Determination of total mercury concentrations in the *Auxis rochei* fish's spread on the Coast of Latakia city

Dr. Hussam Eddin Laika [*]
Dr. Chirine Hussein**
Marwa khallouf***

(Received 6 / 8 / 2024. Accepted 2 / 12 /2024)

□ ABSTRACT □

Mercury is one of the most dangerous pollutants that threaten human health and many aquatic ecosystems in many regions around the world, as it moves along the food chain, posing a potential threat to life.

This research focuses on determining total mercury concentrations using atomic absorption technology - cold steam technology in different sizes (small, medium and large) of *Auxis rochei* fish caught from the shore of the city of Latakia during the spring and summer seasons of 2023.

The results showed higher concentrations of mercury in the summer in the muscles, liver, and gonads, where these concentrations reached (0.267, 4.337, 2.301) compared to the spring season (0.291, 2.51, 2.221), respectively.

It was noted that the values of the target hazard coefficient THQ (Target Hazard Quotients) were less than one in the muscles of fish, as its values ranged from (0.097 - 0.103), and this indicates that there is no health risk when consuming the muscles of this type of fish, while these values were higher than one. In the liver and gonads of these fish, the values ranged between (0.843 - 1.070) and (1.127 - 1.457), respectively.

Keywords: total mercury, target risk factor, brominated palmidae *Auxis rochei.*

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright

[*] **professor –High Institute of Marine Research- Tishreen University- Lattakia- Syria.**
**** professor –High Institute of Marine Research- Tishreen University- Lattakia- Syria .**
***** Student Master –High Institute of Marine Research- Tishreen University- Lattakia- Syria.**
(E.mail: Marwa.khallouf@tishreen.edu.sy).

تحديد تراكيز الزئبق الكلي في أسماك البلميدا المبرومة *Auxis rochei* المنتشرة على شاطئ مدينة اللاذقية

د. حسام الدين لايقه*

د. شيرين حسين**

مروى خلوف***

(تاريخ الإيداع 6 / 8 / 2024. قُبِل للنشر في 2 / 12 /2024)

□ ملخّص □

يعد الزئبق من أخطر الملوثات التي تهدد صحة الإنسان والكثير من الأنظمة البيئية المائية في العديد من المناطق حول العالم، حيث ينتقل على طول السلسلة الغذائية مشكلاً تهديداً محتملاً للحياة.

يركز هذا البحث على تحديد تراكيز الزئبق الكلي باستخدام تقانة الامتصاص الذري – تقنية البخار البارد في في حجوم مختلفة (صغيرة، متوسطة وكبيرة) من سمك البلميدا المبرومة *Auxis rochei* المصطادة من شاطئ مدينة اللاذقية خلال فصلي ربيع وصيف 2023 .

أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز الزئبق في فصل الصيف في كل من العضلات، والكبد والمناسل حيث بلغت هذه التراكيز (0.267 , 4.337 , 2.301 ppm) مقارنة مع فصل الربيع

(0.291 , 2.51 , 2.221 ppm) على التوالي.

لوحظ أن قيم معامل الخطر المستهدف THQ (*Target Hazard Quotients*) أقل من الواحد في عضلات الأسماك، حيث تراوحت قيمه (0.103 - 0.097)، وهذا يشير الى عدم وجود خطر صحي عند استهلاك عضلات هذه النوع من الأسماك، بينما كانت هذه القيم أعلى من الواحد في كبد ومناسل هذه الأسماك حيث تراوحت القيم بين (1.070 - 0.843) و (1.457 - 1.127) على التوالي.

الكلمات المفتاحية : الزئبق الكلي، مُعامل الخطر المستهدف، البلميدا المبرومة *Auxis rochei*.

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

*استاذ – قسم الكيمياء البحرية – المعهد العالي للبحوث البحرية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

**استاذ – قسم الثروة السمكية – المعهد العالي للبحوث البحرية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

*** طالبة ماجستير– قسم الكيمياء البحرية–المعهد العالي للبحوث البحرية –جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مقدمة:

يعد النظام البيئي البحري من أكبر الأنظمة البيئية المائية في العالم، وهو يغطي 70% من سطح الأرض ويعد موطن للكثير من الكائنات الحية (Parlak, 2024) ، حيث تعتمد الكائنات كل منها على الآخر وتتفاعل مع بعضها في علاقة متزنة، لكن قد يختل هذا التوازن عند حدوث تغيرات في الخواص الفيزيوكيميائية للبيئة البحرية.

يمثل التلوث مشكلة كبيرة أعطيت الكثير من الإهتمام بسبب الاثار السلبية للملوثات على البيئة بشكل عام وعلى الإنسان بشكل خاص (Wu *et al.*, 1999)، تعد العناصر المعدنية الثقيلة من أكثر الملوثات خطورة في البيئة البحرية، ليس فقط بسبب طبيعتها السامة ولكن أيضاً نتيجة تراكمها الأحيائي في السلسلة الغذائية وكونها غير قابلة للتحلل (Zaynab *et al.*, 2022)، تتراكم العناصر المعدنية في الكائنات البحرية وفي الأسماك عبر السلسلة الغذائية نتيجة انتقالها عبر الجهاز الهضم، هذا بالإضافة إلى انتقالها عبر الغلاصم لتتركز في الكبد وفي العضلات (Agbugui and Abe, 2022).

