



جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة بعض التأثيرات الفسلجية والنسجية في سمكة
Alburnus mossulensis المعرضة للكروم

اسماء عبد الوهاب جعفر حمدي

رسالة ماجستير

علوم الحياة

باشراف

الاستاذ المساعد

الدكتورة امال عبدالاله الخشاب

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَاصْبِرْ لِحُكْمِ رَبِّكَ فَإِنَّكَ
بِأَعْيُنِنَا وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ حِينَ
تَقُومُ ﴾

صدق الله العظيم

سورة الطور، الآية: 48

اقرار المشرف

اشهد بان اعداد هذه الرسالة الموسومة " دراسة بعض التأثيرات الفسلجية والنسجية في سمكة *Alburnus mossulensis* المعرضة للكروم " جرى تحت اشرافي في جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الصرفة، وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الحياة.

 التوقيع:

الاسم: أ.م.د. امال عبدالاله الخشاب

التاريخ:

اقرار المقوم اللغوي

اشهد بان هذه الرسالة الموسومة " دراسة بعض التأثيرات الفسلجية والنسجية في سمكة *Alburnus mossulensis* المعرضة للكروم " تمت مراجعتها من الناحية اللغوية، وتصحيح ما ورد فيها اخطاء لغوية وتعبيرية، وبذلك اصبحت الرسالة مؤهلة للمناقشة بقدر تعلق الامر بسلامة الاسلوب وصحة التعبير.

 التوقيع:

الاسم: د. نصرت صالح يونس

التاريخ:

اقرار لجنة الدراسات العليا

بناءً على التوصيات المقدمة من قبل المشرف والمقوم اللغوي والمقوم العلمي، ارشح هذه الرسالة للمناقشة.

 التوقيع:

الاسم: أ.د. يوسف جبار اسماعيل

التاريخ:

اقرار رئيس القسم

بناءً على التوصيات المقدمة من قبل المشرف والمقوم اللغوي ولجنة الدراسات العليا، ارشح هذه الرسالة للمناقشة.

 التوقيع:

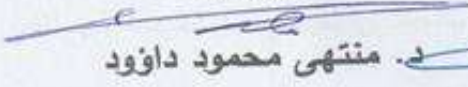
الاسم: أ.د. يوسف جبار اسماعيل

التاريخ:

قرار لجنة المناقشة

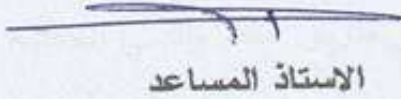
نشهد باننا أعضاء لجنة التقييم والمناقشة قد اطلعنا على هذه الرسالة وناقشنا الطالبية " أسماء عبد الوهاب جعفر حمدي الحمداني " في محتوياتها وفيما له علاقة بتاريخ 12 / 9 / 2024 وانها جديرة لنيل شهادة الماجستير في علوم الحياة:

الأستاذ


د. منتهى محمود داوود

كلية العلوم/جامعة الموصل

عضواً

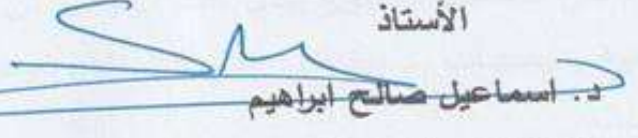

الاستاذ المساعد

د. أمال عبدالاله يونس

كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل

عضواً ومشرفاً

الأستاذ


د. اسماعيل صالح ابراهيم

كلية العلوم /جامعة كويه

رئيساً


الأستاذ المساعد

د. بنان راكان دبodob

كلية التربية للعلوم الصرفة/جامعة الموصل

عضواً

قرار مجلس الكلية

اجتمع مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة بجلسته () المنعقدة في / / 2024 وقرّر التوصية بمنحها شهادة ماجستير في علوم الحياة.

عميد الكلية

أ. د. قيس اسماعيل ابراهيم

2024/١٠/٢

مقرر مجلس الكلية

أ. د. ياسر يحيى قاسم

2024 /١٠/٢

شكر وتقدير

الحمد لله والشكر حمدا وشكرا يبلغان رضاه والصلاة والسلام على رسول الله وعلى اله وصحبه ومن اتبعه باحسان إلى يوم الدين.

