Libyan Journal of Medical and Applied Sciences LJMAS
Online ISSN: 3006-1113
Volume 3, Issue 4, 2025, Page No: 17-25
Website: https://ljmas.com/index.php/journal/index

Evaluation of Element Concentrations in Selected Economic Marine Fish Species in Tripoli, Libya

Randa Taher El beshti [1*], Ali Abdussayed Ali Ghania [2], Housam Taher Elbeshti [3], Magda Saleh Elwalid [4]
[1,4] Aquaculture department, Agriculture Faculty, Tripoli University, Tripoli, Libya
[2] Food and Drug Control Center, Tripoli, Libya
[3] Ministry of Marine Resources, Tripoli, Libya
[*]Corresponding author: rndtalbshty@gmail.com

Received: August 02, 2025 Accepted: September 28, 2025 Published: October 03, 2025

Abstract:
This study aims to assess the concentrations of heavy metals—iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), and lead (Pb)—in six economically significant marine fish species: *Sardinella aurita* (sardine), *Sphyraena sphyraena* (barracuda), *Epinephelus costae* (dusky grouper), *Pagellus erythrinus* (common pandora), *Scomber japonicus* (chub mackerel), and *Oblada melanura* (saddled seabream). A total of 18 specimens from each species were obtained from local fishermen at the Tripoli fish market. The average lengths and weights were as follows: sardine (19.22 cm, 60.17 g), barracuda (32.35 cm, 122.5 g), dusky grouper (25.02 cm, 190.17 g), common pandora (20.55 cm, 119.5 g), chub mackerel (24.35 cm, 139.17 g), and addled seabream (20.5 cm, 181.67 g). Heavy metal concentrations were measured using Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS). Results indicated that all detected concentrations were within internationally accepted safety limits, as defined by WHO, FAO, and EU standards. Among the studied metals, iron exhibited the highest concentration across all species, followed by zinc. The highest iron levels were recorded in Pagellus erythrinus, followed by Sardinella aurita, Oblada melanura, Scomber japonicus, Sphyraena sphyraena, and the lowest in Epinephelus costae. Similarly, Pagellus erythrinus showed the highest copper concentration, followed by *Sardinella aurita*, *Oblada melanura*, *Scomber japonicus*, *Sphyraena sphyraena*, and *Epinephelus costae*. Lead concentrations were highest in *Sardinella aurita*, followed by *Epinephelus costae*, *Pagellus erythrinus*, *Oblada melanura, Scomber japonicus*, and lowest in *Sphyraena sphyraena.* These findings confirm the safety of the studied fish species for human consumption and provide a valuable reference for environmental monitoring and public health risk assessment in the region.

Keywords: Heavy Metals, Fish Species, Aquatic Pollution, Chemical Composition, Food Safety.

تقييم تراكيز العناصر الثقيلة في أنواع مختارة من الأسماك البحرية الاقتصادية بمدينة طرابلس، ليبيا

رندة الطاهر البشتي[1*]، علي عبد السيد غنية[2]، حسام الطاهر البشتي [3]، ماجدة صالح الوليد [4]
[1،4] قسم الاستزراع المائي، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا
[2]مركز الرقابة على الأغذية والأدوية، طرابلس، ليبيا
[3]وزارة الثروة البحرية، طرابلس، ليبيا

الملخص
تهدف هذه الدراسة إلى **تقييم تراكيز المعادن الثقيلة** -الحديد(Fe) ، الزنك(Zn) ، النحاس(Cu) ، والرصاص - (Pb) في ستة أنواع من الأسماك البحرية ذات الأهمية الاقتصادية، وهي: السردين، المغزل، الدوت، المرجان، الكوالي، والكحلة. تم الحصول على ما مجموعه 18 عينة من كل نوع من الصيادين المحليين في سوق طرابلس للأسماك. وكانت متوسطات الأطوال والأوزان كما يلي: (السردين 19.22) سم، 60.17غم،) المغزل 32.35) سم، 122.5غ، (الدوت 25.02) سم، 190.17غم، (المرجان 20.55)سم، 119.5غ، (الكوالي 24.35) سم، 139.17غم، (الكحلة 20.5) سم، 181.67غم. تم قياس تراكيز المعادن الثقيلة باستخدام **مطياف الامتصاص الذري باللهب** .(FAAS)أشارت النتائج إلى أن جميع التراكيز المكتشفة كانت **ضمن حدود السلامة المقبولة دولياً**، كما حددتها معايير منظمة الصحة العالمية(WHO) ، منظمة الأغذية والزراعة(FAO) ، والاتحاد الأوروبي.(EU)

من بين المعادن التي تم دراستها، أظهر **الحديد أعلى تركيز** في جميع الأنواع، يليه الزنك. تم تسجيل أعلى مستويات الحديد في سمكة **المرجان**، تليها السردين، ثم الكحلة، فالكوالليي، ثم المغزل، وأدناها في الدوت. وبالمثل، أظهرت سمكة **المرجان** أعلى تركيز للنحاس، تليها السردين، ثم الكحلة، فالكوالليي، ثم المغزل، والدوت. أما تراكيز الرصاص، فكانت الأعلى في سمكة **السردين**، تليها الدوت، ثم المرجان، فالكحلة، ثم الكوالليي، وأدناها في المغزل.
تؤكد هذه النتائج على **سلامة أنواع الأسماك المدروسة للاستهلاك البشري** وتوفر مرجعاً قيماً للرصد البيئي وتقييم مخاطر الصحة العامة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، أنواع الأسماك، التلوث المائي، التركيب الكيميائي، سلامة الأغذية.

