Effects of frozen storage period on the biochemical and microbial quality of little tunny *Euthynnus alletteratus*

Dr. Ali Ali*

(Received 8 / 11 / 2024. Accepted 18 / 12 /2024)

□ ABSTRACT □

The aim of this study was to evaluate the biochemical and microbial quality of the muscle of little tunny *Euthynnus alletteratus* during different storage periods (15 days, 30 days and 60 days) under frozen storage conditions (-18 °C). Fresh fish samples were collected from the fish marketplace of Latakia, transported in refrigerated condition to the laboratory. The weight of the fish individuals ranged between 250-300 g. Samples were cleaned and eviscerated, and scales were removed, then frozen at (-35 C°) for five hours and finally stored at (-18 C°), and their quality was assessed during different storing periods. Moisture, ash, protein and fat ratio were estimated before and after freezing.

The results showed significant changes in the chemical composition of frozen muscle of the fish species studied, and their values varied significantly throughout the storage period ($p<0.05$).

The results of microbial analyses also showed that the total number of microorganisms was within the permissible limits for seafood under frozen storage conditions. It was found that storing of little tunny for 60 days had no significant negative nutritional effects and was therefore safe for consumption.

Key words: Frozen storage, Biochemical composition, Microbial quality, *Euthynnus alletteratus.*

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor- faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University- lattakia- Syria**

تأثير فترة التخزين بالتجميد في الخواص البيوكيميائية والميكروبية للنوع السمكي البلميدا *Euthynnus alletteratus*

د. علي علي*

(تاريخ الإيداع 8 / 11 / 2024. قبل للنشر في 18 / 12 / 2024)

□ ملخّص □

هدف هذا البحث إلى تقييم الخواص البيوكيميائية والميكروبية للحوم النوع السمكي البلميدا *Euthynnus alletteratus* خلال فترات تخزين مختلفة (15 يوماً و30 يوماً و60 يوماً) في ظروف تخزين مجمدة (−18 درجة مئوية). جمعت العينات السمكية الطازجة من ساحة بيع الأسماك في اللاذقية، ونقلت إلى المخبر بشكل مبرد، وتراوح وزن الأفراد السمكية بين 250−300 غ. نظفت العينات وأزيلت أحشاؤها الداخلية وحراشفها، ثم وضعت في درجة حرارة −18 درجة مئوية، وقيمت جودتها خلال فترات حفظ مختلفة. قدرت الرطوبة والرماد ونسبة البروتين والدهن، قبل الحفظ بالتجميد وبعد التجميد.

بينت نتائج البحث حدوث تغيرات معنوية في التركيب الكيميائي للحوم أسماك البلميدا المجمدة، واختلفت قيمها اختلافاً كبيراً طوال فترة التخزين ($p<0.05$).

كما بينت نتائج التحاليل الميكروبية أن التعداد العام للبكتيريا كان ضمن الحدود المسموح بها للمأكولات البحرية في ظل ظروف التخزين المجمدة، وقد تبين أن تخزين سمك البلميدا لمدة تصل إلى 60 يوماً ليس له أية آثار غذائية ضارة وبالتالي فإنه آمن للاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: الحفظ بالتجميد، التركيب الكيميائي، السلامة الصحية، البلميدا.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين− سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY−NC−SA 04

*أستاذ مساعد− كلية الهندسة الزراعية − جامعة تشرين− اللاذقية− سورية.

مقدمة:

يعد التجميد من الطرائق شائعة الاستخدام في صناعة اللحوم والأسماك وغيرها من الصناعات المتخصصة بالبروتين الحيواني، وهو من أكثر طرائق الحفظ شيوعاً كونه يعمل على خفض النشاط الأنزيمي والميكروبي دون الحاجة لاستخدام التسخين أو المواد . (Luan*et al.,* 2017)الحافظة

والغرض الرئيس من تجميد الأغذية و منها المأكولات البحرية بشكل عام هو إبطاء التغييرات الفيزيائية والكيميائية المنتجات الطازجة(Baygar *et al.,* 2012).

