Study of Changes in Fatty Acids Contents (ω3, ω6) and Chemical Quality Indicators in Frozen (*Scomber japonicus*) from the Marine Waters of Tartus

Dr. Adib Saad *
Dr. Moufid Yassin **
Dr. Ahmad Kara-Ali***
Rana Mohamad****

(Received 26 / 8 / 2019. Accepted 25 / 11 /2019)

□ ABSTRACT □

The objective of this research was to determine the changes in fatty acids contents, and chemical quality indices in *Scomber japonicus* (one of the Syrian commercial marine fish species) during frozen storage at (-18 °C). Fish samples were randomly collected from landing sites along the coast of Tartus governorate and kept at (0-4) °C immediately after fishing. They were then transferred to the laboratory in less than an hour, and treated by special methods, and similar samples were frozen and stored at (-18°C). The edible muscles were analyzed of Fresh and frozen at consecutive time intervals: (0, 30, 60, 90, 120, 180) day. The results showed that Unsaturated fatty acids (UFA), (EPA; C20:5 ω3) and (DHA; C22:6 ω3) acids were higher than Saturated fatty acids (SFA) in fresh samples, but after 120 day of frozen storage, this ratio reversed. The numbers expressing the value of (TBA), Peroxide value (PV), Free Fatty acids (FFA), and pH values, increased during frozen storage due to lipid oxidation.

Key words: Chub mackerel, Chemical composition, Syrian coast, omega3, omega6.

* **Professor, Department of Basic Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen, University. adibsaad52@gmail.com**
*****Professor, Department of Analytical and Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Tishreen University. moufeedy@hotmail.com**
*****Assistant Professor, Department of Analytical Chemistry, Higher Institute of Marine Research, Tishreen University.**
****** PhD student in Animal Production / Fish, Faculty of Agriculture, Tishreen University. rana-mohamad@outlook.sa**

دراسة التغيرات في محتوى الأحماض الدهنية (ω_3,ω_6) ومؤشرات الجودة الكيميائية عند تجميد لحم سمك السكمبري الشائع *Scomber japonicus* المصطاد من المياه البحرية لمحافظة طرطوس

د. أديب سعد*

د. مفيد ياسين**

د. أحمد قره علي***

رنا محمد****

(تاريخ الإيداع 26 / 8 / 2019. قبل للنشر في 25 / 11 / 2019)

□ ملخّص □

هدف البحث الحالي إلى تحديد التغيرات في محتوى الأحماض الدهنية ومؤشرات الجودة الكيميائية في لحم سمك السكمبري الشائع *Scomber japonicus*، الذي يعدّ أحد الأنواع السمكية البحرية السورية ذات الأهمية الاقتصادية أثناء التخزين بالتجميد على (−18) مْ، جُمعت العينات السمكية بشكل عشوائي من مواقع الإنزال لشاطئ محافظة طرطوس ثم حُفظت على درجات حرارة منخفضة (0-4) مْ بعد الصيد مباشرةً بانتظار نقلها إلى المخبر خلال أقل من ساعة، ومعاملتها بطرائق خاصة، ثم جمدّت وخزنت عينات مماثلة على (−18) مْ، وتم تحليل العضلات المأكولة فقط بالحالة الطازجة والمجمدة على فترات زمنية متتالية:(0، 30، 60، 90، 120، 180) يوماً من التجميد. أظهرت النتائج أن نسبة الأحماض الدهنية عدم التشبع (UFA) وبشكلٍ خاص محتواها من (EPA, C20:5, ω3) . (DHA, ω3) C22:6, كانت أعلى من نسبة الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) للعينات الطازجة، بينما لوحظ وجود معدل عكسي بنهاية مدة التجميد، زادت الأرقام المعبرة عن قيمة حامض الثيوباربتويريك (TBA)، رقم البيروكسيد (PV)، الأحماض الدهنية الحرة (FFA)، رقم (pH) خلال مدة التجميد بسبب أكسدة الدهون.

الكلمات المفتاحية: السكمبري الشائع، التركيب الكيميائي، الساحل السوري، أوميغا3، أوميغا6.

* **أستاذ ، قسم العلوم الأساسية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

** **أستاذ ، قسم الكيمياء التحليلية والغذائية، كلية الصيدلة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

*** **أستاذ مساعد ، قسم الكيمياء التحليلية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

**** **طالبة دكتوراه إنتاج حيواني/ أسماك، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

مقدمة:

تعدّ الأسماك مصدراً جيداً للمواد الغذائية المفيدة للإنسان، بسبب خصائصها الوظيفية الناتجة عن محتواها العالي من الأحماض الدهنية المتعددة عدم التشبع (Poly Un Saturated Fatty Acids) (PUFA) وخاصةً الأوميغا3 (ω3)، وبشكلٍ أساسي محتواها من (DHA) (EPA)، (Eicosapentaenoic acid)، (Docosahexaenoic acid) التي لها دوراً وظيفياً هاماً لصحة الإنسان (Gogus and Smith, 2010).

يعدّ التجميد إحدى طرائق الحفظ المستخدمة منذ آلاف السنين بسبب جودة المنتج العالية (Persson and Londahl 1993,). يعتمد مفهوم التجميد على خفض درجة حرارة المنتجات لإبطاء التلف ما يسمح بالحفاظ على طزاجة الأسماك بعد إذابة التجميد (Kolbe *et al*., 2004). ومع ذلك يمكن أن تخضع الأسماك والمنتجات السمكية لتغيرات غير مرغوب بها أثناء التخزين. وقد يؤدي التلف إلى الحد من مدة التخزين. تنتج هذه التغيرات غير المرغوبة من دنترة البروتين (Fijuwara *et al*., 1998; Benjakul *et al*.,2005). ومن أكسدة الدهون (Sarma *et al*., 2000; Richards, and Hultin , 2002) وتخضع بروتينات العضلات لعدد من التغيرات ما يؤدي إلى تعديل خصائصها الهيكلية والوظيفية (Badii and Howell , 2002).

يقود تدهور الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) عبر أكسدة الدهون أثناء التخزين إلى إنتاج المركبات الطيارة المرتبطة بالفساد (Pazos *et al*., 2005). ويجعل المحتوى العالي من الأحماض الدهنية عدم التشبع الأسماك ذات حساسية عالية للأكسدة والتلف السريع وترتبط تغيرات الأكسدة بشكل أساسي بقوام وطعم الأسماك. كما لوحظ أيضاً تغيرات باللون والقيمة التغذوية للأسماك في المراحل اللاحقة من أكسدة الدهون وتشكل البيروكسيدات (Dragoev *et al*., 1998)، في ظل نقص المعلومات المتعلقة بالتغيرات في الدهون في عضلات الأنواع السمكية المصطادة من المياه البحرية السورية.

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة التغيرات في مكونات الدهون. ومدى تعرضها للتحلل والأكسدة في لحم أحد الأنواع السمكية من المياه البحرية السورية خلال عملية التجميد.

يعدّ سمك السكمبري الشائع (*Scomber japonicus*) أحد الأنواع السمكية الدهنية الموجودة بكثرة في المياه الدافئة والمعتدلة للمحيط الأطلسي والمحيط الهندي والمحيط الهادي والبحار المجاورة. ينتمي السكمبري الشائع (*S. japonicus*) إلى فصيلة *Scombridae*، كما يعدّ هذا النوع من الأغذية الصحية لاحتوائه على المواد المغذية النوعية بنسبة عالية وبشكل خاص الأحماض الدهنية الضرورية للإنسان الأوميغا3 (ω3) (Oduro Choi, & Ryu, 2011). إحدى الصفات المميّزة لأنسجة السكمبري وجود كمية كبيرة من العضلات الغامقة ذات ملمس ناعم ويملك نكهة مرغوبة للاستهلاك البشري في الأنواع الطازجة والمطبوخة. كما ويشكل نسبة هامة من المصيد في المياه البحرية السورية على مدار العام (Saad, 1996).