يعد الزئبق من اكثر العناصر المعدنية سمية (Kumar *et al.*, 2023)، وهو عنصر كيميائي، لونه فضي مائل للزرقة يشبه الرصاص في مظهره، يستخدم في العديد من الصناعات، ويعد ملوث للنظم البيئية المائية، حيث ينتقل على طول السلسلة الغذائية مشكلاً تهديداً محتملاً على البيئة بشكل عام (Basu, 2023)، وعلى صحة الإنسان بشكل خاص نتيجة وجوده على شكل ميتيل الزئبق (Mallongi *et al.*, 2023).

يدخل الزئبق إلى البيئة بشكل طبيعي وبطرق مختلفة نتيجة بعض الظواهر الطبيعية مثل ثوران البراكين وعوامل الحت والتعرية للصخور المحتوية على الزئبق (Uddin *et al.*, 2024)، كما تعد الأنشطة الصناعية المختلفة من المصادر المهمة للزئبق نتيجة استخدامه كمادة أولية في العديد من الصناعات: كمصابيح الفلورسنت، الأجهزة والمواد الطبية وغيرها.

يدخل الزئبق بشكله اللاعضوي (Hg^{2+}) في البيئة البحرية بدورة معقدة تحصل خلالها عملية المتيلة الحيوية (biomethylation)، وفيها يتحوَّل الزئبق اللاعضوي (Hg^{2+}) إلى ميتيل الزئبق $[CH_3Hg]^+$ بواسطة بكتيريا تعمل على إرجاع الكبريتات وتدعى البكتريا المرجعة للكبريتات (**SRB** :**S**ulfate **R**eduction **B**acteria) والبكتريا المرجعة للحديد (**FeRB**: **I**ron **R**eduction **B**acteria). يختلف تأثير الزئبق على النظم البيئية البحرية باختلاف الشكل الكيميائي (العضوي واللاعضوي) (Al-Sulaiti *et al.*,2022).

يمكن للزئبق المتراكم في القلب أن يسبب اعتلال هذه العضلة، كما قد يسبب التسمم بالزئبق أيضاً ألما في الصدر وذبحة صدرية وارتفاع ضغط الدم، هذا بالإضافة إلى مجموعة من المشاكل العصبية والتشوهات الخلقية ، كما يمكن أن يؤدي إلى خلل في الوظيفة البيولوجية الطبيعية للبنكرياس (Oken *et al.*, 2012).

تعد الأسماك مصدراً مهماً للغذاء بشكل عام وخاصة في البلدان التي لديها منفذ على البحر (Tacon and Metian, 2013)، وذلك لاحتوائه على البروتينات و الأحماض الأمينية و الفيتامينات والمعادن (Balami *et al.*, 2019)، إضافة الى أنها توفر من 25% الى 100% من الاحتياجات اليومية من اليود الضروري لعمل الغدة الدرقية (Sorrenti S *et al.*, 2021).

نظراً للأثر السمي للتراكيز المرتفعة للزئبق على صحة الإنسان، كان لابد من تحديد تراكيز الزئبق في الأجزاء المختلفة من الأسماك وتحديد الأثر البيئي السلبي الناتج عنه، ووضع الحلول المناسبة للحد من تأثيره خاصة في المنطقة البحرية الشاطئية وذلك نتيجة النشاطات البشرية المختلفة فيها، الأمر الذي يدفع الباحثين إلى إجراء الدراسات والأبحاث بشكل

مستمر لتقييم تراكيزه وتحديد جودة النظام البيئي البحري كون الاسماك تُعتبر مؤشر حيوي جيد للتلوث (Uddin and Entrepreneurship, 2024).

أهمية البحث وأهدافه :

تكمن أهمية هذا البحث في تحديد تراكيز الزئبق الكلي في النوع السمكي البلميدا المبرومة (*Auxis rochei*) في فصلي ربيع وصيف 2023 المنتشرة على شاطئ مدينة اللاذقية، وتحديد الخطر البيئي المستهدف (THQ) على الكائنات الحية المختلفة بشكل عام والإنسان بشكل خاص.

أهداف البحث:

1. تحديد تراكيز الزئبق الكلي في عضلات ومناسل وكبد النوع السمكي البلميدا المبرومة *Auxis rochei* .
2. دراسة العلاقة بين تراكيز الزئبق الكلي وكل من طول ووزن أفراد النوع المدروس.
3. تحديد الخطر البيئي المستهدف (THQ).

