مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (9)، العدد (2) (ديسمبر-2023)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

**DOI:** https://doi.org/10.59743/jmset.v9i2.156

# استخلاص زيت الأسماك ومخلفاتها بتقنيات حديثة ودراسة صفاته النوعية: دراسة مرجعية

أسعد رحمان سعيد الحلفي، صباح مالك حبيب الشطي*، و أثير عبد الأمير عبد الجبار المطوري

قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة البصرة، البصرة، العراق.

* البريد الإلكتروني: sabahalshatty@gmail.com

# Extraction of Fish Oil and its Waste Oil by Modern Techniques and Study its Qualitative Characteristics: A Review

Asaad R. Al-Hilphy, Sabah Malik Al-Shatty*, and Atheer Abdul Amir Al-Mtury

Department of Food Science, Collage of Agriculture, University of Basrah, Basrah, Iraq.

Received: 02 November 2023; Revised: 22 November 2023; Accepted: 07 December 2023

## الملخص

في هذه المراجعة تمت مراجعة استخدام الطرق الحديثة في استخلاص زيوت الأسماك ومخلفاتها. يعد استخلاص زيوت مخلفات الأسماك بالأشعة تحت الحمراء والتسخين الأومي والاستخلاص بالطاقة الشمسية من الطرق الحديثة جدا وتتميز باستهلاكها القليل للطاقة وصديقة للبيئة وكفاءتها العالية. تستخلص زيوت الأسماك أو مخلفاتها بالطرائق التقليدية مثل الضغط الهيدروليكي والاستخلاص بالحرارة والاستخلاص بالمذيبات، وقد وجد أن لهذه الطرائق مساوئ رئيسية تؤثر على نوعية المنتج، لذلك وجدت طرائق صديقة للبيئة مثل الاستخلاص بالموائع فوق الحرجة والتحلل الإنزيمي والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية والاستخلاص بالموجات الدقيقة، إلا أنها مكلفة اقتصاديا. إن ما يعادل 25% من الإنتاج الكلي للأسماك يتم تجاهله بوصفه ناتجا عرضيا أو مخلفات، وأن هذه المخلفات تسبب تلوثاً للبيئة. في حين يمكن أن تكون هذه المخلفات مصدراً للإنزيمات والدهون. حيث إن محتوى الزيت في مخلفات الأسماك يتراوح ما بين (1.4–40.1) % ويبلغ استهلاك العالم من زيت الأسماك ما يقارب 2% من الدهون والزيوت، تستعمل زيوت الأسماك بصورة رئيسة كغذاء وبشكل مباشر في الصناعات الدوائية والزراعية وكمضافات غذائية أو مكملات. فيتم إنتاج حوالي 25–30 مليون طن من الأسماك حول العالم و10 مليون طن تنتج منها زيوت الأسماك وتستخدم لأغراض مختلفة. تستخدم منها 5% فقط لاستخلاص الأحماض الدهنية (الأوميجا 3)، والمتبقي يستعمل في صناعة الأعلاف. ومن أبرز فوائد الزيوت البحرية هي خفض ضغط الدم وخفض الجليسيريدات الثلاثية وإبطاء حدوث مرض تصلب الشرايين وتقليل حدوث اضطرابات وأمراض القلب والموت المفاجئ وحدوث الجلطات وتقليل أمراض ما بعد الولادة والاكتئاب وتحسين الذاكرة وتحسين الرؤيا وتقليل مخاطر الإصابة بالزهايمر والخرف؛ فضلا عن تقليل الإصابة بالتهاب المفاصل وتحسين النظام المناعي، كما تم التطرق إلى إمكانية الاستفادة من الأسماك ومخلفاتها في الحصول على الزيوت وتنقيتها واستعمالها للاستهلاك البشري باعتبارها أحد مصادر الفيتامينات الذائبة بالدهون.

**الكلمات الدالة:** الخواص النوعية، طرق استخلاص، مخلفات الأسماك.

## Abstract

In this review, using modern technologies in fish and waste oil extraction was reviewed. The extraction of fish waste oils by Infrared, Ohmic heating, and Solar extraction were very modern methods, and characterized by lower energy consumption, environmentally friendly and higher efficiency. Fish or fish waste oils are extracted by conventional methods such as hydraulic pressure, heat extraction and solvent extraction. These methods have major disadvantages affecting product quality. So, eco-friendly methods have been found such as supercritical fluids extraction, enzymatic decomposition, ultrasonic extraction and microwave extraction. However, they are

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

economically expensive. About of 25% of the total fish production is discarded as a by-product or waste, and these wastes cause environmental pollution, while these wastes can be used as a source of enzymes and fats. The oil content in fish wastes ranges between (1.4-40.1)%. Furthermore, consumption of fish in the world is approximately 2% of fat and oil. Fish oils are mainly used as food, the pharmaceutical, and agricultural industries directly and as food additives or supplements. About 25-30 million tons of fish are produced around the world and 10 million tons of fish oils are used for various purposes. Only 5% is used to extract omega-3 fatty acids, and the rest is used in the food industry. The most prominent benefits of marine oils are lowering blood pressure, lowering triglycerides, slowing the incidence of atherosclerosis, reducing the incidence of heart disorders, sudden death, stroke, reducing postpartum diseases and depression, improving memory, improving vision, reducing the risk of Alzheimer's and dementia, and reducing arthritis. Immune system enhancement. In this study, the possibility of utilizing fish and their wastes in obtaining purified oil and using them for human consumption was discussed as one of the sources of fat-soluble vitamins or can be used for animal consumption by adding them with feed or diets or can be used in industrial fields such as waxing, washing, materials, rubber and lubricants.

***Keywords**: Quality characteristics, Extraction methods, Fish wastes.*

## 1. المقدمة

تمتاز الأسماك والأغذية البحرية بمحتواها الجيد من العناصر الغذائية التي تعد مصدر جيد لنمو وتكاثر المايكروبات لذلك فأن تثبيطها يعد أمراً مهماً. تمتاز زيوت الأسماك باحتوائها على كميات كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة (أوميغا 3) وهي حامض الاكوسابنتانويك EPA وحامض الدكوساهكسانويك DHA (عويضة،2015). يسهم زيت السمك Fish Oil بفاعليته الوقائية من أمراض تصلب الشرايين التاجية، وقد تأكد ذلك في السكان الذين يتناولون كميات كبيرة من زيوت الأسماك البحرية Marine fish oil كاليابان وسكان جزيرة جرين لاند والأسكيمو؛ إذ يتميز هؤلاء السكان بانخفاض نسبة الكوليسترول في مصل الدم والجليسيريدات الثلاثية مما يجعلهم أقل عرضة للإصابة بأمراض القلب وتصلب الشرايين، من أجل تجنب الإصابة بأمراض القلب وتصلب الشرايين يوصى بتناول 500 مجم/يوم من EPA وDHA ويمكن تحقيق ذلك بسهولة من خلال استهلاك وجبتين سمكية في الأسبوع (الرقيعي،2011) .

من فوائد استعمال زيت السمك قدرته على مساعدة مرضى القلب والأوعية الدموية والمساهمة في علاج ارتفاع نسبة الكولسترول بالدم وعلاج الاكتئاب والقلق وعلاج ضعف المناعة وعلاج أعراض السكري ومضاعفاته وعلاج اضطراب الجهاز الهضمي وعلاج أمراض العين والمساعدة على إنقاص الوزن وزيادة الخصوبة وعلاج تلف الشعر والأمراض الجلدية كالصدفية وحب الشباب وفي علاج الزهايمر والعناية بالبشرة (Maroon and Bost, 2006).

ذكر Rustad (2003) أن حوالي 20 مليون طن والذي يعادل 25% من الإنتاج الكلي للأسماك يتم تجاهله بوصفه ناتجا عرضيا أو مخلفات، إن هذه المخلفات تسبب تلوثاً للبيئة في حين يمكن أن تكون هذه المخلفات مصدراً للإنزيمات والدهون (Gildberg, 2001 ; Bhaskar *et al*., 2007; Arnesen and Gildberg, 2007). إن محتوى الزيت في مخلفات الأسماك يتراوح بين (1.4–40.1)% (Babbit,1990).

استعملت طرائق تقليدية لاستخلاص زيوت الأسماك ومخلفاتها مثل الضغط الهيدروليكي والتقطير تحت التفريغ والتبلور باليوريا والاستخلاص بالهكسان والتبلور التقليدي. إلا أن العيوب الرئيسية لتلك الطرائق تتميز بكونها تحتاج إلى درجات حرارة عالية مما تؤثر سلبا على النوعية التغذوية لزيوت الأسماك فضلا عن التكسير الحراري

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

للمركبات الطبيعية القابلة للتغير والحساسة للحرارة، إضافة إلى سمية المذيبات التي قد يتبقى قسم منها في المنتج، وبالتالي ستؤثر سلبا على صحة الإنسان (Hultin, 1994; Staby and Mollerup,1993).

وهنالك طريقة جديدة لاستخلاص زيت مخلفات الأسماك بالأشعة تحت الحمراء (المطوري وآخرون، 2019 ;الحلفي وآخرون، 2019). إذ تمتاز هذه التقنية الحديثة بانخفاض تكاليف الطاقة ويكون معامل انتقال الحرارة عال (Nowak and Lewicki, 2004).

## 2. الزيوت والدهون (Oils and Fats)

تعد الزيوت والدهون المصدر الأكثر تركيزا للطاقة من أي عنصر غذائي آخر وتجهز الجسم بالأحماض الدهنية الأساسية Essential Fatty Acids التي هي مواد أولية Precursors للعديد من الهرمونات المهمة وغيرها، وتسهم الدهون إسهاماً كبيراً في الشعور بالشبع بعد الأكل، وتحمل الفيتامينات الذائبة في الدهن. وتجعل الطعام أكثر استساغة (Campbell *et al.*, 1999 ). توجد الزيوت والدهون في الأغذية بنسب مختلفة، وأهم المصادر الأولية للزيوت والدهون هي اللحوم بأنواعها المختلفة ومنتجات الألبان الدهنية والأسماك وبذور المحاصيل الزيتية. تصنف الدهون إلى مجموعتين رئيسيتين قطبية وغير قطبية، تشمل الدهون القطبية الأحماض الدهنية الحرة والفوسفوليبيدات والسفنكولبيدات، أما الدهون غير القطبية فتشمل الجليسيريدات الثلاثية والجليسيريدات الثنائية والجليسيريدات الأحادية والستيرولات (الدلالي والركابي، 1988).

### 1.2. زيوت الأسماك (Fish Oils)

تتألف أنسجة الأسماك بصورة رئيسية من الجليسيريدات الثلاثية والتي تكون كارهة للماء كلياً وتحتوي الأحماض الدهنية التي تختلف بطول السلاسل واختلاف درجة عدم التشبع (Fahy *et al.*, 2011)، وتعد زيوت الأسماك مصدراً للأحماض الدهنية الطبيعية الأساسية إضافة إلى احتوائها على الأحماض الدهنية نوع الأوميغا 3 الطويلة السلسلة والتي تحتوي على كل من حامض الاكوسابنتانويك EPA C20:5(n~3) وحامض الدكوساهكسانويك DHA C22:6(n~3).وأثبتت الدراسات أن الأحماض الدهنية وبالذات نوع أوميغا تمتلك تأثيراً إيجابيا على صحة الإنسان فهي تقلل من فرصة الإصابة بالأمراض مثل أمراض القلب وتصلب الشرايين و السرطان والسكري، كذلك تقلل من مخاطر الاكتئاب بالإضافة إلى تأثيرها على النظام المناعي (Rizliya and Mendis, 2014) وتعد زيوت الأسماك ممتازة جدا بوصفها أهم مصادر للأحماض الدهنية نوع أوميغا والتي من الممكن امتصاصها بسهولة (Anonymous, 2010)؛ كما أن الأحماض الدهنية غير المشبعة طويلة السلسلة المتعددة هي مواد مهمة لإدامة ونمو وتطور الإنسان (Chow, 2000). ويعد زيت السمك مصدراً مهماً لمكونات الحمية الأساسية مثل EPA وDHA (Merkle *et al.*, 2017).

يبلغ استهلاك العالم من زيت الأسماك ما يقارب 2% من الدهون والزيوت، تستعمل زيوت الأسماك بصورة رئيسة كغذاء وبشكل مباشر في الصناعات الدوائية والزراعية وكمضافات غذائية أو مكملات. فيتم إنتاج حوالي 25–30 مليون طن من الأسماك حول العالم و10 مليون طن تنتج منها زيوت الأسماك تستخدم لأغراض مختلفة ( FAO, 2018; Rizliya and Mendis, 2014) تستخدم منها 5% فقط لاستخلاص الأحماض الدهنية الأوميغا 3 للأحماض الدهنية والمتبقي يستعمل في صناعة الاعلاف (Lembke, 2013).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

بلغت الصناعة التجارية لزيت السمك أوجها في بداية القرن التاسع عشر في شمال أوروبا وفقا لتقارير لمنظمة الغذاء والزراعة الدولية وبسبب الصيد الفائض لسمك الرنكة آنذاك تمكن الصيادون من إيجاد استعمالات صناعية أخرى للزيت مثل دباغة الجلود وإنتاج الصابون، وغيرها من المنتجات غير الغذائية، وفي بدايات القرن العشرين برزت محاولات لاستعمال الزيوت السمكية في مجالات توفير وحماية البيئة وقد احتلت الصدارة كل من بيرو وتشيلي في مجال إنتاج زيت الأسماك في النصف الأخير من القرن العشرين لتصدر كل واحدة من الدولتين حوالي 18 ألف طن متري من زيت السمك لجميع أنحاء العالم (Moreau and Kamal-Eldin, 2009).

يختلف التركيب الكيميائي للأسماك باختلاف النوع وتركيب العضلات ونوع المياه والجنس والحالة الفسلجية والعمر وموسم الصيد (عبد الحميد، 2003)، وتعد الأسماك البحرية أغنى من النهرية في زيوت الأسماك ومحتوى فيتامين D، وبروتين السمك عالي القيمة الغذائية، أما زيت السمك فهو غني بالأحماض الدهنية الأساسية والضرورية التي تخفض من تركيز الكولسترول في دم الإنسان خاصة في أسماك المياه الباردة مثل سمك الحمام والرنجة. كما أن الأسماك غنية بالعناصر المعدنية كالكالسيوم والحديد واليود خصوصا الأسماك البحرية. ويمكن أن يستخلص زيت السمك من كبد الأسماك كالكوسج واللخمة والتونة أو من العضلات كما في السردين ويعد مصدرا لفيتامين A، ويستخدم زيت السمك الأقل جودة في الطلاء أو صناعة المطاط الصناعي وأحبار للطباعة والتشحيم والصابون والمنظفات وأدوات التجميل والمبيدات (الطائي،2005). ويحتوي زيت السمك المركز وحسب ما ذكر في هيئة الدستور الغذائي على 35% و50% من حامض الاكوسابنتانويك C20:5(n~3) وحامض الدوكوساهكسانويك C22:6(n~3) على التوالي (Anonymous, 2017). وتعد الأسماك مصدراً ممتازاً للبروتين الحيواني الجيد النوعية ومصدرا ممتازا للأحماض الدهنية الأساسية والعناصر المعدنية المهمة، إذ توجد في مستويات عالية في الأسماك مقارنة ببقية الحيوانات وصناعة صيد الأسماك هي صناعة مهمة للغاية ليس فقط كضمان للأمن الغذائي، بل لتوفير العمالة والدخل الذي يساعد بالقضاء على الفقر خصوصا في البلدان النامية. ويتخلف عن معامل تصنيع الأسماك كميات كبيرة من المخلفات السمكية والتي غالبا ما تشكل 20-50% من إجمالي وزن الأسماك؛ وتعد هذه المخلفات بكمياتها الكبيرة وقابليتها السريعة للتلف تهديداً للبيئة إذا لم يتم التخلص منها بشكل صحيح وتشكل الأحشاء السمكية من7.5-15% من إجمالي جسم السمكة وليس لها قيمة تجارية على الرغم من احتواء الأحشاء على نسبة عالية من البروتينات والزيوت وبعض المعادن (Abd-Al-Rahman *et al.*, 2018).