أهمية البحث وأهدافه:

تعدّ الأسماك إحدى المواد الغذائية في العديد من البلدان وتفيد معرفة بعض الجوانب الكيميائية الحيوية للأسماك (محتوى الأسماك من الدهون والمعادن وتركيب الأحماض الدهنية) المستهلكين والباحثين والصناعيين من خلال معرفة التأثيرات الصحية المفيدة لصحة الجسم المرتبطة باستهلاك لحوم الأسماك. كما قد يوفر تحديد بعض الخصائص

الكيميائية الحيوية للنوع السمكي المدروس معلومات هامة للقيمة التغذوية تحت ظروف تخزينية مختلفة. وللباحثين بالإحصاءات والجداول الخاصة بالقيمة الغذائية وللمعاملات التصنيعية للأسماك. فإنّ للصناعات الغذائية دور كبير في الحفاظ على منتجات سمكية ذات جودة وطزاجة عالية وصالحة للاستهلاك البشري، إذ تفتقر الأنواع السمكية المصطادة من المياه البحرية السورية إلى دراسة التركيب الكيميائي لها، وبالتالي معرفة وتقييم قيمتها الغذائية واتجاهاتها التصنيعية اللاحقة. كما وتفتقر أيضاً إلى معرفة التغيرات بتركيبها الكيميائي وقيمتها الغذائية ومدى الحفاظ على جودتها وصلاحيتها للاستهلاك البشري عند تخزينها بالتجميد.

طرائق البحث ومواده:

تحضير العينات

جُمعت عينات من النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) بمتوسط وزن (40-50)غ وقياس الطول الكلي (30−20) سم من مواقع الإنزال لشاطئ محافظة طرطوس، تم نقلها إلى المخبر خلال (30) دقيقة، تم إزالة الرأس والأحشاء وتقسيمها إلى شرائح من العضلات المأكولة. قُسمت العينات إلى مجموعتين. المجموعة الأولى استُخدمت مباشرةً لتحليل التركيب الكيميائي وتحليل تركيب الأحماض الدهنية للعينات الطازجة والمجموعة المتبقية تم حفظها وتخزينها بالتجميد على درجة حرارة (-18) مْ لإجراء تحليل تركيب الأحماض الدهنية ومؤشرات الجودة الكيميائية على شرائح النوع السمكي المدروس الطازجة والمجمدة شهرياً خلال مدة التخزين، ثم إذابتها بالتبريد على درجة حرارة (2±4) مْ لمدة (7- 10) ساعة. تم مجانسة العينات جيداً بالخلاط العادي قبل إجراء التحاليل بـ (3) مكررات خلال مدة التجميد (0، 15، 30، 60، 90، 120، 150، 180) يوم.

الاختبارات الكيميائية

التركيب الكيميائي

وفقاً لـ(AOAC, 1990)، قُدر محتوى النوع السمكي المدروس من الرطوبة عن طريق التجفيف على درجة حرارة (105)مْ حتى ثبات الوزن. قُدر البروتين باستخدام جهاز كلداهل (N*6.25). تم تقدير الرماد باستخدام المرمدة على (550)مْ حتى ثبات الوزن (ظهور اللون الأبيض الرمادي المتوهج)، ثم استّخلاص الدهن باستخدام جهاز السوكسيليت (Soxhlet) لمدة (6−8) ساعة.

مؤشرات أكسدة الدهون

تم قياس الـ (pH) من خلال مزيج متجانس من لحم الأسماك بالماء المقطر (w:v) (5:15) باستخدام جهاز pH meter وتم التعبير عن الأحماض الدهنية الحرة (FFA) (غ/100غ) كحامض الأوليبك من خلال المعايرة الحامضية للدهن بقلوي (ماءات الصوديوم) معروف التركيز بإضافة الإيتانول المعدل وبوجود مشعر الفنول فتالئين كدليل لنهاية المعايرة. تم التعبير عن قيمة رقم البيروكسيد (Peroxide Value) بالميللي مكافئ أوكسجين لكل 1كغ دهن، من خلال المعايرة اليودية بإضافة حامض الخل الثلجي (A.O.C.S, 1994). تم قياس قيم حامض الثيوباربتويريك (TBA) والتعبير عنها بـ (مغ مالون ألدهيد / كغ من لحم السمك) وفقاً لـ (1960) Tarladgis *et al.*,.

تركيب الأحماض الدهنية

تم تحليل محتوى الدهون المستخلصة من لحم النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) من الأحماض الدهنية المكوّنة له باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC-MS)، نوع (6890) المرتبط بمطيافية نوع (5975) موديل Hewlett Packard، وباستخدام عمود شعري HP-5 بالمواصفات التالية: طول (30) متر، القطر الداخلي (0.25) ميلي متر، ثخانة الفيلم (0.25) ميكرومتر، درجة حرارة الحاقن (250) مْ، درجة حرارة منبع التشرد (230) مْ، نظام الحقن بدون تجزئة، الغاز الحامل: غاز الهيليوم، تدفق الغاز الحامل ضمن العمود: (1.2) ميلي ليتر في الدقيقة، حجم العينة المحقونة (2) ميكروليتر، حشوة الطور الساكن (5% ,phenyl methyl siloxane).

التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج (SPSS)، من خلال إجراء تحليل التباين (ANOVA) وحساب قيمة أقل فرق معنوي(L.S.D) وقيمة قوة الارتباط مع مدة التخزين (Person- correlation)، واًعتمد مستوى الدلالة المعنوية الذي أُجريت عنده الدراسة الإحصائية ($p< 0.05$).

النتائج والمناقشة:

تتميز الأسماك والمنتجات السمكية بمحتواها العالي من البروتينات والأحماض الدهنية عدم التشبع والمركبات الغذائية الضرورية الأخرى وبمحتواها المنخفض من الأحماض الدهنية المشبعة (Rathod *et al*., 2012).

كان محتوى النوع السمكي المدروس السكمبري الشائع (*S. japonicus*) من (الرطوبة. البروتين. الدهن. الرماد%) (66، 18، 15.03، 1%) على التوالي.

أظهر الباحثان Casales, and Zugarramurdi (1991) التركيب الكيميائي للنوع السمكي المدروس ذاته (*S. japonicus*). من حيث المحتوى من (الرطوبة. البروتين. الدهن. الرماد%) (62.46، 26.46، 2.26. 11.83%) على التوالي. كما أظهر Mbarki *et al*., (2009) أنّ التركيب الكيميائي للنوع السمكي ذاته من البحر المتوسط هو (71.78، 21.38، 4.13، 2.26%) على التوالي، يعزى هذا الاختلاف في التركيب الكيميائي إلى الاختلاف بالتغيرات الجنسية والتغذية وموسم الصيد وحجم الأسماك ومكان العيش، بالإضافة إلى الظروف البيئية (Undeland *et al*., 1998; Sanchez Pascua, Casales, & Yeannes, 2001).

وفقاً للجدول (1) يصنّف النوع السمكي المدروس(*S. japonicus*) من الأنواع السمكية الدهنية (ذات المحتوى العالي من الدهن) (Fatty Fish) (Ackman,1989) مقارنةً بالأسماك ذات المحتوى المنخفض جداً من الدهون Lean (fish) (2% >)، والأسماك ذات المحتوى المنخفض من الدهون (Low fish) (2−4%)، والأسماك ذات المحتوى المتوسط من الدهون (Medium fish) (4-8%)، والأسماك ذات المحتوى العالي من الدهون (High fish) (8% >). كما كان محتوى الدهن للنوع السمكي المدروس(*S. japonicus*) ضمن المجال الموصوف من قبل (Love,1970) للمحتوى العام للأسماك من الدهون (0.2−25%).

التغيرات في رقم (pH)

يبين الجدول (1) تغيرات رقم (pH) خلال مدة التخزين بالتجميد على (-18) مْ للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*).