طرائق البحث ومواده

1. العمل الحقلي :

تم جمع عينات من أسماك البلميدا المبرومة *Auxis rochei* خلال فصلي ربيع وصيف 2023 ، بأحجام مختلفة من ميناء الصيد والنزهة في اللاذقية، وأخذت القياسات الموفومترية الطول الكلي (لأقرب سم) والوزن الكلي (لأقرب غرام). يُعد هذا النوع (الشكل 1) من الأسماك اللاحمة فهو يتغذى على القشريات والأسماك الصغيرة. تتراوح أطوال هذا أفراد هذا النوع من 20 إلى 40 سم، وقد يصل طولها إلى 50 سم كحد أقصى. تتكاثر أفراد هذا النوع خلال الفترة الممتدة من شهر أيار إلى شهر تشرين الثاني (يجب وضع مرجع لهذه المعلومة). يُعد هذا النوع من الأنواع المرغوبة لدى شريحة واسعة من المستهلكين وذلك بسبب غناه بالبروتين وبسبب أسعاره المنخفضة مقارنةً بأسعار الأنواع الأخرى.

الشكل (1): سمكة البلميدا المبرومة *Auxis rochei*

1.1.الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- ميزان تحليلي حساس ±0.0001 g.
- أدوات مخبريه وزجاجية مختلفة.
- جهاز امتصاص ذري (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS) موديل Varian 220 المتوفر في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية (الشكل 2).
- فرن تجفيف ماركة Bleu M.

الشكل(2): جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS) موديل220 Varian

2.1.المواد الكيميائية المستخدمة:

- ✓ حمض الآزوت المركز (HNO_3) عالي النقاوة (57%) من شركة Tekim.
- ✓ بروكسيد الهيدروجين أو ما يسمى بماء الأكسجين(H_2O_2)
- ✓ الكلوروفورم.
- ✓ محلول ثنائي كربامات بيريدين الأمونيوم (1%) APDC .
- ✓ محاليل قياسية للعنصر المدروس (Merck 1000 mg\l).

2. العمل المخبري :

نُقلت الأسماك إلى مخبر الكيمياء البحرية في المعهد العالي للبحوث البحرية– جامعة تشرين، وأخذت القياسات المورفولوجية (الطول والوزن) للأسماك، كما تم أخذ 2g من عضلات ومناسل وكبد هذه الأسماك لحساب النسبة المئوية للرطوبة.

تحديد النسبة المئوية للرطوبة:

تم أخذ وزن معين من عضلات ومناسل وكبد كل فرد من الأسماك التي تم جمعها بمعدل ثلاث مكررات لكل فرد في جفنة صغيرة، ثم وضعت في فرن تجفيف عند درجة حرارة 105°C لمدة 24h للتخلص من الرطوبة وتمّ التأكد من الوزن عدة مرات بفاصل زمني ساعة حتى ثبات الوزن تماماً، ثم حُسب النسبة المئوية للرطوبة عن طريق أخذ الفرق بين الوزن الجاف والوزن الرطب (Heiri *et al.*, 2001) ، من العلاقة التالية:

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{\text{وزن العينة الجافة} - \text{وزن العينة الرطبة}}{\text{وزن العينة الجافة}} \times 100$$

تحديد تراكيز الزئبق الكلي :

تمّ تحديد تراكيز الزئبق الكلي عن طريق أكسدة العينات (عضلات، مناسل، كبد) للأسماك المدروسة وذلك اعتماداً على مبدأ الأكسدة التامة بالمؤكسدات القوية (ماء أوكسجيني + حمض الكبريت المركز H_2SO_4) وبعد التهضيم لمدة ربع ساعة في حمام مائي حتى تمام عملية التهضيم وذلك بالاعتماد على طريقة (Nixon *et al.*,1996)، تم تحدد تراكيز الزئبق الكلي باستخدام تقانة الامتصاص الذري – البخار البارد في المعهد العالي للبحوث البحرية.

تقييم المخاطر على الانسان:

يتم تقييم حاصل المخاطر المستهدفة (THQ) لاستهلاك الزئبق في سمكة البلميدا المبرومة من العلاقة التالية:

$$THQ = \frac{EF \times ED \times FIR \times C \times 0.001}{RFD \times WAB \times TA}$$

حيث أن:

THQ: هو حاصل الخطر الاجمالي للمعدن الفردي الناتج عن استهلاك الأسماك، حاصل الخطر المستهدف وهو يشير الى خطر التأثيرات غير المسببة للسرطان، وهي منهجية مأخوذة من جدول التركيز القائم على المخاطر للمنطقة الثالثة لوكالة حماية البيئة الامريكية (Epa, 2000).