مقدمة

يُعد التلوث البيئي الذي طال مختلف الأنظمة البيئية، ولا سيما النظم المائية، من أبرز التحديات التي نتجت عن الأنشطة البشرية غير المستدامة خلال العقود الأخيرة من القرن العشرين. فقد ظلت البيئة المائية أكثر عرضة للتلوث المباشر مقارنةً بغيرها، الأمر الذي انعكس سلبًا على الكائنات الحية المائية، وخصوصًا الأسماك التي لطالما شكّلت مصدرًا غذائيًا واقتصاديًا بالغ الأهمية للإنسان منذ القدم. (1) ومن بين الملوثات البيئية ذات التأثير البالغ على الحياة على سطح الأرض، تبرز العناصر الثقيلة بوصفها من أخطر الملوثات، نظرًا لخواصها الفيزيائية والكيميائية التي تمنحها قدرة تراكمية عالية داخل السلاسل الغذائية، وهي عناصر أساسية وغير أساسية ذات وزن ذري مرتفع وكثافة تفوق كثافة الماء، وتتميز بتكوينها لمركبات مع اللافلزات دون أن تتفاعل فيما بينها، كما تُنتج أكاسيد ذات طابع قاعدي (2). لذا، فإن دراسة تركيزات هذه العناصر في المياه يُعد أمرًا بالغ الأهمية، لما له من انعكاسات مباشرة على الصحة العامة وسلامة الغذاء (3). وتُعد العناصر الثقيلة مثل الرصاص(Pb) ، والنحاس(Cu) ، والزنك(Zn) ، من أبرز الملوثات البيئية التي يمكن أن تتراكم في الأنسجة الحيوية للأسماك، نتيجة تعرضها المستمر لمصادر التلوث الصناعي، والزراعي، والبحري، مما يثير القلق بشأن انتقال هذه العناصر إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية (4) تنتقل العناصر الثقيلة إلى أجسام الأسماك عبر آليات متعددة، أبرزها الامتصاص المباشر من خلال الجلد والخياشيم عند تعرضها للمياه الملوثة، بالإضافة إلى انتقالها عبر السلسلة الغذائية من خلال تناول الكائنات الدقيقة أو الرواسب الغنية بهذه المعادن (5) (6) (7) إن استهلاك الأسماك الملوثة بهذه المعادن يُشكل تهديدًا مباشرًا لصحة الإنسان، خاصةً عندما تتجاوز تراكيزها الحدود المسموح بها وفقًا للمعايير الدولية. وعلى الرغم من أن بعض هذه العناصر، مثل الحديد والزنك والنحاس تُعد ضرورية للوظائف الحيوية في الجسم عند وجودها بكميات ضئيلة، إلا أن تجاوز مستوياتها المثلى قد يؤدي إلى آثار سُمّية خطيرة (8). يلعب الحديد دورًا محوريًا في تكوين الهيموجلوبين والميوجلوبين، ويُعزز مناعة الأسماك، كما يساهم في تركيب مجموعات الحديد-كبريت التي تشارك في عمليات تخليق الحمض النووي(9) أما الزنك فيُحفّز النمو من خلال تنشيط أكثر من 300 إنزيم مرتبط بعمليات التمثيل الغذائي، ويُعزز المناعة، كما يُحسّن من بنية الأمعاء الدقيقة، مما يرفع من كفاءة امتصاص المغذيات.(10) ويُعد النحاس عنصرًا داعمًا لنمو الأسماك، إذ يُسهم في تكوين الإنزيمات المحفزة للنمو والمناعة، كما يُساعد على امتصاص عنصري الحديد والزنك .(11) (12) يُعد الرصاص من العناصر السامة التي لا تؤدي أي وظيفة بيولوجية مفيدة في الكائنات الحية، ويُشكل تراكمه في أنسجة الأسماك خطرًا صحيًا كبيرًا على الإنسان، خاصةً عند استهلاك هذه الأسماك بشكل متكرر(13) (14) وتُظهر الدراسات أن تجاوز تراكيز العناصر الثقيلة للحدود المسموح بها دوليًا يؤدي إلى اضطرابات عصبية وسلوكية في الأسماك، تشمل فقدان التوازن، والسباحة غير المنتظمة، وفقر الدم، وتلف الخياشيم، وضعف الاستجابة المناعية، والتهاب الكبد، واختلال التوازن الأيوني بالإضافة الى تشوهات خلقية في الاجنة .(6) (15) (16) وقد أشارت العديد من الدراسات إلى إمكانية استخدام الأسماك البحرية وأسماك المياه العذبة كمؤشرات حيوية فعالة لرصد مستويات التلوث بالعناصر الثقيلة في البيئة المائية، مما يُسهم في فهم التأثيرات البيولوجية المحتملة لهذه الملوثات على النظم البيئية(17)، وفي هذا السياق، تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد تراكيز أربعة عناصر ثقيلة رئيسية—الحديد، الزنك، النحاس، والرصاص—في ستة أنواع من الأسماك المحلية الأكثر استهلاكًا من قبل سكان مدينة طرابلس، وهي: السردين، المرجان، الكوالليي، الدوث، الكحلة، والمغزل. كما تسعى الدراسة إلى مقارنة هذه التراكيز بالحدود المسموح بها وفقًا للمعايير الدولية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO) ومنظمة الأغذية والزراعة(FAO) ، وذلك لضمان سلامة الغذاء وحماية المستهلكين من المخاطر الصحية المحتملة.

طرق العمل

تم اخذ 18 سمكة من كل نوع من أنواع الأسماك الستة المدروسة من سوق الحوت – باب البحر في شهر يونيو لسنة 2025 ، ونقلت العينات المجمعة في حافظة مبردة إلى معمل الأسماك بقسم الزراعات المائية –كلية الزراعة – جامعة طرابلس، وتم ترتيبها على لوحة الترقيم وإعطاء كل سمكة رقم تسلسل خاص بها، تم اخذ الطول الكلي باستخدام المسطرة لأقرب 0.1 سم، والوزن الكلي لاقرب 0.1 جرام باستخدام ميزان حساس نوع Sartorius Bp 1500، ثم فرم عينات كل نوع على حدة واستخدمت طريقة AOAC 2016, Official method 999:10 لتقدير تراكم المعادن الثقيلة في عضلات الأسماك المدروسة باستخدام الامتصاص الذري باللهب (FAAS).

