مجلة ساحل المعرفة للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Sahel Almarifah Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن الاكاديمية الليبية فرع الساحل الغربي
المجلد الثاني–عدد خاص-S1
الصفحات (E-455 - E-449)

تقييم مستويات الزئبق في أسماك التونة الطازجة (Thunnus spp) المصطاده من ساحل مدينة طرابلس: دلالات على السلامة الغذائية والصحة العامة

مبروكة علي المرزوقي [1]، اسراء فاتح طريش[1]
هندسة وعلوم البيئة، كلية الطاقات المتجددة. تاجوراء، طرابلس، ليبيا،
treishesra@gmail.com

Assessment of Mercury Levels in Fresh Tuna (Thunnus spp.) Caught from the Coast of Tripoli: Implications for Food Safety and Public Health

Mabrouka Ali Al-Marzouqi[1], Esra Fateh Triesh[1]
[1.] Environmental Engineering and Science, College of Renewable Energy, Tajoura, Tripoli, Libya,
Email: treishesra@gmail.com

الملخص

تم في هذه الدراسة جمع 15 عيّنة من أسماك التونة ذات الزعانف الزرقاء من ثلاث مناطق بيع رئيسية في طرابلس: باب البحر، سوق الجمعة، وتاجوراء، بواقع خمس عينات من كل منطقة، بهدف تقييم مستويات الزئبق في الأسماك المتداولة. تم اختيار هذه المواقع لكونها مطلة على الساحل الليبي للبحر المتوسط ونشطة في تداول الأسماك الطازجة.

يُعد الزئبق عنصرًا سامًا يتراكم في الأنسجة العضلية للسمك بدرجات متفاوتة حسب النوع والعمر، ويشكل ميثيل الزئبق (CH_3Hg^+) أكثر أشكاله سمية وانتشارًا في البيئة المائية. تم تحديد تركيز الزئبق باستخدام جهاز Mercury Laboratory Analyzer LA254، وأظهرت النتائج تسجيل تراكيز مرتفعة تجاوزت الحدود المسموح بها حسب FAO/WHO/EU،حيث بلغ متوسط التركيز: المنطقة 1: 0.561، المنطقة 2: 1.212، والمنطقة 3: 3.148 جزء في المليون، مما يشير إلى وجود تلوث يستدعي المتابعة المستمرة، لذا توصي الدراسة بتفعيل نظام رصد وطني دوري لتقييم الملوثات المعدنية في الأحياء البحرية وتشديد الرقابة على مصادر التلوث الصناعي، مع ضرورة تحديث التشريعات الغذائية ورفع الكفاءة المختبرية لضمان سلامة المستهلك وفق المعايير الدولية.

الكلمات المفتاحية: الزئبق، التونة ذات الزعانف الزرقاء، التراكم الحيوي، سلامة الأغذية، الساحل الليبي.

Abstract

In this study, 15 samples of bluefin tuna were collected from three major fish markets in Tripoli: Bab Al-Bahr, Souq Al-Jum'a, and Tajoura, with five samples from each location, in order to assess mercury levels in the commonly consumed fish. These locations were selected due to their proximity to the Libyan coast of the Mediterranean Sea and their active role in the trade of fresh fish.

Mercury is a toxic element that accumulates in the muscle tissues of fish to varying degrees depending on species and age, with methylmercury (CH_3Hg^+) being the most toxic and widespread form in aquatic environments. Mercury concentrations were determined using the Mercury Laboratory Analyzer LA254, and the results showed elevated levels exceeding the permissible limits set by FAO, WHO, and the EU. The average concentrations recorded were: Area 1: 0.561 ppm, Area 2: 1.212 ppm, and Area 3: 3.148 ppm,

indicating a level of contamination that requires continuous monitoring, The study recommends implementing a periodic national monitoring system to assess metal pollutants in marine organisms and tightening control over industrial pollution sources, while emphasizing the need to update food regulations and enhance laboratory capabilities to ensure consumer safety in accordance with international standards.

Keywords: Mercury, Bluefin Tuna, Bioaccumulation, Food Safety, Libyan Coast

1 .المقدمة

الزئبق عنصر سام واسع الانتشار في البيئة، يشكل خطرًا على صحة الإنسان والحياة البرية. يوجد طبيعيًا في القشرة الأرضية غالبًا على هيئة كبريتيد الزئبق(HgS) ، وينطلق للغلاف الجوي بسبب الأنشطة البشرية مثل التعدين واحتراق الفحم، ثم يترسب في البحار والمحيطات.