EF: تردد التعرض 365/day/year

ED: مدة التعرض 70year أي ما يعادل متوسط العمر

FIR: مقدار المتناول من الاسماك 20g/individual /day

C: تركيز للزئبق

RFD : الجرعة المرجعية للزئبق عن طريق الجهاز الهضمي **Hg=0.0005**

WAB : متوسط وزن الجسم لشخص بالغ **70 kg**

TA: متوسط وقت التعرض **70*365**

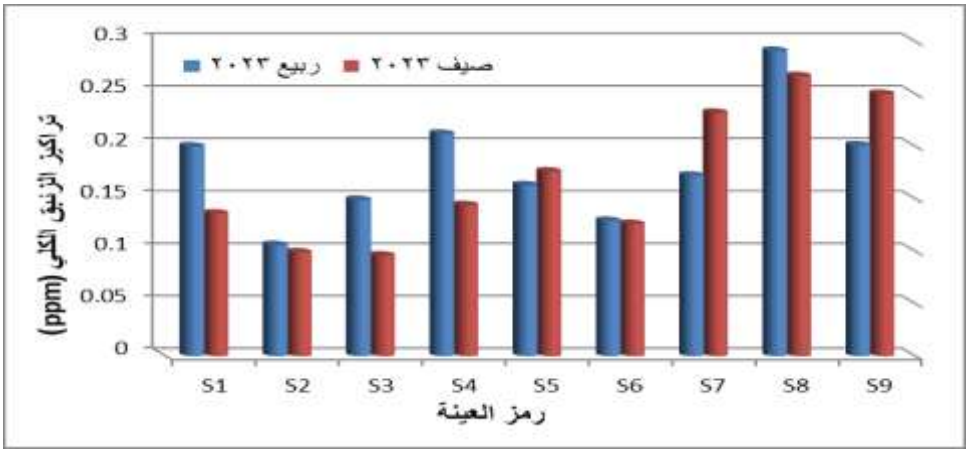
النتائج والمناقشة:

1. تحديد تراكيز الزئبق الكلي في أسماك البلميدا المبرومة *(Auxis rochei)*:

- **تراكيز الزئبق الكلي في عضلات البلميدا المبرومة *(Auxis rochei)*:**

أظهرت النتائج تغيرات واضحة في تراكيز الزئبق الكلي في عضلات أسماك البلميدا المبرومة المدروسة مع تغير الأطوال والأوزان حيث سجلت أقل القيم في ربيع وصيف 2023 (0.096 ppm , 0.106) على التوالي، و كانت هذه القيم أقل من الحد المسموح به 0.5 ppm الذي أوصت به منظمة الأغذية والزراعة / منظمة الصحة العالمية (1972) كما هو مبين في الشكل (3).

لوحظ وجود اختلافات فصلية في تراكيز الزئبق الكلي في عضلات هذه الأسماك ،حيث سجلت بشكل عام أعلى التراكيز في فصل الربيع مقارنة مع فصل الصيف، وهذا مرتبط بنشاط وتكاثر هذه الأسماك ومدى توفر الغذاء بين الفصلين وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Ward and Neumann, 1999; Keva *et al.*,2017).

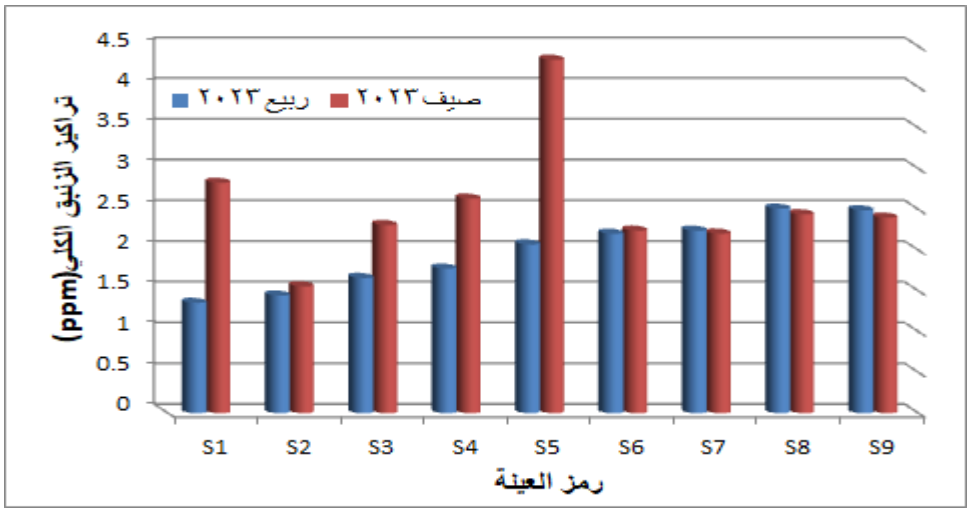


الشكل(3): تراكيز الزئبق الكلي في عضلات أسماك البلميدا المبرومة خلال فصلي ربيع وصيف 2023.

- **تراكيز الزئبق الكلي في مناسل أسماك البلميدا المبرومة *(Auxis rochei)*:**

بشكل عام، ارتفعت تراكيز الزئبق الكلي في مناسل الأفراد المدروسة في فصل الصيف مقارنةً مع فصل الربيع حيث تراوحت التراكيز مابين (1.557 - 4.337 ppm) في فصل الصيف، و بين (1.355 - 2.510 ppm) في فصل الربيع، ويعود هذا الى كون أن درجات حرارة سطح البحر الأكثر دفئاً قد تؤدي الى زيادة التراكم البيولوجي للزئبق في الأسماك وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Raldúa D *et al.*, 2007)، كما هو مبين في الشكل (4).