يسرني وانا انتهي من اعداد رسالتي هذه ان اتقدم بجزيل الشكر وعظيم التقدير إلى استاذتي الفاضلة الدكتورة امال عبد الإله يونس الخشاب لأشرفها الدوؤب ولما قدمته لي من رعاية وتوجيهات سديدة فلها مني كل تقدير وعرفان بالجميل لجهودها القيمة في اعداد هذه الرسالة.

كما اتقدم بالشكر لعمادة كلية التربية للعلوم الصرفة ولرئاسة ومنتسبي قسم علوم الحياة لما قدموه من تسهيلات لي ولزملائي خلال مرحلة البحث.

والشكر والامتنان للتي رافقتني لياالي السهر وانارت لي طريق العلم والدتي الحبيبة الحنونة واهدي ثمرة تعبى هذه إلى معلمي الاول، وقودتي في حياتي، إلى من ادين له بكل ما وصلت اليه إلى من رباني وعلمي وشجعني ودعمني وساندني في كل مراحل حياتي والجزء الاكبر من دراستي (والدي الغالي) (رحمه الله وزاده نورا في قبره) الذي تمنيت ان يشاركني فرحتي.

ويدعوني واجب الاعتراف بالجميل إلى تقديم الشكر لرفيق دربي زوجي العزيز الدكتور ريان وقرة عيني واغلى ما املك ابنتي العزيزة سمر الذين وقفوا لجانبي طيلة مدة دراستي. ويسرني ان اتقدم بالشكر والثناء إلى زملائي وزميلاتي طلبة الدراسات العليا.

الباحثة

الخلاصة

تهدف الدراسة الحالية التحري عن التأثيرات الفسلجية والكيموحيوية والنسجية لأسماك *Alburnus mossulensis* المعرضة للكروم ثلاثي التكافؤ لمدة (4 و7 و14 و30) يوماً. ولأجل تحقيق تلك الاهداف، فقد جمعت الأسماك من نهر دجلة وتحديدًا من منطقة (تحت جسر ابي تمام) من نهر دجلة في مدينة الموصل، لئلا باستخدام شباك يدوية وبمعدل مرتين شهريًا بدأ من شهر كانون الأول إلى منتصف شهر إذار (2022-2023)، وقد جمعت مايقارب (1000-1200) سمكة ، قيست أوزان واطوال الأسماك المستخدمة في التجارب، وقد تراوحت معدلاتها بين (2-4 غم)، و (6-8 سم) على التوالي. نُقلت الأسماك إلى مختبر الدراسات العليا في كلية التربية للعلوم الصرفة التابعة لجامعة الموصل بواسطة أوعية بلاستيكية فيها ماء من نفس بيئتها الاصلية ، ثم حولت إلى احواض زجاجية مجهزة مسبقا داخل المختبر . حُلّلت الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه (موقع الدراسة)، وتبين انها ضمن الحدود المقبولة للمواصفات العراقية لحماية الموارد الطبيعية من التلوث، ولأجل تحديد التراكيز المستخدمة في التجربة، اجريت تجربة تحديد التركيز المميت الوسطي LC_{50} ، قُسمت بعدها الأسماك في اربع مجاميع تضمنت مجموعة السيطرة المعاملة بالماء منزوع الكلور، اما المجاميع التجريبية فقد عرضت للتراكيز (10) ملغم/لتر، وألتي تمثل LC_{50} ، و(20) ملغم/لتر و ألتي تمثل LC_{50} ، و(30) ملغم/لتر وألتي تمثل LC_{50} .