ومع ذلك، يمكن أن تتدهور الجودة في منتجات الأسماك المجمدة، إذ قد تفقد الأسماك حتى عند تجميدها، على سبيل المثال، نكهتها المميزة للنوع، ويتغير لونها، وتتأكسد الدهون، ويمكن أن تتدهور البروتينات. وبشكل عام فإنه في الأسماك الخالية من الدهون، تكون مشكلة أكسدة الدهون أقل مما هي عليه في الأسماك الدهنية لأن الأسماك الخالية من الدهون تحتوي على محتويات منخفضة من (Karlsdottir *et al.,* 2014).الدهون في العضلات

تعتمد جودة الأسماك المجمدة ومدة الصلاحية على أنواع الأسماك وطريقة تداولها وظروف التعبئة ودرجة حرارة التخزين وتقلبات (Erikson et al., 1999; Pigott and Tucker, 1987).درجات الحرارة

يؤدي التجميد إلى إبطاء التفاعلات الكيميائية ولكنه لا يوقفها. إذ يعد التركيب الكيميائي للأسماك في المرحلة غير المجمدة من العوامل الرئيسة المسؤولة عن تغيرات التفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية أثناء التجميد. ويمكن أن يؤثر تكوين بلورات الثلج على (Nollet and Leo, 2012).المنتج أثناء التجميد والتخزين ما يؤدي إلى تدهور الجودة

يعد التجميد والتخزين المجمد طريقة مهمة في معالجة الأسماك، ويمكن للتخزين طويل الأجل أن يسبب تغيرات نوعية في عضلات (Mazrouh, 2015). الأسماك والألياف والبروتينات والدهون والتركيب الكيميائي للحومها

يعتمد العمر الافتراضي للحوم أسماك البلميدا كغيره من أسماك التونا بشكل كبير على حالة التخزين، إذ يمكن أن تؤثر عوامل التخزين كتقلبات درجة الحرارة وتداول الأسماك في ظروف غير صحية، والتلوث الميكروبي، والتغيرات الكيميائية أثناء التخزين في تقليل العمر الافتراضي (Chakma *et al.,* 2020). ومن المهم عموماً الحفاظ على الخسارة عند أدنى حد ممكن أو تقليل الخسارة أثناء تخزين أسماك التونة في ظروف مجمدة.

وتؤثر تقلبات درجة الحرارة أثناء التخزين المجمد في الملمس (الجفاف)، طعم ونكهة المنتج بسبب حجم بلورات الثلج المتكونة في عضلة السمك. بالإضافة إلى ذلك، قد تنخفض جودة الأسماك المجمدة بسبب ارتفاع كمية المياه غير المجمدة في المنتج، ما يزيد من خطر التلف بسبب النشاط الأنزيمي (التحلل المائي للدهون) وأكسدة الدهون(Romotowska *et al.,*2017)

وأخيراً فإنه يشترط أن تكون الأسماك التي تستخدم في التجميد طازجة، ما يسهم في تخفيض الجهد والتكاليف لعملية التجميد والتخزين (Nakazawa *et al.*, 2020).

أهمية البحث و أهدافه:

يعد النوع السمكي البلميدا (الشكل1) من الأنواع السمكية الإقتصادية والمرغوبة من قبل المستهلك السوري، ويعد اختيار الطريقة المثلى لتجميد هذه الأسماك من الأمور المهمة لكل من المنتج والمستهلك وكذلك المسوق بما يضمن المحافظة على نوعيتها وقيمتها الغذائية، وحمايتها من الفساد الذي يؤدي بدوره إلى خسائر اقتصادية كبيرة. وقد هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير مدة التجميد على درجة حرارة (−18 م°) لفترة تصل إلى 60 يوماً، في بعض الخواص الكيميائية

والميكروبية لعضلات النوع السمكي البلميدا المصطاد من المياه البحرية السورية، وتحديد التغيرات التي يمكن أن تطرأ عليها خلال فترة التخزين المجمد، وذلك بهدف إيصال منتج سمكي ذي جودة عالية وسليم صحياً للاستهلاك البشري.

