱:۱ تا ۳:۱ گزارش شده است [۵]. میزان بالای این نسبت در روغن ضایعات قزل آلا نشان دهنده میزان بالاتر اسید های چرب امگا-٦ در مقایسه با امگا-۳ بوده است. همانطوریکه از جدول ۱ نشان داده شده است، میزان اسید های چرب n-6 بین ۳٤ تا ۳۸/۷٪ و اسید های چرب n-3 بین ۷/۵۱-٤/٤۷٪ بوده است. Matosو همکاران [۱۹] نسبت n-6/n-3 را برای ماهیان آب شیرین کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور سرگنده و کپور نقره ای را به ترتیب ۵/٤۰، ۵/۲۷، ۰/۱٦ و ۰/٤۰ گزارش نمودند. در روغن ضایعات ماهی تون و ساردین، میزان اسید های چرب n-6 در مقایسه با n-3 کمتر بوده است و برعکس میزان اسید های چرب n-6 در روغن ضایعات سی باس و

4 -*Anguilla anguilla*
5 -*Scomberomorus sinensis*
6- *Carassius auratus*
7- *Hyporhamphus unifasciatus*
8- *Opisthonema oglinum*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]
[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

سیبریم بیشتر از اسید های چرب n-3 بود [۲۱]. نتایج مطالعات مختلف نشان می دهد میزان بالای اسید های چرب امگا-٦ و امگا-۳ در روغن ماهی لزوما بیانگر ارزش غذایی روغن نبوده بلکه تعادل در نسبت n-6/n-3 برای سلامتی مهم است [۲۲].

PUFA/SFA شاخصی به منظور ارزیابی اثر تغذیه بر سلامتی قلبی-عروقی[9] می باشد. در این شاخص، فرض بر این است که تمامی اسیدهای چرب گروه PUFAs می توانند سبب کاهش کلسترول بد (لیپوپروتئین کم چگالی)[10] گردند و سطح کلسترول سرم را کاهش دهند در حالیکه SFAs سبب افزایش کلسترول سرم می شوند. لذا، میزان بالاتر این نسبت بهتر است [۲۲]. با این حال تمامی اسید های چرب اشباع سبب افزایش کلسترول نمی شوند مانند اسید چرب C18:0 که به لحاظ زیستی خنثی است و نقشی در سطوح کلسترول بد ندارد. با این حال، اسیدهای چربی مانند C12:0، C14:0 و C16:0 نقش مهمی در افزایش کلسترول خون دارند [۲۳]. میزان توصیه شده PUFA/SFA در رژیم غذایی انسانی باید بیشتر از ۰/٤٥ و میزان اپتیمم تغذیه ای باید حدود ۱ باشد [۲۲]. این نسبت در روغن ضایعات مکرل بین ۱/۲۲ تا ۱/۳۳ و در روغن ضایعات کپور بین ۰/۸۵ الی ۱/۰٦ متغیر بود [۱۷]. همچنین در ٤ گونه ماهیان آب شیرین آبهای برزیل، این نسبت بین ۱/۰۹ الی ۱/٤۷ بود [۲۰]. در روغن ضایعات قزل آلا نسبت PUFA/SFA به دلیل بالاتر بودن اسید های چرب چند غیر اشباع در مقایسه با اشباع بالاتر و بین ۱/۷۷ الی ۲/۲۹ بود (جدول ۲). در روز دوم نگهداری، نسبت PUFA/SFA بطور معنی داری بیشتر از زمانهای و در ۰، ۱، ۳ و ٤ مشابه بود و تفاوت معنی داری نداشت ($p > ۰/۰۵$). کمترین نسبت در روز ۵ نگهداری بوده که بطور معنی داری از سایر نمونه ها کمتر بود ($p < ۰/۰۵$).