بينت نتائج التراكم الحيوي للكروم في (الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعظام والعضلات) ان أعلى معدل للتراكم وجد في (الكبد ، والغلاصم ،والامعاء) ولم يكن هناك اختلاف معنوي فيما بينهم ، وان أعلى معدلات التراكم لوحظت عند معاملة الأسماك بالكروم الثلاثي التكافؤ بالتركيز (30) ملغم/لتر لمدة لثلاثين يوماً. كما وضحت نتائج الدراسة حصول اجهاد تأكسدي في الأسماك المعرضة للكروم ثلاثي التكافؤ، إذ حدث انخفاض معنوي في مستوى فعالية مضادات الأكسدة غير الأنزيمية المتمثلة بالكلوتاثيون لجميع المعاملات وفي جميع الأعضاء قيد التجربة عند مقارنتها مع مجموعة السيطرة، وان اقل مستوى للكلوتاثيون تمثل في (الغلاصم ،والعضلات ،والدماغ)، اما بالنسبة للمعاملات فقد وجد ان اقل مستوى للكلوتاثيون تمثل في التركيزين (30) ملغم/لتر و(20) ملغم/لتر مع عدم وجود اختلاف معنوي، وأوضحت نتائج الدراسة لمضادات الأكسدة الأنزيمية المتمثلة بالكاتاليز حصول انخفاض معنوي في مستوى فعالية الكاتاليز في جميع الأعضاء قيد الدراسة ولجميع الفترات عند مقارنتها بمجموعة السيطرة، واتضح ان اقل انخفاض معنوي في مستوى للكاتاليز وُجد في (الغلاصم ،والدماغ ،والعضلات) إذ لم يختلفوا معنويًا عن بعضهم البعض، اما بالنسبة للمعاملات فقد تمثل في التركيزين

(30 و 20) ملغم/لتر ، اما بالنسبة لنتائج مستويات تزنخ الدهون وتكوين المألون ثنائي الالديهايد، فقد اظهرت ارتفاعا معنويا عند مقارنتها مع مجموعة السيطرة، وان أعلى ارتفاع معنوي وجد في الكبد والذي اختلف معنويا عن باقي الأعضاء، وقد اظهرت النتائج وجود فروقات معنوية بين جميع المجاميع التجريبية بالمقارنة مع مجموعة السيطرة.

اظهرت نتائج الاختبارات الكيموحيوية حصول ارتفاع معنوي في فعالية أنزيمات الفوسفاتيز القاعدي، أن أعلى ارتفاع معنوي وجد في التركيزين (30) ملغم/لتر و (20) ملغم/لتر اللذان لم يختلفا فيما بينهما معنويا، وان أعلى ارتفاع معنوي في الأعضاء وجد في الكبد يليه الامعاء، ثم الدماغ، و العضلات، والغلاصم ، كما لوحظ حصول ارتفاع في فعالية الأنزيمين الانيين أمينتراس فيريز والاسبارتيت ترانس أمينيز، واتضح ان أعلى فعالية للأنزيمين وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن باقي الأعضاء .

من خلال نتائج الفحص المجهرى لدم الأسماك المعرضة للكروم ثلاثي التكافؤ لوحظ حدوث تغيرات في اشكال خلايا الدم الحمر وشذوذات نووية تمثلت الاولى بالشكل المغزلي والهرمي والشوكي والدمعي و الخلايا غير منتظمة الشكل ، و كذلك ملاحظة حصول تعجي في سايتوبلازم الخلايا اما الشذوذات النووية فقد تمثلت بظهور النواة الصغيرة و النواة المثلمة والنواة المتبرعمة والنواة الكلوية الشكل، فضلا عن تكثف الكروماتين في حدود بعض الأنوية .

اما بالنسبة لتأثيرات الكروم الثلاثي التكافؤ على التركيب النسجي للكبد والكلية ، فقد بينت نتائج الفحص المجهرى لنسيج الكبد حصول تغيرات مرضية نسجية نتيجة التعرض للكروم Cr^{+3} تمثلت بحصول احتقان في الأوعية الدموية وتخر و تنكس وتغلظ الأنوية في بعض الخلايا البرنكيمياية الكبدية وحصول ارتشاح طفيف في الخلايا الالتهابية وحيدة النواة، فضلا عن تكون ورم دموي في التراكيز العالية ولمدة الطويلة .