يستخدم زيت جسم السمكة للاستهلاك البشري بعد استخلاصه من جسم السمكة وتنقيته ويستعمل مع العلف الحيواني كمواد حاوية على فيتامينات A وD أو في استعمالات أخرى كالتشميع ومواد الغسيل والمطاط ومواد التزييت وحبر الطباعة ومواد التجميل وصناعة الجلود، أما زيت كبد الأسماك فهو يعد مصدرا غنيا للفيتامينات الذائبة بالدهن (الطائي، 2005). إن صناعة مخلفات الأسماك تعتبر مصدرا أساسيا للتلوث البيئي؛ حيث أشارت الأبحاث السابقة إلى إمكانية تحويل المخلفات إلى منتجات مفيدة (Laufenberg *et al.*, 2003) ومن الممكن صناعة شرائح السمك من المخلفات والتي قد تصل في بعض الأحيان إلى 50% من الإنتاج الكلي للسمك المصنع (Taylor *et al.*, 2007) تولدت طريقة لتقليل مشاكل التلوث البيئي الناتج من الكميات الكبيرة للمخلفات من أجل تحويلها إلى منتجات مشتقة كمكونات في إطعام الحيوانات (Ristic *et al.*, 2002)، أو الاستفادة من مخلفات الأسماك لتكون مصدراً مهماً للبروتينات 58%والدهن 19%والأحماض الدهنية (الأحادية المشبعة) البالمتيك والأوليك والتي توجد في مخلفات الأسماك ،بينما تحتوي على الرماد بحدود 22% إشارة إلى نسبة عالية من المعادن في مسحوق السمك (Estenban et al., 2007). كما ذكر Junker *et al.*(2006) بأن مخلفات الأسماك التي يحصل عليها من عمليات التصنيع تكون غنية بالأحماض الدهنية الأوميغا 3 وأن مخلفات الأسماك التي تطرحها معامل

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

تصنيع الأسماك في القمامة كونها عديمة الفائدة مثل الجلد والجذع والرأس والعظام ازدادت بشكل كبير ولا توجد محاولات للاستفادة منها (Gildberg,2001; and Kristinsson & Rasco, 2000) ينتج زيت السمك من المنتجات الثانوية للأسماك التي تصطاد وخصوصا الأسماك التي لا تؤكل والغير مرغوبة (Kim, 2014).

## 2.2. تقنيات استخلاص زيوت الأسماك

تستخلص زيوت الأسماك أو مخلفاتها بالطرائق التقليدية مثل الضغط الهيدروليكي والاستخلاص بالحرارة والاستخلاص بالمذيبات، وقد وجد أن لهذه الطرائق مساوئ رئيسية تؤثر على نوعية المنتج كارتفاع درجات الحرارة والتي تؤثر على طبيعة المركبات وسمية المذيبات التي تبقى بالمنتوج بعد الاستخلاص؛ إضافة إلى تأثيرها على البيئة بسبب أن عمليات الاستخلاص تتطلب كميات عالية من الحرارة فضلا عن مخاطر تسرب المذيبات العضوية إلى البيئة (Adeoti and Hawboldt, 2014). لذلك وجدت طرائق صديقة للبيئة مثل الاستخلاص بالموائع فوق الحرجة Supercritical Fluids Extraction والتحلل الانزيمي والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية والاستخلاص بالموجات الدقيقة (Rubio Rodrigues *et al.*, 2008 ; Adeoti and Hawboldt, 2014). في العشرين سنة الأخيرة تم الاعتراف بالاستخلاص الأخضر كبديل واعد لاستخلاص الزيوت والشحوم بالمذيبات العضوية.

### 1.2.2. الاستخلاص بالسوكسيليت (Soxhlet Extraction):

وهي من أقدم الطرائق وأدقها والتي تستخدم لاستخلاص الزيوت والدهون والسوكسيليت عبارة عن جهاز يتكون من مكثف ووحدة وسطية توضع بها العينة وذلك بوجود مصدر حراري ومذيب يعمل على استخلاص الزيت ويبخر على درجة حرارة منخفضة حتى يسهل التخلص منه بعد ذلك والحصول على الزيت بصورة نقية.(Nielsen, 2017) كما تعتمد الطريقة على فرق الكثافة بين أبخرة المذيب والزيت حيث يتم التخلص من البخار ويرجع الزيت إلى وعاء الاستخلاص وهكذا إلى أن يتم استخلاص الزيت بالكامل. وتتميز هذه الطريقة بالحفاظ على نظام التوازن بواسطة التعرض بشكل دائم للنموذج مع المذيب النقي و ابقاء درجة حرارة الاستخلاص عالية لتمكين استرجاع المركبات المرغوبة و لا تتطلب عملية تصفية بعد الاستخلاص، أما سلبياتها فوقت الاستخلاص طويل والعملية مجهدة واستهلاك كمية كبيرة من المذيب والكمية الكبيرة من المذيب تحتاج إلى تبخير (عملية التركيز) فضلا عن أنه هنالك مخاطر من التحلل الحراري للمركبات المطلوبة لذلك العملية لا تتضمن استخلاصاً انتقائياً ( Luque de Castro and Priego, 2010).

### 2.2.2 الاستخلاص بالموائع فوق الحرجة (Supercritical Fluids Extraction):

إن تقنية استعمال الموائع فوق الحرجة هي البديل الواعد لطرائق الاستخلاص بالمذيبات العضوية في مجال الدهون وتتمثل آلية عملها بضغط ثاني أوكسيد الكربون السائل بواسطة مضخة ذات ضغط عال للوصول إلى الضغط المطلوب ويسخن لدرجة الحرارة المطلوبة للوصول إلى الحالة فوق الحرجة وبعدها يتم الاستخلاص، وأهم مميزات هذه الطريقة هي أنها سريعة لا تحتاج إلى مذيب عضوي والمستخلص يبقى نفسه لعدة سنين وخلوها من المعادن الثقيلة والأملاح المعدنية ولا فرصة للمواد القطبية بتكوين بوليمرات وذات تصافي عالي. يمكن استعمال الدهون للتحليلات مباشرة أما سلبياتها فهي غالية الثمن وتحتاج إلى متطلبات معقدة واستهلاك عال للطاقة وتشغيل عند ضغوط مرتفعة وتحتاج إلى تجهيز $CO_2$ نقي . (Rubio Rodrigues *et al.*, 2008 ; Sahena *et al.*, 2010 ; Adeoti and Hawboldt, 2014)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

**3.2.2. الاستخلاص بالموجات فائقة الصوت (Ultrasound Assisted Extraction):**

تستعمل الموجات فائقة الصوت لتغلغل المذيب بالاتصال مع النسيج الغشائي الصلب لاستخلاص الزيوت من محلول العينة، وتتميز هذه الطريقة بقصر وقت الاستخلاص واستهلاك المذيب وتغلغل عال للمذيب مع لمواد الخلوية ودعم تحرير محتوى الخلية إلى الوسط. أما سلبياتها فهي استهلاك عال للطاقة (Xiao *et al.*, 2017 ; Lattef,2012 ; Abdullah *et al.*, 2010).

**4.2.2. الاستخلاص بالموجات الدقيقة (Microwave Assisted Extraction):**

تستعمل الموجات الدقيقة لتسخين المذيبات في الاتصال مع النموذج الصلب لاستخلاص المحتويات في محلول العينة، وتتميز هذه الطريقة في تقليل وقت الاستخلاص واستهلاك المذيب وتغلغل عال للمذيب وللمواد الخلوية ودعم تحرير محتوى الخلية في الوسط وحرارة منخفضة ونسب استخلاص عالية، وفضلاً عن كفاءتها في الاستخلاص وعدم استعمال الحرارة بشكل مباشر. أما سلبياتها فهي استهلاك عال للطاقة والحرارة تؤثر فقط على المذيبات القطبية للمواد وكفاءة منخفضة عند استعمال مذيبات طيارة. (Wang & Weller, 2006; Mercer & Armenate, 2011; Ramalhosa *et al.*, 2012; Adeoti & Hawboldt, 2014; and Chimsook & Wannalangka, 2015)

**5.2.2. التحلل الإنزيم (Enzymatic Hydrolysis):**

تستعمل الإنزيمات المحللة للبروتينات لهضم المواد واستخلاصها ومن مميزاتها أنها لا تحتاج إلى مذيب عضوي واستعمال بروتيزات صناعية منخفضة الكلفة، أما سلبياتها فهي غالية الثمن (Linder *et al.*, 2005; Gbogouri *et al.*, 2006; Ramakrishnan *et al.*, 2013; and Deepika *et al*, 2014)

**6.2.2. البخار المباشر (Direct Steaming):**

تعد من أقدم الطرق التقليدية والاقتصادية لاستخلاص زيوت الأسماك وتمتاز بسهولة عملية الاستخلاص ورخيصة الثمن ولا تتطلب جهداً وسريعة وبالإمكان استعمالها من عامة الناس والمجتمعات الريفية وهي اقل استهلاكاً للوقت (Sunarya and Taylor, 1991).

**7.2.2. السلي الرطب (Wet Rendering):**

إن السلي الرطب لا يتطلب موادا كيميائية خلال عملية التصنيع وتتضمن طريقة السلي الرطب طبخ الأسماك أو مخلفاتها مع البخار لتحطيم تركيب الخلايا وتكون درجة حرارة الطبخ بحدود 85-95°م، وإن أفضل درجة حرارة لطريقة السلي الرطب هي 80°م وعصر الزيت من الأسماك المطبوخة والطرد المركزي. من مميزاتها هي الحصول على كميات كبيرة من الزيت الخام (Huss, 1995). قامت Abd-El Rehman *et al.* (2018) باستخلاص زيوت الأسماك من أحشاء ومخلفات سمك البلطي والحمام من خلال استعمال السلي الرطب، إذ كان الأفضل مقارنة بالاستخلاص بالمذيبات؛ إذ أنتجت هذه الزيوت لغرض وقود الديزل ولوحظ أن الدرجة الحرارية 80–100°م لها تأثير كبير على انتاجية الزيت المستخرج، وذكرت أن نسبة الزيت الخام من أحشاء البلطي بلغ 20%في حين بلغ 7% في زيت احشاء الحمام .

**8.2.2. الاستخلاص بالمذيب العضوي (طريقة داير) (Bligh and Dyer Method):**

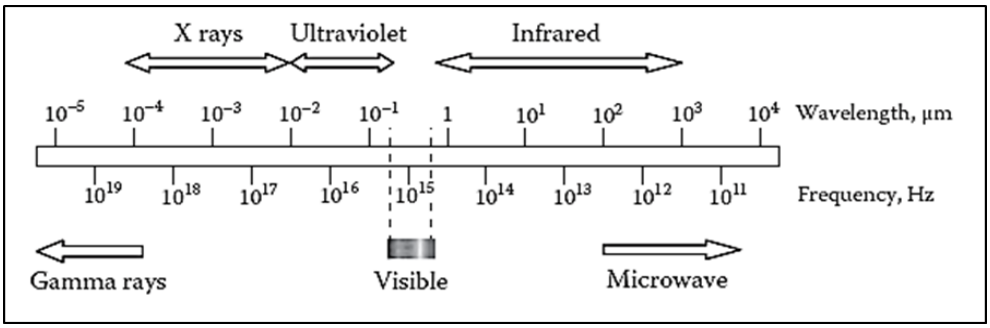
إن طريقة الاستخلاص بالمذيب العضوي تعد من الطرق القياسية التي تستعمل لفصل واستخلاص وتقدير الدهون والزيوت في الأنسجة الحيوانية والنباتية. ويتلخص أساسها بإضافة كميات قليلة من الكلوروفورم والميثانول والماء بنسب 1.8:2:2 إلى العينة ومن ثم خلطها وإجراء الطرد المركزي، إذ تنفصل إلى ثلاث طبقات الطبقة العليا (الميثانول والماء) والطبقة الوسطى (المركزة بالبروتين)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

والطبقة السفلى (الزيت المذاب بالكلوروفورم) تحمل الطبقة المائية، ويجرى ترشيح للطبقة السفلى ومن ثم تبخير المذيب والحصول على الزيت (Sundermann *et al*., 2016 ; Bligh and Dyer ,1959).

**9.2.2. الاستخلاص بالأشعة تحت الحمراء**

ذكر Pan & Atungulu (2011) أن الحرارة الناتجة من الشمس هي الأشعة تحت الحمراء. ويبين شكل (1) الطيف الكهرومغناطيسي موضحا فيه الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء. الأشعة تحت الحمراء Infrared هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يتراوح طوله الموجي بين 0.75–1000 نانومتر (Sakai & Hanzawa, 1994).




**شكل 1**. طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي(Modest and Mazumder, 2023)

وتقسم الأشعة تحت الحمراء إلى ثلاثة أنواع وهي الأشعة القريبة من تحت الحمراء Near-IR (NIR)، التي يتراوح طولها الموجي بين 0.75–1.4 نانومتر، والأشعة تحت الحمراء المتوسطة Mid-IR (MIR) التي يتراوح طولها الموجي بين 1.4–3 نانومتر، والأشعة تحت الحمراء البعيدة Far-IR radiation (FIR) التي يتراوح طولها الموجي بين 3–1000 نانومتر (Al-Hilphy, 2017).

**1.9.2.2. آلية تسخين الأغذية بالأشعة تحت الحمراء:**

إن الطرائق الشائعة لانتقال الحرارة هي التوصيل conduction والحمل convection والإشعاع radiation. ذكر Krishnamurthy *et al*. (2008) بأن فائدة تسخين الأغذية هو إطالة العمر الخزني Shelf life وتحسين الطعم. حيث تزداد طاقة حركة الجزيئات عند ارتفاع درجة حرارة المادة، وتحصل تغيرات فيزيائية وكيميائية للمادة المسخنة عند زيادة درجة حرارتها بصورة كبيرة. كما تنتقل الحرارة إلى المادة المراد تسخينها من الخارج بوساطة الحمل أو التوصيل أو الإشعاع وهي طرائق تسخين تقليدية. هنالك عامل مهم جدا وتعتمد عليه طريقة انتقال الحرارة من المصدر الباعث إلى الغذاء ومن الأمثلة على ذلك هي أثناء عملية الخبز تنتقل الطاقة الحرارية بوساطة الحمل، كما أن الحرارة تنتقل عن طريق التوصيل أثناء عملية القلي والغليان من النار إلى الوعاء ومنه إلى الغذاء، كما أن الخواص الحرارية والهندسية للغذاء تؤثر على ارتفاع درجة حرارته وزمن تسخينه (Rosenthal, 1992).

من الأمثلة على انتقال الحرارة بالإشعاع هي عملية الشواء broiling وآليتها تتمثل في أن الغذاء يقوم بامتصاص الاشعة الكهرومغناطيسية وتحصل حركة حرارية للجزيئات thermal movements of the molecules وأن التردد (الطاقة) للإشعاع تعتمد عليه كفاءة تحويل الطاقة بصورة كبيرة. كما أن الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة (أقل من الاشعة تحت الحمراء) تسبب تغيرات كيميائية بصورة كبيرة في الجزيئات التي تمتص ذلك الإشعاع مثل الإثارة الإلكترونية وتكسير الأواصر الكيميائية وتبديد

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الطاقة الممتصة على شكل حرارة، بينما في حالة استعمال الأشعة ذات الأطوال الموجية الطويلة مثل الأشعة تحت الحمراء تكون كفاءة تحويل الطاقة عالية بها، ولهذا فإن تغلغل الأشعة تحت الحمراء في الغذاء تكون قليلة وبعدة مليمترات.

تمتص المواد العضوية الأشعة تحت الحمراء بترددات مختلفة تطابق عملية انتقال الجزيئات الداخلية بين مستويات الطاقة. إذ يكون الانتقال ضمن مدى الأشعة تحت الحمراء يعبر عنه بالحركة الدورانية rotational movement والحركة الاهتزازية vibrational (stretching) movement للأواصر الذرية الداخلية، وإن مجاميع الذرات تزيد من امتصاص الحزم الاشعاعية عند نفس الترددات أو بالقرب منها بغض النظر عن تركيب الجزيء. يتراوح مدى الترددات الدورانية بين $10^{11}$-$10^{13}$ هرتز عند طول موجي مقداره 1-30 نانومتر وتتراوح بين $10^{13}$-$10^{15}$ هرتز للترددات الاهتزازية عند الطول الموجي 0.3-30 نانومتر. (Al-Hilphy, 2017).

يوضح الجدول (1) أواصر امتصاص الأشعة تحت الحمراء لمكونات الأغذية المختلفة (Rosenthal, 1992). إذ يبين الجدول أن الامتصاصية العالية تكون بسبب الاهتزازات الطولية، إضافة إلى ذلك فإن الجزيئات المثارة بوساطة الحركة الاهتزازية تفقد طاقتها بصورة مستمرة وباتجاهات عشوائية بسبب التصادمات بين الجزيئات. وهي تنقل الطاقة إلى الوسط المحيط على شكل حرارة وهذا يجعل المادة التي تمتص الأشعة تحت الحمراء غير مشبعة بها.

درس كل من Vandermey & Khan (1987) قطعة لحم تم شوائها بوساطة الأشعة تحت الحمراء وقارنها بالفرن الغازي، واستنتج أن فقد المواد عند الطبخ أقل بقليل من طريقة الفرن الغازي إذ بلغ 28 و24% على التوالي، وكان محتواها الرطوبي أعلى بصورة معنوية ومحتواها من الدهن أقل مقارنة مع الفرن الغازي، ووجدا أيضا أن نسبة الثيامين كانت متقاربة فيما بينهما فقد كانت النسب 81 و85% على التوالي، كما وجدا أن كلا الطريقتين لم تظهر بينهما فروقات معنوية في الصفات الحسية والقبول العام. استخلص المطوري آخرون (2018) زيت مخلفات الأسماك بالأشعة تحت الحمراء وتم دراسة تأثير نوع العبوة على بعض الدلائل الكيميائية لهذا الزيت المستخلص.