لوحظ ارتفاع تراكيز الزئبق الكلي بشكل واضح في الأسماك المتوسطة الطول مقارنة مع بقية الأسماك، في حين كانت التراكيز متقاربة في فصلي الربيع والصيف للأسماك ذات الأطوال المرتفعة وهذا يتفق مع دراسة (Farmer *et al.*, 2010).



الشكل(4): تراكيز الزئبق الكلي في مناسل أسماك البلميدا المبرومة خلال فصلي ربيع وصيف 2023.

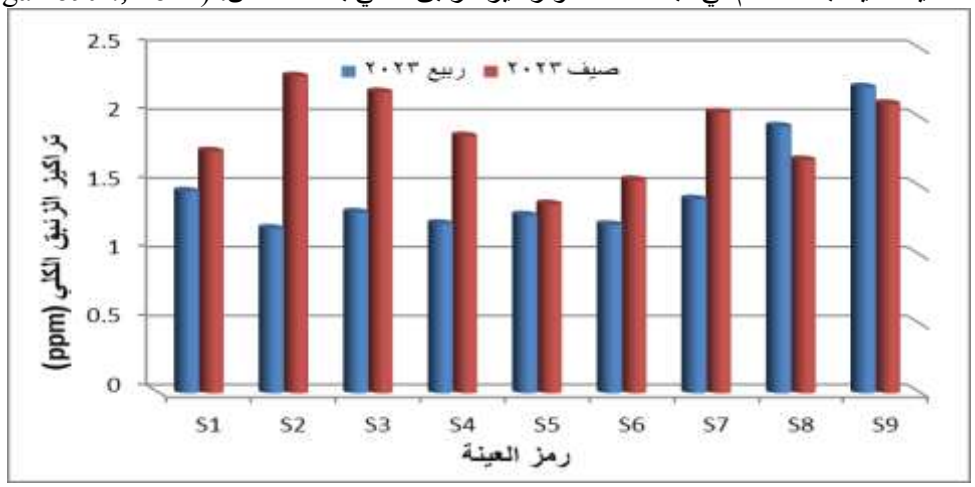
- **تراكيز الزئبق الكلي في كبد أسماك البلميدا المبرومة:**

تشابهت تراكيز الزئبق الكلي في كبد أسماك البلميدا المبرومة مع مناسل هذه الأسماك من حيث ارتفاع التراكيز في الصيف مقارنة مع الربيع كما هو مبين في الشكل (5)، مع مُلاحظة ارتفاع هذه التراكيز بشكل كبير في الكبد مقارنة مع العضلات ويمكن تفسير ذلك الى كون الكبد أكثر حساسية من العضلات(Foster EP *et al.*, 2000)، هذا بالإضافة الى كونه يتمتع بدور كبير في تجميع كميات كبيرة من الملوثات الناتجة عن البيئة الخارجية و قدرته على تخزين هذه الملوثات (Havelková M *et al.*, 2008).

لوحظ ارتفاع واضح لتراكيز الزئبق الكلي في صيف 2023 عند الأسماك صغيرة الطول ،حيث تراوحت التراكيز بين (2.301ppm _ 2.186).

بشكل عام، لوحظ انخفاض تراكيز الزئبق الكلي في فصل الصيف مع ازدياد الطول عند الأسماك الصغيرة والمتوسطة ، حيث تراوحت هذه التراكيز بين (2.301ppm _ 1.372) عند الأسماك الصغيرة و(1.547ppm _ 1.372) في الأسماك ذات الأطوال المتوسطة، بالإضافة الى ذلك لوحظ ازدياد التراكيز في فصل الربيع مقارنة مع الصيف ،حيث يرتبط التباين الموسمي بتراكيز الزئبق في الأسماك بعوامل بيئية وفيزيولوجية مثل درجات الحرارة ومعدلات المثيلة التي تحدث ضمن الوسط الذي توجد فيه الأسماك، هذا بالإضافة الى التحولات الغذائية واختلافات هذه التراكيز من سمكة الى أخرى والتركيب التقريبي للأنسجة العضلية للأسماك، علماً أن تراكيز الزئبق المرتفعة في أواخر الربيع والصيف قد تكون مرتبطة بارتفاع درجات حرارة المياه وانخفاض مستويات الأوكسجين المذاب الذي قد يعزز الإنتاج الميكروبي للزئبق العضوي وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Weis P *et al.*, 1986)، يمكن تفسير نتائج هذه الدراسة في كون أن تراكيز الزئبق كانت مرتفعة في الربيع مقارنة مع فصل الصيف على الرغم من أن درجات الحرارة عادة ما تكون أكثر دفئاً في فصل الصيف الى أنه ليست بالضرورة أن تكون درجة حرارة المياه هي المسبب الرئيس للاختلافات الموسمية لتحديد تراكيز الزئبق في الأسماك، بل التحولات الغذائية أو الاختلافات الموسمية يمكن أن تؤثر على هذه التراكيز وهذا يتفق مع دراسة (Schofield CL *et al.*, 1994).