اظهر الفحص المجهرى لنسيج الغلاصم حدوث تغيرات مرضية عديدة تمثلت بالالتصاق الكامل ما بين الخيوط الغلصمية الثانوية وقصر في طولها واكتساب بعض قممها لشكل عصا الطبل وحدث تنكس فجوي لخلايا الظهارة المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية وتوسفها الشديد وفرط تنسجها وانسلاخها، فضلا عن حدوث فرط تنسج الخلايا غير المتميزة ما بين الصفائح الغلصمية الثانوية ، و حدوث النزف الشديد في قمم الصفائح الغلصمية الأولية ، وكذلك حدث النزف الشديد والتكس الفجوي وتخر لنسيج الغلاصم بالكامل، كما حدث الخرب وتخر الالياف العضلية وترسب النضحة الليفينية ، واحتقان الأوعية الدموية.

ثبت المحتويات

الصفحة	العنوان	الفقرة
أ	الملخص	
ج	ثبت المحتويات	
ط	ثبت الجدأول	
ل	ثبت الاشكال	
س	ثبت الصور	
ر	ثبت المختصرات	
الفصل الأول المقدمة Introduction		
1	المقدمة Introduction	-1
3	أهداف الدراسة The Aims of the study	1-1
الفصل الثاني : استعراض المراجع Literature review		
4	التلوث البيئي للماء	1-2
4	الكروم	1-1-2
5	استعمالات الكروم الصناعية	1-1-1-2
5	الآلية عمل الكروم	2-1-1-2
6	الأسماك بوصفها مؤشرا حيويًا للتلوث بالمعادن الثقيلة	2-1-2
7	أسماك <i>Alburnus mossulensis</i>	1-2-1-2
7	التراكم الحيوي للكروم	2-2
9	قدرة الكروم على توليد الجذور الحرة	1-2-2
10	مضادات الأكسدة	2-3
11	الكلوتاثيون (GSH)	2-3-1
12	الكاتاليز (CAT)	2-3-2
13	المالون ثنائي الألددهيد (MDA)	2-4

الصفحة	العنوان	الفقرة
13	علاقة الكروم بأنزيمات الكبد	2-5
14	أنزيم الفوسفاتيز القاعدي (ALP)	2-5-1
14	أنزيم الناقل أمين الالنين (ALT)	2-5-2
14	أنزيم أمين اسبارتات (AST)	2-5-3
14	علاقة الكروم بالشذوذات النووية	2-6
15	تأثير الكروم على التركيب النسجي للكبد	2-7
16	علاقة الكروم باستحداث الامراضية النسجية للخياشيم	2-8
الفصل الثالث : المواد وطرائق العمل Materials & Methods		
18	الاجهزة المختبرية المستخدمة	1-3
19	جمع العينات	2-3
19	تجهيز العينات	3-3
20	تجهيز المحلول القياسي	4-3
20	تحديد مدى التركيز القاتل LC ₅₀ لثلاثي كلوريد الكروم سداسي ذرات الماء	5-3
20	التصميم التجريبي	6-3
21	الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه نهر دجلة	7-3
21	القياسات الفيزيائية	1-7-3
21	الاختبارات الكيميائية	2-7-3
23	تقدير التراكم الحيوي للكروم في نسيج أعضاء الاسماك	8-3
23	الحسابات	1-8-3
24	قياس مستوى نشاط مضادات الأوكسدة في أنسجة بعض الأعضاء	9-3

الصفحة	العنوان	الفقرة
24	تقدير تركيز الكلوتاثايون	1-9-3
24	تحضير المحاليل	2-9-3
24	خطوات العمل	3-9-3
25	تحديد نشاط الأنزيمات في أنسجة الأسماك	10-3
25	تحضير راشح الأنسجة	1-10-3
25	تحضير المحاليل المستخدمة في التجارب	2-10-3
25	تحديد نشاط أنزيم الناقل أمين الانين	3-10-3
26	مبدأ العمل	1-3-10-3
26	خطوات العمل	2-3-10-3
26	الحسابات	3-3-10-3
27	تحديد نشاط أنزيم الناقل أمين الاسبارات	4-10-3
27	خطوات العمل	1-4-10-3
27	الحسابات	2-4-10-3
28	تحديد نشاط أنزيم الفوسفاتيز القاعدي	5-10-3
28	المحاليل المستخدمة وتحضيرها	1-5-10-3
29	خطوات العمل	2-5-10-3
29	الحسابات	3-5-10-3
29	تحديد مستوى الكتاليز	6-10-3
29	طريقة العمل	1-6-10-3