جدول(1). رقم (pH) لحم السكمبري الشائع المجمد على درجة حرارة (-18)مْ خلال مدة التخزين

مدة التخزين / يوم/	رقم (pH)
0	5.81 ± 0.09^{f}
15	5.88 ± 0.04^{ef}
30	5.96 ± 0.09^{e}
60	6.12 ± 0.07^{d}
90	6.24 ± 0.03^{c}
120	6.38 ± 0.06^{b}
150	6.4 ± 0.04^{b}
180	6.58 ± 0.07^{a}
$LSD_{0.05}$	0.102
Person- correlation	0.947

سجلت العينات السمكية الطازجة الخام للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) قيمة لرقم الـ (pH) (5.81)، وكانت قيم (pH) متقاربة مع المجال الموصوف المقترح عند التيبس الرمي (6.0–6.8) من قبل (Howgate, 2009). وسجلت العينات الطازجة للسكمبري الشائع (*S. japonicus*) قيمة لرقم الـ (pH) (6.06) في دراسة (Suhendan *et al*., 2001). وقد تعود الاختلافات برقم (pH) وفقاً للنوع والفصل والموسم وعوامل أخرى. لهذا السبب لا يعد رقم (pH) دائماً مؤشراً جيداً للحكم على نوعية وجودة الأسماك (Church 1998).

كما لُوحظ من الجدول (1) تزايد تدريجي برقم الـ (pH) لعضلات النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) خلال التجميد على (-18) مْ، فقد بلغت قيمة رقم (pH) بنهاية مدة التخزين بالتجميد(6.58) لمدة (180) يوماً، ويمكن تفسير زيادة رقم (pH) خلال مدة التخزين بسبب إنتاج القواعد الطيارة (NH_3, TMA)، الناتجة عن نشاط بكتريا محددة وخاصة للتلف (Fraser and Sumar, 1998)، وفقاً لـ (Ludorff & Meyer, 1973) يتراوح رقم (pH) للأسماك الطازجة (6–6.5)، إن حد مقبولية الأسماك للاستهلاك البشري وفقاً لقيمة رقم الـ (pH) (6.8–7).

إنّ الرقم الهيدروجيني (pH) لعضلات الأسماك لا يقدم معياراً محدّداً للتلف إنما يجب أن يكون متزامناً مع تحاليل كيميائية وحسية أخرى (Ludorff & Meyer, 1973, Varlík, 1993)، وفقاً لـ (Benjakul *et al.* 2002) إنّ تحلل المركبات النتروجينية يسبّب تزايداً برقم (pH) لحوم الأسماك الطازجة مع زيادة مدة التخزين.

أظهرت تغيرات رقم (pH) ارتباطاً قوياً مع مدة التخزين وفقاً لقيمة قوة الارتباط (Person- correlation) والذي بلغ (0.94).

التغيرات في النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة (FFA%)

يبين الجدول(2) نتائج الأحماض الدهنية الحرة (FFA%) أثناء تجميد النوع السمكي المدروس (*S.japonicus*). على (18–) مْ.

جدول(2). الأحماض الدهنية الحرة (FFA%) للسكمبري الشائع المجمد على درجة حرارة (-18) مْ خلال مدة التخزين

مدة التخزين / يوم/	الأحماض الدهنية الحرة (FFA%)
0	1.08 ± 0.11^{g}
15	1.18 ± 0.19^{g}
30	1.76 ± 0.079^{f}
60	2.36 ± 0.113^{e}
90	3.02 ± 0.14^{d}
120	3.92 ± 0.16^{c}
150	$4.3 \pm 0.\ 1^{b}$
180	5.9 ± 0.11^{a}
$LSD_{0.05}$	0.26
Person- correlation	0.916

سجلت العينات الطازجة الخام للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) (1.08%) للأحماض الدهنية الحرة (FFA%). اقترح Bimbo, (1998) مجالاً لمحتوى لحوم الأسماك من الأحماض الدهنية الحرة (2-5%)، ما يعكس النوعية الجيدة للعينات الطازجة من النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*). سجلت العينات السمكية الطازجة الخام للنوع *Scomberomorus Commerson* محتوى للأحماض الدهنية الحرة (FFA%) (3.2%) في دراسة (Sahari *et al.*, 2009).

كما لُوحظ تزايد تدريجي بالقيم المعبرة عن الأحماض الدهنية الحرة (FFA%) للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) خلال مدة التجميد، فقد سجلت (FFA%) في اليوم 15 واليوم 180 من التجميد (1.18–5.90%) على التوالي، ما يعكس استمرار عملية التحلل المائي للدهون خلال عملية التجميد. توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج (2009) Sahari *et al.*، إذ زادت في تلك الدراسة نسبة (FFA) عند تجميد النوع (*S. commerson*) (3.2-5.66%) لمدة (0–180) يوماً على التوالي، تم الحصول على نتائج مشابهة أيضاً (2004) ,.Tokur *et al* حيث أظهرت تلك الدراسة زيادة هامة لمحتوى الأحماض الدهنية الحرة مع زيادة مدة التخزين بالتجميد. تعود الزيادة في نسبة الأحماض الدهنية الحرة إلى التحلل المائي للفوسفوليبيدات والجليسيريدات الثلاثية من خلال نشاط أنزيم الليباز والفوسفوليباز (Oshima *et al*., 1984; Fazal and Srikar 1989)

أظهرت قيم الأحماض الدهنية الحرة فروقاً معنوية مع مدة التخزين عند المستوى ($p < 0.05$) وارتباطاً قوياً مع مدة التخزين وفقاً لقيمة قوة الارتباط (Person- correlation) والذي بلغ (0.91).

التغيرات في رقم البيروكسيد (PV)

يبين الجدول (3) تغيرات رقم البيروكسيد (PV) خلال مدة التخزين بالتجميد على (-18) مْ للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*).

جدول(3). رقم البيروكسيد (PV) للسكمبري الشائع المجمد على درجة حرارة (-18) مْ خلال مدة التخزين

مدة التخزين / يوم/	رقم البيروكسيد (pv) ميللي مكافئ أوكسجين/كغ دهن	Person-correlation
0	2.3 ± 0.164^{f}	0.939
15	2.55 ± 0.215^{f}	
30	3.7 ± 0.162^{e}	
60	4.88 ± 0.23^{c}	
90	6.2 ± 0.24^{b}	
120	8.13 ± 0.48^{a}	-0.874
150	5.12 ± 0.31^{c}	
180	4.02 ± 0.17^{d}	
$LSD_{0.05}$	0.262	

إن ظهور الروائح والنكهات الغريبة تحدد العمر الافتراضي للأسماك الدهنية. يمكن متابعة تطور الفساد بالأسماك والمنتجات السمكية من خلال قياس التزايد بالهيدروبيروكسيدات ومن خلال تحديد قيمة حامض الثيوباربتوريك (TBA) (Rehbein 2002).

تشير قيمة البيروكسيد إلى تراكيز البيروكسيدات والهيدروبيروكسيدات التي يتم إنتاجها خلال المراحل الأولى من أكسدة الدهون، كما تشير زيادة رقم البيروكسيد بشكل حاد للعينة إلى نهاية العمر الافتراضي لتلك العينة. ما يمكن من تحديد جودة عينة الزيت (Kaya *et al.*,1993).

كانت قيمة البيروكسيد الأولية للدهون المستخلصة من العينات السمكية الطازجة للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) (الشاهد) (2.3) ميللي مكافئ أوكسجين/كغ دهن. وبلغت قيمة البيروكسيد الأولية للنوع *Lipidocybium flavobrunium* (1.81) ميللي مكافئ أوكسجين/كغ دهن (2016) ., Sarabi *et al*

كما لُوحظ أيضاً ارتفاع تدريجي في رقم البيروكسيد للدهون المستخلصة من عضلات النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) في بداية فترة التخزين بالتجميد. فقد سجل رقم البيروكسيد (2.55، 8.13) عند التجميد على (-18) مْ لمدة (15،120) يوماً على التوالي، ما يشير إلى التلف الأوكسيدي وتطور الفساد أثناء عملية التجميد (Ben-Gigirey *et al.*, 1999). تم الحصول على نتائج مشابهة (Sahari, *et al.*,(2009، إذ بلغت قيمة رقم البيروكسيد (2.32−15.41) عند تجميد النوع *Scomberomorus Commerson* على (-18) مْ لمدة (0،6) شهر على التوالي، وزادت قيم البيروكسيد (PV) لشرائح السكمبري المفروم المحضرة من العينات المنزوعة المناسل وغير المنزوعة المناسل بشكلٍ تدريجي (2.8−3.4) إلى (30) (40) بنهاية الأسبوع (5.9) من التخزين على (-14)مْ على التوالي (Kamat, 1999). تم التوصل أيضاً إلى نتائج مشابهة في دراسة (2016) ., Sarabi, *et al* عند تجميد النوع *Lipidocybium flavobrunium* على (-18) مْ لمدة (5) أشهر، فقد زادت قيمة رقم البيروكسيد من (1.81) ببداية مدة التخزين إلى (12.89) بنهاية مدة التخزين بالشهر الخامس من التجميد على (-18) مْ.