طرائق البحث ومواده:

جمع العينات السمكية:

جمعت العينات الطازجة من النوع السمكي البلميدا Euthynnus alletteratus.من ساحة بيع الأسماك في محافظة اللاذقية، وتراوح وزن العينات بين 300–250 غ. وضعت بعدها العينات السمكية في صناديق من الخشب وغطيت بالثلج المجروش، مع مراعاة لف الصناديق بقماش نظيف للتخفيف من تأثير الظروف الجوية وخاصة درجة الحرارة. نظفت الأسماك وأزيلت أحشاؤها الداخلية وحراشفها في المخبر، ثم وضعت في أكياس من البولي ايتيلين وجمدت على درجة حرارة (−35°م) لمدة خمس ساعات، ثم نقلت للتخزين على درجة حرارة (−18°م) طيلة فترة التجميد التي بلغت 60 يوماً. أخذت عينات من الأسماك المجمدة لإجراء الاختبارات الكيميائية والميكروبية بعد 15 يوماً، 30 يوماً، و60 يوماً. أخذ فقط الجزء المأكول من الأسماك، إذ فرمت بشكل جيد لإجراء الاختبارات الكيميائية لتحديد نسبة الرطوبة والعناصر المعدنية والبروتين والدهون.

الشكل1. النوع السمكي البلميدا*Euthynnus alletteratus*.

الاختبارات الكيميائية:

أجريت الاختبارات الكيميائية للعينات السمكية الطازجة واعتبرت كشاهد، والمجمدة التي أخذت في الفترات المذكورة أعلاه.

تقدير النسبة المئوية للرطوبة:

جففت عينات اللحم في أطباق خاصة في فرن تجفيف على درجة حرارة 105°م حتى ثبات الوزن، ومن ثم تم حساب الفرق في الوزن قبل وبعد التجفيف وتقدير نسبة الرطوبة وفق المعادلة الآتية:

نسبة الرطوبة (%) = (وزن العينة قبل التجفيف – وزن العينة بعد التجفيف) / وزن العينة قبل التجفيف × 100 (**AOAC, 2005**).

تقدير النسبة المئوية للبروتين:

وذلك باستخدام طريقة كلداهلKjeldahl حسب (AOAC, 2005). إذ أخذ وزن 1 غرام من لحم السمك، ووضع في دورق كلداهل ثم أُضيف له وسط (خليط من كبريتات النحاس وكبريتات البوتاسيوم وأكسيد السيليسيوم)، و25 مل من حمض الكبريت المركز. سُخنت محتويات الدورق على 450°م لمدة 90 دقيقة تحت ساحبة للغازات (يُستدل على نهاية مرحلة الهضم عندما يصبح لون المحلول أخضر شفافاً. تم تبريد الدورق ونقله إلى جهاز التقطير، إذ أُضيف له محلول مركز من هيدروكسيد الصوديوم. تم التقاط ناتج التقطير في دورق يحتوي حمض الكبريت المركز 0.5 عياري، ومعايرة ناتج التقطير بوساطة محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.5 عياري بوجود كاشف محلول أحمر الميثيل حتى ظهور اللون الأزرق، تم تحضير الشاهد بنفس الظروف وحساب النسبة المئوية للبروتين وفق المعادلة الآتية:

$$P\ (\%)=((V1-V2)\times Y\times 14.007)/X\times 100\times 6.25$$

حيث :

P(%):النسبة المئوية للبروتين.

V1:عدد ميلليمترات هيدروكسيد الصوديوم المستهلكة في معايرة الشاهد.

V2:عدد ميلليمترات هيدروكسيد الصوديوم المستهلكة في معايرة العينة.

Y:عيارية الهيدروكلوريك.

X:وزن العينة بالغرام.

تقدير النسبة المئوية للدهن:

قدرت النسبة المئوية للدهن باستخدام طريقة سوكسيلت Soxhlet (AOAC, 2005) ، إذ أخذ وزن 10 غرام من اللحم المفروم ووضعت في وعاء الاستخلاص. تم وزن دورق الاستخلاص واستخلاص الدهون بوساطة الهكسان لمدة سبع ساعات (الشكل 2–10)، تم بعدها إخراج الكشتبان من جهاز الاستخلاص وتقطير القسم الأكبر من المذيب على درجة حرارة 60°م، وإزالة آثار المذيب بالتسخين في فرن على 100°م. تم تبريد الدورق في المجفف العادي ووزنه. حُسبت النسبة المئوية للدهون حسب المعادلة التالية:

$$F\ (\%)=W/X\times 100$$

حيث:

F(%): النسبة المئوية للدهن،

W: وزن الدهن المستخلص بالغرام.

X: وزن عينة السمك بالغرام.