الصفحة	العنوان	الفقرة
30	الحسابات	2-6-10-3
30	تحديد نشاط (المالون ثنائي الالديهيد) تزنخ الدهون في أنسجة الاسماك قيد الدراسة	11-3
31	خطوات العمل	1-11-3
31	الحسابات	2-11-3
32	دراسة التشوهات النووية في خلايا الدم الحمر	12-3
32	عمل الصبغة	1-12-3
32	تحضير مسحة الدم	2-12-3
32	الفحص المجهرى والتصوير الرقمى لعينات الدم	3-12-3
32	تحضير المقاطع النسيجية	13-3
32	التشريح	1-13-3
32	التثبيت	2-13-3
32	الغسل	3-13-3
32	الانكاز	4-13-3
33	الترويق	5-13-3
33	التشريب	6-13-3
33	الطمر	7-13-3
33	التشذيب والتقطيع	8-13-3
33	ازالة الشمع	9-13-3
33	التلوين	10-13-3
34	التحميل	11-13-3

الصفحة	العنوان	الفقرة
34	الفحص والتصوير المجهرى للمقاطع النسجية	12-13-3
34	التحليل الاحصائي	14-3
Results & Discussion : النتائج والمناقشة		
35	الصفات الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه نهر دجلة	1-4
36	تحديد التركيز القاتل LC ₅₀ للكروم في أسماك <i>A.mossulensis</i>	2-4
38	دراسة التراكم الاحيائي لأسماك <i>A. mossulensis</i>	3-4
48	تأثير الكروم في مستوى مضادات الأوكسدة (الكلوتاثيون والكاتاليز)	4-4
48	الكلوتاثيون	1-4-4
55	للكاتاليز	2-4-4
63	تأثير الكروم على المألون ثنائي الدهايد	5-4
71	الاختبارات الكيموحيوية لأنزيمات الأسماك المعرضة للكروم	6-4
71	الفوسفاتيز القاعدي	1-6-4
78	أنزيم الناقل أمين الألانين	2-6-4
84	أنزيم الناقل أمين الاسبارات	3-6-4
90	تأثير الكروم على اشكال خلايا وانوية الدم الحمر	7-4
93	التغيرات الحاصلة في أنسجة أسماك <i>A.mossulensis</i> المعرضة للكروم (الكبد، الخياشيم)	8-4
93	الكبد liver	1-8-4
95	الغلاصم Gills	2-8-4
Conclusions and Recommendations : الاستنتاجات والتوصيات		
98	الاستنتاجات	1-5
99	التوصيات	2-5

الصفحة	العنوان	الفقرة
المصادر		
101	المصادر العربية	
101	المصادر الاجنبية	
الملاحق		
I	الملاحق	
A – B	Abstract	

ثبت الجدأول

الصفحة	العنوان	الجدول
18	الاجهزة المستخدمة في الدراسة الحالية	1-3
35	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر دجلة	1-4
37	العلاقة بين تركيز الكروم ومعدل وفيات لأسماك <i>A. mossulensis</i> خلال فترة (96) ساعة.	2-4
37	الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة للكروم لمدة (96) ساعة.	3-4
39	التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم لمدة (4) أيام	4-4
41	التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام	5-4
43	التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً	6-4
45	التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً	7-4
46	خلاصة التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لجميع فترات التجربة	8-4
49	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم)في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام	9-4
51	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم)في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام	10-4
53	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم)في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً	11-4
54	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم)في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً	12-4

الصفحة	العنوان	الجدول
56	فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	13-4
58	فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	14-4
60	فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	15-4
62	فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة لمدة (30) يوماً.	16-4
64	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	17-4
66	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	18-4
68	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	19-4
69	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	20-4
72	مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام	21-4
73	فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	22-4
75	فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في كبد سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	23-4
76	فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في كبد سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً	24-4