التحاليل الإحصائية:

تم تحليل البيانات باستخدام اختبار التباين الأحادي(ONE WAY ANOVA) لتقييم الفروق في تباين تراكيز الحديد، الزنك، النحاس والرصاص بين ستة أنواع من الأسماك باستخدام ثلاث مكررات مستقلة لكل نوع، واختبارها عند مستوى الدلالة (P=0.05) واختبار Tukey-HSD للمقارنات البعدية واجريت التحاليل باستخدام برنامج. SPSS.

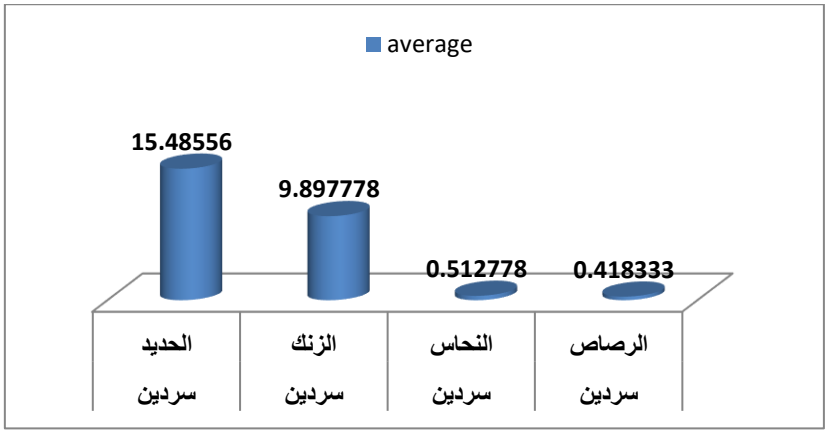
النتائج

أظهرت النتائج المستخلصة من الجدول (1) والأشكال البيانية (1–6)، والتي توضح تراكيز العناصر الثقيلة المستهدفة في الأنواع الستة من الأسماك المحلية، أن عنصر الحديد سجل أعلى تركيز بين جميع العناصر المدروسة، يليه الزنك، ثم النحاس، ثم الرصاص في جميع أنواع الأسماك المدروسة، وقد بيّنت التحليلات أن جميع تراكيز العناصر الثقيلة المقاسة في جميع أنواع الأسماك المدروسة كانت أقل من الحدود المسموح بها دوليًا، وفقًا للمعايير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية(WHO) ، ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) وتنظيم المفوضية الأوروبية رقم (Commission 915/2023) ويُعد هذا المؤشر إيجابيًا من حيث سلامة الغذاء البحري في المنطقة، ويُعزز من أهمية المراقبة المستمرة لضمان عدم تجاوز هذه الحدود مستقبلًا.

جدول 1. يبين متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة وانحرافاتها المعيارية

السمكة	x̄ حديد	SD حديد	زنكx̄	زنكSD	x̄ نحاس	SD نحاس	x̄ رصاص	SD رصاص
السردين	15.48556	0.208163	9.897778	0.147869	0.512778	0.191398	0.418333	**0.079945**
المغزل	12.80889	0.231234	8.474444	0.204342	0.362222	0.063483	0.106667	**0.01645**
الدوت	11.70333	0.124523	7.872778	0.079469	0.291667	0.008575	0.149667	**0.199811**
المرجان	18.43833	0.213824	10.25	0.1153	0.552778	0.047503	0.121667	**0.014653**
الكواللي	14.14889	0.140457	8.893333	0.120587	0.453889	0.037438	0.111111	**0.012783**
الكحلة	**14.295**	**0.108641**	**9.140556**	**0.079073**	**0.463889**	**0.026819**	**0.11555**	**0.014642**

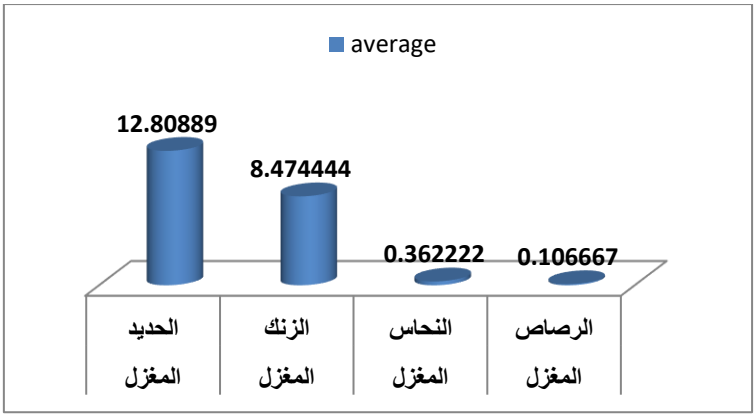
يقدم هذا الشكل البياني (1) مقارنة بين متوسط تراكيز أربعة معادن ثقيلة في سمك السردين، ويوضح بشكل لا لبس فيه أن **الحديد** هو المعدن الأكثر تراكمًا على الإطلاق في هذه السمكة، يليه **الزنك** بفارق واضح. في المقابل، تظهر تراكيز كل من **النحاس** و**الرصاص** بمستويات منخفضة جداً على الجانب الأيمن من الشكل.



شكل 1. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك السردين.

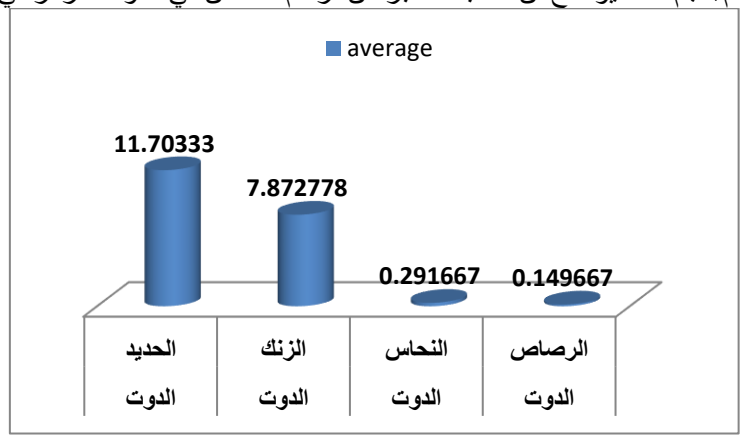
يوضح الشكل (2) مقارنة واضحة بين متوسطات تراكيز **الحديد**، و**الزنك**، و**النحاس**، و**الرصاص** (بوحدة ملغم/كجم) في سمكة العقام (المغزل).