تقدير النسبة المئوية للرماد:

وُضعت خمس غرامات من عينة اللحم المطحونة في جفنة حرارية ضمن المرمدة (الشكل 2-11) على درجة حرارة 600 درجة مئوية لمدة ست ساعات، ومن ثم حسب الفرق في الوزن قبل وبعد الترميد وفق المعادلة الآتية:

نسبة الرماد(%) = وزن الرماد / وزن العينة × 100

الاختبارات الميكروبيولوجية:

أُخذت عينة بوزن 10غ من لحم السمك، ثم هُرست ووضع كل منها في 100 مل من الماء لعدة دقائق مع التحريك وذلك بهدف تقدير عدد الميكروبات الموجودة في الغرام الواحد. حضرت بعدها سلسلة من التخفيفات لكل معلق 10⅟ ، 100 ⅟ ، 1000 ، 10000 ، 100000، ثم أجريت الاختبارات الآتية:

-التعداد الكلي للميكروبات بطريقة الزرع في وسط من الآغار المغذي.

-التعرف على أنواع وأجناس الميكروبات عن طريق الزرع الجرثومي على أوساط مغذية سائلة وصلبة، وفق الخطوات الآتية:

- الزرع على أوساط مغذية سائلة (المرق أو الشوربات): أخذت قطرة من معلق كل عينة، وغمست عروة الزرع في ثلاثة أنابيب اختبار معقمة كل على حدة، والتي احتوى كل منها على أحد الأوساط المغذية السائلة: المرق المغذي، مرق الماكونكي، مرق السيلينيت، وحضّنت الأنابيب على درجة حرارة 37 مْ لمدة 48 ساعة .[17]

- الزرع على الأوساط المغذية الصلبة: اختيرت مستعمرة واحدة من كل من المستعمرات المتشابهة التي ظهرت على وسط الآغار المغذي الصلب، وأخذ جزء منها، أما في حالة المستعمرات الصغيرة فقد أخذت كاملة، ثم زرعت على ستة أوساط مغذية صلبة، هي: آغارالماكونكي، آغار سالمونيلا شيجيلا ,SS)) الآغار المغذي، آغارالهيكتون، آغار ملح المانيتول، آغارXylose Lysine Deoxycholate ، وحضّنت الأطباق على درجة حرارة 37 مْ لمدة 48 ساعة [17.[

- الزرع من المرق على الأوساط المغذية الصلبة التمييزية: زرع من أنابيب الاختبار التي نمت فيها الميكروبات، على كل من الأوساط المغذية الصلبة التمييزية الآتية: آغارالهيكتون، آغارالماكونكي، آغار ملح المانيتول، آغارXLD ، وحضّنت الأطباق على درجة حرارة 37 مْ لمدة 48 ساعة.[17]

التحليل الإحصائي

تمت مقارنة متوسط قيم الرماد والدهون والرطوبة والبروتين، والتعبير عن النتائج كنسبة مئوية (٪). وتم تحليل جميع البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS) الإصدار 23.0. تم فحص الفروق بين القيم المحددة للعينات باستخدام طريقة الفرق الأقل دلالة (LSD، ANOVA).

النتائج والمناقشة:

تغيرات التركيب الكيميائي :

يبين الجدول رقم 1 التركيب الكيميائي للحم النوع السمكي البلميدا (٪ على أساس الوزن الرطب) في فترات مختلفة من التخزين بالتجميد، والتي أظهرت اختلافات معنوية ($p<0.05$). بينت نتائج البحث أن أعلى محتوى من الرطوبة قد تم تسجيله في العينات الطازجة (0 يوم)، في حين سجلت أدنى قيمة في العينات السمكية التي خزنت بالتجميد 60 يوماً. وتتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسة Malik (2021). ويمكن أن يعزى سبب الانخفاض في محتوى الرطوبة خلال المراحل الأولى من التخزين إلى تسامي المياه السطحية من الأسماك في الثلاجة (Gandotra *etal*. 2012). وقد

يكون فقدان الرطوبة في المرحلة الأخيرة من التجميد يعود إلى تشوه الألياف العضلية، ما يؤدي إلى ضعف القدرة على الإمساك بالماء في عضلات الأسماك (Gandotra *et al*. 2012).

وقد بينت نتائج البحث انخفاض محتوى الرماد بشكل ملحوظ ($p<0.05$) من 1.65 % في العينات الطازجة إلى 1.12 % في العينات المجمدة لمدة 30 يوماً، إلا أنه عاود ارتفاع قيمته مرة أخرى ($p<0.05$) في العينات المجمدة لمدة 60 يوماً، إذ بلغت قيمته 1.59 %. وقد يسبب فقدان الرطوبة من الأسماك، زيادة غير متكافئة في النسب المئوية للمكونات الأخرى (Castrillón *et al*. ، 1997). ويمكن أن تعزى الزيادة في محتوى الرماد بعد التجميد إلى انخفاض محتوى الرطوبة والبروتين في العينات السمكية التي تم اختبارها.