لُوحظ أيضاً انخفاض قيم البيروكسيد للدهون المستخلصة من عضلات النوع السمكي المدروس في المراحل الأخيرة من التخزين. فقد بلغت قيم البيروكسيد (5.12، 4.02) عند التجميد على (−18) مْ لمدة (150،180) يوماً على التوالي. توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة أخرى من حيث زيادة رقم البيروكسيد للنوع السمكي *Oreocromis mossambicus* بشكلٍ تدريجي حتى الأسبوع (12.15) من التجميد ثم انخفاضه بعد ذلك Ninan *et al.*, 2008). يمكن تفسير الارتفاع التدريجي بأرقام البيروكسيد في المراحل الأولى من التخزين ثم انخفاضه في المراحل الأخيرة من التخزين، بأنّ العمر الافتراضي لأنواع الأسماك الدهنية محدود بسبب أكسدة الدهون. يقاس المنتج الأولي لأكسدة الدهون على شكل رقم البيروكسيد. البيروكسيدات مركبات غير مستقرة تتحلل إلى الألدهيدات والكيتونات والكحولات وغيرها من المركبات المتطايرة، والتي تسبب النكهة غير المرغوبة للمنتجات (Ucak *et al.*, 2011).

أظهرت قيم البيروكسيد فروقاً معنوية مع مدة التخزين عند المستوى ($p < 0.05$) وارتباطاً قوياً مع مدة التخزين وفقاً لقيمة قوة الارتباط (Person- correlation) والذي بلغ (0.93).

التغيرات في قيمة الثيوباربتويريك (TBA)

يبين الجدول(4) تغيرات قيمة حامض الثيوباربتويريك (TBA) خلال مدة التخزين بالتجميد على (-18) مْ للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*).

جدول(4). قيمة الثيوباربتويريك (TBA) للسكمبري الشائع المجمد على درجة حرارة (-18) مْ خلال مدة التخزين

مدة التخزين / يوم/	قيمة الثيوباربتويريك (TBA) مغ مالون ألدهيد/كغ
0	0.81 ± 0.062^{h}
15	1.31 ± 0.106^{g}
30	1.86 ± 0.098^{f}
60	2.36 ± 0.163^{e}
90	3.01 ± 0.144^{d}
120	3.76 ± 0.29^{c}
150	4.98 ± 0.143^{b}
180	6.88 ± 0.216^{a}
$LSD_{0.05}$	0.219
Person- correlation	0.947

يستخدم TBA على نطاق واسع كمؤشر محدد لدرجة أكسدة الدهن. إذ يعدّ منتج الأكسدة الثانوي للدهون (منتج تحطم أو تكسر الدهون). (Aubourg and Medina 1999; Ucak *et al.*, 2011). يشير محتوى (TBA) في دهون الأسماك إلى حدوث الأكسدة في تلك العينات (Lukaszewicz *et al.*, 2004).

كانت قيمة الثيوباربتويريك (TBA) الأولية للعينات السمكية الطازجة للنوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) (الشاهد) (0.81) مغ مالون ألدهيد/كغ، ما يعكس نوعية ممتازة لتلك العينات (أي أنّ العينات بحالة طازجة). حد التلف في الأسماك (1-10) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم: (1) ذات نوعية ممتازة، (2-3) ذات نوعية جيدة، (4–5) ذات نوعية سيئة، (5–10) تالفة (Dandago *et al.*, (2004، يعدّ حد المقبولية للاستهلاك البشري من (TBA) (7–8) مغ مالون ألدهيد/ كغ لحم (Nikoo *et al.*, (2010.

كانت قيمة الثيوباربتويريك (TBA) الأولية للعينات الطازجة للنوع السمكي المدروس السكمبري الشائع (*S. japonicus*) (0.81) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم، بينما سجلت العينات الطازجة للنوع السمكي *Scomber scombrus* (0.15) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم وذلك في دراسة أجريت عند تجميد هذا النوع السمكي على (-18) مْ لمدة سنة (Dragoev, (2008.

لُوحظ تزايد تدريجي بقيمة (TBA) مع زيادة مدة التخزين بالتجميد للنوع السمكي المدروس(*S. japonicus*). فقد سجلت قيمة (TBA) (1.31، 6.88) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم عند التجميد على (-18) مْ لمدة (15،180) يوماً على التوالي. قد يعود ذلك إلى تحلل البيروكسيدات إلى منتجات الأكسدة الثانوية وخاصة الألدهيدات في المراحل اللاحقة من أكسدة الدهون (Chaijan *et al.*, 2006). توافقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة (Lakshmisha *et al.*, 2008) عند تجميد السكمبري الهندي *Rastrelliger kanagurta* على (-20)مْ. إذ بلغت قيمة الثيوباربتويريك (TBA) في تلك الدراسة (2.50) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم عند التجميد لمدة (1) شهر على (-20) مْ. أظهرت أيضاً دراسة (Dragoev, (2008 تزايداً تدريجياً بقيمة (TBA) (0.15،7.22) مغ مالون ألدهيد/كغ لحم عند تجميد النوع السمكي *Scomber scombrus* على (-18) مْ لمدة (0،360) يوماً على التوالي. تشير الزيادة في قيمة (TBA) إلى تشكل وإنتاج مركبات الأكسدة الثانوية كالألدهيدات وبعض المركبات الطيارة (Kolakowska, 2002) المسؤولة عن ظهور الروائح والنكهات غير المرغوبة وعن حدوث تغيرات في اللون (Nawar, 1996).

تركيب الأحماض الدهنية

يعرض الجدول(5) تغيرات تركيب الدهون المستخلصة من سمك السكمبري الشائع *S. japonicus* من الأحماض الدهنية المكوّنة له عند التجميد على (–18) مْ.

جدول(5). التغيرات في تركيب دهون السكمبري الشائع (*S. japonicus*) من الأحماض الدهنية عند التجميد على (–18) مْ خلال مدة التخزين

Person-correlation	LSD 0.05	مدة التخزين (يوم)				الأحماض الدهنية في الزيت (غ/100غ)
		180	120	60	0 الشاهد	
0.917	0.082	1.6 ± 0.021^{a}	1.3 ± 0.018^{b}	1.3 ± 0.022^{c}	1.2 ± 0.027^{d}	C12:0
0.977	0.456	6.5 ± 0.091^{a}	5.69 ± 0.137^{b}	5.09 ± 0.142^{c}	4.72 ± 0.299^{c}	(Myristic acid) C14:0
0.963	1.2	24 ± 0.82^{a}	23.1 ± 0.91^{a}	21 ± 0.81^{b}	19.2 ± 0.93^{c}	(Palmetic acid) C16:0
0.951	0.169	3.48 ± 0.094^{a}	3.38 ± 0.083^{a}	2.88 ± 0.042^{b}	2.48 ± 0.054^{c}	(Margaric acid) C17:0
0.938	0.532	11 ± 0.287^{a}	10.2 ± 0.146^{b}	9.2 ± 0.112^{c}	8.2 ± 0.238^{d}	(Stearic acid) C18:0
0.926	0.065	1.4 ± 0.022^{a}	1.2 ± 0.011^{b}	1.1 ± 0.025^{c}	1 ± 0.018^{d}	C22:0
0.929	0.049	1 ± 0.012^{a}	0.9 ± 0.02^{b}	0.8 ± 0.01^{c}	0.7 ± 0.011^{d}	(Lignoceric acid) C24:0
0.946	2.55	48.98 ± 1.82^{a}	45.87 ± 0.77^{b}	41.47 ± 0.96^{c}	37.5 ± 0.84^{d}	Σ SFA