شاخص FLQ از مجموع دو اسید چرب مجموع EPA + DHA به عنوان درصدی از مجموع اسید های چرب محاسبه می شود. این شاخص در فرآورده های غذایی دریایی به دلیل بیشتر بودن EPA و DHA مفید تر است. تا کنون شاخص FLQ بیشتر برای ارزیابی کیفیت روغن ماهی بکار برده شده است. در گونه های مختلف ماهی، این شاخص بین ۱۳/۰۱ الی ۳٦/۳۷ متغیر بود [۲۲]. در روغن ضایعات ماهی مکرل، بین ۲٦/۸۸ الی ۲۸/۸۸ گزارش شد [۱۷]. در روغن ضایعات قزل آلا در این مطالعه این نسبت بین ۱/۷۹ الی ٤/۲۲ متغیر (جدول ۲) و کمتر از مقدار گزارش شده در مطالعات پیشین بود. این تغییر می تواند به دلیل ماهیت پرورشی بودن قزل آلا و کمبود این اسیدهای چرب در خوراک در مقایسه با روغن ماهیان دریایی یا ضایعات آنها باشد. بیشترین میزان مربوط به ضایعات تازه (روز ۰) بوده است ($p < ۰/۰۵$). میزان این شاخص پس از ۱ روز نگهداری تا انتهای روز پنجم تفاوت معنی داری نداشت ($p > ۰/۰۵$). شاخص NVI که نشان دهنده اثر اسید های چرب بر متابولیسم کلسترول بوده و مقدار بالاتر آن برای سلامتی مفیدتر است. بیشتر بودن این نسبت بیانگر میزان بالاتر اسید های چرب استئاریک (C18:0) و اولئیک (C18:1) در مقایسه با اسید چرب پالمیتیک است. در روغن ضایعات مکرل و کپور، این شاخص ۰/۸۷ و ۱/٦۸ گزارش شد [۱۷]. در این مطالعه، NVI بین ۲/۲۵ الی ۲/۵۵ و تفاوتی بین زمانهای مختلف نگهداری نشان نداد (جدول ۲) ($p > ۰/۰۵$).

مجموع اسید های چرب امگا-۳ شامل ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) در مجموع بین ۱/۷۳ تا ٤/۰۵ درصد کل اسید های چرب بود و کاهشی را با گذشت زمان نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی گراد نشان داد ($p < ۰/۰۵$). در روغن ضایعات ماهی سی باس و سیم دریایی پرورشی، مجموع EPA + DHA حدود ۱۲ درصد از کل اسید های چرب بوده که بیشتر از میزان آن در روغن ضایعات قزل آلا می باشد. همچنین میزان بالاتر EPA + DHA در روغن ضایعات ماهیان دریایی مانند تون باله آبی (۳۱ درصد) و ساردین (۳۰ درصد) گزارش گردید [۲۱].

9 -CVH

10- LDL-C

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

Table 2. Nutritional and health value of the fatty acids of oils derived from the hydrolysis of rainbow trout by-products at different storage times at 4 °C.

Nutritional and health indices	Days of storage					
	0	1	2	3	4	5
TI	0.37 ± 0.06^{a}	0.42 ± 0.11^{a}	0.34 ± 0.02^{a}	0.41 ± 0.01^{a}	0.39 ± 0.2^{a}	0.45 ± 0.06^{a}
h/H	4.80 + 0.26^{a}	5.08 ± 0.32^{a}	5.15 ± 0.12^{a}	4.62 ± 0.40^{a}	4.78 ± 0.10^{a}	4.23 ± 0.17^{b}
FLQ	4.22 + 1.00^{a}	2.92 ± 0.30^{b}	2.39 ± 0.58^{b}	2.50 ± 0.18^{b}	2.41 ± 0.11^{b}	1.79 ± 0.30^{b}
NVI	2.55 ± 0.47^{a}	2.55 ± 0.28^{a}	2.49 ± 0.29^{a}	2.32 ± 0.07^{a}	2.45 ± 0.04^{a}	2.28 ± 0.36^{a}
N-6/n-3	5.01 ± 0.64^{c}	5.92 ± 0.57^{bc}	6.89 ± 0.67^{ab}	6.57 ± 0.15^{ab}	6.68 ± 0.13^{ab}	7.61 ± 0.33^{a}
EPA+DHA	4.06±0.89^{a}	2.77±0.30^{b}	2.29±0.55^{b}	2.40±0.17^{b}	2.29±0.10^{b}	1.73±0.26^{b}
PUFA/SFA	2.00 ± 0.26^{ab}	2.23 ± 0.19^{ab}	2.29 ± 0.19^{a}	2.08 ± 0.06^{ab}	2.07 ± 0.05^{ab}	1.77 ± 0.21^{b}

* Different small superscript letters in the same row indicate significant difference (P≤0.05).