وقد تغير محتوى البروتين في عضلات النوع السمكي البلميدا بشكل كبير ($p<0.05$) في المراحل المختلفة من التخزين. وقد يكون هذا بسبب فقدان بروتين الساركوبلازم القابل للذوبان في الماء، والذي قد تنخفض كميته مع انخفاض كمية الماء الذائب أثناء عملية الذوبان المتجمد وتفكك البروتين بدرجة حرارة منخفضة. وقد توافقت نتائج البحث الحالي مع دراسات أخرى التي لوحظ من خلالها، انخفاض مماثل في محتوى البروتين في الأسماك الإيرانية التي تم تجميدها لمدة 60 يوماً (Malik *et al*. 2021) . وبالمثل، بين العديد من الدراسات فقدان البروتين أثناء التخزين المجمد ، والذي يعزى إلى تفكك البروتين (Malik et al. ، 2021) وكذلك التغيرات التي تطرأ في نسب المكونات الكيميائية الأخرى وتفكك البروتين (EmireandGebremariam، 2010).

كما بينت النتائج انخفاض محتوى الدهون (الليبيدات) في عضلات النوع السمكي البلميدا بشكل ملحوظ ($p<0.05$) مع مرور الوقت مقارنة بالعينات الطازجة. ومع ذلك، لم يتم ملاحظة اختلافات معنوية ($p<0.05$) بين العينات الطازجة وتلك التي خزنت لمدة 15 يوماً (الجدول 1). وقد توافقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسات أجريت على النوع السمكي الغزال (*Scomberomorus commerson*) ونوع آخر من أسماك القرش *dussumieri* Nazemroaya *et al*. (2011) (*Carcharhinus*), وكذلك على شرائح النوع السمكي التونا الوثابة (*Katsuwonus pelamis*) (Chakma *et al.,* 2022) . ويمكن أن يعزى انخفاض محتوى الدهون خلال التخزين المجمد، إلى فقدان جزء الدهون الثلاثية الناجم عن أكسدة الدهون (McGill *et al*. ، 1974).

الجدول رقم 1 التركيب الكيميائي للحم النوع السمكي البلميدا (٪ على أساس الوزن الرطب) في فترات مختلفة من التخزين بالتجميد

Parameters	Storage period (Day)				p-value
	Fresh	Frozen -15d	Frozen -30d	Frozen -60d	
Moisture	$73.56^{a}\pm0.05$	$73.13^{b}\pm0.05$	$72.68^{d}\pm0.05$	$72.25^{c}\pm0.04$	<0.001
Ash	$1.65^{ab}\pm0.03$	$1.28^{c}\pm0.05$	$1.12^{d}\pm0.02$	$1.59^{b}\pm0.02$	<0.001
Protein	$21.26^{a}\pm0.03$	$20.93^{b}\pm0.03$	$19.98^{c}\pm0.05$	$18.94^{d}\pm0.06$	<0.001
Lipid	$2.31^{a}\pm0.03$	$2.14^{bc}\pm0.03$	$2.06^{c}\pm0.03$	$1.88^{d}\pm0.03$	<0.001

النتائج الميكروبية:

بينت نتائج التحليل الميكروبي، أن لجميع ظروف التخزين بالتجميد تأثير مثبط كبير ($p<0.05$) في الميكروبات، إذ لوحظ اختلاف كبير في تعدادها العام بين العينات الطازجة والمجمدة. فقد لوحظ أن هذا التعداد كان في العينات الطازجة (0 يوم) حوالي 5.24 log10 cfu / g، ثم انخفض بشكل كبير إلى 3.56 log10 (103 cfu / g) في

العينات المجمدة لمدة 60 يوما ($p<0.05$). يمكن أن تعزى القيمة العالية للتعداد الميكروبي العام إلى سوء تداول الأسماك من لحظة الصيد وحتى وصولها إلى المستهلك وكذلك إلى عدم مراعاة شروط النظافة خلال مراحل التداول المختلفة للأسماك. من ناحية أخرى، فقد أدى التخزين المجمد إلى خفض التعداد الميكروبي العام وبقيت قيمته أقل من القيمة الموصى بها في المواصفة القياسية السورية الخاصة بالأسماك، فقد بينت النتائج أن نمو الميكروبات قد تباطأ مع زيادة الفترة المجمدة. وقد توافقت هذه النتائج مع نتائج Subramanian (2007) للحبار وسرطان البحر، في حين لم تتوافق مع نتائج Gandotra *etal*. (2012) لعضلات الأسماك و Baoetal. 2007) لعينة من الأسماك في القطب الشمالي.