-0.824	0.176	4.5 ± 0.048^{c}	4.6 ± 0.062^{bc}	4.7 ± 0.041^{b}	4.9 ± 0.053^{a}	(Palmitoleic acid) C16:1 (n-7)
-0.839	0.457	11.7 ± 0.17^{c}	12 ± 0.14^{bc}	12.3 ± 0.18^{ab}	12.52 ± 0.16^{a}	(Oleic acid) C18:1(n-9)
-0.951	0.071	1.7 ± 0.038^{d}	1.8 ± 0.029^{c}	1.9 ± 0.041^{b}	2.1 ± 0.033^{a}	C20:1(n-9)
-0.935	0.09	2.2 ± 0.023^{d}	2.3 ± 0.21^{c}	2.4 ± 0.03^{b}	2.6 ± 0.047^{a}	C22.1
-0.903	0.794	20.1 ± 0.53^{c}	20.7 ± 0.41^{bc}	21.3 ± 0.31^{b}	22.12 ± 0.42^{a}	Σ MUFA
-0.882	0.064	1.6 ± 0.046^{c}	1.7 ± 0.021^{b}	1.7 ± 0.026^{b}	1.8 ± 0.034^{a}	(Linoleic acid) C18:2(n-6)
-0.89	0.13	3.3 ± 0.069^{c}	3.4 ± 0.072^{bc}	3.5 ± 0.048^{ab}	3.6 ± 0.073^{a}	(Arachidonic acid) C20:4(n-6)
-0.892	0.194	4.9 ± 0.115^{c}	5.1 ± 0.093^{b}	5.2 ± 0.074^{b}	5.4 ± 0.11^{a}	Σ ω-6
-0.918	0.033	0.5 ± 0.012^{d}	0.8 ± 0.01^{c}	1 ± 0.011^{b}	1.12 ± 0.018^{a}	(Linolenic acid) C18:3
-0.946	0.133	1.4 ± 0.09^{d}	2.8 ± 0.07^{c}	3.9 ± 0.08^{b}	4.96 ± 0.07^{a}	(Eicosapentaenoic acid C20:5 (EPA)
-0.937	0.55	12.6 ± 0.19^{d}	14.2 ± 0.16^{c}	15.2 ± 0.18^{b}	16.2 ± 0.29^{a}	(Docosahexaenoic acid C22:6(DHA)
-0.96	0.103	2 ± 0.041^{d}	2.7 ± 0.058^{c}	2.9 ± 0.043^{b}	3.22 ± 0.055^{a}	C18:4
-0.916	0.814	2 ± 0.33^{d}	2.7 ± 0.28^{c}	2.9 ± 0.23^{b}	3.22 ± 0.37^{a}	Σ ω-3
-0.907	1.01	21.4 ± 0.44^{d}	25.6 ± 0.37^{c}	28.2 ± 0.3^{b}	30.9 ± 0.48^{a}	Σ PUFA
-0.931	0.023	0.43 ± 0.014^{d}	0.5 ± 0.012^{c}	0.6 ± 0.007^{b}	$0.8\pm 0.0.011^{a}$	PUFA/SFA
-0.937	0.156	3.3 ± 0.08^{d}	4.01 ± 0.091^{c}	4.42 ± 0.077^{b}	4.7 ± 0.082^{a}	ω-3/ ω-6
-0.919	0.032	0.58 ± 0.021^{d}	0.7 ± 0.011^{c}	0.9 ± 0.018^{b}	1.1 ± 0.016^{a}	(EPA+DHA)/C16

بلغ محتوى العينات الطازجة من الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) (37.5%) يليه المحتوى من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) (30.9%) ثم الأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) (22.12%) (SFA<PUFA+MUFA). ذلك يتوافق مع دراسات أجريت على الأنواع السلور، السكمبري، الفقمة، Channel catfish (Silva, and Ammerman, 1993), Seal (Shahidi *et al*., 1994) , Mackerel (Nazemroaya *.et al*., (2011)

كانت الأحماض الدهنية الرئيسة المكوّنة للدهون المستخلصة من النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*) حامض البالمتيك (Palmitic acid, C16:0) من بين الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) فقد بلغ محتوى العينات الطازجة (19.2%). يليه حامض الستياريك (Stearic acid, C18:0) بنسبة (8.2%). وكان حامض الأوليك (Oleic acid, C18:1) سائداً بالنسبة للأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) يليه حامض البالميتوليك (Palmitoleic acid, C16:1) بنسبة (12.52. 4.9%) على التوالي. توافقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسات سابقة على الأنواع Maestre *et* .(*S. scombrus*), Atlantic mackerel (*S. japonicus*) Chub mackerel (2011) *al*., حيث كان محتوى النوع السمكي المدروس من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA, ω3) (25.5%) وكانت الأحماض الدهنية الرئيسة فيها (Eicosapentaenoic acid, EPA, C20:5) (Docosahexaenoic acid, DHA, C22:6). إذ سجل (DHA) مستويات عالية في العينات الطازجة من النوع السمكي المدروس مقارنةً بـ (EPA) (16.20.4.96%) على التوالي. ما يكسبها الأهمية الصحية المفيدة للإنسان نظراً لتأثيرها الكيميائي الحيوي في علاج العديد من الأمراض كأمراض القلب والتهاب المفاصل والسرطان Sahena *et al*., (2009). تم الحصول على نتائج مشابهة من دراسات أُجريت على النوع السمكي Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) Maestre *et al*., (2011) Stolyhwo *et al*., (2006)ومع دراسة

أجريت على النوع *Scomberomorus commersoni* Nazemroaya *et al*., (2011). أظهرت دراسات مشابهة أيضاً(DHA>EPA) عند النوع السمكي (Atlantic mackerel)(Dragoev *et al*., (1998) Guler *et al*., (2008)، ما يشير إلى الأهمية الصحية والغذائية لسمك السكمبري للإنسان.

كان محتوى النوع السمكي المدروس من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA, ω6) منخفضاً مقارنةً بمحتواه من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA, ω3)، حيث سجل محتوى من أحماض الأوميغا6 (ω6) (5.4%) كان فيها حامض الأراشيدونيك سائداً (C20:4) بنسبة (3.6%). يليه حامض اللينوليك (C18:2) بنسبة (1.8%).

لُوحظ من الجدول(5) زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) للعينات المجمدة من النوع السمكي المدروس (37.5- 48.98%) خلال مدة التجميد (180) يوماً، وذلك بنسبة (30.6%). أظهرت دراسة Nazemroaya *et al*., (2011) زيادة الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) بنسبة (35.7%)عند تجميد النوع السمكي الغزال *Scomberomorus commersoni* على (−18) مْ لمدة (6) أشهر. كما سجلت دراسة أخرى Agustinelli and Yeannes, (2015) زيادة في الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) بنسبة (62.6%) عند تجميد النوع السمكي (*S. japonicus*)على (−19) مْ لمدة سنة.

كما لُوحظ انخفاض نسبة الأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) (20.1-22.12%) خلال مدة التجميد (180) يوماً للنوع السمكي المدروس، وذلك بنسبة (9.13%). سجلت الدراسة Agustinelli and Yeannes, (2015) انخفاض الأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) عند تجميد النوع السمكي (*S. japonicus*) على (−19) مْ لمدة سنة بنسبة (19.20%). كما بلغت نسبة انخفاض الأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) (6.58%) في الدراسة Nazemroaya *et al*., (2011) عند تجميد النوع السمكي (*S. commersoni*) على (−18) مْ لمدة (6) أشهر.

أظهرت الدراسة أيضاً انخفاض نسبة الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) للعينات المجمدة من النوع السمكي المدروس بمعدل أكبر من معدل انخفاض الأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA). يمكن أن يعزى هذا السلوك إلى الحساسية العالية للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) للأكسدة الكيميائية والأنزيمية مقارنةً بالأحماض الدهنية الأحادية عدم التشبع (MUFA) (ke *et al*., 1977). وبلغت نسبة الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) للعينات المجمدة من النوع السمكي المدروس (30.9- 21.4 %) خلال (0، 180) يوماً من التجميد على التوالي، حيث كانت نسبة انخفاض الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) خلال مدة التجميد (30.7%). كما إنّ المحتوى العالي من الأحماض الدهنية عدم التشبع (MUFA+PUFA) مقارنةً بالأحماض الدهنية المشبعة (SFA) يجعلها أكثر حساسية لفقدان النوعية وتطور أكسدة الدهون Nazemroaya *et al*., (2011). سجلت الدراسة Agustinelli and Yeannes, (2015) نسبة انخفاض للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) (29.79%) عند تجميد النوع السمكي (*S. japonicus*) على (−19) مْ لمدة سنة. كما بلغت نسبة انخفاض الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) (40.98%) في الدراسة Nazemroaya *et al*., (2011) عند تجميد النوع السمكي (*S. commersoni*) على (−18) مْ لمدة (6) أشهر.