كما يظهر بوضوح، يسجل **الحديد** (Fe)أعلى تركيز بشكل كبير(12.80889) ، يليه **الزنك** (8.474444) (Zn)كثاني أعلى معدن. بينما تظهر تراكيز **النحاس** (Cu) و**الرصاص** (Pb) منخفضة جداً على التوالي، مما يؤكد أن التركز الأكبر للعناصر في هذا النوع يتجه نحو الحديد والزنك.



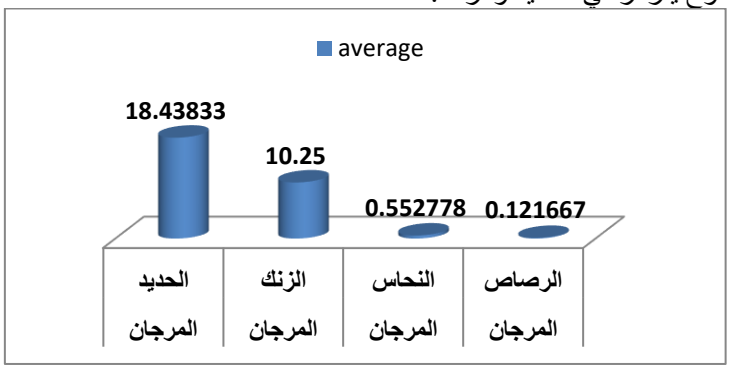
شكل 2. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك المغزل.

كما يوضح الشكل (3) مقارنة مباشرة بين متوسط تراكيز **الحديد**، و**الزنك**، و**النحاس**، و**الرصاص** (بوحدة ملغم/كجم) في سمكة الدوث حيث يُظهر الشكل بوضوح أن **الحديد** (Fe)هو المعدن الأعلى تركيزًا(11.70333) ، يليه **الزنك** (Zn) (7.872778)كثاني أعلى معدن. وعلى النقيض، فإن تراكيز **النحاس** (Cu) و**الرصاص** (Pb) منخفضة للغاية، حيث تسجل أقل من نصف ملغم/كجم، مما يوضح أن النسبة الأكبر من تراكم المعادن في الدوث تتركز في الحديد والزنك.



شكل 3. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك الدوث.

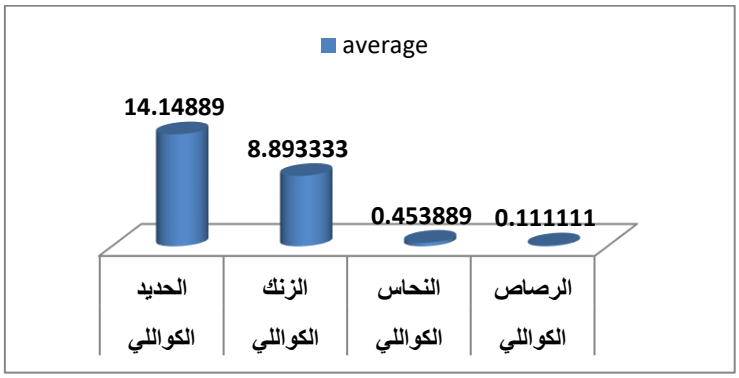
الشكل (4) يوضح مقارنة مباشرة بين متوسط تراكيز **الحديد**، و**الزنك**، و**النحاس**، و**الرصاص** (بوحدة ملغم/كجم) في سمكة المرجان، كما يظهر في الأعمدة، يسجل **الحديد** (Fe)أعلى تركيز بشكل كبير(18.43833) ، وهو أعلى تركيز للحديد سُجل بين جميع أنواع الأسماك التي تمت مناقشتها حتى الآن. يليه **الزنك** (10.25) (Zn)كثاني أعلى معدن. وعلى النقيض، تظهر تراكيز كل من **النحاس** (Cu) و**الرصاص** (Pb) منخفضة جداً، مما يؤكد أن الجزء الأكبر من تراكم المعادن الأساسية وغير الأساسية في هذا النوع يتركز في الحديد والزنك.



شكل 4. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك المرجان.

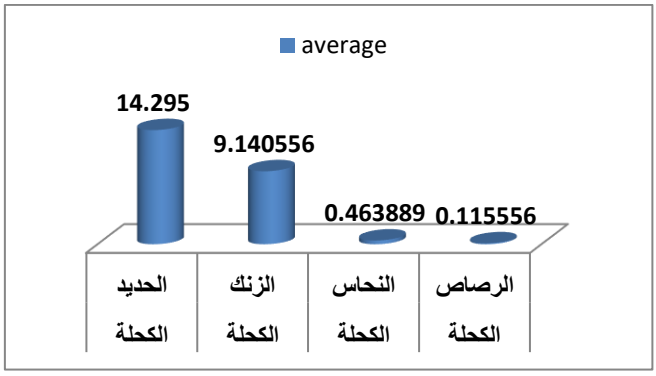
وفي هذا الشكل (5) مقارنة مباشرة بين متوسط تراكيز **الحديد**، و**الزنك**، و**النحاس**، و**الرصاص** (بوحدة ملغم/كجم) في سمكة (الكوالي)، حيث يُظهر الشكل (5) بوضوح أن **الحديد** (Fe)هو المعدن الأعلى تركيزاً(14.14889) ، يليه **الزنك** (Zn) (8.893333)كثاني أعلى معدن. وعلى النقيض، تظهر تراكيز كل من **النحاس** (Cu) و**الرصاص** (Pb) منخفضة جداً

(أقل من نصف ملغم/كجم لكل منهما)، مما يؤكد الاتجاه العام في جميع الأسماك وهو أن التراكم الأكبر للمعادن يتركز في الحديد والزنك.