يتواجد الزئبق في المياه البحرية على شكل غير عضوي وعضوي، حيث يتحول جزء منه بفعل البكتيريا إلى ميثيل الزئبق العضوي شديد السمية والمتراكم في السلسلة الغذائية، خاصة في المفترسات البحرية. يُعد استهلاك الأسماك المصدر الرئيس لتعرض الإنسان له، لذلك توصي الجهات الصحية بتقليل استهلاك الأسماك ذات التركيزات العالية، خصوصًا للنساء الحوامل والمرضعات.

أسماك التونة، وخاصة الزرقاء والصفراء الزعانف، من أكثر الأسماك استهلاكًا وقد تحتوي على مستويات مرتفعة من الزئبق بسبب كونها مفترسات عليا وقدرتها على الهجرة والغوص. التونة الزرقاء تهاجر من المحيط الأطلسي إلى البحر الأبيض المتوسط، وقد تعيش حتى 40 عامًا، مما يزيد تراكم الزئبق في أنسجتها.

حددت اللجنة المشتركة بين FAO/WHO الحد الأقصى للزئبق في الأسماك بـ 0.5 جزء في المليون، مع توصية 1 جزء في المليون لأسماك التونة نظرًا لتركيزها الأعلى .

بناءً على المعطيات السابقة، ونظرًا للأهمية الغذائية والاقتصادية لأسماك التونة في الساحل الليبي، تهدف هذه الدراسة إلى:

تقدير مستويات الزئبق الكلي في عضلات أسماك التونة ذات الزعانف الزرقاء المتداولة في الأسواق الرئيسية لمدينة طرابلس. ومقارنة النتائج المحصورة مع الحدود المسموح بها عالمياً وفقاً لمعايير منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية والاتحاد الأوروبي كذلك تقييم المخاطر المحتملة على الصحة العامة من خلال رصد تفاوت التراكيز بين مناطق البيع المختلفة على طول الساحل.

2 .الدراسات السابقة

تناولت الدراسات السابقة تلوث أسماك التونة بالزئبق من زوايا متعددة، شملت آليات التراكم، العوامل المؤثرة، والمقارنات الإقليمية. فعلى صعيد آليات التراكم والعوامل البيئية، أجرى Alouk & Rahmani دراسة في الجزائر لتقييم تلوث أربعة أنواع من الأسماك بالزئبق، حيث تم تحليل 135 عينة من ورقلة وقسنطينة باستخدام مطياف الامتصاص الذري. أظهرت النتائج أن معظم الأنواع كانت ضمن الحدود المسموح بها، بينما تجاوزت أسماك التونة الحد المسموح للزئبق. ، بينما أشار (Piras 2019) إلى أن تركيز الزئبق في الأنسجة العضلية يتأثر بموقع الصيد، حجم السمكة، والظروف البيئية المحيطة، محذراً من تجاوز الحد المسموح به 1ملجم/كجم

وفيما يتعلق بتركيز الزئبق في الأسماك، أجرى Llull وآخرون (2017) دراسة على 32 نوعًا من الأسماك الخالية من الدهون في جزر البليار بإسبانيا لقياس تركيز الزئبق في الأنسجة العضلية. وقد تراوحت القيم بين 0.05 و3.1 ملغم/كغم، حيث تجاوزت عدة عينات الحد المسموح به وفق التشريعات الأوروبية. وتم تحليل العينات باستخدام مطياف الامتصاص الذري بالبخار البارد و.ICP-MS

أما بخصوص المراقبة المسحية للأسواق، فقد كشفت دراسة Miedico وآخرون (2020) في جنوب إيطاليا عن تجاوز الزئبق للحدود المسموح بها في 11% من العينات (الطازجة والمعلبة). وفي السياق المحلي الليبي، قامت دراسة Ali وآخرون (2025) بتقييم أسواق طرابلس، حيث خلصت إلى أن معظم العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها، مع تسجيل تجاوزات محدودة في التونة المجمدة) بمتوسط 1.02 (mg/kg وعينة واحدة طازجة، مما يؤكد تباين مستويات التلوث بناءً على حالة المنتج (طازج، مجمد، معلب) ومصدره.