بيّنت الدراسة الحالية أيضاً انخفاض نسبة الأحماض الدهنية الأوميغا3، الأوميغا6 (ω3، ω6) خلال مدة تجميد النوع السمكي المدروس (*S. japonicus*)، إذ كان محتوى النوع السمكي المدروس من أحماض الأوميغا3 (ω3) (25.5، 16.5%) خلال مدة التجميد (0، 180) يوماً على التوالي. وكان محتوى النوع السمكي المدروس من أحماض

الأوميغا6 (ω6) (5.4، 4.9%) خلال مدة التجميد (0، 180) يوماً على التوالي. فقد بلغت نسبة الانخفاض بالأحماض الدهنية الأوميغا (ω3، ω6) (35.29، 9.25%) على التوالي بنهاية مدة التجميد (180) يوماً. يمكن تفسير ذلك بأن المحتوى العالي من الأحماض الدهنية عدم التشبع (UFA) يجعلها أكثر حساسية وعرضة للأكسدة (Huss, 1995; Maestre *et al.*, (2011). Dragoev *et al.*, (1998) .Nazemroaya *et al.*, (2011). كما بلغت نسبة الانخفاض بالأحماض الدهنية الأوميغا (ω3. ω6) في الدراسة Agustinelli and Yeannes, (2015) (29.9، 18.7%) على التوالي عند تجميد النوع السمكي (*S. japonicus*) على (−19) مْ لمدة سنة. وسجلت الدراسة Nazemroaya *et al.*, (2011) نسبة الانخفاض بالأحماض الدهنية الأوميغا (ω3، ω6) (48.10، 11.36%) على التوالي عند تجميد النوع السمكي (*S. commersoni*) على (−18) مْ لمدة (6) أشهر.

تم استخدام مؤشر البولين (Polyene Index) الذي يعبر عن الانخفاض في نسبة C16:0/(EPA. DHA) لتقييم التلف والتدهور الأوكسيدي للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع في زيوت الأسماك (Wada and Fang, 1992) لإنّ أحماض (EPA. DHA) سريعة التأكسد بسبب درجة عدم التشبع العالية. وقد تم اقتراحه مؤشراً جيداً للحكم على أكسدة الدهون Jeong *et al.*, (1990) و Lubis & Bukle, (1990) ، فقد سجلت عينات الشاهد للنوع السمكي المدروس انخفاضاً في مؤشر البولين (1.1-0.58) بنهاية مدة التجميد وذلك بنسبة (47.27%) خلال مدة التجميد (180) يوماً، ما يعكس تعرض النوع السمكي المدروس للأكسدة أثناء التجميد. إذ تشير العلاقة السلبية بين هذه النسبة ومدة التخزين إلى استمرار آليات أكسدة الدهون أثناء التخزين بالتجميد (1977) ke *et al.*, حيث بلغت نسبة الانخفاض في مؤشر البولين (56.60%)(2015) Agustinelli and Yeannes, عند تجميد النوع السمكي (*S. japonicas*) على (−19) مْ لمدة سنة. كما سجلت الدراسة Nazemroaya *et al.*, (2011) نسبة الانخفاض في مؤشر البولين (56.25%) عند تجميد النوع السمكي (*S. commersoni*) على (−18)مْ لمدة (6) أشهر.

تم اقتراح ω3/ω6 مؤشراً هاماً لتقييم القيمة التغذوية لزيوت الأسماك. فقد كانت النسبة المقترحة (1:1-1:5) التي تشكل أهمية كبيرة بالنسبة للصحة البشرية (Osman *et al.*, 2001; Zuraini *et al.*, 2006) إذ سجلت العينات الطازجة من النوع السمكي المدروس قيمة هامة لنسبة (ω3/ω6) (4.7)، ما يعكس القيمة الصحية التغذوية للدهون المستخلصة من النوع السمكي المدروس. وكما قد لوحظ انخفاض هذا المؤشر مع زيادة مدة التجميد للنوع السمكي المدروس (3.36 -4.7) بنهاية مدة التجميد (180) يوماً. إذ بلغت نسبة الانخفاض (28.5%) ما يشير إلى فقدان القيمة التغذوية للنوع السمكي المدروس أثناء التجميد. تم الحصول على نتائج مشابهة في الدراسة Nazemroaya *et al.*, (2011) عند تجميد النوع السمكي (*S.commersoni*) فقد سجل مؤشر (ω3/ω6) انخفاضاً (4.16- 2.43) بنهاية مدة التجميد على (−18) مْ لمدة (6) أشهر وذلك بنسبة (41.5%).

يشير معدل P/S إلى أنّ الأسماك مصدراً جيداً للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA). كانت هذه النسبة (1>) خلال مدة تجميد النوع السمكي المدروس. إن الحد الأدنى المقترح لنسبة P/S (0.45) وفقاً لـ Hmso, (1994) بينما كانت هذه النسبة (P/S) في النوع السمكي المدروس (0.8)، ما يعكس محتوى عالياً للعينات الطازجة من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) الذي يشير إلى القيمة التغذوية والصحية العالية للنوع السمكي المدروس. ثم لُوحظ انخفاض هذه النسبة مع زيادة مدة التجميد (0.8-0.4). إذ بلغت نسبة الانخفاض بهذا المؤشر (50%). يعود هذا الانخفاض الهام بمعدل (P/S) إلى الانخفاض الهام في الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA) مع الارتفاع بنسبة الأحماض الدهنية المشبعة (SFA) مع زيادة مدة التجميد. يمكن تفسير هذا الانخفاض

إلى ما تؤكده الدراسات السابقة على حدوث معدلات هامة لآليات التحلل المائي عند تجميد أنواع مختلفة من الأسماك (Fazal and Srikar, 1989; Jong-Ban *et al*., 1994; Fernandez-Reiriz *et al.*, 1995; Aubourg, 1999; Losada *et al*., 2005, 2006; Lugasi *et al*., 2007) . توافقت نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة Nazemroaya *et al*., (2011) التي لُوحظ فيها انخفاض تلك النسبة (0.22-0.50) مع زيادة مدة تجميد النوع السمكي (*S. commersoni*) على (−18)مْ لمدة (6) أشهر، فقد بلغت نسبة الانخفاض بهذا المؤشر (56%) في تلك الدراسة. وتم الحصول على نتائج مشابهة في الدراسة التي أُجريت من قبل Agustinelli and Yeannes, 2015) التي لُوحظ فيها انخفاض تلك النسبة (0.6-1.5) مع زيادة مدة تجميد النوع السمكي (*S. japonicus*) على (−19) مْ لمدة سنة، حيث بلغت نسبة الانخفاض بهذا المؤشر (60%) في تلك الدراسة.
أظهرت قيم الأحماض الدهنية للنوع السمكي المدروس فروقاً معنوية مع مدة التخزين عند المستوى ($p < 0.05$). وارتباطاً قوياً مع مدة التخزين وفقاً لقيمة قوة الارتباط (Person- correlation) والذي بلغ (0.82- 0.97).

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- إنّ النوع السمكي المدروس السكمبري الشائع (*S.japonicus*) من الأنواع ذات القيمة التغذوية من خلال محتواه العالي من البروتينات والدهون والأملاح المعدنية.
- إنّ النوع السمكي السكمبري الشائع (*S.japonicus*) من الأنواع الدهنية بسبب محتواه العالي من الدهون.
- إنّ النوع السمكي السكمبري الشائع (*S.japonicus*) من الأنواع ذات القيمة الصحية العالية من خلال محتواه العالي من الأحماض الدهنية عدم التشبع (UFA = MUFA+PUFA). وبشكلٍ غالب للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (PUFA).
- إنّ النوع السمكي المدروس من الأنواع ذات المحتوى العالي من الأحماض الدهنية الضرورية كأحماض الأوميغا3(ω3) وبشكلٍ خاص محتواه من(DHA). (EPA) بالإضافة إلى محتواه من الأوميغا6 (ω6) ذات الأهمية الصحية العالية للإنسان.
- يمكن تجميد النوع السمكي السكمبري الشائع على (-18)مْ لمدة (4) أشهر وفقاً لأرقام مؤشرات أكسدة الدهون (رقم البيروكسيد Pv. حامض الثيوباربتويريك TBA). وأرقام مؤشرات جودة الدهون (ω3/ω6) (P/S) (EPA+DHA/C16).