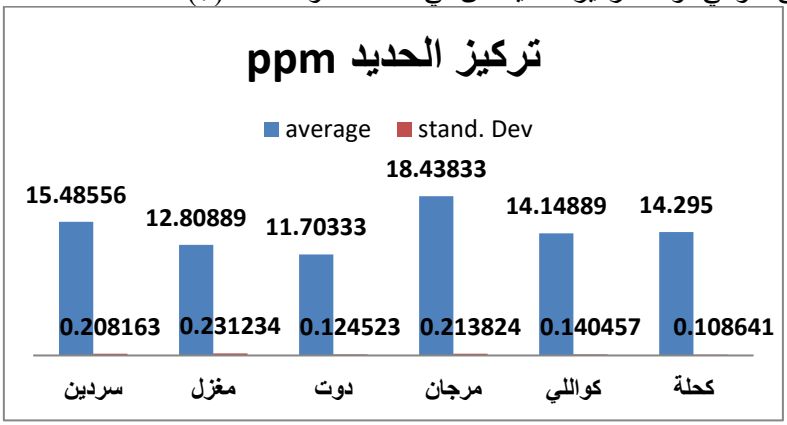
شكل 5. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك الكوالي.

يؤكد الشكل (6) الاتجاه السائد في جميع أنواع الأسماك: حيث يسجل **الحديد** (Fe) أعلى تركيز بشكل واضح(14.295) ، يليه **الزنك** (9.140556) (Zn) كثاني أعلى معدن. وعلى الطرف الآخر، تظهر تراكيز كل من **النحاس** (Cu) و**الرصاص** (Pb)منخفضة جداً (أقل من نصف ملغم/كجم)، مما يؤكد أن التركيز الأكبر للمعادن يقتصر على الحديد والزنك في سمك الكحلة.



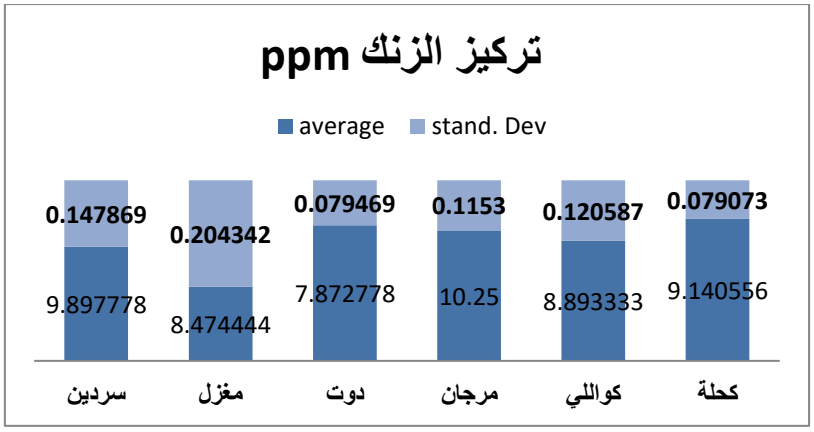
شكل 6. متوسطات تركيزات المعادن الثقيلة في سمك الكحلة

ومن خلال المقارنة بين أنواع الأسماك المدروسة، وجد بأن أعلى تركيز للحديد كان في أسماك المرجان، السردين، الكحلة، الكوالي، المغزل على التوالي، واقل تركيز للحديد كان في أسماك الدوث شكل (7).



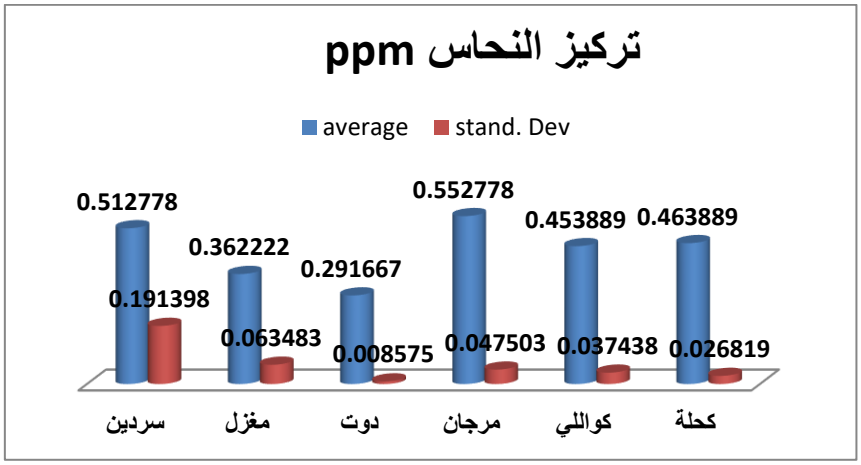
شكل 7. المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدن الحديد في الاسماك المدروسة.

بينما أعلى تركيز لعنصر الزنك في أسماك المرجان، السردين يليه الكحلة ثم الكوالي فالمغزل، واقل تركيز للزنك كان في أسماك الدوث شكل (8).



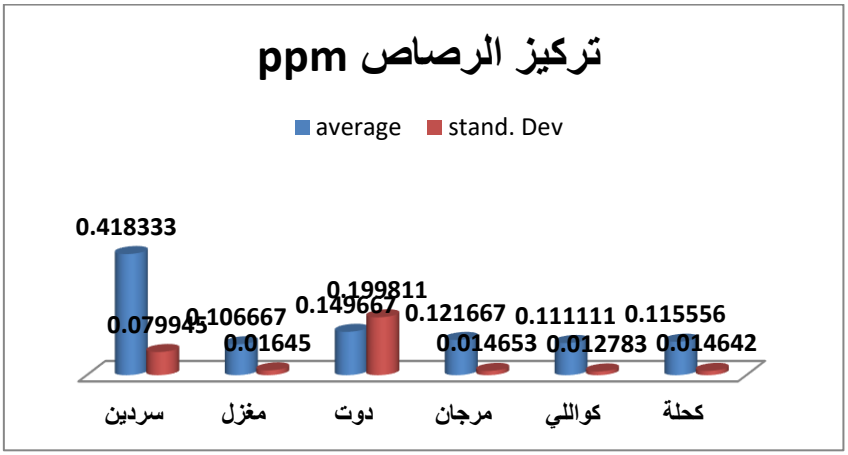
شكل 8. المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدن الزنك في الاسماك المدروسة.