**جدول 1**. أواصر امتصاص الأشعة تحت الحمراء ذات الصلة بالأغذية (Rosenthal, 1992)

| المجاميع الكيميائية | امتصاصية الاطوال الموجية ( نانومتر) | مكونات الغذاء |
|---|---|---|
| Hydroxyl group (O-H) | 3.3–2.7 | الماء ، السكريات |
| Aliphatic carbon-hydrogen bond | 3.7–3.25 | الليبيدات ، السكريات ، البروتينات |
| Carbonyl group (C=O) (ester) | 5.76–5.71 | الليبيدات |
| Carbonyl group (C=O) (amide) | 5.92 | بروتينات |
| Nitrogen–hydrogen group (-NH-) | 3.33–2.83 | بروتينات |
| Carbon–carbon double bond (C=C) | 4.76–4.44 | ليبيدات غير مشبعة |

كما تم تصميم جهاز يعمل بالأشعة تحت الحمراء من قبل (المطوري، 2019) يتكون من مصباح باعث للأشعة تحت الحمراء وأسطوانة مثقبة بداخلها قماش ململ وقمع ومروحة تهوية ومروحة تقليب ومنظومة السيطرة الحرارية ودورق لفصل الزيت من الماء ووحدة التصفية تحت التفريغ التي تتكون من مضخة تفريغ وقمع زجاجي (الشكل 2).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

**10.2.2. الاستخلاص بالتسخين الأومي:**

يطلق على التسخين الأومي أيضا بتسخين الجول وهي عملية مرور التيار الكهربائي خلال المادة الغذائية وتوليد الحرارة بداخلها (Guo *et al.*, 2017). إن الأساس العلمي للتسخين الأومي أو تسخين المقاومة الكهربائية هو مرور التيار الكهربائي المتناوب عبر الأغذية، مما يتسبب في حركة الأيونات نحو أقطاب الشحنات المعاكسة. تسبب حركة الأيونات تصادمًا مع بعضها البعض، مما يؤدي إلى مقاومة حركة الأيونات وزيادة الطاقة الحركية. يتم تسخين المنتج لتحويل الأغذية إلى مقاومة كهربائية، وتتولد الحرارة بداخله بشكل لحظي وحجمي نتيجة حركة الأيونات. تعتمد كمية الحرارة على التيار والجهد والمجال الكهربائي والتوصيل الكهربائي للأغذية (Al-Hilphy *et al.*, 2018; and Kumar *et al.*, 2018). كما قام Al-Hilphy *et al.* (2022) بتصميم وتصنيع منظومة لاستخلاص زيوت مخلفات الأسماك باستخدام تقنية التسخين الأومي (شكل 3.أ) ومقارنتها بالطريقة التقليدية، كذلك درس حاصل الزيت إذ بلغ 19.67% عند ظرف استخلاص (توصيل كهربائي 22 فولت ودرجة حرارة 95 $^{o}$م) مقارنة بالطريقة التقليدية، حيث بلغ 15% عند نفس درجة الحرارة أعلاه.

**11.2.2. الاستخلاص بالطاقة الشمسية:**

الطاقة الشمسية وهي الطاقة الناتجة عن تجميع الحرارة والضوء من أشعة الشمس وإيجاد تقنيات مناسبة لاستعمال تلك الطاقة في التسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية كتسخين الماء للاستعمال المنزلي وتدفئة الأجواء الداخلية للبيوت والبنايات وتوفير الحرارة للمعالجات الصناعية أو لتوليد الكهرباء عن طريق البخار الساخن وتعد الشمس المصدر الرئيس لها ولمختلف أنواع الطاقات الأخرى. (علي، 2018)

وفي دراسة أجراها Al-Hilphy *et al.* (2023) باستخدام الطاقة الشمسية في مجال استخلاص زيوت مخلفات الأسماك (شكل 3 ب) اذ تم تصميم وتصنيع جهاز لاستخلاص الزيوت من مخلفات الأسماك باستخدام الطاقة الشمسية اذ تمت دراسة الصفات الكيميائية والفيزيائية والحسية للزيت المستخلص كما درس حاصل الزيت إذ بلغ 18%مقارنة مع الطريقة التقليدية حيث كان 15.20%.

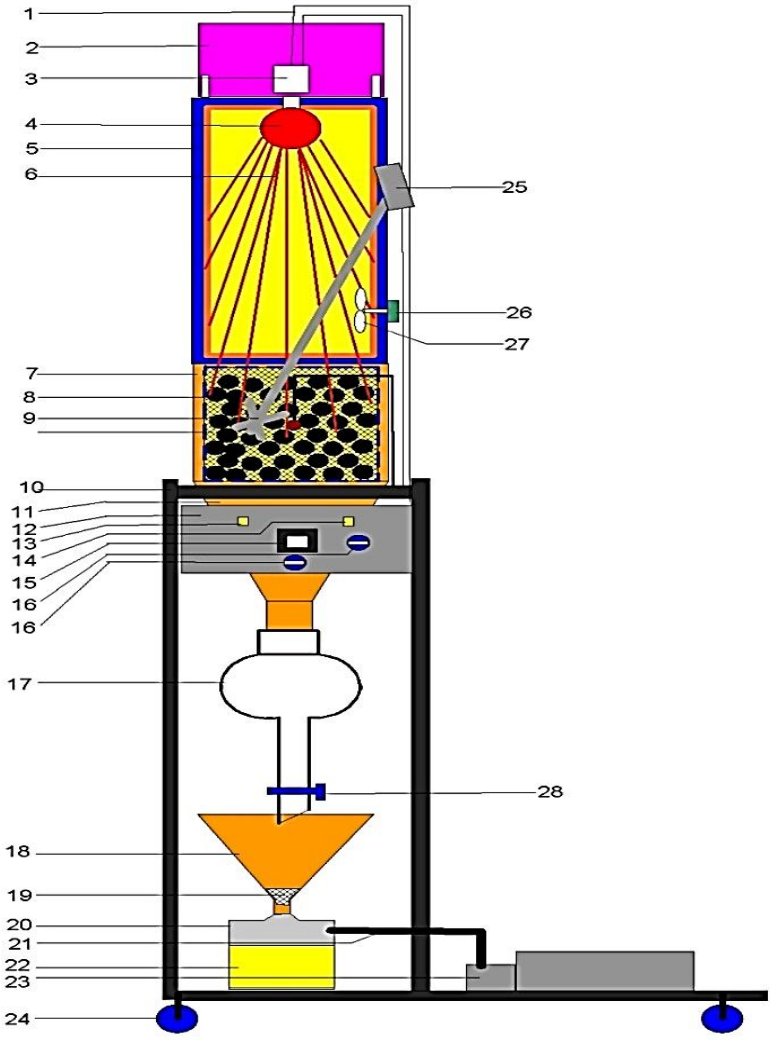
## 3.2. الفوائد الصحية للزيوت البحرية

ذكر Maroon and Bost (2006) أن من أبرز فوائد الزيوت البحرية هي: خفض ضغط الدم- خفض الجليسيريدات الثلاثية- إبطاء حدوث مرض تصلب الشرايين- تقليل حدوث (اضطرابات وأمراض القلب - الموت المفاجئ - حدوث الجلطات) -تقليل أمراض ما بعد الولادة والاكتئاب -تحسين الذاكرة -تحسين الرؤية وتقليل مخاطر الإصابة بالزهايمر والخرف -تقليل الإصابة بالتهاب المفاصل وتحسين النظام المناعي، هذا وأن جمعية القلب الأمريكية American Heart Association توصي بتناول جرام واحد على الأقل في اليوم من زيت الأسماك وذلك لأهمية هذه الزيوت للإنسان (AHA, 2002) .

## 4.2. التركيب الكيميائي (Chemical Composition):

يختلف تركيب الأسماك اعتمادا على النوع، الجنس، العمر، الحالة التغذوية، الحالة الصحية، أغلب الأسماك تحتوي على15-30% بروتين،0-15% دهن، 50-80% رطوبة (Ghaedian *et al.*, 1998; and Murray & Burt, 2001). يعتمد التركيب الكيميائي في أغلب لحوم الأسماك على نوع الغذاء وسلوك التغذية (Fawole *et al.* ,2007) مع ذلك فان قيم تلك المغذيات تتباين فيما بينها على حد كبير باختلاف الأنواع، الحالة الجنسية، التغذية، العمر، الفعالية الفيزيائية ( Ali *et al.*, 2006).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

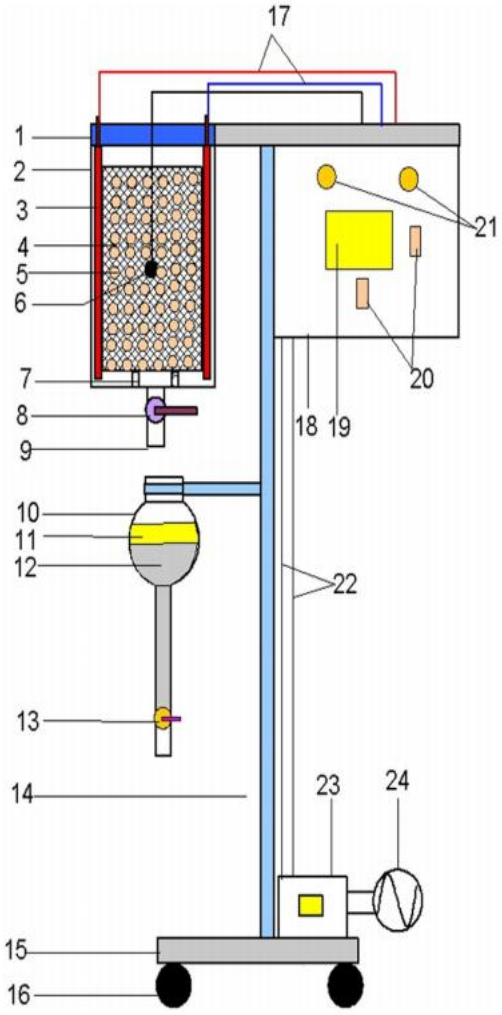



(1) أسلاك كهربائية. (2) غطاء. (3) ماسك المصباح. (4) مصباح الأشعة تحت الحمراء. (5) أسطوانة. (6) الإشعاع. (7) أسطوانة الاستخلاص. (8) المخلفات. (9) خلاط. (10) هيكل. (11) قمع. (12) لوحة السيطرة. (13) مصباح تشغيل مصباح الأشعة تحت الحمراء. (14) مصباح تشغيل المضخة. (15) مفتاح تشغيل المضخة. (16) مفتاح تشغيل الأشعة والمروحة والخلاط. (17) قمع فصل الزيت. (18) قمع الترشيح (التصفية). (19) قطن. (20) حاوية تجميع الزيت. (21) أنبوب التفريغ. (22) الزيت. (23) مضخة تفريغ. (24) إطارات. (25) محرك الخلاط. (26) محرك المروحة. (27) المروحة. (28)صمام.

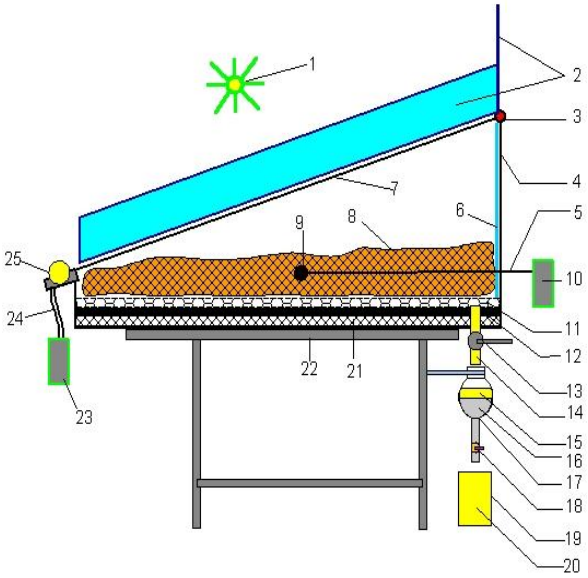
**شكل 2.** مخطط لجهاز استخلاص الزيت من مخلفات الأسماك، (المطوري، 2019)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

أ




ب



(1) الشمس. (2) عاكسات. (3) مفصلات. (4) إطار خشبي، (5) سلك مزدوج حراري. (6) ألومنيوم مصفح. (7) زجاج. (8) كيس المخلفات. (9) مزدوج حراري. (10) فولتميتر. (11) لوحة مثقبة. (12) لوحة سوداء. (13) صمام. (14) أنبوب. (15) طبقة زيت. (16) ماء. (17) قمع فصل. (18) صمام. (19) حاوية تجميع الزيت. (20) زيت. (21) عازل. (22) قاعدة. (23) فولتميتر. (24) الأسلاك الكهربائية. (25) مقياس البيرومتر.

(1) غطاء أسطوانة التسخين. (2) أسطوانة تسخين. (3) أعمدة. (4) مخلفات أسماك. (5) قماش مشبك. (6) مزدوج حراري. (7) مسند. (8) صمامات. (9) أنابيب. (10) قمع فصل. (11) طبقة زيت. (12) ماء. (13) صمامات. (14) عمود. (15) قاعدة. (16) إطار. (17) سلك. (18) لوحة تحكم. (19) مقياس درجة حرارة. (20) مفتاحان لبدء التشغيل. (21) مصباحان. (22) سلك كهربائي. (23) مبادل جهد. (24) مصدر طاقة.

**شكل 3.** جهازي لاستخلاص زيت أحشاء الأسماك

أ) بالتسخين الأومي (Al-Hilphy *et al.*, 2022) **ب**) بالطاقة الشمسية (Al-Hilphy *et al.*, 2023)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

حيث وجد Ovissipour *et al.* (2012) بأن التركيب الكيميائي لأحشاء سمك التونة ذي الزعانف الصفراء (*Thunnus abacares*) هو 21.5، 5.08، 69.66، 4.46% (بروتين، دهن، رطوبة، رماد) على التوالي بينما ذكر Salwanee *et al.* (2013) أن التركيب الكيميائي لأحشاء سمك التونة (*Euthynnus affinis*) هو 5.29، 11.77، 75.7%، 3.12% على التوالي. وبين Bechtel (2003) بأن التركيب الكيميائي لأحشاء سمك السلمون الوردي (*Oncrhyehus gorbusscha*) 15.30، 2.00، 81.20، 1.70% على التوالي. ووجد Kechaou *et al.* (2009) أن التركيب الكيميائي لأحشاء سمك السردين (*Sardina pilchardus*) هو 15.30، 4.89، 77.46، 1.90% على التوالي. وبين Engelmann *et al.* (2018) بأن التركيب الكيميائي لأحشاء سمك الكارب هو 10.79، 12.20، 78.5، 1.21%. ذكر Shaltout (1989) أن التركيب الكيميائي لمثروم لحم سمك الكارب هو 20.60،20.11، 57.04، 1.39%، كما أن التركيب الكيميائي لزيت أحشاء السلمون هو 22.12، 10.358، 60.455، 1.94% على التوالي (Deepika *et al.*, 2014) (الجدول 2).

**جدول 2**. التركيب الكيميائي لأحشاء أسماك الكارب (المطوري، 2019)

| التركيب الكيميائي لأحشاء الكارب | النسبة المئوية (%)* |
|---|---|
| الرطوبة | 64±0.25 |
| البروتين | 12±0.10 |
| الدهن | 23±0.099 |
| الرماد | 1±0.05 |
| **المجموع** | **100** |

* ± تمثل الخطأ القياسي

### 5.2. الأحماض الدهنية الكلية (Total Fatty acids):

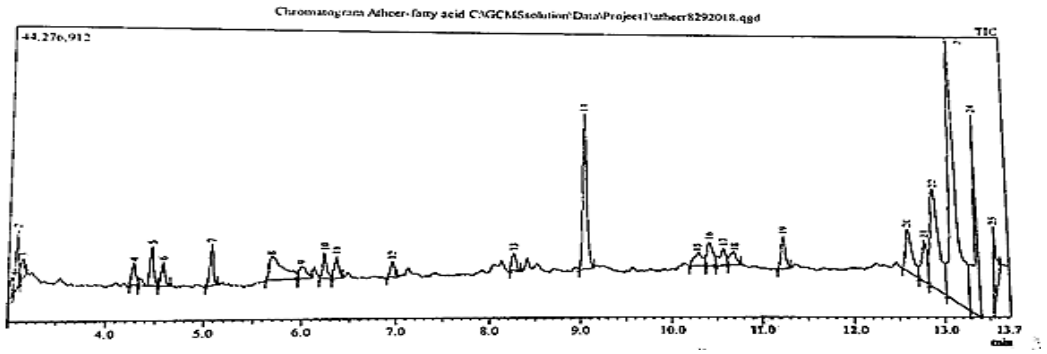
تتكون الزيوت والدهون بصورة رئيسية من الأحماض الدهنية سواء المشبعة أو غير المشبعة وتختلف نسب هذه الأحماض باختلاف نوع الزيت والمواد التي استخلص منها. والأحماض أحادية الكاربوكسيل غير المتفرعة والتي تكون بصيغة عامة R-COOH هي الأحماض الدهنية الموجودة في الأغذية، والتي تشتق من الدهون وتختلف هذه الأحماض الأحادية الكاربوكسيل في الطول ودرجة التشبع من عدمه.