التوصيات:

- متابعة الدراسة لتشمل دراسة التركيب الكيميائي للأنواع السمكية المتوفرة على طول الساحل السوري لتقييم ومعرفة المعلومات التغذوية الخاصة بتلك الأنواع السمكية.
- تعميق الدراسة لتشمل تطبيق درجات حرارة أكثر انخفاضاً عند تجميد الأسماك من أجل إطالة مدة حفظ تلك الأسماك وصلاحيتها للاستهلاك البشري.
- البحث في مدى إضافة مضادات الأكسدة عند تجميد الأنواع السمكية الدهنية من أجل الحد من عملية أكسدة الدهون وإطالة مدة حفظها.

References

[1] Ackman, R.G. Nutritional composition of fats in seafood in progress. Food and Nutrition Science. (13) 1989, 161-241.

[2] Agustinelli Silvina Paola & Yeannes Maria Isabel. *Effect of Frozen Storage on Biochemical Changes and Fatty Acid Composition of Mackerel (Scomber japonicus) Muscle.* Journal of Food Research; Vol. (4) No. (1) 2015, ISSN 1927-0887 E-ISSN 1927-0895.

[3] A.O.C.S. The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Society. Champaign: American Oil, 1994.

[4] AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1990 5th ed. Arlington, VA: Author.

[5] Aubourg, S. and Medina, I. *Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (Gadus morhua) and haddock (Melanogrammus aeglefinus) frozen storage*. J. Sci. Food Agric, (79) 1999, 1943–1948.

[6] Badii, F. and Howell, N.K. *Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage*. Food Hydrocolloids, 16 (4) 2002, 313-319.

[7] Ben-Gigirey, B., De Sousa, J. M., Villa, T. G., Barros-Velazquez, J. *Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage*. J. Food Sci,(64) 1999, 20– 24.

[8] Benjakul, S., Visessanguan, W., Riebroy, S., Ishizaki, S. and Tanaka, M. *Gel-forming properties of bigeye snapper, Priacanthus tayenusand P. macracanthus, stored in ice*. Journal of the Science of Food and Agriculture, (82) 2002, 1442–1451.

[9] Benjakul, S., Viessanguan, W., Thongkaew, C. and Tanaka, M. *Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand*. Food hydrocolloids, 19 (2) 2005, 197-207.

[10] Bimbo, A.P. Guidelines for characterizing food-grade fish oil. *Int. News Fats, Oils Relat. Mater.* (9) 1998, 473-483.

[11] Casales, M. R., Yeannes, M. I., and Zugarramurdi, A. *Conservas de caballa: composición química proximaly evaluación sensorial.* Alimentaria, (219), 1991, 93-98.

[12] Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Faustman, C. *Changes of lipids in sardine (Sardinella gibbosa) muscle during iced storage*. Food Chemistry. (99) 2006, 83-91.

[13] Church, N.. Map fish and crustaceans sensory enhancement. Food Sci. Technol,1998, 12:73.

[14] Dandago, M.A., Garba, R., Bahago, E.J., Komolafe, G.O. *Analysis of specific food commodities. In: Balami, T.A. (Ed.), Practical manual on food technology, nutrition and dietetics for schools and industries.* National science and Technology forum, Kaduna, 2004, 225-226.

[15] Dragoev, S.G., Kiosev, D.D., Danchev, S.A., Ioncheva, N.I. and Genov, N.S.,. *Study on the oxidative processes in frozen fish*. Journal of Agriculture and Science, 4(1) 1998, 55-65.

[16] Dragoev, S. G. Inhibition of lipid peroxidation of frozen mackerel by pre-storage antioxidant super-ficial treatment. Bulg. J. Agric. Sci, (14) 2008, 283-289.

[17] Fazal, A.A. and Srikar, L.N.. *Effect of accumulated free fatty acids on reduction of salt soluble proteins of pomfret and seer fish during frozen storage*. J. Food Sci. Technol. 26(5) 1989, 269–271.
[18] Fijuwara, K., Oosawa, T. and Saeki, H.,. *Improved thermal stability and emulsifying proper-Ties of carp myofibrillar proteins by conjunction with dextran*. Journal of Agricultural and Food Chemistery, 46(4) 1988, 1257-1261.
[19] Fernandez-Reiriz, M. J. Pastoriza, L. Sampedro, G. Herrera, J. J. *Changes in lipid of whole and minced ray fish (Raja clavata) muscle during frozen storage*. Z. Lebensm. Unters. Forsch, 200 (6) 1995, 420– 424.
[20] Fraser, O. P. and S. Sumar. *Compositional changes and spoilage in fish (part II) – microbiological induced deterioration*. Nutri. Food Sci, (98) 1998, 325–329.
[21] Gogus, U. and Smith, C. *n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge.* International Journal of Food Science and Technology, 45(3) 2010, 417-436.
[22] Guler, G. O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Citil, O. B. and Ozparlak, H. *Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and ω3/ω6 ratios of carp (Cyprinus carpio L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey)*. Food Chemistry, 108(2) 2008, 689-694. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem. 10.080.
[23] Hmso. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subject, No. (46) 1994, HMSO, London, UK.
[24] Huss, H. H. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical, (348) 1995, p. 203. Rome: FAO.
[25] Howgate, P., Rehbein H. and J. Oehlenschalager, *Chapter 2. Traditional methods, in eds. Fishery products, quality, safety and authenticity*. Wiley-Blackwell, Oxford, 2009, 19–41.
[26] Jeong, B. Y., Oshima, T., Koizumi, C. and Kanou, Y. *Lipid Deterioration and Its Inhibition of Japanese Oyster (Crasostrea gigas) during Frozen Storage.* Nippon Suisan Gakkaishi, (56)1990, 2083-2091.
[27] Jong-Ban, E. Boyle, J. A. Hearnsberger, J. O. *Lipid peroxidation and chemical changes in catfish (Ictalurus punctatus) muscle microsomes during frozen storage. J. Food Sci*, 59(2) 1994, 251– 255.
[28] Kaya, A., Tekin, A. R. and Oner, M. D. *Oxidative stability of sunflower and olive oils: comparison between a modified active oxygen method and long term storage.* Lebensm Wiss Technology, (26) 1993, 464-468.
[29] Kamat, A. H. Preparation of Fish ball and Fish cutlet from Mackerel Mince Meat. M.F.Sc thesis submitted to Konkan Krishi Vidyapeeth, Dapoli, Maharashtra 1999, pp. 200.
[30] Ke, P. J., Ackman, R. G., Linke, B. A. and Nash, D. M. *Differential lipid oxidation in various parts of frozen mackerel*. International Journal of Food Science & Technology, 12(1) 1977, 37-47. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb00083.x
[31] Kolakowska, A. Lipid oxidation in food systems. In Z. Sikorski & A. Kolakowska (Eds.), Chemical and functional properties of food lipids, 2002, (pp. 133-165). London, UK.
[32] Kolbe, E., Craven, C., Sylvia, G. and Morrissey, M. *Chilling and freezing guidelines to Maintain Onboard Quality and Safety of Albacore Tuna Agricultural Experiment Station*. Astoria, Oregon, 2004,USA: Oregon State University.
[33] Lakshmisha I. P., Ravishankar C. N., Ninan G., Mohan C.O., Gopal T.K. *Effect of freezing time on the quality of Indian mackerel (Rastrelliger kanagurta) during frozen storage*. J. Food Sci, (73) 2008, 345–353.