أظهرت النتائج الموضحة في الشكل (9) أن أعلى تركيز لعنصر النحاس سُجل في سمك المرجان، يليه السردين، ثم الكحلة، فالكواللي، فالمغزل، في حين كان أقل تركيز لهذا العنصر في سمك الدوث. ويُشير هذا التفاوت إلى اختلاف مستويات التراكم الحيوي للنحاس بين الأنواع السمكية المدروسة، مما قد يرتبط بعوامل بيئية وسلوكية خاصة بكل نوع، مثل نمط التغذية وموقع التواجد الجغرافي.



شكل 9. المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدن النحاس في الاسماك المدروسة

أما فيما يتعلق بعنصر الرصاص، فقد بيّنت البيانات الواردة في الشكل (10) أن أعلى تركيز سُجل في سمك السردين، يليه الدوث، ثم المرجان، فالكحلة، فالكواللي، بينما كان أقل تركيز لهذا العنصر في سمك المغزل. ويُعكس هذا التوزيع التراكمي تفاوتًا في مدى تعرض الأنواع المختلفة لمصادر التلوث، سواء من خلال المياه أو الغذاء، مما يُبرز أهمية دراسة الخصائص البيئية والبيولوجية لكل نوع لتفسير هذه الفروقات.



شكل 10. المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدن الرصاص في الاسماك المدروسة

واظهرت نتائج استخدام تحليل التباين الأحادي وجود فروق معنوية واضحة في تراكيز جميع المعادن المدروسة بين الأنواع، واظهر اختبار توكي ان المرجان احتوى على تركيز من الحديد والزنك والنحاس مقارنة ببقية الأنواع، بينما تميز السردين بتركيز مرتفع ومعنوي من الرصاص مقارنة ببقية الأنواع الأخرى، في المقابل أظهرت اسماك الدوث والمغزل اقل تراكم للمعادن الثقيلة.

المناقشة

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع ما ورد في دراسة إبراهيم وآخرين (2020) (18)، التي أُجريت على أربعة أنواع من الأسماك جُمعت من مدينتي طرابلس ومصراتة، حيث أكدت أن تراكيز عنصري الرصاص والنحاس في عضلات أسماك التريليا، المرجان، والشكورفو كانت ضمن الحدود المسموح بها دوليًا، مما يُشير إلى سلامة هذه الأنواع للاستهلاك البشري. كما تتماشى هذه النتائج مع دراسة Hwedi *et al*., (2014) (19)، التي أُجريت على ساحل مدينة زليتن في ليبيا، واستهدفت قياس تراكيز النحاس والزنك والرصاص في أسماك المرجان. وقد بيّنت الدراسة أن مستويات هذه العناصر كانت ضمن الحدود الآمنة للاستهلاك وفقًا للمعايير الدولية، مع ملاحظة أن تراكم المعادن كان أعلى في الكبد مقارنةً بالعضلات. وتدعم هذه النتائج أيضًا ما ورد في دراسة أُجريت على أسماك المرجان والكواللي في خليج الإسكندريون بتركيا، حيث أظهرت البيانات أن تراكيز العناصر الثقيلة كانت أقل من الحدود المسموح بها للاستهلاك الآدمي، مما يُشير إلى أن الأسماك في تلك المناطق تُعد آمنة غذائيًا. .Aktan, N., & Tekin-Özan, S. (2012) (20) كذلك في نفس المنطقة اجريت دراسة أخرى استهدف بها Çiçek *et al*., (2008) (21) أسماك المرجان والتريليا، حيث بلغ تركيز الحديد في المرجان 46.63 ملغم/كجم، والزنك 20.73 ملغم/كجم، والنحاس 2.50 ملغم/كجم، وجميعها ضمن الحدود المسموح بها دوليًا.

وتتفق نتائج هذه الدراسة أيضًا مع ما ورد في دراسة أُجريت في سلطنة عمان، والتي شملت عشرة أنواع من الأسماك التجارية، من بينها السردين، حيث أظهرت التحليلات أن تراكيز العناصر الثقيلة في عضلات سمك السردين كانت ضمن الحدود المسموح بها دوليًا .(AL-Busaidi *et al*., 2011) (22) وفي السياق ذاته، أكدت دراسة Zare (2017) & Abdollahi (23) التي أُجريت في عمان على أسماك المغزل، أن تراكيز النحاس والزئبق والزرنيخ في الأنسجة العضلية كانت أقل من المعايير الدولية المعتمدة، مما يُشير إلى سلامة هذه الأنواع للاستهلاك الآدمي.

كما أظهرت دراسة (2023) *Nyarko, Elvis, et al*. (24) في غينيا أن تراكيز المعادن الثقيلة، بما في ذلك الرصاص والزنك والنحاس، كانت ضمن الحدود المسموح بها، مما يُعزز من موثوقية هذه النتائج في سياقات بيئية متعددة. وفي السواحل الموريتانية، بيّنت دراسة Romeo *et al.* (1999) (25) أن تراكيز عنصر الرصاص كانت أقل من الحدود المسموح بها، خصوصًا في العضلات والكبد والخياشيم لأسماك الدوث، مما يُشير إلى انخفاض مستويات التلوث في تلك المناطق.