3 .مواد وطرق البحث:

تم جمع 15 عينة خلال يومي 24 و25 يونيو 2025 من ثلاث مناطق على ساحل البحر الأبيض المتوسط (باب البحر، سوق الجمعة، تاجوراء)، وتم تخزينها وتحليلها في المركز الليبي المتقدم للتحاليل الكيميائية بتاجوراء.

1.3 عملية الهضم الرطب:

تعتمد طريقة الهضم الرطب على استخدام مزيج من الأحماض القوية لتفكيك العينة وتحويل مكوناتها إلى صورة ذائبة ومناسبة لعملية القياس، وقد استخدمت هذه الطريقة في هذا البحث لضمان دقة النتائج التحليلية .

في هذه الطريقة تُضاف الأحماض المؤكسدة – مثل حمض النيتريك (HNO_3) وحمض الكبريتيك (H_2SO_4) إلى العينة، ثم تُسخّن داخل حمام مائي أو على سخان بدرجات حرارة مُتحكَّم بها لضمان تكسير المادة العضوية وإطلاق العناصر المعدنية في محلول صافٍ يمكن تحليله لاحقًا .

الشكل 1 حمام مائي للعينات

الشكل 2 ضبط العينات للقياس

تتميز طريقة الهضم الرطب بقدرتها العالية على تحليل العينات الغنية بالمواد العضوية، وسرعتها مقارنةً بالهضم الجاف، كما أنها تقلّل من فقدان العناصر المتطايرة أثناء عملية التحضير.

وبينما توجد عدة طرق للهضم، مثل الهضم الجاف الذي يعتمد على الحرق في درجات حرارة عالية، فإن هذا البحث اختار استخدام الهضم الرطب تحديدًا لأن جهاز قياس الزئبق المستخدم يتطلب أن تكون العينة في صورة محلول ناتج عن الهضم الرطب لضمان دقة القياس وحساسية الجهاز العالية في الكشف عن تراكيز الزئبق.

3.2 قياس تركيز عنصر الزئبق بواسطة جهاز Mercury Laboratory Analyzer 254

الشكل 3 جهازLA254

3.2.1 تسخين العينة لتحرير الزئبق

تُعرَّض العينة لعملية هضم كيميائي باستخدام أحماض قوية ثم تُسخَّن داخل حمام مائي أو جهاز هضم خاص، مما يؤدي إلى تفكيك المادة العضوية في الأنسجة السمكية وتحرير العناصر الثقيلة الموجودة فيها، ومن بينها الزئبق، ليصبح جاهزًا للقياس.

3.2.2 تحويل الزئبق إلى بخار وتمريره عبر خلية القياس

بعد الهضم، يتم تحويل الزئبق الموجود في العينة إلى الحالة البخارية داخل الجهاز، ثم يُسحب البخار ويمر عبر خلية القياس البصرية حيث تتم عملية القياس.

3.2.3 قياس الامتصاص الذري

داخل خلية القياس يُوجَّه ضوء بطول موجي يقارب nm253.7 ، وهو الطول الموجي الذي يمتصه الزئبق. يؤدي امتصاص الزئبق لجزء من الضوء إلى انخفاض شدته، ويقيس الجهاز هذا الانخفاض لتحديد كمية الزئبق في العينة باستخدام تقنية الامتصاص الذري.

3.2.4 مقارنة النتائج بالمنحنى المعياري

تُقارَن الإشارة الناتجة مع المنحنى المعياري الذي تم إعداده باستخدام محاليل زئبق معروفة التركيز، وبذلك يتم حساب التركيز الحقيقي للزئبق في العينة بدقة.

3.2.5 إظهار النتيجة

بعد إتمام عملية القياس والمقارنة، تظهر النتيجة النهائية مباشرة على شاشة الجهاز خلال دقائق، عادةً بوحدة ppm أوppb ، وهي الوحدات المستخدمة في تحليل العناصر في الأغذية.

4 .النتائج والمناقشة

يستعرض هذا الجزء نتائج الدراسة بعد إتمام جمع العينات وتحضيرها مخبريًا وقياس تركيز الزئبق باستخدام الأجهزة التحليلية المعتمدة. ويهدف إلى عرض البيانات بشكل منظم، مع توضيح الفروقات بين العينات والمناطق المدروسة، مدعومًا بالجداول والأشكال البيانية لتفسير النتائج وإبراز أهم الملاحظات العلمية.