[34] Losada, V., Pineiro, C., Barros-Velazquez, J., Aubourg, S. P. *Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (Trachurus trachurus) in slurry ice*. Food Chem, (93) 2005, 619 – 625.
[35] Lubis, Z. and Buckle, K. A. *Rancidity and lipid oxidation of dried-salted sardines*. International Journal of Food Science & Technology, 25(3) 1990, 295-303. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01085.x
[36] Love, R. M. The chemical Biology of Fish. Academic Press London and New York. (37) 1970, 225-226.
[37] Ludorff and Meyer, Ludorff, W. Meyer, V. Fische und fischerzeugnisse Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin. 1973.
[38] Lugasi, A., Losada, V., Hóvári, J., Lebovisc, V., Jakóczi, I., Aubourg, S. *Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage*. LWT (40) 2007, 930 – 936.
[39] Lukaszewicz, M., Szopa, J. and Krasowska, A. *Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants*. Food Chemistry, (88) 2004, 225-231.
[40] Maestre, R., Pazos, M. and Medina, I. *Role of the raw composition of pelagic fish muscle on the development of lipid oxidation and rancidity during storage.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(11) 2011, 6284-6291. http://dx.doi.org/10.1021/jf200686z.
[41] Mbarki, R., Ben Miloud, N., Selmi, S., Dhib, S. and Sadok, S. *Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical and sensory characteristics of chub mackerel (Scomber japonicus)*.Food Microbiology, (26) 2009, 821-826. http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2009.05.008.
[42] Nazemroaya, S., Sahari, M. A. and Rezaei, M. *Identification of fatty acid in mackerel (Scomberomorus commersoni) and shark (Carcharhinus dussumieri) fillets and their changes during six month of frozen storage at -18 °C*. Journal of Agricultural, Science and Technology, 13(4) 2011, 553-566.
[43] Nawar, W. W. Lipids. In O. R. Fennema (Ed.), Food chemistry, 1996, (pp. 225–314). New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
[44] Nikoo, M., Ghomi, M., Zakipour Rahimabadi, E., Benjakul, S. and Javadian, B. *The effects of deep-frying, refrigerated storage and reheating on the fat content, oxidation and fatty acid composition of the fish Rutilus frisii kutum.* Journal of Food Processing and Technology, (1) 2010, 1-4.
[45] Ninan, G., Bindu, J. and Joseph, J. *Frozen storage studies of minced based products developed from tilapia (Oreochromis mossambicus, Peter 1852) Fish*. Technol., 45(1) 2008, 35-42.
[46] Oduro, F. A., Choi, N. and Ryu, H. *Effects of cooking conditions on the protein quality of chub mackerel Scomber japonicus*. Fisheries and Aquatic Sciences, 14(4) 2011, 257-265. http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2011.0257.
[47] Oshima, T., Wada, S. C. and Koizumi, C. *Effect of accumulated free fatty acid on reduction of salt soluble protein of cod flesh during frozen storage*. Bull. Japan Soc. Sci. Fish, 50(9) 1984, 1567–1572.
[48] Osman, H., Suriah, A. R., Law, E. C. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. Food Chem, (73) 2001, 55– 60.

[49] Pazos, M., Gallardo, J. M., Torres, J.L. and Medina, I. *Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle*. Food Chemistry, (92) 2005, 547-557.
[50] Persson, P. O. and Londahl, G. *Freezing technology*. In C. P. mallet (Ed.) 1993, Frozen food technology.Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional.
[51] Rathod, N. B., Pagarkar, A. U., Pujari, K. H., Gokhale, N. B. and Joshi, V. R. *Standardisation of recipe for fish cutlet product from Pangasianodon hypophthalmus*. Eco. Env. & Cons. 18 (4) 2012, pp. 1-6.
[52] Rehbein, H. Measuring the shelf life of frozen fish. In H. A. Bremner (Ed.), Safety and quality issues in fish processing, 2002, pp 407–424, Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
[53] Richards, M.P. and Hultin, H. O. *Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish Muscle*. Journal Agriculture Food Chemistry, 50(3) 2002, 555-564.
[54] Saad, A. Biology and life cycle of small pelagic fish on the coast of Syrian; Landing and Catch profile for the Syrian coastal fleet. Technical cooperation programme, Assistance to artisanal fisheries project in Syria, TCP/SYR/4552, FAO, Rome, 1996, 45 p.
[55] Sahari, M.A., Nazemroaya, S. and Rezaei, M. *Fatty Acid and Biochemical Changes in Mackerel (Scomberomorus Commerson) and Shark (Carcharhinus dussumieri) fillets during frozen storage*. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, (3) 2009, 519-527.
[56] Sahena, F., Zaidul, I. S. M., Jinap, S., Saari, N., Jahurul, H. A., Abbas, K. A. and Norulaini, N. A.. *PUFAs in fish: extraction, fractionation, importance in health.* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, (8) 2009, 59-74. http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00069.x.
[57] Sanchez Pascua, G. L., Casales, M. R. and Yeannes, M. I. *Influence of water and glycerol contents on the aw of fish pastes*. Journal of Aquatic Food Product Technology, 1(10) 2001, 89-91. http://dx.doi.org/10.1300/J030v10n01_08.
[58] Sarabi, M., Keramat, J. and Kadivar, M. *Antioxidant effect of rosemary extract and BHT on the quality of coated fried Escolar (Lipidocybium flavobrunium) fish fillets during frozen storage*. International Food Research Journal, 24(2) April 2017, 525-533. Journal homepage: *http://www.ifrj.upm.edu.my.*
[59] Sarma, J., Reddy, G.V.S. and Srikar, L. N. *Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (Sardinella longiceps)*. Food Research International, 33(10) 2000, 815-820.
[60] Shahidi, F., Synowiecki, J., Amarowies, R., Wanasundara, U. *Omega-3 fatty acids composition and stability of seal lipids*. In: Lipid in Food Flavors. C. T. Cho, T. G. Hartman (Eds). American Chemical Soc, (16) 1994, 233– 243.
[61] Silva, J. L., Ammerman, G. R. *Composition, lipid change and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage*. J. Appl. Aquacult, (2) 1993, 39– 49.
[62] Stolyhwo, A., Kolodziejska, I. and Sikorski, Z. E. *Long chain polyunsaturated fatty acids in smoked Atlantic mackerel and Baltic sprats*. Food Chemistry, 94(4) 2006, 589-595. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.050
[63] Suhendan, M., Nuray, E., Candan, V. and Necla, A. *Extension of shelf-life of chub mackerel (Scomber japonicus Houttuyn 1780) treated with lactic acid*. Eur Food Res Technol, (213) 2001, 174–177, DOI 10.1007/s002170100362.

[64] Tarladgis, B., Watts, B. M. and Yonathan, M. *Distillation method for determination of malonaldehyde in rancid food.* Journal of American Oil and Chemists'Society, (37) 1960, 44–48.
[65] Tokur, B., Polat, A., Beklevik, G. and Ozkutuk, S. *Changes in the quality of fish burger produced from tilapia (Orechromis niloticus) during frozen storage (-18°C).* Eur. Food Res. Technol, (218) 2004, 420-423.
[66] Ucak, I., Ozogul, Y. and Durmus, M. *The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers*. Int. J. Food Sci. Technol, (46) 2011, 1157–1163.
[67] Undeland, I., Ekstrand, B. and Lingnert, H. *Lipid oxidation in herring (Clupea harengus) light muscle, dark muscle, and skin, stored separately or as intact fillets*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 75(5) 1998, 581-590. http://dx.doi.org/10.1007/s11746-998-0069-9.
[68] Varlík, C., Varlík, M., Ugur, N., Gokoglu, H. *Gun Su urunlerinde kalite kontrol ilke ve yontemleri Gída*. Teknolojisi Dernegi, Istanbul 1993.
[69] Wada, S. and Fang, X. *The synergistic antioxidant effect of rosemary extract and a-tocopherol in sardine oil model system and frozen crushed fish meat*. J. Food Process. Pres. (16) 1992, 263–274.
[70] Zuraini, A., Somchit, M. N., Solihah, M. H., Goh, Y. M., Arifah, A. K., Zakaria, M. S., Somchit, N., Rajion, M. A., Zakaria, Z. A., Mat Jais, A. M. *Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. fish*. Food Chem, (97) 2006 , 674–678.