ويوجد عدد كبير من الأحماض الدهنية تقع تحت اسم الدهون ويصل عدد ذرات الكاربون في السلسلة الكاربونية للأحماض الدهنية إلى 28 ذرة (Whittle and Howgate, 2000). يمكن معرفة تركيب الأحماض الدهنية ونوعها ونسبها من خلال استعمال جهاز الكروموتوغرافي الغاز السائل GC Chromatography حيث بدأ استعماله في ذلك منذ عام 1950 ومن خلاله تبين أن 90% من الأحماض الدهنية تشكل كلا من حامض البالمتيك والستياريك والبالمتواوليك واللينوليك واللينولنيك والكادوليك والستيرواوليك والاكوسابنتانويك والدوكوساهكسانويك (Ackman,1994).

ذكرت الهيئة العامة للأغذية والطب البيطري السنغافورية (AVA (2005 أن نسب الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة يجب أن يكون بحدود 20% و40% في الدهون الصالحة للأكل، والجدير بالذكر أن زيوت الأسماك تتميز باحتوائها على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة الأواصر المزدوجة (شكل 4) خصوصا مجموعة الأوميغا3 (3-ώ) مثال عليها حامض اللينولينك (C18:3) والاكوسابنتانويك (C20:5) و الدوكوساهكسانويك (C22:6)، الحامضين الأخيرين هما المهمان

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

ويتواجدان بكثرة في زيوت الأسماك البحرية، إذ تحتوي هذه الزيوت البحرية على 18% EPA و 12% (Stansby, 1990) DHA، وتشير الدراسات أن أصلهما (الهائمات الحيوانية) الذي تتغذى عليه الأسماك البحرية (Whittle and Hawgate, 2000). ويوضح جدول (3) محتوى زيت مخلفات سمك الكارب من الأحماض الدهنية. والشكل (5) يبين الأحماض الدهنية غير المشبعة من نوع الأوميغا-3 الشائعة في الزيوت البحرية.

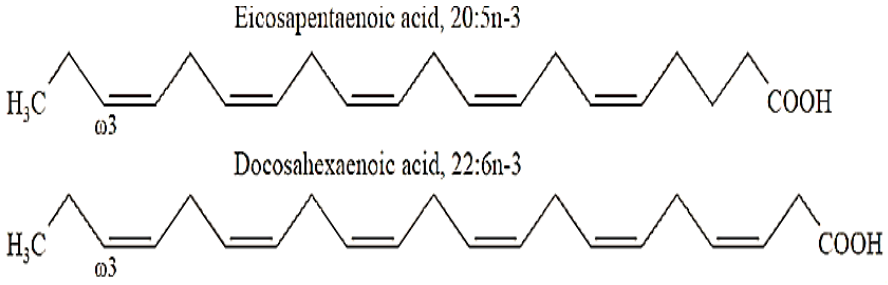



**شكل 4**. مرتسم الأحماض الدهنية المقدرة بتقنية GC/ MS في زيت أحشاء سمك الكارب (الحلفي وآخرون، 2020)

**جدول 3**. محتوى زيت أحشاء سمك الكارب من الأحماض الدهنية المقدرة بتقنية جهاز GC/MS (الحلفي وآخرون، 2020)

| peak | R. Time | Area % | Compound Name |
|---|---|---|---|
| 1 | 3.120 | 2.64 | Stearic acid |
| 2 | 4.275 | 1.11 | Myristic acid |
| 3 | 4.458 | 2.13 | Undecanoic acid |
| 4 | 5.066 | 1.92 | Nonanoic acid |
| 5 | 4.572 | 1.10 | Linolenic acid |
| 6 | 5.680 | 4.43 | Caprylic acid |
| 7 | 6.232 | 1.49 | Capric acid |
| 8 | 6.360 | 1.16 | Margaric acid |
| 9 | 8.268 | 1.05 | Myristoleic acid |
| 10 | 9.053 | 9.38 | Oleic acid |
| 11 | 10.710 | 1.33 | Palmitic acid |
| 12 | 12.793 | 3.58 | Tridecoic acid |
| 13 | 12.905 | 12.55 | Palmitoleic acid |

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966




**شكل 5**. الأحماض الدهنية غير المشبعة من نوع الأوميغا-3 الشائعة في الزيوت البحرية (Sakamoto *et al.*, 2019)

كما تبين الجداول (4-6) معلومات عن نسبة الزيت والأحماض الدهنية نوع أوميغا في الأسماك والأحياء البحرية، محتوى أنواع الأسماك من الأحماض الدهنية نوع أوميغا، وكمية السمك، والأحياء البحرية للحصول على جرام واحد من EPA و DHA. أجريت دراسة شاملة عن التنمية المستدامة والاستفادة من نفايات الأسماك ومنتجاتها الثانوية بدلا من التخلص منها وربما يسبب ذلك تأثير بيئي واقتصادي كبير في نفس الوقت والاستفادة من النفايات السمكية في إنتاج مواد مفيدة ومهمة مثل الوقود الحيوي، المواد الكيميائية عالية القيمة، واستخلاص الأحماض الدهنية أوميجا 3 واستخدامها كمكملات غذائية، وخصوصا حامض ايكوسابنتانويك EPA وحامض الدوكوساهيكسانويك DHA، بسبب قيمتها الصحية العالية وفائدتها في تدعيم صحة الإنسان مما يجعل من ذلك احدى عوامل التنمية المستدامة وتلبية لحاجة السوق والطلب المتزايد عليها مع تقليل الضغط على النظم البيئية البحرية وتقليل تأثير إنتاج النفايات، وهذا يجعل منها أداة قوية لحماية البيئة ومفيدة للاقتصاد العالمي (Alfio *et al.*, 2021). أجريت دراسة روسية لتطوير إنتاج زيت السمك في روسيا وحل عدد من المشاكل البيئية وخصوصا المنتجات شبه المصنعة المنخفضة الجودة من زيوت الأسماك ونفايات الدهون، وإيجاد تقنيات خاصة لمعالجتها وتحويلها إلى منتجات مفيدة واقتصادية للأغراض الصناعية مثل استخدامها كأساس لإنتاج الكواشف التقنية وانتاج المواد المضادة للالتصاق والنشاط السطحي وتشكيل الأفلام وإنتاج المواد المضادة للاحتكاك لمختلف الصناعات (Petrov, 2023).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

**جدول 4**. بعض المصادر البحرية للزيوت السمكية

| نوع السمك | رقم المصدر | النسبة المئوية للزيت |
|---|---|---|
| سمك الجري الفضي | Abdulkadir *et al* .(2010) | 6.72 |
| سمك جذع الفيل | Abdulkadir *et al.* (2010) | 30.22 |
| سمك البلطي | Abdulkadir *et al.* (2010) | 14.52 |
| سمك الشاوا | Abdulkadir *et al.* (2010) | 17.93 |
| مخلفات الرنكة | Nuraini *et al.* (2008) | 8.5 |
| كبد السردين | Koddami *et al.* (2009) | 5.80 |
| سمك اجي اجي | Shamsudin & Salimon (2006) | 18.3 |
| أحشاء الحبار | Uddin *et al*. (2009) | 39.24 |
| احشاء التونة | Bechtel *et al.* (2003) | 2 |
| رؤوس سمك التونة | Bechtel *et al.* (2003) | 10.09 |
| سمك الكارب الاعتيادي | Jabeen and Chaadhry (2010) | 10.08 |
| كبد القد | Szczepanlk & Stodolink (2003) | 64 |
| سمك الهادوك | Stansby (1991) | 0.35 |
| الماكريل الاطلسي | Stansby (1991) | 14.0 |
| سمك السردين | Sathivel (2005). | 9.7 |
| رؤوس السردين | Koddami *et al.* (2009) | 5.67 |
| سمك الحف | Stansby (1991) | 6.3 |
| سمك السلمون الوردي | Stansby (1991) | 6.5 |

**جدول 5**. محتوى أنواع السمك المختلفة من EPA و DHA (Maroon and Bost, 2006)

| نوع السمك | EPA % | DHA% |
|---|---|---|
| أنشوفة ، بلم | 5.0 | 9.0 |
| قد | 1.0 | 2.0 |
| زيت كبد سمك القد | 9.0 | 9.5 |
| سرطان | 0.2 | 0.1 |
| رنكة (الصيفي)(الهرنك) | 2.1 | 2.2 |
| رنكة (الشتوي)(الهرنك) | 1.2 | 1.3 |
| ماكريل (خريفي)(الحمام) | 1.0 | 2.5 |
| ماكريل (ربيعي)(الحمام) | 0.3 | 0.7 |
| محار | 0.3 | 0.2 |
| سلمون | 0.3 | 0.9 |
| سردين | 4.0 | 0.6 |
| روبيان | 0.3 | 0.2 |
| تراوت(قوس قزح) | 0.1 | 0.5 |

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

**جدول 6.** كمية السمك والأحياء البحرية الضرورية للحصول على غرام واحد منEPA +DHA (Maroon and Bost, 2006)

| نوع السمك | الكمية (جم) |
|---|---|
| الجري | 20.0-15.0 |
| المحار | 12.5 |
| قد (الاطلسي) | 12.5 |
| قد (الهادئ) | 23.0 |
| سرطان | 8.5 |
| سمك مفلطح/سمك موسى | 7.0 |
| حدوق (الهادوك) | 15.0 |
| هلبوت | 7.5-3.0 |
| رنجة (الهرنك) | 2.0-1.5 |
| كركند، جراد البحر | 42.5-7.5 |
| ماكريل | 8.5-2.0 |
| محار | 8.0-2.5 |
| سلمون | 4.5-1.4 |
| سردين | 3.0-2.0 |
| اسقلوب (محار مروحي) | 17.5 |
| روبيان | 11.0 |
| تراوت (قوس قزح) | 3.5-3.0 |
| تونة (معلبة بالماء) | 12.0 |
| تونة (معلبة بيضاء) | 4.0 |
| تونة (طازجة) | 12-2.5 |

## 3. الفيتامينات (Vitamins)

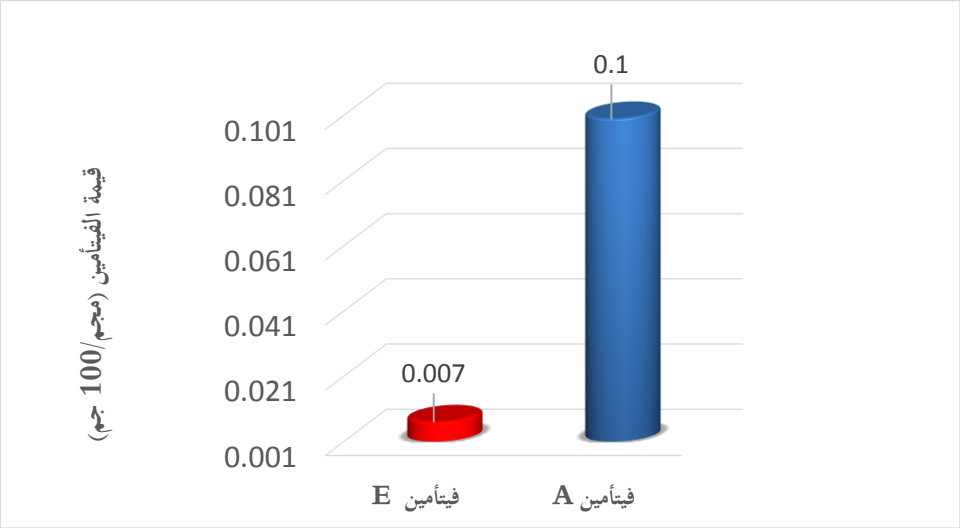
يمكن تعريفها بأنها مركبات عضوية معقدة التركيب تحتاجها الخلايا الحية بنسب قليلة جداً لغرض النمو الطبيعي والتطور، ولا يمكن للخلايا الحية تمثيلها بكميات كبيرة لغرض الأمور الفسيولوجية، توجد الفيتامينات بصورة ذائبة في الدهن وهي A،D،E،K حيث تكون متحدة مع الأنسجة المخزونة في الدهن، ويمكن لجسم الإنسان أن يقوم بخزن الفيتامينات وليس من المهم تناولها مع الغذاء يوميا، للفيتامينات دور مهم وحيوي في التطور والنمو الطبيعيين حيث توجد الفيتامينات في مختلف الأغذية النباتية والحيوانية بنسب مختلفة ويكون مصدرها الأساسي البذور الزيتية أو الأنسجة الدهنية (Mayer, 2000; and Carola *et al.*,1992). ويبين جدول (7) نسبة التوكوفيرول أو فيتامين E مجم/100 جم) في بعض أنواع الزيوت البحرية. وقد وجدت Aidos (2002) بأن زيت الرنجة الطازج احتوى على نسبة من فيتامين E بحدود 8.1 مجم/جم زيت وفي زيوت مخاليط مخلفات الرنجة 0.5 مجم/جم زيت وذكر في المواصفة القياسية CXS329-2017 (2017) Anonymous أن نسبة فيتامين A في زيت كبد القرش 40 مايكروجم/مل زيت. ووجد Ivar (2003) بأن أسماك الكارب الفضي والبلطي احتوت على نسبة من فيتامين A حوالي 27، 17 مجم/100جم على التوالي. ووجد Nunez (2007) بأن زيت كبد القرش احتوى على نسبة من فيتامين A حوالي439.5

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

مجم/جم وفيتامين E حوالي 0.76 مجم/جم. وذكر الحلفي وآخرون (2019) أن محتوى فيتامين A و E في مخلفات الأسماك كان 0.01، 0.007 مجم/جم زيت على التوالي.

**جدول 7**. نسبة التوكوفيرول (مجم/100 جم) في بعض أنواع الزيوت البحرية

| مصدر الزيت البحري | المصدر | نسبة التوكوفيرول (مجم/100جم) |
|---|---|---|
| زيت شرائح الرنجة (الهرنك) | Aidos (2002) | 38 |
| زيت مخلفات الرؤوس | Aidos (2002) | 5.9 |
| زيت خليط المخلفات | Aidos (2002) | 5.97 |
| زيت الأسماك المنزوعة الرؤوس | Aidos (2002) | 3.36 |
| زيت الماكريل (الحمام) | Bragadettir (2001) | 15.1 |
| زيت الرنجة (الخريفي) | Bragadettir (2001) | 0.6 |
| زيت الرنجة (الربيعي) | Bragadettir (2001) | 3.6 |
| زيت التراوت (قوس قزح) | Bragadettir (2001) | 1.24 |
| زيت السلمون | Bragadettir (2001) | 0.2 |
| زيت القد (الكود) | Bragadettir (2001) | 0.2 |




**شكل 6**. قسمة فيتامين A و E (مجم/100جم) (الحلفي وآخرون، 2020)

## 4. حاصل الزيت (Oil Yield)

وجد Adeniyia and Bawa (2006) أن حاصل الزيت لسمك الماكريل (الحمام) المستخلص بطريقة السوكسيليت بلغ 28.24%. وبين Nhat and Hoang (2010) أن حاصل الزيت لسمك الرنجة عند استخلاصه بطرق مختلفة وهي طريقة نوردسك NMKL-131 ، وطريقة السوكسليت Soxhelt، وطريقة الحرارة والضغط الميكانيكي Heating and

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

mechanical pressing، حيث تراوح حاصل الزيت (99.06 -99.18)% ، (84.47- 86.72) %، (80.07 - 83.20)% على التوالي.

كان حاصل الزيت لمخلفات سمك الجري Catfish عند استخلاصه بتقنية الموائع فوق الحرجة 67%. (Sarker *et al.*, 2012) ووجد Xavier Eugien (2014) أن حاصل الزيت لسمك السردين المستخلص بطرائق مختلفة داير B&D وطريقة داير المعدلة MB&D وطريقة ميكل وموفات M&M وطريقة البخار المباشرة DS بلغ 78%، 75%، 67%، 93% على التوالي. كما وجد Kuvendziev *et al.* (2018) أن حاصل الزيت لمخلفات الكارب المستخلص بطريقة السوكسيليت والموائع فوق الحرجة بلغ 50%، 51% على التوالي.

بينما بين Nazir *et al.* (2017) أن حاصل الزيت لرؤوس أسماك التونة المستخلصة بطرائق مختلفة (السلي الرطب، السوكسيليت، السايلج الحامضي) بلغ 12.80%، 8.49%، 6.16% على التوالي. وأجريت دراسة لتقدير حاصل الزيت من أحشاء سمك البلطي حيث كان 20% (Abd El Rahman *et al.*, 2018). وذكر المطوري (2019) في دراسته عند استخلاصه زيت احشاء الكارب بالأشعة تحت الحمراء فقد بلغ أعلى حاصل للزيت 23.3%.

## 5. الدلائل الكيميائية (Chemical Indices)

### 1.5. الرقم اليودي Iodine Number (IN):

يعرف الرقم اليودي بأنه عدد جرامات اليود المتصة من قبل 100 جم من الدهن أو الزيت، وهو مقياس لدرجة عدم التشبع للأحماض الدهنية في الزيوت والدهون، فكلما كانت قيمة اليود عالية احتوى الزيت على أحماض دهنية غير مشبعة بنسبة أعلى وبهذا يكون مقياساً جيداً لتحديد مصدر أو نوع الزيت أو الدهن (Thomas, 2005). أشار كل من الطائي والحسيني (2011) إلى وجود علاقة طردية بين قيمة الرقم اليودي ومدى تشبع الحامض الدهني، فانخفاض قيمة اليود يدل على احتمالية تأكسد الدهن وذلك بارتباط ذرات الاوكسجين بالأواصر غير المشبعة مكوناً ما يسمى التزنخ Rancidity.