٤-٣- اکسایش

شاخص پلی ین[11] نشانگر اکسایش اسید های چرب چند غیر اشباع و تشکیل ترکیبات ثانویه اکسایش چربی می باشد [۲۱]. نگهداری ضایعات برای مدت زمان ۵ روز در دمای ٤ درجه سانتی گراد سبب تغییر این شاخص ناشی از اکسایش اسید های چرب ضروری گردید. در روز صفر، این شاخص بطور معنی داری بیشتر از سایر نمونه ها بود ($p <$ ۰/۰۵). این امر به دلیل بیشتر بودن مقادیر EPA و DHA در روغن ضایعات بود. با افزایش مدت زمان نگهداری ضایعات، PI کاهش نشان داد و تا روز ٤ نگهداری کمتر از ضایعات تازه ولی بین زمانهای مختلف تفاوت معنی دار مشاهده نگردید ($p >$ ۰/۰۵). با افزایش مدت زمان نگهداری تا روز پنجم، مجددا کاهش معنی داری در این نسبت مشاهده گردید ($p <$ ۰/۰۵) (شکل ۲). روغن ضایعات ماهی سالمون اطلس خصوصا روغن حاصل از امعاء و احشاء که طی زمان هیدرولیز با آلکالاز بدست آمد، دچار اکسایش گردید [۲٤]. در روغن ضایعات ماهی سی باس و سیم دریایی پرورشی با میزان کمتر EPA + DHA، این شاخص در مقایسه با روغن ضایعات ساردین، تون و روغن کبد ماهی کد حاوی میزان بیشتر EPA + DHA کمتر بوده است [۲۱]. چون این شاخص از مقدار اسید های چرب ضروری محاسبه می گردد، هر گونه اکسایش و افت کیفیت روغن در زمان هیدرولیز سبب کاهش این نسبت خواهد شد.

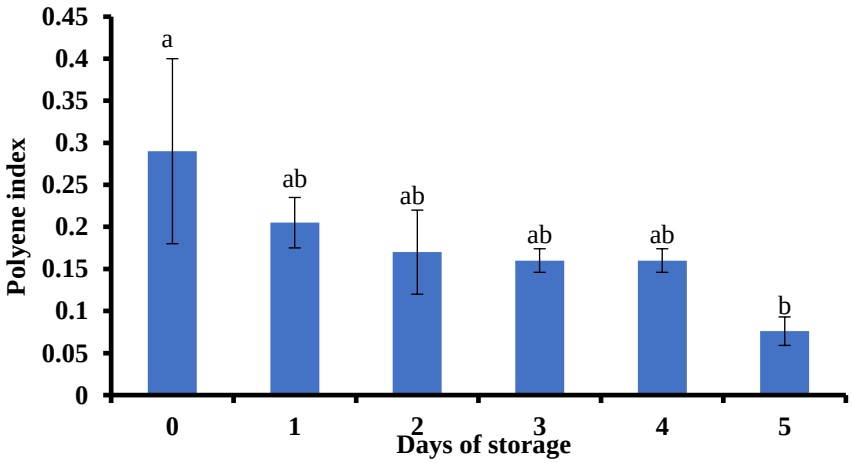


Figure 2. PI index diagram of fatty acids of oils obtained from hydrolysis of rainbow trout by-products at different times of storage at 4 °C.

11 -Polyene index (PI)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

٤- نتیجه گیری

نگهداری ضایعات قبل از شروع فرآیند هیدرولیز می تواند اثر قابل توجهی بر واکنش های کیفی نامطلوب در ضایعات داشته باشد. گروهای اصلی اسید های چرب شامل اسید های چرب اشباع، تک غیر اشباع و چند غیر اشباع تغییراتی را طی روزهای مختلف نگهداری نشان دادند. همچنین شاخص های تغذیه ای روغن بسته به زمان نگهداری تفاوت داشته اند. یافته های این تحقیق نشان داد که امکان نگهداری ضایعات ماهی قزل آلا تا ٥ روز در دمای ٤ درجه سانتی گراد بدون تغییر قابل توجه در کیفیت ضایعات وجود دارد. بنابراین، امکان نگهداری کوتاه مدت ضایعات قزل آلا در دمای ٤ درجه سانتی گراد قبل از فرآوری به روش هیدرولیز امکانپذیر است. با این حال، وجود هموگلوبین به عنوان پرواکسیدان و همچنین چربی در ضایعات می تواند سبب تسریع واکنش های اکسایشی در زمان هیدرولیز شود. کنترل اکسایش توسط ترکیبات آنتی اکسیدانی جهت افزایش مدت زمان ماندگاری روغن پیشنهاد می گردد. انجام مطالعه در خصوص برهم کنش بین تازگی ضایعات و متغیر های هیدرولیز اطلاعات مفیدی در رابطه با راندمان استخراج روغن و ویژگی های آن در اختیار قرار خواهد داد.