الصفحة	العنوان	الجدول
79	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	25-4
80	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	26-4
82	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	27-4
83	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	28-4
85	فعالية أنزيم (AST) (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	29-4
86	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	30-4
87	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	31-4
88	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	32-4

ثبت الاشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
23	المنحنى القياسي للكروم	(1-3)
25	المنحنى البياني القياسي لتحديد تركيز GSH	(2-3)
26	المنحنى القياسي لـ ALT	(3-3)
28	المنحنى القياسي لـ AST	(4-3)
I	متوسط قيم LC_{50} لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لتراكيز متفاوتة من الكروم.	1-4
I	التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم لمدة (4) أيام.	2-4
II	التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	3-4
II	التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	4-4
III	التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	5-4
III	خلاصة التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لجميع فترات التجربة.	6-4
IV	معدل التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك <i>A. mossulensis</i> لجميع فترات التجربة	7-4
IV	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	8-4
V	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	9-4
V	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً	10-4

الصفحة	العنوان	الشكل
VI	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً	11-4
VI	تركيز الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	12-4
VII	تركيز الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	13-4
VII	تركيز الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	14-4
VIII	تركيز الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	15-4
VIII	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	16-4
IX	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	17-4
IX	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	18-4
X	تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	19-4
X	تركيز الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام	20-4
XI	فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	21-4
XI	فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	22-4

الصفحة	العنوان	الشكل
XII	فعالية أنزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	23-4
XII	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	24-4
XIII	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	25-4
XIII	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	26-4
XIV	فعالية أنزيم ALT (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	27-4
XIV	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) أيام.	28-4
XV	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) أيام.	29-4
XV	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوماً.	30-4
XVI	فعالية أنزيم AST (وحدة أنزيمية) في بعض أعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (30) يوماً.	31-4

ثبت الصور

الصفحة	العنوان	الصورة
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburnus mossulensis</i> (مجموعة السيطرة)	1-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر	2-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	3-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر	4-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	5-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	6-4
XVII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	7-4
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	8-4
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (10) ملغم/لتر.	9-4
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	10-4
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	11-4

الصفحة	العنوان	الصورة
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	12-4
XIX	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	13-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	14-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	15-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	16-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر.	17-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	18-4
XXI	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	19-4
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	20-4
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	21-4
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	22-4
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (30) ملغم/لتر.	23-4

الصفحة	العنوان	الصورة
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (30) ملغم/لتر .	24-4
XXIII	خلايا الدم الحمر لأسماك <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (30) ملغم/لتر .	25-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> (مجموعة السيطرة). ملون H&E . X 100 .	26-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (10) ملغم/لتر .	27-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (10) ملغم/لتر	28-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر .	29-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر	30-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (20) ملغم/لتر .	31-4
XXV	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (20) ملغم/لتر	32-4
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر	33-4
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر	34-4
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (30) ملغم/لتر	35-4

الصفحة	العنوان	الصورة
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيامً وبتركيز (30) ملغم/ لتر	36-4
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر	37-4
XXVII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر	38-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> (مجموعة السيطرة)	39-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيامً وبتركيز (10) ملغم/لتر	40-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيامً وبتركيز (10) ملغم/	41-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر	42-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر	43-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (4) أيامً وبتركيز (20) ملغم/لتر	44-4
XXIX	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (7) أيامً وبتركيز (20) ملغم/لتر	45-4
XXXI	صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة <i>Alburuns mossulensis</i> المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر	46-4

الصفحة	العنوان	الصورة
XXXI	<i>Alburuns mossulensis</i> سمكة لغالصم ضوئية لغالصم المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر	47-4
XXXI	<i>Alburuns mossulensis</i> سمكة لغالصم ضوئية لغالصم المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (30) ملغم/لتر	48-4
XXXI	<i>Alburuns mossulensis</i> سمكة لغالصم ضوئية لغالصم المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (30) ملغم/لتر	49-4
XXXI	<i>Alburuns mossulensis</i> سمكة لغالصم ضوئية لغالصم المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر	50-4
XXXI	<i>Alburuns mossulensis</i> سمكة لغالصم ضوئية لغالصم المعاملة بالكروم في فترة (30) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر	51-4