وقد لوحظ أيضاً انخفاض تعداد البكتيريا المسببة للأمراض مثل Coliformsspp. و E. coli في العينات المجمدة مقارنة مع العينات الطازجة ، إذ بلغ إجمالي القولونيات spp. و E. coli 54 MPN / g و 15 MPN / g ، على التوالي. كما وجد أن إجمالي القولونيات والإشريكية القولونية قد انخفض بشكل ملحوظ ($p<0.05$) في الظروف المجمدة لدرجة أنه لم تظهر الإشريكية القولونية في العينات المجمدة لمدة 60 يوماً، إذ يمكن أن يعزى ذلك إلى استخدام درجة حرارة منخفضة في تجميد الأسماك قبل حفظها في ظروف التخزين. وتتوافق نتائج البحث الحالي مع نتائج Emi2010) ,reandGebremariam) و Subramanian (2007), وتجدر الملاحظة بأنه لم يتم عزل السالمونيلا (TSC) و vibrio (TViC) لا من العينات الطازجة ولا من العينات المجمدة. لذا لوحظ بشكل عام انخفاض التعداد الميكروبي العام خلال فترات التجميد بالمقارنة مع العينات الطازجة، وقد توافقت هذه النتائج مع نتائج EmireandGebremariam) 2010). لم تتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسة عن تأثير مراحل التداول من المصيد إلى المستهلك، على الجودة والسلامة الصحية للنوع السمكي البراق *Dicentrarchus labrax* المصطاد من المياه البحرية لمحافظة طرطوس، التي بينت عزل العديد من الميكروبات موجبة وسالبة الغرام مثل *Escherichia coli ، Staphylococcus aureus* .(HASSAN *et al.*, 2014) *Proteus sp., Salmonella spp., Shigella sp., Pseudomonass spp.*

الاستنتاجات والتوصيات:

بينت نتائج الدراسة الحالية على النوع السمكي البلميدا المصطاد من المياه البحرية السورية والمحفوظ بالتجميد لفترات مختلفة على درجة حرارة (−18 مْ)، حدوث تغيرات في القيمة الغذائية للحوم النوع السمكي البلميدا خلال مراحل التخزين بالتجميد، عند مقارنة العينات الطازجة بتلك التي خزنت لمدة 60 يوماً. كما تحسنت الجودة الميكروبيولوجية خلال التخزين المجمد بدرجة حرارة منخفضة، من خلال تقليل التعداد الميكروبي العام وكذلك الميكروبات الضارة. لذا يمكن، اعتبار عضلات البلميدا المجمدة آمنة للاستهلاك البشري، وذات قيمة غذائية جيدة. وبالتالي فإنه يمكن استخدام التجميد لفترات محددة كطريقة فعالة لحفظ هذا النوع السمكي مع المحافظة على نوعيته وقيمته الغذائية، مع مراعاة اختلاف مدة التخزين بحسب النوع السمكي المستخدم ومحتواه من البروتين والدهن.

References:

1- AOAC: Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official methods of analysis of the association of analytical chemists, 18th edn. AOAC, Maryland.
2- Bao, H. N. D., Arason, S., & Pórarinsdóttir, K. A. (2007). Effects of dry ice and superchilling on quality and shelf life of arctic charr (Salvelinus alpinus) fillets. International Journal of Food Engineering, 3(3).
3- Baygar, T., Alparslan, Y., Cakh, S. (2012). Effect of multiple freezing and refrigerator thawing cycles on the quality changes of sea bass (Dicentrarchus Labrax). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 298-300.
4- Castrillón, A. M., Navarro, P., & Alvárez-Pontes, E. (1997). Changes in chemical composition and nutritional quality of fried sardine (Clupea pilchardus) produced by frozen storage and microwave reheating. Journal of the Science of Food and Agriculture, 75(1), 125–132.
5- Chakma, S., Saha, S., Hossain, N., Rahman, M. A., Akter, M., Hoque, M. S., Ullah, M. R., Mali, S. K., Shahriar, A. (2020). Effect of frozen storage on the biochemical, microbial and sensory attributes of skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) fish loins. Journal of Applied Biology and Biotechnology, 8(4), 58–64.
6- Chakma, S, Rahman, M. A, Mali, S. K, Debnath, S, Hoque, M. S, Siddik, M.A. (2022). Influence of frozen storage period on the biochemical, nutritional, and microbial quality of Skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) collected from the Bay of Bengal coast of Bangladesh. Food Chemistry Advances,Volume 1, 1-7.
7- Emire, S. A., and Gebremariam, M. M. (2010). Influence of frozen period on the proximate composition and microbiological quality of nile tilapia fish (Oreochromis niloticus). Journal of Food Processing and Preservation, 34(4), 743–757.
8- Erikson, U., Sigholt, T., Rustad, T., Einarsdottir, I. E., Jorgensen, L. (1999). Contribution of Bleeding to total handling stress during slaughter of Atlantic Salmon. Aquaculture International, 101- 115.
9- Gandotra, R., Sharma, S., Koul, M., Gupta, S. (2012). Effect of Chilling and Freezing on Fish Muscle. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 2(5), 5–9.
10- HASSAN, M., Sultaneh, A., SALAH, R. 2014- The Handling Impact from Catch to Consumer on Quality and Safety: e.g. Sea Bass *Dicentrarchus Labrax*. Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Biological Sciences Series, Vol. 36(2). 349-362. (in Arabic).
11- Luan, L. L., Wang, L., Wu, T., Chen, S., Ding, T., & Hu, Y. (2017). A study of ice crystal development in haritail samples during different processes by crysectioning versus cryosubstitution method. Internationl Journal of Refrigeration.
12- Malik, I. A., Elgasim, E. A., Adiamo, O. Q., Ali, A. A., & Mohamed Ahmed, I. A. (2021). Effect of frozen storage on the biochemical composition of five commercial freshwater fish species from River Nile, Sudan. Food Science and Nutrition, 9(7), 3758–3767.
13- Mazrouh, M. M. (2015). Effects of freezing storage on the biochemical composition in muscles of Saurida undosquamis comparing with imported frozen. International Journal of Fisheries and Aquatic Study, 295-299.
14- McGill, A. S., Hardy, R., Burt, J. R., & Gunstone, F. D. (1974). Hept-cis-4-enal and its contribution to the off-flavour in cold stored cod. Journal of the Science of Food and Agriculture, 25(12), 1477–1489.
15- Nazemroaya, S., Sahari, M. A., & Rezaei, M. (2011). Identification of fatty acid in mackerel (Scomberomorus commersoni) and shark (Carcharhinus dussumieri) fillets and

their changes during six months of frozen storage at -18°C. Journal of Agricultural Science and Technology, 13(4), 553–566.
16- Nollet, M. L., & Leo. (2012). Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality. UK: John Wiley& Sons Inc.
17- Pigott, G. M., & Tucker, B. (1987). Science opens new horizons for marine lipids in human nutrition. Food Reviews International, 105-138.
18- Karlsdottir, M. G., Sveinsdottir, K., Kristinsson, H. G., Villot, D., Craft, B. D., Arason, S. (2014). Effects of temperature during frozen storage on lipid deterioration of saithe (Pollachius virens) and hoki (Macruronusnovaezelandiae) muscles. Food Chemistry, 234-242.
19- Nakazawa, N., Wada, R., Fukushima, H., Tanaka, R., Kono, S., and Okazaki, E. 2020. Effect of long-term storage, ultra-low temperature, and freshness on the quality characteristics of frozen tuna meat. Int J Refrig 112:270–280.
20- Romotowska, P. E., Gudjonsdottir, M., Karlsdottir, M., Kristinsson, H. G., &Arason, S. (2017). Stability of frozen Atlantic mackerel (Scomber Scombrus) as affected by temperature abuse during transporatation. Journal of Food Science and Technology, 275-282.
21- Subramanian, T. A. (2007). Effect of processing on bacterial population of cuttle fish and crab and determination of bacterial spoilage and rancidity developing on frozen storage. Journal of Food Processing and Preservation, 31(1), 13–31.