4.1 تركيز عنصر الزئبق في عينات اسماك التونة الطازجة:

يشير (الجدول1) إلى النتائج النهائية لتركيز الزئبق بوحدة (ppm)، حيث أظهرت النتائج أن 78% من العينات تجاوزت الحدود المسموح بها وفق المعايير الدولية، إذ يبلغ الحد الأقصى 0.5 ppm حسب FAO/WHO و0.3 ppm وفق معايير الاتحاد الأوروبي.

(الجدول 1) يبين النتائج النهائية لتركيز الزئبق في عينات أسماك التونة

رقم العينة	مكان اخذ العينة	وزن السمكة	وحدة القياس ppm
1	باب البحر	180kg	0.343
2	باب البحر	45kg	0.812
3	باب البحر	35kg	0.357
4	باب البحر	205kg	0.469
5	باب البحر	475kg	0.644
6	سوق الجمعة	200kg	2.317
7	سوق الجمعة	50kg	0.293
8	سوق الجمعة	60kg	1.245
9	سوق الجمعة	137kg	0.966
10	سوق الجمعة	45kg	0.644
11	تاجوراء	265kg	3.448
12	تاجوراء	70kg	9.983
13	تاجوراء	145kg	0.439
14	تاجوراء	260kg	0.986
15	تاجوراء	45kg	1.481

تبين من مقارنة القيم المقاسة بالحدود المسموح بها أن تراكيز الزئبق في العينات تراوحت بين 0.293 ppm أدنى قيمة و9.983 ppmأعلى قيمة، وهي مستويات تفوق الحدود المسموح بها بشكل واضح، مما يدل على وجود تلوث في بعض العينات. وقد سُجلت أعلى قيمة في العينة رقم (12) تليها العينة رقم (11)، وكلاهما من نقطة البيع رقم (3) بمنطقة تاجوراء، مما قد يشير إلى مصدر تلوث مشترك في تلك المنطقة.

ويُعد الزئبق من أخطر العناصر الثقيلة السامة، إذ يمكن أن يتراكم في أنسجة الأسماك وينتقل عبر السلسلة الغذائية إلى الإنسان، وقد يسبب أضرارًا صحية خطيرة مثل الاضطرابات العصبية وتأثيرات على الكلى والجهاز المناعي، خاصة لدى الأطفال والحوامل. وتشير هذه النتائج إلى تلوث البيئة البحرية المحيطة، مما يؤكد أهمية مراقبة جودة الأسماك واتخاذ إجراءات للحد من مصادر التلوث وحماية المستهلك.

(الجدول 2) تحليل التباين الأحادي One-way ANOVA لتركيزات الزئبق

التساؤل	مصدر الفرق	مجموعة المربعات	متوسط المربعات	إحصاء الاختبار	P_Value	القرار
هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط تركيز عنصر الزئبق بأسماك التونة الطازجة يعزى لمكان أخذ العينة	منطقة اخذ العينة	18.100	9.050	1.893	0.193	لا توجد فروق معنوية
	الخطأ	57.385	4.782			
	المجموع	75.485				

من خلال (الجدول2) نلاحظ ان مستوى المعنوية المشاهد (p-value=0.193) أكبر من مستوى المعنوية المحدد 0.05 مما يدل على عدم وجود فروق ذات دلالة احصائية بين متوسط تركيز عنصر الزئبق بأسماك التونة الطازجة تعزى لمكان اخذ العينة.

توصلت هذه الدراسة إلى جملة من النتائج يمكن إيجازها فيما يلي:

1. لا توجد فروق ذات دلالة احصائية بين متوسط تركيز عنصر الزئبق بأسماك التونة الطازجة تعزى لمكان اخذ العينة.
2. لا توجد فروق بين ذات دلالة احصائية بين متوسط اوزان اسماك التونة الطازجة تعزى لمكان اخذ العينة.