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة أجريت غرب الجزائر على السردين في خليج الغزوات، ووجد بأن العناصر الثقيلة للزنك، الرصاص، الحديد والنحاس كانت امنة للاستهلاك البشري Kalakhi, N., Bendimerad, M. A., & Kerfouf, A. (2023). (26) وتختلف نتائج هذه الدراسة عما ورد في دراسة الشريف وآخرين (2015) (27)، التي أظهرت أن تركيز عنصر الرصاص في عضلات سمك السردين الطازج تجاوز الحدود المسموح بها دوليًا، كما سجل عنصر الحديد أعلى تركيز بين جميع العناصر، حيث تراوح بين 0.77–0.15 ملغم/كجم، في حين كان تركيز الزنك ضمن المعدلات المقبولة بواقع 2.56 ملغم/كجم.

كما لم تتفق نتائج هذه الدراسة مع ما ورد في دراسة El-Nabawi *et al*. (1987) (28) التي أُجريت في خليج أبو قير بمصر، والتي سجلت أعلى مستويات لتراكم المعادن الثقيلة في سمك المغزل، مما يُعكس ارتفاعًا ملحوظًا في مستويات التلوث في تلك المنطقة، خاصةً في الأنواع المفترسة التي تُظهر قدرة تراكمية أعلى للعناصر السامة عبر السلسلة الغذائية.

وتتباين هذه النتائج أيضًا مع دراسة أُجريت في ميناء زنجبار بتنزانيا، حيث أظهرت البيانات أن تراكيز الحديد، والرصاص، والزنك، والنحاس في عضلات سمك السردين كانت أعلى من الحدود المسموح بها للاستهلاك البشري، مما يُشير إلى وجود مستويات مقلقة من التلوث في تلك المنطقة البحرية.(Koleleni, & Haji,.2014) (29) يُعزى ارتفاع تركيز عنصر الحديد مقارنةً ببقية العناصر الثقيلة في الأنواع السمكية المدروسة إلى الطبيعة الأساسية لهذا العنصر، حيث تُظهر الأسماك ميلًا فسيولوجيًا لتخزينه بشكل طبيعي أكثر من غيره. ويُعد الحديد من أكثر العناصر وفرةً في القشرة الأرضية والمياه، وغالبًا ما يصل إلى البيئة المائية عبر عمليات التعرية الجيولوجية وجريان الأنهار، مما يُفسر وجوده حتى في البيئات غير المتأثرة بالتلوث الصناعي. وعلى النقيض من ذلك، فإن عناصر مثل الكادميوم والرصاص تُعد ملوثات صناعية المنشأ، وتظهر عادةً في البيئات المائية نتيجة الأنشطة البشرية، كما يُمكن تفسير ارتفاع تراكيز الحديد والزنك والنحاس في عضلات أسماك المرجان بكونها تقع في مستويات غذائية عليا ضمن السلسلة الغذائية، حيث تُصنف كأنواع مفترسة تتغذى على أسماك أصغر منها حيث تتزايد تركيز الملوثات مع انتقالها من مستوى غذائي لأخر.

الخاتمة

تُعد الأسماك البحرية من أهم المصادر الغذائية التي يعتمد عليها الإنسان، إلا أن تلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة يشكل تهديدًا مباشرًا لصحة المستهلكين وسلامة الغذاء. وقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تراكيز أربعة عناصر ثقيلة)الحديد، الزنك، النحاس، والرصاص(في ستة أنواع من الأسماك الاقتصادية المنتشرة في سوق مدينة طرابلس، باستخدام تقنية الامتصاص

الذري اللهبي.(FAAS) أظهرت النتائج أن جميع التراكيز كانت أقل من الحدود المسموح بها دوليًا، مما يدل على أن الأسماك المدروسة آمنة للاستهلاك البشري في الوقت الحالي. كما تبين أن عنصر الحديد سجل أعلى تركيز بين العناصر المدروسة، يليه الزنك، ثم النحاس، وأخيرًا الرصاص. وقد لوحظ تفاوت في تراكيز العناصر بين الأنواع المختلفة، مما يعكس تأثير العوامل البيئية والغذائية والسلوكية لكل نوع.

وتؤكد هذه الدراسة أهمية استخدام الأسماك كمؤشرات حيوية لرصد التلوث البيئي، وتدعم ضرورة إجراء دراسات دورية وموسعة تشمل أنواعًا مختلفة من الأسماك ومناطق بحرية متعددة، لضمان استمرارية سلامة الغذاء وحماية الصحة العامة.

التوصيات:

1. يُوصى بإدراج أنواع الأسماك الاقتصادية غير المدروسة سابقًا، مثل الكحلة، الدوث، القراقوز، المنكوس، التنوت، والدندشي، ضمن برامج التحليل البيئي، نظرًا لتوفرها في الأسواق المحلية.
2. توسيع نطاق التحليل ليشمل أنسجة متعددة كالخياشيم والكبد والجلد، للحصول على تقييم أكثر شمولًا لمستوى التلوث.
3. إجراء مقارنة بين تراكيز المعادن في الأسماك الطازجة والمعلبة لتقييم تأثير المعالجة والحفظ على جودة المنتج.
4. ضرورة تنفيذ تحاليل دورية للأسماك الطازجة لضمان سلامتها من التلوث بالعناصر الثقيلة.