٥- تقدیرو تشکر

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب در دانشگاه ارومیه (به شماره ابلاغ دفاع ٦٥١٦) می باشد. همچنین، بدینوسیله از پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری دانشگاه ارومیه به جهت حمایت مالی و امکانات آزمایشگاهی و سرکار خانم عطابخش به جهت همکاری در سنجش اسیدهای چرب قدردانی می گردد.

٦- منابع

[1] Wu, H.; Ghirmai, S.; Undeland, I. Stabilization of herring (*Clupea harengus*) by-products against lipid oxidation by rinsing and incubation with antioxidant solutions. *Food Chemistry* **2020**, *316*, 126337.

[2] Sarteshnizi, R.A.; Sahari, M.A.; Gavlighi, H.A ;.Regenstein, J.M.; Nikoo, M. Antioxidant activity of Sind sardine hydrolysates with pistachio green hull (PGH) extracts. *Food Bioscience* **2019**, *27*, 37-45.

[3] Vázquez, J.A.; Sotelo, C.G.; Sanz, N.; Pérez-Martín, R.I.; Rodríguez-Amado, I.; Valcarcel, J. Valorization of aquaculture by-products of salmonids to produce enzymatic hydrolysates: Process optimization, chemical characterization and evaluation of bioactives. *Marine Drugs* **2019**, *17*, 676.

[4] Stevens, J.R.; Newton, R.W.; Tlusty, M.; Little, D.C. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy* **2018**, *90*, 115-124.

[5] Kim, S.-K.; Mendis, E. Bioactive compounds from marine processing byproducts–a review. *Food Research International* **2006**, *39*, 383-393.

[6] Durand, R.; Pellerin, G.; Thibodeau, J.; Fraboulet, E.; Marette, A.; Bazinet, L. Screening for metabolic syndrome application of a herring by-product hydrolysate after its separation by electrodialysis with ultrafiltration membrane and identification of novel anti-inflammatory peptides. *Separation and Purification Technology* **2020**, *235*, 116205.

[7] Zheng, L.; Yu, H.; Wei, H.; Xing, Q.; Zou, Y.; Zhou, Y.; Peng, J. Antioxidative peptides of hydrolysate prepared from fish skin gelatin using ginger protease activate antioxidant response element-mediated gene transcription in IPEC-J2 cells. *Journal of Functional Foods* **2018**, *51*, 104-112.

[8] Jacobsen, C.; Undeland, I.; Storrö, I.; Rustad, T.; Hedges, N.; Medina, I. Preventing lipid oxidation in seafood. *Improving seafood products for the consumer* **2008**, 426-460.

[9] FAO. (2020). The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in action. FAO. https://doi.org/10.4060/ca9229en.

[10] Nguyen, E.; Jones, O.; Kim, Y.H.B.; San Martin-Gonzalez, F.; Liceaga , A.M. Impact of microwave-assisted enzymatic hydrolysis on functional and antioxidant properties of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* by-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

products. *Fisheries Science* **2017**, *83*, 317-331.

[11] Nikoo, M.; Benjakul, S.; Yasemi, M.; Gavlighi, H.A.; Xu, X. Hydrolysates from rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) processing by-product with different pretreatments: Antioxidant activity and their effect on lipid and protein oxidation of raw fish emulsion. *LWT – Food Science and Technology* **2019**, *108*, 120-128.

[12] Nikoo, M.; Regenstein, J.M.; Noori ,F.; Gheshlaghi, S.P. Autolysis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by-products: Enzymatic activities, lipid and protein oxidation, and antioxidant activity of protein hydrolysates. *LWT – Food Science and Technology* **2021**, *140*, 110702.

[13] Nikoo, M.; Xu, X.; Regenstein, J.M.; Noori , F. Autolysis of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing by-products: Enzymatic activities, lipid and protein oxidation, and antioxidant activity of hydrolysates. *Food Bioscience* **2021**, *39*, 100844.

[14] Miquel, M.; Browse, J. Arabidopsis mutants deficient in polyunsaturated fatty acid synthesis. Biochemical and genetic characterization of a plant oleoyl-phosphatidylcholine desaturase. *Journal of Biological Chemistry* **1992**, *267*, 1502-1509.

[15] Ulbricht, T.; Southgate, D. Coronary heart disease :seven dietary factors. *The Lancet* **1991**, *338*, 985-992.