وجد Shamsudin and Salimon(2006) أن الرقم اليودي لزيت سمك اجي اجي (*Seriola nigrofaciata*) كان 110جم يود/100جم. بينما ذكر Crexi *et al.* (2008) بأن قيم الرقم اليودي لزيوت أحشاء الكارب المستخلصة من مصادر مختلفة بطريقة داير) الأحشاء، السايلج الحامضي، مسحوق السمك) كانت 115،114،115 جم يود/جم زيت على التوالي (Bligh and Dyer, 1959). ذكر Abdulkadir *et al.* (2010) أن الرقم اليودي لزيت سمك الجري كان 187.11جم يود/100جم. وجد Xavier Eugien (2014) أن قيمة اليود لزيت سمك السردين كانت 178جم يود/100جم وبين Nazir *et al.* (2017) أن قيم الرقم اليودي لطرق الاستخلاص المختلفة (السلي الرطب، السايلج الحامضي، الاستخلاص بالمذيب) كانت 109.10، 110.25، 104.74 جم يود/100جم زيت على التوالي. وجد Engelmann *et al.* (2018) أن قيمة الرقم اليودي لزيت أحشاء الكارب هو115 جم يود/100جم زيت، ولاحظ Fang *et al.* (2018) أن قيمة اليود لزيت كبد التونة كان 148.4 جم يود/100جم. ذكر المطوري (2019) أن الرقم اليودي لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كان 64.62 جم يود/100 جم زيت.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

### 2.5. قيمة البيروكسيد Peroxide value:

تعرف قيمة البيروكسيد بأنها كمية البيروكسيدات المتحررة من 1 جم من الزيت أو الدهن بعد أكسدة يوديد البوتاسيوم (Chakrabarty, 2003) وتوضح المعادلات المذكورة أنفا تفاعل ثايوكبريتات الصوديوم مع اليود المتحرر من يوديد البوتاسيوم المتأكسد بفعل البيروكسيدات المتكونة أثناء الاكسدة الحاصلة للزيوت والدهون.

$$2\ ROOH + 2\ H+ + 2KI \longrightarrow I_2 + 2\ ROH + H_2O + K_2O$$

الهايدروبيروكسيد

$$I_2 + 2\ Na_2SO_2\ O_3 \longrightarrow NaSo_4\ O_6 + 2NaI$$

ذكر Kulas and Ackman (2001) أن نواتج الأكسدة الأولية (الهيدروبيروكسيدات) لا تؤثر على نكهة الزيوت، يمكن أن تظهر القيم العظمى لقيمة البيروكسيد في فترات مبكرة بسبب عدم ثبات والتحلل السريع للهيدروبيروكسيدات إلى منتجات أكسدة ثانوية (Frankel, 2005) وهذا يعني بأن الزيوت تمتلك قيمة بيروكسيد واطئة لكنها لا تزال بحالة مؤكسدة. ومن الجدير بالذكر أن درجات الحرارة العالية ووجود المعادن المتناظرة تسرع من تحلل الهيدروبيروكسيدات بالإضافة إلى العديد من العوامل وتشمل تركيب صنف الدهن وتركيز ونوع الأوكسجين الموجود ووجود مضادات الأكسدة والضوء ومن الممكن أن تتداخل مع تحلل وتكوين الهيدروبيروكسيدات (Choe and Min, 2006). إن أغلب نوع للأكسدة الشائعة تظهر في زيوت الأسماك التجارية كنتيجة للتفاعل المباشر بين جذور الأحماض الدهنية والأوكسجين الجزيئي لتوليد الجذور الحرة ( Min and Boff, 2002).

تكون الهيدروبيروكسيدات ثابتة بدرجة حرارة الغرفة لكن سرعان ما تتحلل عند درجات الحرارة العالية أو عند وجود المعادن المتناظرة (Choe and Min, 2006) من الممكن نظريا أن تؤشر نسب الأكسدة بوساطة متابعة التحلل للأحماض الدهنية النوعية (Borques *et al.*,1997). إن الحدود المقبولة لقيمة البيروكسيد لزيت السمك الخام يتراوح بين 8-7ملي مكافئ/كجم زيت (Huss, 1995). وقد ذكر Nunez (2007) أن قيمة البيروكسيد لزيت كبد القرش وكبد القد كان 1.8457،1.6947 ملي مكافئ/كجم زيت على التوالي. وأن قيمة البيروكسيد لزيت أحشاء السمك دون تحديد النوع كان 9.9 ملي مكافئ/كجم زيت (Norziah *et al.*, 2009)؛ ووجد Crexi *et al.* (2008) عند استعمال طرق استخلاص مختلفة لزيوت أحشاء الكارب المستخلصة من مصادر مختلفة بطريقة داير (الأحشاء، السايلج الحامضي، مسحوق السمك) فإن قيمة البيروكسيد كانت 3.50، 3.38، 3.68 ملي مكافئ/كجم زيت على التوالي (Bligh & Dyer,1959).

وذكر Abdulkadir *et al.* (2010) أن قيمة البيروكسيد لزيت سمك الجري كان 5.04 ملي مكافئ /كجم زيت، حلل Rittar *et al.* (2013) زيوت الأسماك التجارية المتوفرة وسجل قيم البيروكسيد تتراوح بين 1-14.8 ملي مكافئ/كجم زيت. وأن قيمة البيروكسيد لزيت أحشاء السلمون كان 2.65 ملي مكافئ/كجم زيت (Deepika *et al.*, 2014)؛ ووجد Engelmann *et al.* (2018) أن قيمة البيروكسيد هي 3.92ملي مكافئ/كجم زيت .وذكر Nazir *et al.* (2017) أن قيمة البيروكسيد عند استعمال طرق مختلفة للاستخلاص (السلي الرطب، السايلج الحامضي، الاستخلاص بالمذيب) كانت 2.93، 2.96، 1.44ملي مكافئ/كجم زيت على التوالي. أن قيمة البيروكسيد لزيت كبد التونة هو 2.21 ملي مكافئ/كجم زيت (Fang *et al.*, 2018). وجد في دراسة أجراها المطوري (2019) أن قيمة البيروكسيد لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 2.4 ملي مكافئ/كجم زيت.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

### 3.5. قيمة الحامض والأحماض الدهنية الحرة AV and FFA:

تعرف قيمة الحامض بأنها كمية هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة واحد جرام من الزيت أو الدهن (Rubio-Rodríguez *et al.*, 2008; and Barthet *et al.*, 2008). ويمكن استعمال قيمة الحامض مقياسا لجودة الزيوت والدهون حيث تعد القيمة المرتفعة مؤشر على تلف أو تزنخ الزيت (العاني، 2001). كم أن حموضة الزيت تعتمد على عدة عوامل مهمة منها تركيب الزيت وطريقة الاستخلاص وطزاجة المادة الخام (Rubio-Rodríguez *et al.*, 2012).

تمتلك الأحماض الدهنية الحرة أواصر مزدوجة على الأحماض الدهنية غير المشبعة والتي سوف تتفاعل مع الحرارة لتكون الأحماض الدهنية الحرة والتي تؤثر على نوعية الزيت، إذ أن الأحماض الدهنية غير المشبعة سوف تتحلل بسبب سطح الزيت الساخن والتماس المباشر مع الهواء لذلك سوف تزداد قيمة الأحماض الدهنية الحرة (Gunawan *et al.*, 2003). إن نسبة الأحماض الدهنية الحرة لزيت كبد القرش وزيت كبد القد كانت 0.428% و3.297% (Nunez, 2007). ووجد Norziah *et al.* (2009)، إن نسبة الأحماض الدهنية الحرة لزيت أحشاء السمك دون تحديد النوع كانت 11.9%. بين Crexi *et al.* (2008) إن قيم الأحماض الدهنية الحرة لطرق الاستخلاص المختلفة لزيوت احشاء الكارب المستخلصة من مصادر مختلفة بطريقة داير (الأحشاء، السايلج الحامضي، مسحوق السمك) كانت 4.26، 3.35، 6.63% على التوالي (Bligh and Dyer, 1959)، كما إن نسبة الأحماض الدهنية الحرة لزيت أحشاء سمك البلطي كانت 3.1% (Oliveira *et al.*, 2013). لاحظت Deepika *et al.* (2014) بأن نسبة الأحماض الدهنية الحرة 1.76%. وأن نسبة الأحماض الدهنية الحرة لزيت مخلفات البلطي تراوحت بين 3.85-7.15% (Suseno *et al.*, 2015). بينما وجد Nazir *et al.* (2017) عند استعمال طرق مختلفة للاستخلاص (السلي الرطب، السايلج الحامضي، الاستخلاص بالمذيب) فإن قيم الأحماض الدهنية الحرة كانت 0.55، 0.58، 0.46 % على التوالي.

ووجد Engelmann *et al.* (2018) أن قيمة الأحماض الدهنية الحرة لأحشاء سمك الكارب كانت 4.80%. كما أن نسبة الأحماض الدهنية لزيت أحشاء سمك البلطي كانت 3% (Abd El Rahman *et al.*, 2018). وبين المطوري (2019) أن نسبة الأحماض الدهنية الحرة لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء بلغت 0.53 %.

وجد في دراسة أجريت لتقدير قيمة الحامض لزيت سمك الماكريل الطازج إذ بلغت قيمة الحامض 12.78 مجم KOH/جم (Oluwaniyi and Dosumu, 2009). بينما ذكر Norziah *et al.* (2009) أن الرقم الحامضي لزيت أحشاء السمك دون تحديد النوع كان 23.7 مجم KOH/جم. وأن الرقم الحامضي لزيت سمك الجري كان 5.04 مجم KOH/جم (Abdulkadir *et al.*,2010) وبينت Oliveira *et al.* (2013) أن قيمة الرقم الحامضي لأحشاء سمك البلطي كانت 5.8 مجم KOH/جم. وأن قيمة الرقم الحامضي لزيت أحشاء السلمون كانت 3.32 مجم KOH/جم. بينما وجد Suseno *et al.* (2015) أن قيمة الرقم الحامضي لزيت مخلفات سمك البلطي تراوحت ما بين 6.5 -12.5 مجم KOH/جم. وأن قيمة الرقم الحامضي لزيت أحشاء سمك البلطي كانت 5.97 مجم KOH /جم (Abd El Rahman *et al.*, 2018). ولاحظ Fang *et al.* (2018) أن قيمة الرقم الحامضي لزيت كبد التونة هو 1.51 مجم KOH/جم. وأن قيمة الرقم الحامضي لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 1.05 مجم KOH/جم (المطوري، 2019).

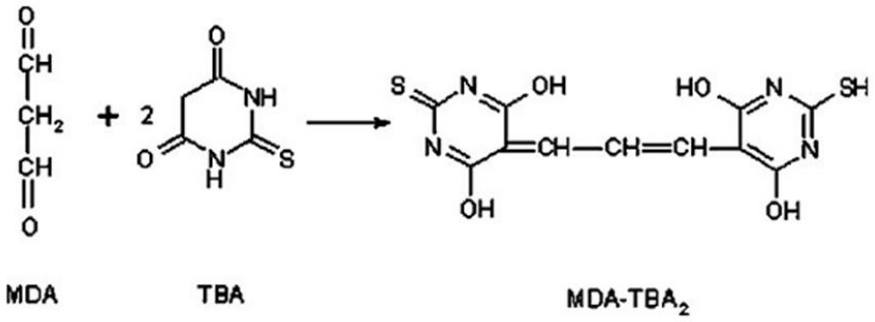
ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

### 4.5. رقم التصبن Saponification Number:

ويطلق عليه كذلك رقم كوتستورفر Koettstorfer Number ويعرف بأنه عدد مليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لصوبنة واحد جرام من الدهن أو الزيت (Schumann and Siekmann, 2005). يرتبط رقم التصبن بالوزن الجزيئي للأحماض الدهنية الموجودة في الزيت أو الدهن، وأن رقم التصبن يتناسب عكسياً مع معدل الوزن الجزيئي للأحماض الدهنية الموجودة في الجليسيريدات. وأن الأحماض الدهنية طويلة السلسلة تمتلك رقم تصبن منخفض بسبب احتوائها على عدد قليل نسبيا من مجاميع الكاربوكسيل الفعالة وجد Shamsudin & Salimon (2006) أن رقم التصبن لزيت سمك (*Seriola nigrofasciata*) كان 259.5 ملي مكافئ/كجم زيت. بينما بين Crexi *et al.* (2008) بأن رقم التصبن لطرق الاستخلاص المختلفة لزيوت أحشاء الكارب المستخلصة من مصادر مختلفة بطريقة داير (الأحشاء، السايلج الحامضي، مسحوق السمك) هي 205، 204،205 ملي مكافئ/كم زيت على التوالي (Bligh & Dyer, 1959). وبين Oluwaniyi & Dosumu (2009) أن رقم التصبن لزيت سمك الماكريل الطازج هو 129.29 ملي مكافئ/كجم زيت. وأن رقم التصبن لزيت سمك الجري كان 318.48 ملي مكافئ/كجم زيت (Abdulkadir *et al.*, 2010). بينما وجد Nazir *et al.* (2017) أن قيم رقم التصبن لطرائق الاستخلاص المختلفة (السلي الرطب، السايلج الحامضي، الاستخلاص بالمذيب) هي 126.46، 121.26، 107.10 ملي مكافئ/كجم زيت على التوالي. وأن قيمة رقم التصبن لزيت أحشاء سمك الكارب هو 196 ملي مكافئ/كجم زيت (Engelmann *et al.*, 2018). وجد المطوري (2019) أن قيمة رقم التصبن لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 146.64 ملي مكافئ/كجم زيت.

### 6.5. قيمة حامض الثايوباربتيوريك Thiobarbituric Acid Value (TBA):

أن مبدأ هذا الفحص هو تكوين معقد الكروماجين من خلال تكاثف جزيئين من TBA مع جزيئة واحدة من المالونالديهايد $CH_2(CHO)_2$، أذ تُعطي لوناً أحمر تتناسب شدته مع مقدار التزنخ الحاصل في الزيوت والدهون، وتُقاس درجة اللون على طول موجي مقداره 530 نانومتر (Pokorny & Dicffenbacher,1989; and Wang *et al.*, 1979). أو يمكن القياس على طول موجي مقداره 537 نانومتر (Egan *et al.*,1988). وتعد من اهم الطرائق التي يتم استعمالها في تحديد درجة الأكسدة للزيوت النباتية وزيوت الأسماك والدهون الحيوانية التي تحتوي على أحماض دهنيه غير مشبعة إذ يقيس تركيز نواتج الأكسدة الثانوية (الألديهايدات)؛ (شكل 7).




**شكل 7**. تكوين معقد المالونالديهايد–حامض الثايوباربتيوريك (TBA-MA) (Ligor *et al.*, 2012).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

إن تقدير الألديهايدات في زيوت الأسماك المؤكسدة يتم من خلال مراقبة معدل قيمة حامض الثايوباربتيوريك وإن قيم حامض TBA والبيروكسيد تقدر خلال اكسدة زيوت الأسماك (Dahel *et al.*, 2008). ذكر Ladikos & Lougovis (1999) بأن فعالية حامض الثايوباربتيوريك هي الشائعة والتي تستعمل لمتابعة أكسدة الدهن في المواد الغذائية، إذ تعتمد على التقدير الطيفي للمالونالديهايد. كما أن قيمة حامض الثايوباربتيورك يمكن أن تستعمل كمؤشر لدرجة أكسدة الدهن وذلك من خلال تحلل الهيدروبيركسيدات، وتكوين نواتج ثانوية مثل الألديهايدات والكيتونات والكحولات (Boran *et al.*, 2006).

وأشار Richardson *et al.* (1997) إلى أن قيمة TBA في زيت السمك كانت 3.623 مجم مالونالديهايد/كجم زيت. ووجد Crexi *et al.* (2008) أن قيمة الـ TBA للزيت المستخلص بطرق مختلفة لزيوت أحشاء الكارب المستخلصة من مصادر مختلفة بطريقة داير (الأحشاء، السايلج الحامضي، مسحوق السمك) كانت 1.22، 6.69، 1.17 مجم مالونالديهايد/كجم زيت (Bligh & Dyer, 1959 ). وبينت الحسيني (2007) أن قيمة حامض الثايوباربتيوريك لزيوت المخلفات (الرؤوس والأحشاء) لأسماك مختلفة تراوحت بين 1.43-3.61 مجم مالونالديهايد/كجم زيت.

ولاحظ Nazir *et al.* (2017) أن قيمة حامض TBA لزيت مخلفات التونة المستخلص بطرق مختلفة (السلي الرطب، السايلج الحامضي، الاستخلاص بالمذيب) كان 0.79، 0.86، 0.79 مجم مالونالديهايد/كجم زيت على التوالي. ووجد Ukekpe *et al.* (2014) عند دراسته تقدير قيمة حامض الثايوباربتيوريك لزيوت خمسة أنواع من الأسماك (*Elephant snout*, *Tilapia*, *Mud*, *Catfish*, and *Butter Fishes*)؛ إذ بين أن قيمة TBA بلغت 16، 10، 12، 12 مجم مالونالديهايد/كجم زيت. أما قيمة حامض TBA لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 0.61 مجم مالونالديهايد/كجم زيت (المطوري، 2019).