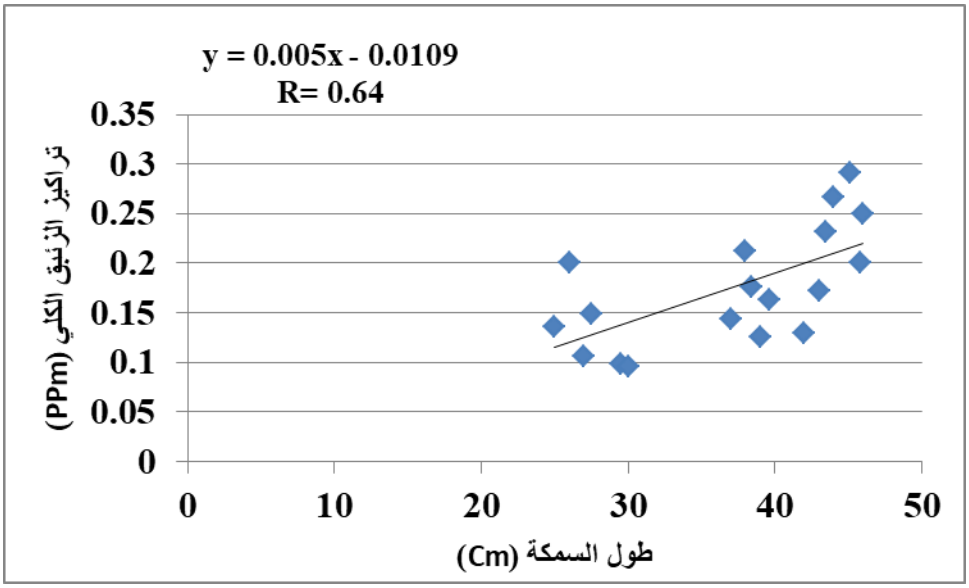
حيث تراوحت التراكيز بين (2.101ppm _ 2.038) وهذا متوافق مع العديد من الدراسات والتي بينت مدى تراكم العناصر المعدنية الثقيلة بشكل عام في كبد الأسماك وتراكيز الزئبق الكلي بشكل خاص. (Erdoğan *et al.*, 2021).



الشكل(5): تراكيز الزئبق الكلي في كبد أسماك البلميدا المبرومة خلال فصلي ربيع وصيف 2023

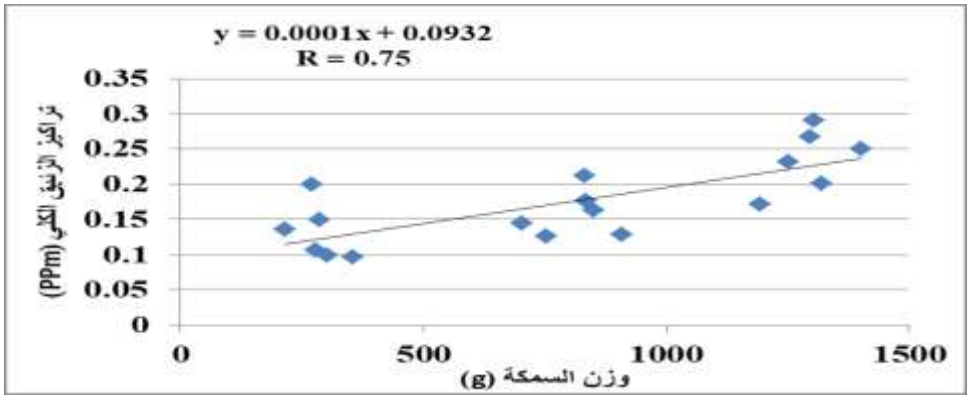
2. العلاقة بين تراكيز الزئبق الكلي في عضلات البلميدا المبرومة *(Auxis rochei)*و كل من الطول والوزن:

لوحظ وجود علاقة ارتباط طردية متوسطة بين طول الأسماك المدروسة وتراكيز الزئبق الكلي (R = 0.64) في فصلي الدراسة كما هو موضح في الشكل (6)، ويمكن أن يعزى ذلك إلى الاختلافات الفصلية لمعدلات طول الأسماك وتغير العوامل الهيدروكيميائية للمياه من جهة، وإلى التغيرات الفصلية لتراكيز الزئبق من جهة أخرى وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Barbosa *et al*., 2011).