ثبت المختصرات

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
ALP	Alkaline phosphatase	الفوسفاتيز القاعدي
ALT	Alanine Transaminases	الالانين ترانس أمينيز
AST	Aspartate Transaminases	الاسبارتات ترانس أمينيز
BN	Budding Nuclear	النواة المتبرعمة
CAT	Catalase	الكاتاليز CAT
CV	Cytoplasm Vacuolization	تفجي السايوتوبلازم
DC	Deformed Cells	الخلايا غير منتظمة الشكل
DN	Degenerateron nuclear	تنكس الأنوية
DNA	Deoxyribo Nucleic Acid	الحمض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين
DTNB	Dithiobis Nitri Benzoic acid	حامض داي تيونيتروبنزويك
FN	Fragmentary Nuclear	النواة المجزئة
FR	Free Radicals	الجدور الحرة
GSH	Glutathione	الكلوتاثيون
H& E	Hematoxylin & Eosin	صبغة الهيماتوكسلين والايوسين
H ₂ O ₂	Hydrogen peroxide	بيروكسيد الهيدروجين
KS	Kidney Shape Nuclear	النواة الكلوية
LC ₅₀	Lethal Concentration 50	متوسط التركيز القاتل

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
MDA	Malondialdehyde	مالون ثنائي الالديهيد
MN	Micronucleus	النواة الصغيرة
NN	Notched nucleus	النواة المثلمة
OH	Hydroxyl radical	جذور الهيدروكسيل
P	Pyramid Shape cells	خلايا دم هرمية الشكل
TC	Tear shape cells	خلايا دمعية الشكل

الفصل الأول

المقدمة

Introduction

1. المقدمة Introduction

يعد تلوث المياه بالمعادن الثقيلة من المشاكل الخطيرة ذات التأثير السلبي على استدامة الموارد والثروات المائية الحية ، (Ling,2010)، إذ تؤثر العديد من المعادن الثقيلة Heavy Metals مثل الرصاص والزنك والكاديوم والنحاس والكروم، على جودة المياه مسببة تغيير لونها ورائحتها، كما يمكن ان تؤدي إلى زيادة درجة حموضة الماء (Zeng *et al.*, 2020) مما يؤثر سلبا على البيئة والصحة العامة للكائنات الحية، فقد تؤدي إلى مشاكل صحية للإنسان مثل التسمم والأمراض المعوية وأمراض الكبد والكلية والأورام السرطانية، فضلا عن تأثيرها على الحيوانات المائية مسببة مشاكل في نموها وتطورها وقد يؤدي ذلك إلى انقراض بعض الأنواع (Zaynab *et al.*, 2022).

يعد معدن الكروم Chromium احد المعادن المهمة والمنتشرة في الطبيعة، إذ يتواجد بشكل رئيسي في الصخور النارية والتربة، كما يمكن العثور عليه في النباتات والحيوانات. وهو من المعادن الصلبة التي تتحمل درجات الحرارة العالية والتآكل، وتبلغ نسبة الكروم في قشرة الارض حوالي 0.01%، ويتم استخراجها من خاماتها الرئيسية كالكروميت Chromite أو الحديد الكرومي، وتتم عملية تصنيعه بإزالة الشوائب والأكسدة وإضافة المواد المساعدة للحصول على صفات معينة تناسب استخداماته المختلفة، إذ يستخدم الكروم بشكل واسع في صناعة الفولاذ والسبائك المقاومة للصدأ، كما يستخدم في صناعة الدهانات والاصباغ والزجاج والسيراميك، ويدخل في صناعة العديد من المنتجات الالكترونية والكهربائية، فضلا عن استخدامه بشكل كبير في الصناعات المختلفة مثل الصناعات الكيماوية والجلود والورق والطلاءات والبطاريات (Vincent, 2000).