المراجع

1. Ayanda, I. O., Ekhator, U. I., & Bello, O. A. (2019). Determination of selected heavy metal and analysis of proximate composition in some fish species from Ogun River, Southwestern Nigeria. Heliyon, 5(10).
2. Elbeshti, R. T. A., Eldewish, N. M., Abdellali, K. M. K., & Elston, Z. B. (2018). Effect of heavy metals on fish. Menba Journal of Fisheries Faculty, 4(1), 36–47.
3. Baharom, Z. S., & Ishak, M. Y. (2015). Determination of heavy metal accumulation in fish species in Galas River, Kelantan and Beranang mining pool, Selangor. Procedia Environmental Sciences, 30, 320–325.
4. Yap, C. K., & Al-Mutairi, K. A. (2022). Copper and zinc levels in commercial marine fish from Setiu, East Coast of Peninsular Malaysia. Toxics, 10(2), 52.
5. Rahman, M. S., Molla, A. H., Saha, N., & Rahman, A. (2012). Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. Food Chemistry, 134(4), 1847–1854.
6. Singh, G., & Sharma, S. (2024). Heavy metal contamination in fish: Sources, mechanisms and consequences. Aquatic Sciences, 86(4), 107.
7. Oros, A. (2025). Bioaccumulation and trophic transfer of heavy metals in marine fish: Ecological and ecosystem-level impacts. Journal of Xenobiotics, 15(2), 59.
8. Liu, Q., Liao, Y., & Shou, L. (2018). Concentration and potential health risk of heavy metals in seafoods collected from Sanmen Bay and its adjacent areas, China. Marine Pollution Bulletin, 131, 356–364.
9. Muralisankar, T., Mohan, K., Udhayakumar, V., & Balamuralikrishnan, B. (2022). Potential role of dietary minerals in fish and crustaceans. In Aquaculture Science and Engineering (pp. 431–461). Springer Nature Singapore.
10. Ibrahim, M. S., Mohammady, E. Y., El-Erian, M. A., Ragaza, J. A., El-Haroun, E. R., & Hassaan, M. S. (2023, June). Dietary zinc oxide for growth and immune stimulation of aquatic animal species: A review. In Proceedings of the Zoological Society (Vol. 76, No. 2, pp. 59–72). Springer India.
11. Chandrapalan, T., & Kwong, R. W. (2021). Functional significance and physiological regulation of essential trace metals in fish. Journal of Experimental Biology, 224(24), jeb238790.
12. Wang, X., Sun, H., Zheng, Y., Shao, X., & Ye, J. (2025). Effects of dietary copper supplementation on fish growth: A meta-analysis. Biological Trace Element Research, 1–11.

13. Arulkumar, A., Paramasivam, S., & Rajaram, R. (2017). Toxic heavy metals in commercially important food fishes collected from Palk Bay, Southeastern India. Marine Pollution Bulletin, 119(1), 454–459.
14. Sarkar, S., Mukherjee, S., Chattopadhyay, A., & Bhattacharya, S. (2017). Differential modulation of cellular antioxidant status in zebrafish liver and kidney exposed to low dose arsenic trioxide. Ecotoxicology and Environmental Safety, 135, 173–182.
15. Agbugui, M. O., & Abe, G. O. (2022). Heavy metals in fish: Bioaccumulation and health. British Journal of Earth Sciences Research, 10(1), 47–66.
16. Naz, S., Chatha, A. M. M., Téllez-Isaías, G., Ullah, S., Ullah, Q., Khan, M. Z., ... & Kari, Z. A. (2023). A comprehensive review on metallic trace elements toxicity in fishes and potential remedial measures. Water, 15(16), 3017.
17. El-Moselhy, K. M., Othman, A. I., Abd El-Azem, H., & El-Metwally, M. E. A. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(2), 97–105.
18. عزالدين ابراهيم، خديجة السموعي، أماني الترهوني، & رويدا الرخيص. (2020). دراسة تراكم بعض العناصر الثقيلة في نسج أربعة أنواع من الأسماك المجمعة من شواطئ طرابلس ومصراته/ليبيا. *مجلة العلوم الإنسانية والتطبيقية*. *5*(10) 131-144.
19. Ighwela, K. A., Al-Kazaghly, R. F., & Hamid, M. (2021). Bioaccumulation of some heavy metals in red mullet (Mullus barbatus) and common pandora (Pagellus erythrinus) in Zliten Coast, Libya. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, *13*(1), 91-96.
20. Aktan, N., & Tekin-Özan, S. (2012). Levels of some heavy metals in water and tissues of chub mackerel (Scomber japonicus) compared with physico-chemical parameters, seasons and size of the fish.
21. Çiçek, E., Avsar, D., Yeldan, H., & Manasırlı, M. (2008). Heavy metal concentrations in fish (Mullus barbatus, Pagellus erythrinus and Saurida undosquamis) from Iskenderun Bay, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 17(9), 1251–1256.
22. Al-Busaidi, M., Yasuda, N., Al-Mughairi, S., Al-Rahbi, K., Al-Harthy, J. S., & Al-Mazrooei, A. (2011). Heavy metals in commercial marine fish in Oman, with reference to national and international standards. Chemosphere, 85(7), 67–73.
23. Abdollahi, M., Pourkhabbaz, A., & Khoshbin, A. (2023). Evaluation of concentrations of heavy metals (copper, mercury and arsenic) in the muscle tissue, liver and skin of Otolithes ruber and Sphyraena forsteri of the Oman Sea. Journal of Research in Environmental Health, 8(4), 419–430.
24. Nyarko, E., Boateng, C. M., Asamoah, O., Edusei, M. O., & Mahu, E. (2023). Potential human health risks associated with ingestion of heavy metals through fish consumption in the Gulf of Guinea. Toxicology Reports, 10, 117-123.
25. Roméo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z., & Gnassia-Barelli, M. (1999). Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. Science of the Total Environment, 232(3), 169–175.
26. Kalakhi, N., Bendimerad, M. A., & Kerfouf, A. (2023). Heavy metals (Zn, Cd, Cu, Pb, and Fe) assessment in sardines (Sardina pilchardus, Walbaum, 1792) from the Algerian west coast. Journal of Survey in Fisheries Sciences, 10(1), 1–11.
27. عمر الشريف، عبد القادر الذكر، همة علي، & مبروك احمودة. (2015). تقدير بعض العناصر الثقيلة في ستة أنواع من أسماك البحر الأبيض المتوسط .*المؤتمر الثاني لعلوم البيئة، 2015م*.575-563 ,
28. EL-Nabawi, A., El-Nabawi, M. AND Moharram, S. (1987). Evaluation of heavy metals concentration in fish from Alxandria cost, Egypt. The Egyptian journal of hospital medicine. (2): 11-17
29. Koleleni, Y. A., & Haji, O. O. (2014). Determination of concentration of heavy metals in fish from sea port of Zanzibar by energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF). Tanzania Journal of Science, 40(1), 70–79.