التوصيات:

بناءً على النتائج التي خلصت إليها الدراسة، والارتفاع الملحوظ في مستويات الزئبق المرصودة، يوصى بالآتي:

1. برامج الرصد البيئي: تفعيل برنامج رصد وطني دوري وشامل لقياس مستويات المعادن الثقيلة، وعلى رأسها الزئبق، في الأنسجة العضلية للأنواع البحرية ذات القيمة الاقتصادية العالية لضمان مطابقتها للمعايير الدولية.
2. الإدارة المتكاملة للمخلفات: تشديد الرقابة البيئية على مصادر التلوث البرية والبحرية، وفرض بروتوكولات صارمة لمعالجة المخلفات الصناعية قبل تصريفها في البيئة البحرية للحد من ظاهرة التراكم الحيوي.
3. رفع الكفاءة المختبرية: دعم وتطوير المختبرات المرجعية المحلية وتزويدها بأحدث تقنيات التحليل الطيفي (مثل جهاز LA254 المستخدم) لضمان دقة النتائج وسرعة الاستجابة الرقابية.
4. تفعيل التشريعات الرقابية: إلزام أسواق الجملة ونقاط البيع الرئيسية (مثل باب البحر وتاجوراء) بإجراء فحوصات مخبرية عشوائية دورية، وربط تداول الأسماك الكبيرة بشهادات سلامة صحية معتمدة.
5. التوعية الغذائية القائمة على المخاطر: إعداد أدلة استرشاديه للمستهلكين توضح الحصص الغذائية الآمنة من الأسماك المفترسة (مثل التونة ذات الزعانف الزرقاء)، مع التركيز على الفئات الأكثر عرضة للمخاطر مثل الأطفال والنساء الحوامل.

6. دعم البحث العلمي المتعدد التخصصات: تشجيع الدراسات المستقبلية التي تدرس العلاقة بين عمر وحجم الأسماك ومعدلات تركيز ميثيل الزئبق، وتوسيع نطاق المسح الجغرافي ليشمل مناطق أخرى على الساحل الليبي.

7. التعاون المؤسسي: بناء قاعدة بيانات وطنية موحدة بين وزارات البيئة والصحة والثروة البحرية لتبادل المعلومات حول الملوثات الكيميائية، مما يسهل اتخاذ قرارات مبنية على أسس علمية.

8. حوكمة سلاسل الإمداد: تطوير بروتوكولات لنقل وتخزين الأسماك تضمن تتبع مصادر الصيد، وتجنب المنتجات القادمة من بؤر تلوث معروفة أو غير خاضعة للرقابة.

المراجع:

أشرف أحمد العتيب. (2024). كفاءة الاختبار المعلمي تحليل التباين الأحادي للقياسات المتكررة وبديله اللامعلمي اختبار فريدمان. Umm Al-Qura University Journal of Educational & Psychological Sciences, 16.(1)

Ali, F., Abed El Aziz, M., & Elshibani, E. (2025). Determination of mercury concentrations in canned, fresh and frozen tuna in Tripoli markets in Libya and assessment of its risks to consumer health. Al-Riyadah Journal for Researches and Scientific Activities, 11, 89–95.

Al_Kazaghly, R. F., Altunsi, H. O., Ighwela, K. A., Shukshuk, A. H., & Howas, M. M. (2025). Comparative study on the accumulation "Euthynnus alletteratus" and "Sardinella aurita" in the coastal waters in Zliten, Libya. Journal of Basic Sciences, 38(1), 39–49.

Alouk, L., & Rahmani, F. M. (2022). Evaluation de la contamination mercurielle de quatre types de poissons commercialisés en Algérie et estimation du risque lié à l'ingestion (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah - Ouargla).

Kraepiel, A. M. L., Keller, K., Chin, H. B., Malcolm, E. G., & Morel, F. M. M. (2003). Sources and variations of mercury in tuna. Environmental Science & Technology, 37, 5551–5558.

Llull, R. M., Gari, M., Canals, M., Rey-Maquieira, T., & Grimalt, J. O. (2017). Mercury concentrations in lean fish from the western Mediterranean Sea: Dietary exposure and risk assessment in the population of the Balearic Islands. Environmental Research, 158, 16–23.

Miedico, O., Pompa, C., Moscatelli, S., Chiappinelli, A., Corosielli, L., & Chiaravalle, A. E. (2020). Lead, cadmium and mercury in canned and unprocessed tuna: Six-years monitoring survey, comparison with previous studies and recommended tolerable limits. Journal of Food Composition and Analysis, 94, 103638.

Piras, P., Assaretti, A., Fiori, G., Sanna, A., & Chessa, G. (2019). A case study on the development of representative sampling procedure to determine mercury levels in a lot of tuna caught by static trap. Italian Journal of Food Safety, 8(4), 8165.