### 7.5. قيمة الأسترة Ester Value:

هي عدد مليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لصوبنة الأسترات الموجودة في واحد جرام من الزيت أو الدهن، وتقدر بالفرق بين قيمة الحموضة وقيمة التصبن (Beare-Rogers *et al.*, 2001). وحسبت قيمة الأسترة لزيت السمك التجاري وكانت مساوية لمقدار 177.25 حسب قيم الحموضة والتصبن المذكورة في المواصفة القياسية لزيت السمك التجاري ( Hulya,2002). وقد لاحظ Scrimgeour (2005) أن قيمة الأسترة لزيت كبد السمك دون تحديد النوع كانت بحدود (292- 312)، وأن قيمة الأسترة لزيت سمك الماكريل 199.1 حسب قيم الحموضة والتصبن المذكورة لدى Adeniyi and Bawa (2006). وجدت الحسيني (2007) بأن قيمة الأسترة لزيوت المخلفات (الرؤوس والاحشاء) لأنواع مختلفة من الأسماك تراوحت بيت بين (139.670-182.040). بين المطوري (2019) أن قيمة الأسترة لزيت أحشاء الكارب بلغت 145.59.

## 6. الخواص الفيزيائية (Physical Properties):

### 1.6. معامل الانكسار Refractive Index:

هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في أي وسط، ويُمكن استعمال هذا الثابت الفيزيائي في تمييز وتحديد نقاوة الزيت وتعيين المواصفات النوعية له(محمد، 1995).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

وبين Yunus (2009) أن لمعامل الانكسار دور مهم في معرفة مدى نقاوة الزيوت وكشف غشها وتحديد المواصفة النوعية للزيوت (العاني،2001). ذكر Koohyar (2013) أن قيمة معامل الانكسار تزداد بازدياد نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الزيت، وتقتضي أن تكون أكثر من واحد وأقل من أثنين للزيوت والدهون بصورة عامة، كما يزداد معامل الانكسار بزيادة طول السلسلة الكاربونية وزيادة عدد الأواصر غير المشبعة، كذلك عند حدوث الأكسدة الذاتية. كما تشير الدراسات إلى أن رفع درجة الحرارة يقلل من معامل الانكسار وترتفع القيمة بخفض درجة الحرارة وهذا يعود إلى تغير كثافة الزيت سلبا مع ارتفاع درجة الحرارة (محمد، 1995).

أشار Egan *et al.* (1988) إلى أن معامل الانكسار للزيت المستخلص من سمك السلمون كان بحدود (1.469-1.472). بينما وجدت الحسيني (2007) أن معامل الانكسار للزيوت المستخلصة من أنواع من الأسماك تراوح بين (1.4663-1.4709). بين Shamsudin and Salimon (2006) أن معامل الانكسار لزيت سمك (*Seriola nigrofasciata*) كان 1.4670. أن معامل الانكسار لزيت سمك (Odonus niger) هو 1.426 (Immanuel and Palavesam, 2010). وجد Xavier Eugien (2014) أن معامل الإنكسار لزيت سمك السردين هو 1.523. أن معامل الانكسار لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كان 1.4565 (المطوري ،2019).

## 2.6. الكثافة والوزن النوعي Density and Specific Gravity:

الكثافة أحد الخواص الفيزيائية المهمة وتعرف على أنها النسبة بين الكتلة إلى الحجم، وأن الكثافة تنخفض كلما ازدادت درجة الحرارة أي أن العلاقة ما بين الكثافة ودرجة الحرارة علاقة عكسية وكذلك تعتمد الكثافة على الوزن الجزيئي فكلما كان الوزن الجزيئي أقل ارتفعت كثافة الزيوت (Machado *et al.*, 2012).

تُقدر الكثافة للزيوت والدهون باستعمال الطرائق الاعتيادية ويجب اولاً السيطرة على درجة الحرارة بشكل حذر نظراً لحدوث تغيرات جوهرية في هذهِ المركبات في مديات قصيرة من درجات الحرارة. وتقاس الكثافة والوزن النوعي للدهن أو الزيت عند درجة حرارة 25°م وقد يكون من الضروري استعمال درجة حرارة لحد 40 °م وحتى 60 °م للدهون عالية الانصهار. ومن الجدير بالذكر أن الكثافة والوزن النوعي قياسان جيدان لنقاوة الزيت، وتمتاز الزيوت بكثافتها الواطئة التي هي أقل من واحد بصورة عامة.

وجد أن الكثافة النوعية لزيت سمك السلمون بحدود 0.924-0.926 (Egan *et al.*, 1988)، بينما كثافة زيت السمك التجاري بحدود 0.907-0.915 (Hulya, 2002)، وأشار Adeniyi and Bawa (2006) إلى أن الوزن النوعي للزيت الخام والنقي المستخلص من سمك الماكريل كان 0.911 .

كما وجد Immanuel and Palavesam, (2010) أن الوزن النوعي لزيت سمك (Odonus niger) هو 0.9581. بينما ذكر Xavier Eugien (2014) أن الوزن النوعي لزيت سمك السردين كان 0.81. وجد المطوري (2019) أن الكثافة والوزن النوعي زيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 0.892، 0.78جم/سم$^3$ على التوالي.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

### 3.6. اللزوجـة Viscosity:

تُعرف اللزوجة بأنها مقاومة السائل (المائع) للجريان أو التغيير في شكلها، وهذه المقاومة ناتجة عن الاحتكاك الداخلي بين جزيئات السـائل، وان وحدة قياس اللزوجة هي بويز Poise، وسـنتي بويز Centipoise (Odunaike *et al.*, 2013) . وتُعد هذه الخاصية من النقاط المهمة التي يُعتمد عليها في تصنيف الزيوت ثم اختيار الزيت لأغراض واستعمالات معينة، وتحديداً يُستفاد من اللزوجة في معرفة مدى التغيرات التي تطرأ على الزيت نتيجة الاسـتعمال (محمد، 1995) إذ من خلالها يُمكن معرفة مدى قابلية الزيت على الانسياب، وتنخفض اللزوجة بارتفاع نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الزيت (العاني، 2001).

بين Tate *et al.* (2005) أن لزوجة زيت السـمك كانت 3.999 بويز. بينما كانت لزوجة زيت سمك السـلمون الوردي الخام وزيت سمك السلمون الأحمر الخام وزيت سمك البلوق الخام وزيت سمك الربحة المسطحة الخام وزيت سمك الجري الخام 0.036، 0.032، 0.039، 0.041، 0.049 بويز على التوالي (Sathivel, 2005). كما وأشار الباحث نفسه إلى أن لزوجة زيت السلمون المنقى كانت 0.04 بويز عند قياسها على درجة حرارة 0 °م.

بينت الحسـيني (2007) أن لزوجة زيوت المخلفات (الرؤوس والأحشـاء) الطازجة والمجمدة لمجموعة من الأسماك تراوحت بين (6.44202 - 1.43417) بويز. ولاحظ Jayasinghe (2010) أن لزوجة زيوت المخلفات المجمدة كانت تتراوح ما بين (31.09– 32.40) سـنتي بويز، كما ذكر *Santos et al.* (2010) وأن لزوجة زيوت مخلفات سمك البلطي كانت 32.1 سـنتي بويز. ووجد أن لزوجة مخلفات الأسماك دون تحديد النوع كانت 18.44 سـنتي بويز. (Fadhil *et al.*, 2017) وبينت Abd El Rahman *et al.* (2018) أن لزوجة زيت أحشاء البلطي كانت 33.37 سنتي بويز. وأن لزوجة زيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 2.996بويز (المطوري، 2019).

### 4.6. نقطة الانجماد Freezing Point:

تعرف نقطة الانجماد بأنها الدرجة الحرارية التي تتحول عندها المادة من الحالة السـائلة إلى الحالة الصـلبة ( Zachariassen & Kristiansen 2000)، وبين محمد (1995) أن هناك عدة عوامل تؤثر على درجة الإنجماد وهي طول السـلسـلة الكاربونية فكلما زادت السلسلة في طولها ارتفعت نقطة الانجماد، كذلك فأن درجة عدم التشبع تتسبب في انخفاض نقطة الانجماد. وبصورة عامة الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون نقاط انجمادها واطئة مقارنة بالأحماض الدهنية المشبعة التي تحتوي على عددٍ مساوٍ من ذرات الكاربون ولذلك فأنها تجعل الدهون والزيوت التي تدخل في تراكيبها أكثر سيولة. وجدت الحسيني (2007) أن قيمة نقطة الانجماد لزيوت المخلفات (الرؤوس والأحشـاء) لأسماك مختلفة تراوحت بين (1-5). ذكر المطوري (2019) أن نقطة الانجماد زيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء -4.6 °م.

### 5.6. نقطة التضبيب Cloud Point:

يتعرف نقطة التضبب بانها الدرجة الحرارية التي يلاحظ حصول تضبب وتعكر للمواد الموجودة في الزيوت خلال المراحل الأولى من البلورة وعندها يفقد الزيت شـفافيته، وهي تُعطي مقياس لدرجة الحرارة التي يبدأ عندها التصـلب في الدهون السـائلة

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

(FSSAI, 2012) وتحصل ظاهرة التبلور الابتدائي للمواد الموجودة في الزيوت عند تبريد العينة في ظروف معينة وبالتالي تكون العينة متضببة فورا كما تنخفض نقطة التضبب بوجود المضافات مع الزيت (Ming *et al.*, 2005).

وجد من خلال الأبحاث أن نقطة التضبيب ترتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجة تشبع الأحماض الدهنية أي كلما كانت نسبة الأحماض الدهنية المشبعة في الزيوت عالي كانت نقطة التضبب مرتفعة بينما تنخفض نقطة التضبب في حالة وجود أحماض دهنية غير مشبعة بنسبة أكبر في الزيوت (Khalid *et al.*, 2011) بينت الحسيني (2007) أن قيمة التضبيب لزيوت المخلفات (الرؤوس والأحشاء) لأنواع مختلفة من الأسماك تراوحت بين 1-8 م°. وأن نقطة التضبيب لزيت أحشاء الكارب كانت 15.6 م° (المطوري، 2019).

### 6.6. نقطة الانسكاب Pour Point:

نقطة الانسكاب هي أوطأ درجة حرارة يكون الزيت عندها سائلاً أو قابلاً للجريان فتبدأ عندها الدهون بالتحرك فوراً نحو الأسفل بسبب وزنها وتقدر هذه النقطة بوضع نموذج الزيت في أنبوبة اختبار بعد تسييله عند درجة حرارة معينة، ثم نقوم بتبريده تدريجياً، بين محمد (1995) أنه بالإمكان تقليل نقطة الانسكاب للزيوت عن طريق استعمال وحدات إزالة الشمع من الزيت، وأنها تنخفض عند وجود المضافات مع الزيت (Shaine *et al.*, 2004). وجدت الحسيني (2007) أن نقطة الانسكاب لزيوت المخلفات (الرؤوس والأحشاء) لأنواع مختلفة من الأسماك تراوحت بين (1-9). وذكر المطوري (2019) أن نقطة الانسكاب لزيت أحشاء الكارب المستخلص بالأشعة تحت الحمراء كانت 6.8 م°.

### 7.6. اللون Coulor:

يعد لون سطح الغذاء من العوامل المهمة في تحديد جودته ومدى تقبل المستهلك قبل دخوله إلى الفم. إن لون سطح الغذاء مهم جدا من قبل المستهلك ويستعمله كصفة لقبول او رفض الغذاء ( Abdullah *et al.*, 2004 ; Hatcher *et al.*, 2004; . Du and Sun,2004; Pedreschi , *et al.*,2000)

بين Costa *et al.* (2011) أن اللون هو أحد أهم الصفات الحسية النوعية للغذاء الطازج أو المصنع ومنتجاته. إن اللون يعد صفة حسية تؤثر على رغبة المستهلك، خصائص الضوء من الممكن قياسها بمصطلح الشدة intensity والطول الموجي Wave length وأن لون المادة يصبح مرئيا فقط عندما ينبعث الضوء من مصدر الإنارة (Sahin and Sumnu, 2006). يقاس لون الأغذية عادة في وحدات L*،a*،b* باستعمال جهاز قياس اللون أو بيانات نوعية مكتسبة إضافة إلى عملية التصوير . ترمز L*،a*،b* إلى المواصفة الدولية لمقاييس اللون والتي تبنت بواسطة اللجنة الدولية للإنارة The Commission International Eclairage (CIE) في عام 1976. أن قيم L* تبين فيما اذا كان اللون غامقا (قيمة L* منخفضة) أو فاتحا (قيمة L* عالية) اذ تبين مدى الوضوح للمنتج، أما قيمة a* تعني اللون المحمر reddish colours اذا كانت ذات قيمة موجبة (+)، اما اذا كانت ذات قيمة سالبة (-) فتعني اللون المخضر greenish (Gulrajani, 2010; Pathare *et al.*, 2012). كما

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

إن قيمة b* تعني اللون المصفر yellowish colors إذا كانت ذات قيمة موجبة (+)، أما إذا كانت ذات قيمة سالبة (−) فتعني اللون المزرق bluish (Gulrajani, 2010; Pathare et al., 2012). بينت دراسة أجراها المطوري (2019) عند قياسه صفة اللون للزيت المستخلص من المخلفات بالأشعة تحت الحمراء بوحدات L*، a*، b* كانت قيمها 37.64، 0.94، 38.11، 1.51 على التوالي

## 7. استعمالات زيوت الأسماك ومخلفاتها

أجريت عدة دراسات سابقة فيما يتعلق باستخلاص الزيوت السمكية وكل دراسة تناولت جوانب معينة ومن هذه الدراسات، قام El-Hady (1984) بدراسة زيوت الأسماك من حيث تركيبها الكيميائي ومحتواها من الأحماض الدهنية والفوسفوليبيدات لكل من الأسماك الطازجة والمطبوخة (المقلية والمشوية). كما ذكر الطائي (2005) في دراسة مرجعية إمكانية الاستفادة من الأسماك ومخلفاتها في الحصول على الزيوت وإمكانية تنقيتها واستعمالها للاستهلاك البشري واعتبارها احد مصادر الفيتامينات الذائبة بالدهون أو يمكن استعمالها لأغراض الاستهلاك الحيواني من خلال إضافتها مع الأعلاف أو العلائق أو يمكن استعمالها في مجالات صناعية كالتشميع ومواد الغسيل والمطاط ومواد التزييت.

وفي دراسة أجراها Boran *et al.* (2006) تناولت التغيرات النوعية في زيوت الأسماك بتأثير درجة حرارة الخزن والوقت لخمسة أنواع من الأسماك بعد استخلاص زيوتها الخام وخزنها بدرجة حرارة 4°م و −18°م وقد سجلوا إمكانية أن تكون الزيوت المحفوظة بـــ 4 °م مقبولة للاستهلاك البشري لمدة 90 يوما في حين الزيوت المحفوظة عند درجة −18 °م يمكن أن تبقى صالحة للاستهلاك البشري لمدة 150 يوما. والمؤشرات الكيميائية التي درست هي الرقم اليودي وقيمة الأسترة والصوبنة وقيمة البيروكسيد و TBA والمواد غير المتصوبنة.

كما تناولت دراسة شاملة قامت بها الحسيني (2007) في البصرة باستخلاص زيوت الأسماك ومخلفاتها ودراسة صفاتها الكيميائية والفيزيائية واستعمالها في الأنظمة الغذائية والصناعية والدوائية لأسماك أبو عوينة والجفوت والصبور والكارب وقد استخلص الزيت منها بالمذيبات العضوية واستعملت الزيوت السمكية المستخلصة في صناعة المايونيز والصابون وتم تعبئتها في كبسولات تطبيقا للجوانب الصحية لفوائد زيت الأسماك وقد أجريت على الزيوت المستخلصة عدة اختبارات حسية وكيميائية.

كما جاء في أطروحة دكتوراه أجريت في ماليزيا من قبل الباحثة Shabanikakroodi (2014) والتي قامت بدراسة خواص وصفات زيت الكبد والأحشاء لسمك الجري Patin (Pangasianodon hypothalamus) وإمكانية استعمال الزيت في تصنيع كريم اليدين. وقد ذكرت الباحثة أن محتوى الزيت في أحشاء الأسماك في الإناث والذكور كان 64-77 و73.23% على التوالي في حين كان في زيت كبد الإناث والذكور بحدود 11.71 و9.59% على التوالي.

وفي رسالة ماجستير أجراها Magdy (2015) في جمهورية مصر العربية تناولت دراسات كيميائية وتكنولوجية على بروتينات وزيوت الأسماك، كما تضمنت هذه الرسالة تصنيع منتوجات سمكية منها السوريمي وأصابع السمك من سمك الكارب وقد تبين من خلال الدراسة أن أصابع السمك المحفوظ بالتبريد (4°م) لمدة 18 يوم كانت لا تزال مقبولة وصالحة للاستهلاك البشري. وذكر أن زيوت الأسماك المستخرجة يمكن أن تكون مصدرا ممتازا للاستهلاك البشري لاحتوائها على الأحماض الدهنية

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الأساسية. هنالك طرائق حديثة في استخلاص الزيوت مثل الاستخلاص بالأشعة تحت الحمراء والتسخين الأومي والطاقة الشمسية والموائع فوق الحرجة وهي ذات كفاءة عالية في الاستخلاص.