الشكل(6): العلاقة بين تراكيز الزئبق الكلي في عضلات أسماك البلميدا المبرومة وطول السمكة

أشارت النتائج الى أن قيمة معامل الارتباط بين تراكيز الزئبق الكلي مع أوزان أسماك البلميدا المبرومة كانت R=0.75 وهذا يدل على وجود علاقة ارتباط طردية قوية لتراكيز الزئبق في هذه الأسماك مع ازدياد احجامها (Dang F., 2012)، كما هو موضح في الشكل (7).



الشكل(7): العلاقة بين تراكيز الزئبق الكلي في عضلات أسماك البلميدا المبرومة ووزن السمكة

أي أنّه بازدياد طول ووزن السمكة يزداد تركيز الزئبق الكلي في عضلاتها، وبالتالي قد يزداد تركيز الزئبق الكلي عن الحدود المسموح بها عند الأسماك الكبيرة جداً، لذلك ننصح بتناول الأسماك ذات الطول والوزن المتوسط ضمن الحدود المسموح فيها (0.3 _ 0.4 mg/kg)، (Holden, 1973).

3. تقييم المخاطر على صحة الإنسان:

تبين من خلال تطبيق المعادلة الخاصة بتقييم المخاطر على صحة الإنسان الجدول(1) أنّ: حاصل الخطر المستهدف بلغ أعلى قيمة له في مناسل هذه الأسماك 1.468 في فصل الصيف و أدنى قيمة لها في عضلات هذه الأسماك في فصل الربيع 0.03070، وهذا يشير الى أن استهلاك عضلات هذا النوع من الأسماك لا يشكل خطراً صحياً شديداً على المستهلكين كون أن قيمة THQ كانت أقل من 1، علاوةً على ذلك واعتماداً على قيمة THQ في مناسل و كبد أسماك البلميدا، لوحظ أنّه من الممكن استهلاك هذه الأجزاء من العضلات دون أن يشكل ذلك خطراً صحياً على المستهلكين.

الجدول (1): متوسط معامل الخطر (THQ) لعنصر الزئبق التي تم تحليلها في عضلات و مناسل و كبد سمكة البلميدا المبرومة في فصلي الربيع والصيف

الفصل	عضلات	مناسل	كبد
الربيع	0.103 ± 0.029	1.127 ± 0.232	0.843 ± 0.194
الصيف	0.097 ± 0.035	1.457 ± 0.407	1.070 ± 0.166

الاستنتاجات والتوصيات:

- ✓ أظهرت النتائج تغيرات فصلية واضحة بتراكيز الزئبق الكلي في (عضلات ومناسل وكبد) أسماك البلميدا المبرومة المصطادة من شاطئ مدينة اللاذقية.
- ✓ لوحظ ارتفاع التراكيز الإجمالية في الكبد والمناسل مقارنة مع العضلات.
- ✓ بينت النتائج تغير التراكيز مع تغير المواصفات المورفولوجية للأسماك المدروسة.
- ✓ لوحظ وجود علاقة ارتباط طردية جيدة بين التراكيز الإجمالية للزئبق الكلي في عضلات الأسماك و أطوال وأوزان هذه الأسماك.
- ✓ إن معامل الخطر المستهدف THQ كان أقل من الحد المسموح به في عضلات هذه الأسماك خلال فصلي الصيف والربيع، بينما كان أكبر من الـ1 في مناسل وكبد هذه الأسماك.
- ✓ متابعة الدراسات والأبحاث العلمية لمعرفة تراكيز الزئبق الكلي في مختلف الأنواع السمكية وخاصة الاقتصادية والمرغوبة للاستهلاك.
- ✓ العمل على إنشاء قاعدة بيانات خاصة بتراكيز الزئبق في مختلف أنواع الأسماك.
- ✓ دراسة تأثير نمط تغذية الأسماك على تراكم الزئبق بشكل خاص وبقية العناصر المعدنية الأخرى بشكل عام.

References:

1. Agbugui MO, Abe GO. Heavy metals in fish: bioaccumulation and health. British Journal of Earth Sciences Research. 2022;10(1):47-66.

2. Al-Sulaiti MM, Soubra L, Al-Ghouti MA. The causes and effects of mercury and methylmercury contamination in the marine environment: A review. Current Pollution Reports. 2022 Sep;8(3):249-72.

3. Balami S, Sharma A, Karn R. Significance of nutritional value of fish for human health. Malaysian Journal of Halal Research. 2019;2(2):32-4.

4. Barbosa SC, Costa MF, Barletta M, Dantas DV, Kehrig HA, Malm O. Total mercury in the fish Trichiurus lepturus from a tropical estuary in relation to length, weight, and season. Neotropical Ichthyology. 2011;9:183-90.

5. Basu M. Impact of Mercury and Its Toxicity on Health and Environment: A General Perspective. InMercury Toxicity: Challenges and Solutions 2023 Nov 24 (pp. 95-139). Singapore: Springer Nature Singapore.

6. Dang F, Wang WX. Why mercury concentration increases with fish size? Biokinetic explanation. Environmental Pollution. 2012 Apr 1;163:192-8.