[16] Gómez-Limia, L.; Cobas, N.; Franco, I.; Martínez-Suárez, S. Fatty acid profiles and lipid quality indices in canned European eels: Effects of processing steps, filling medium and storage. *Food Research International* **2020**, *136*, 109601.

[17] Mgbechidinma, C.L.; Zheng, G.; Baguya, E.B.; Zhou, H.; Okon, S.U.; Zhang, C. Fatty acid composition and nutritional analysis of waste crude fish oil obtained by optimized milder extraction methods. *Environmental Engineering Research* **2023**, *28*.

[18] Santos-Silva, J.; Bessa, R.; Santos-Silva, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science* **2002**, *77*, 187-194.

[19] Matos, Â.P.; Matos, A.C.; Moecke, E.H.S. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology* **2019**, *22*.

[20] Fernandes, C.E.; da Silva Vasconcelos, M.A.; de Almeida Ribeiro, M.; Sarubbo, L.A.; Andrade, S.A.C.; de Melo Filho, A.B. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry* **2014**, *160*, 67-71.

[21] Šimat, V.; Vlahović, J.; Soldo, B.; Mekinić, I.G.; Čagalj, M.; Hamed, I.; Skroza, D. Production and characterization of crude oils from seafood processing by-products. *Food Bioscience* **2020**, *33*, 100484.

[22] Chen, J.; Liu, H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences* **2020**, *21*, 5695.

[23] Dietschy, J.M. Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein cholesterol concentrations. *The Journal of Nutrition* **1998**, *128*, 444S-448S.

[24] Liu, Y.; Ramakrishnan, V.V.; Dave, D. Lipid class and fatty acid composition of oil extracted from Atlantic salmon by-products under different optimization parameters of enzymatic hydrolysis. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **2020**, *30*, 101866.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by-products on fatty acids composition, oxidation, and nutritional properties of oil obtained using autolysis

Seyyed Ahmad Mousavi[1], Mehdi Nikoo[*2], Ali Haghi Vayghan[3]

1-MSc. Graduated of Sea food processing, Department of Pathobiology and Quality Control, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, West Azerbaijan 57179-44514, Iran
2-Associated professor, Department of Pathobiology and Quality Control, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, West Azerbaijan 57179-44514, Iran
3- Assistant professor, Department of Ecology & Aquatic Stocks Management, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, West Azerbaijan 57179-44514, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2023/2/1
Accepted:2023/5/7

Keywords:

Fish processing by-products,

Storage,

Fatty acids,

Oxidation,

Oncorhynchus mykiss

DOI: **10.22034/FSCT.21.149.13.**

*Corresponding Author E-Mail:
m.nikoo@urmia.ac.ir

ABSTRACT

The effects of storage of rainbow trout processing by-products at 4 ºC on fatty acid composition and nutritional values of hydrolyzed-derived oils were determined. Polyunsaturated fatty acids (PUFA, 39.97-43.70%) were the major fatty acids followed by monounsaturated (MUFA, 31.90-34.05%) and saturated (SFA, 19.27-22.59%) fatty acids. Among fatty acids, linoleic, cis vaccinic, and palmitic were the main fatty acids. N-6 fatty acids represented 34-38% while n-3 fatty acids were 4.5-6.6% of all fatty acids ($P<0.05$). Hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (h/H) index in oils was between 4.23 and 5.15. The highest value was found at day 2 while showed no changes among other storage times ($P>0.05$). Thrombogenic index (TI) at days 0 and 2 were the lowest among storage times while at days 5 it represented the highest value. However, the change was not significant ($P>0.05$). N-6/n-3 ratio ranged from 5.01 to 7.6. PUFA/SFA was between 1.77 and 2.29 and showed the highest value at day 2 while after 5 days significantly decreased ($P<0.05$). The highest fish lipid quality (FLQ) index was for fresh by-products (day 0) ($P<0.05$) and showed no differences from day 1 to 5 ($P>0.05$). Also, nutritive value index (NVI) ranged from 2.25 to 2.55 with no significant differences during storage ($P>0.05$). The sum of EPA and DHA was between 1.73 and 4.05% and decreased with increasing storage days ($P<0.05$). Polyene index (PI) decreased to the end of storage time up to 4 days compared with the fresh by-products and significantly decreased thereafter after 5 days ($P<0.05$). Results of the present study showed that fatty acid composition and nutritional quality of oils from hydrolysis-derived oils were influenced by the storage days to some degree.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-26]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.149.13]