وقام كل من Carvajai & Mozuraityte (2016) بكتابة مقالة مرجعية حول الزيوت السمكية وما يتعلق بإنتاجها وخواصها والمصادر البحرية لإنتاجها كما تطرقت الدراسة لذكر خطوات الإنتاج المتمثلة بالطبخ والكبس وفصل الزيت السائل والطرد المركزي للتخلص من الرطوبة والشوائب، إضافة إلى ذكر الأحماض الدهنية المكونة للزيوت مع ذكر الخواص الكيميائية للزيوت الخام.

## 8. الاستنتاجات

خلصت الدراسة الحالية إلى إمكانية استخدام الأشعة تحت الحمراء في استخلاص زيت الأسماك أو مخلفاتها وهو عادة زيت يتميز بمواصفات نوعية وتغذوية جيدة ويمكن استخدامه في العديد من الأغراض الغذائية والصناعية والدوائية ويمكن استخدام الطرائق الحديثة في استخلاص الزيوت كونها ذات كفاءة عالية

## المراجع

### أولا: المرجع باللغة العربية

الحسيني، خديجة صادق جعفر (2007). استخلاص الزيوت من الأسماك ومخلفاتها ودراسة صفاتها الكيميائية والفيزيائية واستخدامها في الأنظمة الغذائية والصناعية والدوائية *أطروحة دكتوراه*، كلية الزراعة، جامعة البصرة، العراق.

الحلفي، أسعد رحمان سعيد؛ الشطي، صباح مالك حبيب؛ المطوري، أثير عبد الامير عبد الجبار (2019). تصميم وتصنيع واختبار جهاز لاستخلاص الزيوت من مخلفات الأسماك بالأشعة تحت الحمراء. *براءة اختراع*، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، وزارة التخطيط، العراق، رقم البراءة 5995، التصنيف الدولي C11B1/10، ص: 45.

الحلفي، أسعد رحمان سعيد؛ الشطي، صباح مالك حبيب؛ المطوري، أثير عبد الامير عبد الجبار (2020). تشخيص الأحماض الدهنية وتقدير فيتامين A و E لزيت أحشاء سمك الكارب (*Cyprinus carpio*) المستخلص بالأشعة تحت الحمراء، *المجلة السورية للبحوث الزراعية*، 7(1)، 185-197.

الدلالي، باسل كامل؛ الركابي، كامل حمودي (1988). *كيمياء الأغذية*، طبعة منقحة. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

الرقيعي، ابراهيم محمد (2011). الزيوت السمكية. *العلوم والتقنية*، 25(99)، 4-7.

الشطي، صباح مالك حبيب؛ الحلفي، أسعد رحمان سعيد؛ المطوري، أثير عبد الامير عبد الجبار (2019). تحسين لون زيت مخلفات أسماك الكارب *Cyprinus carpio* المستخلص بالأشعة تحت الحمراء بطريقة سطح الاستجابة. *مجلة علوم مجلة البحار والتقنيات البيئية*، 5(2)، 25-44.

الطائي، منير عبود جاسم (2005). منتجات غذائية وصناعية ودوائية محضرة من الأسماك والروبيان ومخلفاتها. *مجلة وادي الرافدين لعلوم البحار*، 20(1)، 157-170.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الطائي، منير عبود؛ والحسيني، خديجة صادق جعفر (2011). استخلاص الزيوت من الأسماك ومخلفاتها ودراسة صفاتها الكيميائية (قيمة الحموضة ونسبة الأحماض الدهنية الحرة وقيمة البيروكسيد). *مجلة الكوفة للعلوم الزراعية*، 3(عدد خاص)، 159-171.

العاني، ابتهال إسماعيل محمد (2001). دراسة الصفات الفيز وكيميائية لزيت الحبة السوداء (*Nigella sativa* L.) المحلية واستخدامه في تصنيع بعض الأغذية. *رسالة ماجستير*، قسم الاقتصاد المنزلي كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.

عبد الحميد، عبد الحميد محمد (2003). الأسس العلمية لإنتاج الأسماك ورعايتها، ط 2. دار النشر للجامعات المصرية، القاهرة.

علي، مثنى فاضل (2018). *جغرافية الطاقة: أسس ومشكلات*، ط 1. دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع. عمان، المملكة الأردنية الهاشمية.

عويضة، عصام حسن حسين (2015). التغذية العلاجية. ط 1. مكتبة العبيكان للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.

محمد، رضوان صدقي فرج (1995). التحاليل الطبيعية والكيمياوية للزيوت والدهون، ط 1. المكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر.

المطوري، أثير عبد الامير عبد الجبار (2019). دراسة كفاءة استخلاص زيت مخلفات الأسماك باستعمال جهاز مصمم محليا يعمل بالأشعة تحت الحمراء. *رسالة ماجستير*، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

المطوري، أثير عبد الامير عبد الجبار؛ الشطي، صباح مالك حبيب؛ الحلفي، أسعد رحمان سعيد (2018). تأثير نوع العبوة على بعض الدلائل الكيميائية لزيت مخلفات اسماك الكارب *Cyprinus carpio* المستخلص بالأشعة تحت الحمراء. *مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية*، 4(2)، 1-16.

## ثانيا: قائمة المراجع باللغة الإنجليزية

Abd El-Rahman, F., Mahmoud, N., Badawy, A. E.; and Younis, S. (2018). Extraction of fish oil from fish viscera. *Egyptian Journal of Chemistry*, 61(2): 225-235.

Abdulkadir, M.; Abubakar, G.I.; and Mohammed. A. (2010). Production and characterization of oil from fishes. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(7):1-5.

Abdullah, M. Z.; Guan, L.C.; Lim, K. C.; and Karim, A. A. (2004). The applications of computer vision and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61: 125-135.

Abdullah, S.; Abdul Mudalip, S. K.; Shaarani, S. Md.; and Che Pi, N.A. (2010). Ultrasound extraction of oil from *Monopterus alpus*: Effects of different ultrasonic power, solvent volume and sonication time. *Journal of Applied Sciences*, 10(21): 2713-2716.

Ackman, R. G. (1994). Seafood lipids. **In**: *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Shahidi, F. and Botta, J. R. (eds.). Blackie Academic and Professional, and Imprint of Chapman and Hall, London.

Adeniyi, O. D. and Bawa, A. A. (2006). Mackerel (*Scomber scrombrus*) oil extraction and evaluation as raw materials for industrial utilization. *Leonardo Journal of Sciences*, 8: 33-42.

Adeoti, I.A. and Hawboldt, K. (2014). A review of lipid extraction from fish processing by- product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*, 63: 330-340.

AHA (American Heart Association) (2002). Fish oil can lower your bad cholesterol. *Diabetic Care*, 25: 1704-1708.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Aidos, I. (2002). *Production of high-quality fish oil from herring byproducts*. *Ph.D. Thesis*, Wageningen University, The Netherlands.

Alfio, V. G., Manzo, C., and Micillo, R. (2021). From fish waste to value: An overview of the sustainable recovery of omega-3 for food supplements. *Molecules*, 26(4), 1002.

Al-Hilphy, A. R. S. (2017). *Food processing engineering by using infrared ray*. Noor Publishing. German.

Al-Hilphy, A. R.; Al-Shatty, S. M.; Al-Mtury, A. A. A., and Gavahian, M. (2023). Solar energy-assisted extraction of carp fish viscera oil: New sustainable waste valorization platform. *Waste and Biomass Valorization*, pp. 1-15.

Al-Hilphy, A. R.; Al-Mtury, A. A. A.; Al-Shatty, S. M.; Hussain, Q. N., and Gavahian, M. (2022). Ohmic heating as a by-product valorization platform to extract oil from carp (*Cyprinus carpio*) viscera. *Food and Bioprocess Technology*, 15(11), 2515-2530.

Al-Hilphy, A. R., Al-Shatty, S. M., Al-Mtury, A. A. A., and Gavahian, M. (2023). Solar energy-assisted extraction of carp fish viscera oil: New sustainable waste valorization platform. *Waste and Biomass Valorization*, 1-15.

Ali, M., Iqbal, F., Salam, A., Sial, F., and Athar, M. (2006). Comparative study of body composition of four fish species in relation to pond depth. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2(4), 359–364.

Anonymous (2010). Omega-3 fatty acids, fish oil; alpha- linolenic acid. Mayo Clinic Staff. *Natural Standard Research Collaboration*. Available at: [*www.naturalstandard.com*].

Anonymous (2017). Standard for fish oils. CXS 329-2017. *Codex Alimentarius Commission.* FAO and WHO. Rome, Italy. 6p.

Arnesen, J.A. and Gildberg, A. (2007). Extraction and characterization of gelatin from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Bioresource Technology*, 98(1), 53-57.

AVA (Agri- Food and Veterinary Authority of Singapore) (2005). *Codex Alimentarius Stand 329-2017 codex standard for fish oil.*

Babbit, K.J. (1990). Intrinsic quality and species of north pacific fish in making profits out of seafood wastes. **In**: *Proceedings of the International Conference on Fish by Products*. Keller, S. (ed.), 25–27 April 1990. University of Alaska Sea Grant, Fairbanks.

Barthet,V. J., Gordon, V., and Daun, J. K. (2008). Evaluation of a colorimetric method for measuring the content of FFA in marine and vegetable oils. *Food Chemistry*,111: 1064-1068.

Beare-Rogers, J., Dieffenoacher, A., and Holm, J. V. (2001). Lexicon of lipid nutrition. IUPAC Technical report, International Union of Pure and Applied Chemistry. *Pure Appl. Chem.*, 73(4), 685-744.

Bechtel, P. J. (2003). Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(2), 101–116.

Bhaskar, N., Sathisha, A.D., Sachindra, N. M., Sakhare, P. Z., and Mahendrakar, N. S. (2007). Effect of acid ensiling on the stability of visceral waste proteases of Indian Major Carp *Labeo rohita. Journal of Aquatic Food Product Technology*, 16(1), 73-86.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Bligh, E. G. and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.

Boran, G., Karacan, H., and Boran, M. (2006). Changes in quality of fish oils due to storage temperature and time. *Food Chemistry*, 98:(4), 693–698.

Bórquez, R., Koller, W. D., Wolf, W., and Spieß, W. (1997) A rapid method to determine the oxidation kinetics of n-3 fatty acid in fish oil. *LWT - Food Science and Technology*, 30(5), 502-507.

Brajadottir, M. (2001). Endogenous antioxidants in fish. *M.Sc. Thesis*. Department of Food Science. University of Iceland. pp,1-59.

Campbell, E.D., Baker, N., Bandurraga, M., Belcher, M., Heckel, C., Hodgson, A., Hughes, J., Ingala, T., Lampert, D.,, Louis, D. McCaskill, G., McNeill, G., Nugent, M., Paladini, E. D., Price, J., Reddy, R., Sharp, J., Smith, S., Strayer, D., Wainwright, B., and Waldinger, L. (1999). Food fats and oils. Institute of Shortening and Edible Oils. **In:** *8th Edn., The Technical Committee of the Institute of Shortening and Edible Oils, Inc.*. Available at [*www.iseo.org*].

Carola, R., Harley, J. P., and Noback, R.C. (1992). *Human anatomy and physiology*, 3rd ed. T. Howard Publishers. 750p.

Carvajai, A.K. and Mozuraityte, R. (2016). Fish oils production and properties. **In:** *Encyclopedia of food and Health.* Caballero, B.; Finglas, P. and Toldrá, F. (eds.). Academic Press. pp, 693-698.

Chakrabarty, M. M. (2003). *Chemistry and technology of oils and fats*. Allied Publisher PVT. Ltd., New Delhi, India. 760p.

Chimsook, T. and Wannalangka, W. (2015). Effect of microwave pretreatment on extraction yield and quality of catfish oil in Northern Thailand. *MATEC Web of Conferneces*,35: 1-5.

Choe, E. and Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*, 5(4), 169-186.

Chow, C.K. (2000). *Fatty acids in foods and their health implications*, 2ndedn., Marcel Dekker, New York, USA.

Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sun, D., and Menesatti, P. (2011). Shape analysis of agricultural products: A review of recent research advances and potential application to computer vision. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 673–692.

Crexi, V. T., Souza-Soares, L.A., and Pinto, L. A. A. (2008). Carp (*Cyprinus carpio)* oils obtained by fishmeal and ensilage processes: Characteristics and lipid profiles. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8),1642-1648.

Dahel, K., Hill, G., and Holman, R. (2008). The thiobarbituric acid reaction and the autoxidation of polyunsaturated fatty acid methyl ester. *Arch. Biochem. Biophys.*, 98, 253 258.

Deepika, D., Vegneshwaran, V. R., Julia, P., Sukhinder, K. C., Sheila, T., Heather, M., and Wade, M. (2014). Investigation on oil extraction methods and its influence on Omega-3 content from cultured Salmon. *J. Food Process Technol*.,5(12), 1-13.

Du, C. and Sun, D. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 230-249.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R. (1988). *Pearson's chemical analysis of foods*. 8th edn., Longman Scientific Technical. The Bath Press, UK, 591p.

El-Hady, L. D. (1984). Studies on some fish oils. *PhD Thesis*. Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, 106 p.

Engelmann, J. I., Silva, P. P., Igansi, A. V., Pohndorf, R. S., Cadaval Jr, T. R. S., Crexi, V. T., and Pinto, L. A. A. (2018). Structured lipids by swine lard inter-esterification with oil and esters from common carp viscera. *Journal of Food Process Engineering*,41(4), 1-9.

Esteban, M. B., García, A. J., Ramos, P. A. Q., and Márquez, M. C. (2007). Evaluation of fruit vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27(2), 193-200.

Fadhil, A. B., Ahmed, A. I. and Salih, H. (2017). A production of liquid fuels and activated carbons from fish waste. *Fuel*, 187, 435-445.

Fahy, E., Cotter, D., Sud, M., and Subramaniam, S. (2011). Lipid classification, structures and tools. *Biochem. Biophys. Acta*, 1811, 637-647.

Fang, Y., Gu, S., Liu, S., Zhang, J., Ding, Y., and Liu, J. (2018). Extraction of oil from high-moisture tuna liver by subcritical dimethyl ether: Feasibility and optimization by the response surface method. *RSC Advances*, 8, 2723-2732.

FAO (Food and Agriculture Organization) (2018). The state of world fisheries and aquaculture. *Meeting the sustainable development goal*, Rome, Italy.

Fawole, O. O., Ogundiran, M. A., Ayandiran, T. A., and Olagunju, O. F. (2007). Proximate and mineral composition in some selected fresh water fishes in Nigeria. *Internet Journal of Food Safety*, 9, 52-55.

Frankel, E. N. (2005). *Lipid oxidation*, 2nd edn. Bridgewater, England: The Oily Press.

FSSAI (Food Safety and Standards Authority of India) (2012). *Oils and Fats*. Ministry of Health and Family Welfare Government of India,110p.

Gbogouri, G. A., Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M. (2006). Analysis of lipids extracted from salmon (*Salmo salar*) heads by commercial proteolytic enzymes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(9), 766-775.

Ghaedian, R., Coupland, J. N., Decker, E. A., and McClemets, J. D. (1998). Ultrasonic determination of fish composition. *Journal of Food Engineering*, 35(3), 323-337.

Gildberg, A. (2001). Utilization of male arctic capelin and Atlantic cod intestines for fish sauce Production-Evaluation of fermentation conditions. *Bioresource Technology*, 76(2), 119–123.

Gulrajani, M. L. (2010). *Colour measurement principles advances and industrial applications.* Woodhead Publishing Limited, 402p.

Gunawan, M., Triatmo, T. A., and Rahayu, A. (2003). Food analysis: Determination of peroxide and fatty acids free of soybean oil with a variation of frying. (*Analisis Pangan: Penentuan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Kedelai - dengan Variasi Menggoreng*). *JSKA*, 6(3), 6p. [In Indonesian].

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Hatcher, D. W., Symons, S.J., and Manivannan, U. (2004). Developments in the use of image analysis for the assessment of oriental noodle appearance and color. *Journal of Food Engineering*, 61, 109-117.

Hultin, H.O. (1994) Oxidation of lipids in seafoods. **In:** *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Shahidi, F. and Botta, J.R. (Eds.). Chapman and Hall, London, UK, pp, 49–74.

Hulya, C. (2002). Commercial fish oil. *Trakya Unvi. Bilimsol Arastirmalar Dergisl B. serisicilt*, 3(1), 1-6.

Huss, H. H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, *348.* Rome, Italy.

Immanuel, G. and Palavesam, A. (2010). Comparative study on the liver fatty acid profiles of the red toothed trigger fish (*Odonus niger*) from southwest coast of India. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(1), 97-110.

Ivar, S. (2003). Proteolytic conversion of cod viscera to ingredients for microbial growth media. *Norwegian University of Life Sci*., pp.11-29.

Jabeen, F. and Chaudhry, A. S. (2010). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, 125(3), 991-996.