7. Erdoğan K, Kandemir Ş, Doğru MI, Doğru A, Şimşek I, Yılmaz S, Örün G, Altaş L, Yazıcıoğlu O, Korkmaz N, Örün I. The effects of seasonal heavy-metal pollution of Ladik Lake on pike fish (Esox lucius). Biological Rhythm Research. 2021 Jul 3;52(6):821-45.

8. Farmer TM, Wright RA, DeVries DR. Mercury concentration in two estuarine fish populations across a seasonal salinity gradient. Transactions of the American Fisheries Society. 2010 Nov 1;139(6):1896-912.

9. Food and Agriculture/World Health Organisation (FAO/WHO) (1972). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, cadmium and lead. WHO Technical Report Series No. 505. Geneva: WHO.

10. Foster EP, Drake DL, DiDomenico G. Seasonal changes and tissue distribution of mercury in largemouth bass (Micropterus salmoides) from Dorena Reservoir, Oregon. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2000 Jan;38:78-82.

11. Havelková M, Dušek L, Némethová D, Poleszczuk G, Svobodová Z. Comparison of mercury distribution between liver and musc-a biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities. Sensors. 2008 Jul 10;8(7):4095-109.

12. Holden AV. Mercury in fish and shellfish A review. International Journal of Food Science & Technology. 1973 Mar;8(1):1-25.

13. Keva O, Hayden B, Harrod C, Kahilainen KK. Total mercury concentrations in liver and muscle of European whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) in a subarctic lake-Assessing the factors driving year-round variation. Environmental Pollution. 2017 Dec 1;231:1518-28.

14. Kumar V, Umesh M, Shanmugam MK, Chakraborty P, Duhan L, Gummadi SN, Pasrija R, Jayaraj I, Dasarahally Huligowda LK. A retrospection on mercury contamination, bioaccumulation, and toxicity in diverse environments: current insights and future prospects. Sustainability. 2023 Sep 5;15(18):13292.

15. Mallongi A, Rauf AU, Astuti RD, Palutturi S, Ishak H. Ecological and human health implications of mercury contamination in the coastal water. Global Journal of Environmental Science and Management. 2023 Apr 1;9(2):261-74.

16. Nixon DE, Mussmann GV, Moyer TP. Inorganic, organic, and total mercury in blood and urine: cold vapor analysis with automated flow injection sample delivery. Journal of analytical toxicology. 1996 Jan 1;20(1):17-22.

17. Oken E, Choi AL, Karagas MR, Mariën K, Rheinberger CM, Schoeny R, Sunderland E, Korrick S. Which fish should I eat? Perspectives influencing fish consumption choices. Environmental health perspectives. 2012 Jun;120(6):790-8.
18. Parlak V. Classification of Pollution and Their Entry Rotues into Aquatic Ecosystems. InAquatic Toxicology in Freshwater: The Multiple Biomarker Approach 2024 Jun 27 (pp. 123-137). Cham: Springer Nature Switzerland.
19. Raldúa D, Díez S, Bayona JM, Barceló D. Mercury levels and liver pathology in feral fish living in the vicinity of a mercury cell chlor-alkali factory. Chemosphere. 2007 Jan 1;66(7):1217-25.
20. Schofield CL, Munson R, Holsapple J. The mercury cycle and fish in the Adirondack lakes. Environmental Science and Technology. 1994 Mar;28(3):136A-43A.
21. Sorrenti S, Baldini E, Pironi D, Lauro A, D'Orazi V, Tartaglia F, Tripodi D, Lori E, Gagliardi F, Praticò M, Illuminati G. Iodine: Its role in thyroid hormone biosynthesis and beyond. Nutrients. 2021 Dec 14;13(12):4469.
22. Tacon AG, Metian M. Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. Reviews in fisheries Science. 2013 Jan 1;21(1):22-38.
23. Uddin MR. The role of the digital economy in Bangladesh's economic development. Sustainable Technology and Entrepreneurship. 2024 Jan 1;3(1):100054.
24. Uddin S, Khanom S, Islam MR. Source and Distribution of Mercury in Environment—A Review. Mercury Toxicity Mitigation: Sustainable Nexus Approach. 2024 Feb 13:3-43.
25. University-Science. 2022 Jan 1;34(1):101653.
26. Ward SM, Neumann RM. Seasonal variations in concentrations of mercury in axial muscle tissue of largemouth bass. North American Journal of Fisheries Management. 1999 Feb 1;19(1):89-96.
27. Weis P, Weis JS, Bogden J. Effects of environmental factors on release of mercury from Berry's Creek (New Jersey) sediments and its uptake by killifish Fundulus heteroclitus. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. 1986 Jan 1;40(4):303-15.
28. Wu C, Maurer C, Wang Y, Xue S, Davis DL. Water pollution and human health in China. Environmental Health Perspectives. 1999 Apr;107(4):251-6.
29. Zaynab M, Al-Yahyai R, Ameen A, Sharif Y, Ali L, Fatima M, Khan KA, Li S. Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Saud.