Jayasinghe, P. (2010). Biofuels from fish waste from remote fish processing plants in Newfoundland and Labrador. *M.Sc. Thesis.* Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University, Newfoundland, 182p.

Junker, B., Lester, M., Brix, T., Wong, D., and Nuechterlein, J. (2006). Next generation, pilot-scale continuous sterilization system for fermentation media. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 28(6), 351-378.

Kechaou, E. S., Dumay, J., Donnay-Moreno, C., Jaouen, P., Gouygou, J. P., Bergé, J. P., and Amar, R. B. (2009). Enzymatic hydrolysis of cuttlefish (*Sepia officinalis*) and sardine (*Sardina pilchardus*) viscera using commercial proteases: Effects on lipid distribution and amino acid composition. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 107(2), 158–164.

Khaild, K., Musa, M., Jusoff, K., Abdullah, R., Md, Z. M., and Somsudin, A. (2011). Lowering of palm oil cloud point by enzymatic acidolysis. *World Appl. Sci. J*., 12, 28-31.

Kim, S. K. (2014). *Seafood processing by-products: Trends and applications*. Springer Science Business Media, New York, 597p.

Koddami, A., Ariffin, A.A., Baker, J., and Ghazali, H. M. (2009). Fatty acid profile of the oil extraction from fish waste (head, intestine, and liver) (*Sardinella lemuru*). *World Applied Science Journal*,7(1), 127-131.

Koohyar, F. (2013). Refractive index and its applications. *Journal of Thermodynamics and Catalysis*, 4(2), 1000e117.

Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Jun, S., Irudayaraj, J., and Demirci, A. (2008). Infrared heating in food processing: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1), 2-13.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Kristinsson, H. G. and Rasco, B.A. (2000). Biochemical and functional properties of atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *J. Agric. Food Chem.*, 48 (3), 657–666.

Kulås, E. and Ackman, R.G. (2001). Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 1724-1729.

Kuvendziev, S., Lisichkov, K., Zekovic, Z., Marinkovski, M., and Musliu, Z.H. (2018). Supercritical fluid extraction of fish oil from common carp (*Cyprinus carpio* L.) Tissues. *The Journal of Supercritical Fluids*,133, Part 1, 528-534.

Ladikos, O. and Lougovois, V. (1999). Lipid oxidation in muscles food: A review. *Food Chemistry*, 35, 295-298.

Lattef, M. (2012). Pulsed ultrasound-assisted solvent extraction of oil from soybeans and microalgae. *MSc. Thesis*. Department of Bioresource Engineering. McGill University, Montreal, Canada, 81p.

Laufenberg, G., Kunz, B., and Nystroem, M. (2003). Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, 87(2), 167–198.

Lembke, P. (2013). Production techniques for omega-3 **In**: *Omega6/3 fatty acids: Functions, sustainability strategies and perspectives.* De Meester, F., Watson, R., and Zibadi, S. (eds.), Springer Science Business Media, New York.

Ligor, M., Olszowy, P. and Buszewski, B. (2012). Application of medical and analytical methods in Lyme borreliosis monitoring. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(7), 2233-2248.

Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M. (2005). Proteolytic extraction of salmon oil and PUFA concentration by lipases. *Marine Biotechnology*, 15, 70-76.

Luque de Castro, M.D. and Priego, C. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389.

Machado, M. D. S., Zuvanov, V. C., Rojas, E. E. G., Zuniga, A. D. G., and Costa, B.D.S. (2012). Thermophysical properties of biodiesel obtained from vegetable oils: Corn, soy, canola and sunflower. *Centro Cientifico – Goiania*, 8(14), 917-926.

Magdy, R. M. E. (2015). Chemical and technological studies on protein and fish oil. *MSc. Thesis*. Food Science Department, Faculty of Agriculture, Minia University, 115 p.

Maroon, J. C. and Bost, J. W. (2006). Omega-3 fatty acids (fish oil) as an anti-inflammatory: An alternative to nonsteroidal anti-inflammatory drugs for discogenic pain. *Surgical Neurology*, 65(4), 326-331.

Mayer, P. A. (2000). *Harper's biochemistry*, 25th edn. Appleton and Lange, Connecticut, Stanford, pp, 282-287.

Mercer, P. and Armenata R.E. (2011). Developments oil extraction from microalgae. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*,113, 539-547.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Merkle, S., Giese, E., Rohn, S., Karl, H., Lehmann, I., Wohltmann, A., and Fritsche J. (2017). Impact of fish species and processing technology on minor fish oil components. *Food Control*, 73 (Part B), 1379-1387.

Min, D.B. and Boff, J.M. (2002) Chemistry and reaction of singlet oxygen in food. *Comp.Rev. Food Sci. F*, 1, 58-71.

Ming, T.C., Ramli, N., Lye, O.T., Said, M., and Kasim, Z. (2005). Strategies for decreasing the pour point and cloud point of palm oil products. *Eur. J. lipid Sci. Technol.*, 107, 505-512.

Modest, M. F. and Mazumder, S. (2023). *Radiative heat transfer*. 4th edn., Academic Press. Elsevier, UK, 987p.

Moreau, R. A. and Kamal-Eldin, A. (2009). *Gourmet and health promoting specialty oils*. AOCS Press, Urbana, Illinois, USA.

Murray, J. and Burt, J. R. (2001). The composition of fish. Ministry of Technology. *Torry* Research Station. *Torry Advisory Note*, No. 38

Nazir, N., Diana, A., and Sayuti, K. (2017). Physicochemical and fatty acid profile of fish oil from head of Tuna (*Thunnus albacares*) extracted from various extraction method. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(2), 709-715.

Nhat, D.M. and Hoang, L. V. (2010). The oxidation of fish oil during extraction process and storage. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 48(5), 113-121.

Nielsen, S. S. (2017). *Food analysis laboratory manual*, 3rd edn., USA Springer International Publishing.

Norziah, M.H., Nuraini, J., and Lee, K. Y. (2009). Studies on the extraction and characterization of fish oil from wastes of seafood processing industry. *As. J. Food Ag-Ind.*, 2(4), 959-973.

Nowak, D. and Lewicki, P.P. (2004). Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(3), 353-360.

Nuñez, G.C. (2007). Quality and stability of Cuban shark liver oil: Comparison with Icelandic cod liver oil. *Final Project, Fisheries Training Programme*. The United Nations University, Reykjavik, Iceland.

Nuraini, J., Norziah, M. H., Tagally, B. Z., Lim, M. N., and Zilah, A. (2008). Extraction of Fish oil from fish waste from surimi processing plant. *International Conference on Environmental Research and Technology(ICERT), Conference*, 28th to 30th May 2008 Penang, Malaysia.

Odunaike, K., Akinyemi, L.P., Laoye, J.A., Williams, A.O., and Ogunmoroti, O.T. (2013). Estimation of the physical characteristics of some locally and imported edible vegetable oils samples in Nigeria. *International Journal Engineering and Applied Sciences*, 4(6), 19-27.

Oliveira, L. E., Barboza, J. C. S., and Da Silva, M. L. C. P. (2013). Production of ethylic biodiesel from Tilápia visceral oil. *Proceedings of the International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13)*, 20-22.

Oluwaniyi, O. O. and Dosumu, O. O. (2009). Preliminary studies on the effect of processing methods on the quality of three commonly consumed marine fishes in Nigeria. *Biochemistry*, 21(1), 1-7.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Ovissipour, M., Kenari, A. A., Motamedzadegan, A., and Nazari, R. M. (2012). Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 696–705.

Pan, Z. and Atungulu, G. G. (2011). *Infrared heating for food and agricultural processing*. CRC Press, U.S.A., 284p.

Pathare, P. B., Opara, U. L., and Al-Said, F. A. (2012). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.

Pedreschi, F., Aguilera, J. M., and Brown, C.A. (2000). Characterization of food surfaces using scale-sensitive fractal analysis. *Journal of Food Process Engineering*, 23(2), 127-143.

Petrov, B. F. (2023). Development of methodology for creating technologies for processing low-grade semi-finished products of fish oils and fat waste. *Vestnik of MSTU*, 26(3), 264–271. [In Russian].

Pokorny, J. and Dicffenbacher, A. (1989). Determination of 2-thiobarbituric acid value: Direct method. *Pure and Applied Chemistry*, 61(6), 1165-1170

Ramakrishnan, V. V., Ghaly, A. E., Brooks, M. S., and Budge, S.M. (2013). Extraction of oil from mackerel fish processing wastes using alcalase enzyme. *Enzyme Engineering*, 2(2), 10p.

Ramalhosa, M.J., Paige, P., Morais, S., Rui Alves, M., Delerue-Matos, C., and Oliveira, M.B.P.P. (2012). Lipid content of frozen fish: Comparison of different extraction methods and variability during freezing storage. *Food Chemistry*, 13, 328-336.

Richardson, R. I., Enser, M., and Vatansever, L. (1997). The oxidative stability of minced beef from steers supplements of n-3 polyunsaturated fatty acid. *Proceeding of British Society of Animal Science*, p. 45.

Ristic, M.D., Filipovic, S.S., and Sakac, M.L. (2002). Liquid protein feedstuffs from freshwater fish by-products as a component of animal feed. *Roumanian Biotechnological Letters*, 7(3), 729–736.

Ritter, J.C.1., Budge, S.M., and Jovica, F. (2013). Quality analysis of commercial fish oil preparations. *J. Sci. Food Agric.*, 93, 1935-1939.

Rizliya, V. and Mendis, E. (2014). Biological physical and chemical properties of fish oil and industrial applications. **In:** *Seafood processing By-products: Trends and Applications.* Kim, S.K.(ed.), Springer Science Business Media, New York, pp, 285-313.

Rosenthal, I. (1992). *Electromagnetic radiations in food science*. Berlin: Springer-Verlag, Springer Science Business Media, New York.

Rubio-Rodríguez, N., de Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., and Rovira, J. (2008). Supercritical fluid extraction of the omega-3 rich oil contained in hake (*Merluccius capensis–Merluccius paradoxus*) by-products: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. *The Journal of Supercritical Fluids*, 47(2), 215-226.

Rubio-Rodríguez, N., de Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., and Rovira, J. (2012). Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering*, 109(2), 238-248.

Rustad, T. (2003). Utilization of marine by-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), 458–463.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Sahena, F., Zaidul, I. S. M., JIinap, S., Yazid, A. M., Khatib, A., and Norulaini, N. A. N. (2010). Fatty acid compositions of fish oil extracted from different parts of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurte*) using various techniques of supercritical $CO_2$ extraction. *Food Chemistry*, 120(3), 879-885.

Sahin, S. and Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. New York: Springer.

Sakai, N. and Hanzawa, T. (1994). Infrared heating for food and agricultural processing. *Trends in Food Science and Technology*, 5, 357–362.

Sakamoto, A., Saotome, M., Iguchi, K., and Maekawa, Y. (2019). Marine-Derived Omega-3 polyunsaturated fatty acids and heart failure: Current understanding for basic to clinical relevance. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16), 4025.

Salwanee, S., Wan Aida, W. M., Mamot, S., and Maskat, M. Y. (2013). Effects of enzyme concentration, temperature, pH and time on the degree of hydrolysis of protein extract from viscera of tuna (*Euthynnus affinis*) by using alcalase. *Sains Malaysiana*, 42(3), 279–287.

Santos, F. F., Malveira, J. Q., Cruz, M. G., and Fernandes, F. A. (2010). Production of biodiesel by ultrasound assisted esterification of *Oreochromis niloticus* oil. *Fuel*, 89, 275-279.

Sarker, M. Z. I., Selamat, J., Habib, A. S. M. A., Ferdosh, S., Akanda, M. J. H., and Jaffri, J. M. (2012). Optimization of supercritical CO2 extraction of fish oil from viscera of African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Molecular Sciences*, 13(9), 11312–11322.

Sathivel, S. (2005). Oil from fish processing byproducts and underutilized fish as a viable renewable resource for biodiesel production. Fishery Industrial Technology Center, University of Alaska Fairbanks . USA. *Pacific Fisheries Technologists 57th Annual Meeting*, March 5th - 8th, 2005, p.31

Schumann, K. and Siekmann, K. (2005). Soaps. **In:** *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim.

Scrimgeou, C. (2005). Chemistry of fatty acid. **In:** B*ailey's industrial oil and fat products*. Shahidi,F.(Ed.). 6th edn. Wiley-Interscience, 6:1-43.

Shabanikakroodi, S. (2014). Characterization of oil from liver and visceral fats of patin (*Pangasianodon hypothalamu s*. Sanvage) and its use in hand cream preparation. *PhD Thesis*. The schools of graduates studies University Putra Malaysia,138p.

Shaine, K. T., Bozell, P., Wallace, R., Peterson, E., and Moens, L. (2004). Biomass oil analysis: Research needs and Recommendations. *Technical Report.*, pp, 1-87.

Shaltout, O. E. (1989). Chemical and technological characteristics of new minced carp (*Cyprinus carpio*) meat, blends in relation to its frozen storage stability and quality attributes. *Ph.D. Thesis*, Faculty of Agriculture, Alexandria University.

Shamsudin, S. and Salimon, J. (2006). Physicochemical characteristics of Aji-Aji fish *Seriola nigrofasciata* lipids. *Malaysia Journal of Analytical Sciences*, 10(1), 55-58.

Staby, A. and Mollerup, J. (1993). Separation of constituents of fish oil using supercritical fluids: A review of experimental solubility, extraction, and chromatographic data. *Fluid Phase Equilibr.*, 91, 349–386.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Stansby, M. E. (1990). Nutritional properties of fish oil for human consumption-modern aspects. **In:** *Fish Oils in Nutrition*, Stansby, M. E. (ed.). Van Nostrand, Reinhold, New York, pp: 289-308.

Sunarya, M. H. H. and Taylor, K. D. (1991). Extraction and composition of dogfish liver oil. *Proceedings of Yogjakarta*, Indonesia, September 24-27.

Sündermann, A., Eggers, L. F., and Schwudke, D. (2016). Liquid extraction: Bligh and Dyer. **In:** *Encyclopedia of Lipidomics*. Wenk, M. R. (ed.), Dordrecht: Springer Netherlands, pp, 1-4.

Suseno, S. H., Nurjanah, N., Yoshiara, Y., and Saraswati, S. (2015). Determination of extraction temperature and period of fish oil from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product using wet rendering method. *KnE Life Sciences*, 1: 125-135.

Szczepanik, G. and stodolnik, L. (2003). The effects of the composition of fatty acids of Baltic fishes and frozen storage process on the antioxidant activity of aqueous extracts of rosemary and sage, as well as BHA and Endox *Acta ichtyol. Piscat.*, 33(1), 57-74

Tate, R. E., Watts, K. C., Allen, C. A. W., and Wilkie, K. I. (2005). The viscosities of three biodiesel fuels at temperatures up to 300°C. *Fuel*, 85(7-8), 1010-1015.

Taylor, K.D.A., Himonides, A., and Alasalver, C. (2007). Increased processed flesh yield by recovery from marine by-products. **In:** *Maximizing the Value of Marine By-Products*. Shahidi, F. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp, 91-106.

Thomas, A. (2005). Fats and fatty oils. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim.

Uddin, M. S., Ahn, H. M., Kishimura, H., and Chun, B. S. (2009). Production of valued materials from squid viscera by subcritical water hydrolysis. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 675-679.

Ukekpe, U., Gashua, I. B. and Okoye, U. J. (2014). Evaluation of rancidity rate of oil in selected fish species harvested from Hadejia- Nguru wetlands Nigeria. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 3(11), 122-128.

Vandermey, P. A. and Khan, M. A. (1987). Thiamin retention and sensory quality of infrared and conventionally broiled beef loin steaks for foodservice use. *Journal of Food Service Systems*, 4(3), 143-152.

Wang, C., Zhu, L., and Brewer, M. S. (1979). Comparison of 2-thiobarbituric acid reactive substances determination methods in various types of frozen, fresh meat. *Journal of Food Lipids*, 4(2), 87-96.

Wang, L. and Weller, C.L. (2006). Recent advances in extraction of nutranceuticals from plants. *Trend in Food Science and Technology*,17(6), 3003-3012.

Whittle, K. J. and Howgate, P. (2000). Glossary of fish technology terms a selection of terms. *Fisheries Industries Division of the Food Agriculture Organization of the United Nations*, pp,1-63.

Xavier Eugien, L. (2014). Investigation on the production of fish oil from Lesser Sardines and oil Sardines of Muttom Kanyakumari, Tamil Nadu. *Ph.D. Thesis*, Annamalai University, India, 116p.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Xiao, L. I., Ji, Y. U., Zhaoshuo, Y. U., Wenjiao, L., and Zhong Xing, M. A. (2017). Ultrasound assisted extraction of Bighead carp viscera oil and Its physiochemical properties. *Journal of Jishou University* (*Natural Sciences Edition*), 38(1), 49-55.

Yunus, W. M. M. (2009). Refractive Index and fourier trans from infrared spectra of virgin Coconut Oil Virgin olive oil. *American Journal of Applied Sciences*, 6(2), 328-331.

Zachariassen, K. E. and Kristiansen, E. (2000). Ice nucleation and ant nucleation in nature. *Cryobiology*, 41(4), 257–279.