تعد الأسماك النهرية من الكائنات الحية المهمة في البيئة المائية، إذ إن لها دوراً مهماً في توازن النظام البيئي، وهي مصدر غذائي مهم، فضلا عن كونها تمثل قمة المستهلكات في النظام المائي، تعد أسماك *Alburnus mossulensis* احد انواع الأسماك النهرية المهمة في منطقة نهر دجلة، إذ تتميز بجسمها النحيل والمسطح، قد يصل طول السمكة إلى 15 سم، تتميز بلونها الفضي الذي يتغير إلى اللون الذهبي خلال فصل التكاثر. تتغذى هذه الأسماك على الطحالب واللافقريات المائية، كما انها تُعد مصدراً مهماً لغذاء للكائنات الحية في النظام البيئي المائي. وتكون حساسة للتلوث المائي، يؤثر التلوث بالمعادن الثقيلة على صحتها وجودة لحمها، فضلا عن حدوث تغيرات في تركيبه الجينات، وبالتالي التأثير على خصوبتها (Gao *et al.*, 2017).

تتميز المعادن الثقيلة بخطرتهما على النظام البيئي (Vutukuru *et al.*, 2007a.) بسبب ثباتها الطويل (أو نصف عمرها الطويل)، وقابليتها العالية للتراكم الاحيائي Bioaccumulation وقدرتها على تدمير التنوع الاحيائي (Afroz and Rahman, 2017). إذ يمكن ان تظهر المعادن الثقيلة سمية عالية حتى في التراكيز المنخفضة التي تنتج تأثيرات تراكمية ضارة في النظام البيئي المائي (Saha *et al.*, 2016).

يعد التلوث بالمعادن الثقيلة من المشكلات البيئية الخطيرة التي تؤثر على الحياة البرية والمائية، وخاصة على الأسماك التي تتعرض بشكل مباشر لهذا التلوث، مسببا تأثيرات فسلجية ونسجية في جسمها، يتمثل التأثير الفسلجي في حدوث تغيرات في وظائف الأعضاء الحيوية مثل الكلى، والكبد، والغلاصم، والدماغ، كما يمكن ان يؤدي التلوث بالمعادن الثقيلة إلى زيادة في نسبة الأوكسدة في جسم الأسماك، مما يؤدي إلى تلف الخلايا والأنسجة (El-Hak, 2021)، فضلا عن حدوث تغيرات في التركيب الخلوي، مما يؤدي إلى تقليل القدرة على النمو والتكاثر (Fu and Xi, 2020).

أن تلوث المياه بالمعادن الثقيلة ومنها الكروم يؤدي إلى تكوين الجذور الحرة Free radicals في خلايا الجسم الحية، والتي تُعرف بكونها جزيئات أو ذرات تحتوي على الكترون مفرد أو اكثر غير مستقر وشديدة التفاعل مع جزيئات أخرى، وتشمل أصناف الأوكسجين الفعالة Reactive Oxygen Species (ROS) وأصناف النيتروجين الفعالة Reactive Nitrogen Species (RNS) (Zhu *et al.*, 2023). يؤدي التوليد المفرط لهذه الجذور الحرة في النهاية إلى الاجهاد التأكسدي Oxidative Stress الذي يتسبب في زيادة الأوكسدة وتلف الجزيئات الحيوية وتعطيل مسارات نقل الاشارات وتوازن مضادات الأوكسدة بشكل اساسي (Sadiq, 2023).

يعد الكروم من الملوثات البيئية الضارة للكائنات الحية المائية، إذ يؤثر على معايير الدم، فضلا عن تأثيره في احداث الشذوذات النووية لخلايا الدم الحمر في الدم الطرفي للأسماك (Islam *et al.*, 2020).

تعد التغيرات المرضية النسيجية في غلاصم واكباد الأسماك احد المعايير المهمة لرصد تلوث المياه، إذ تدخل هذه الملوثات إلى أجسام الأسماك عن طريق الغذاء، فضلا عن دخولها عن طريق الغلاصم محدثة العديد من التغيرات النسيجية الخلوية (Suchana *et al.*, 2021).

1-1 أهداف الدراسة The Aims of the study

أن الهدف من الدراسة الحالية هو معرفة تأثير التراكيز تحت القاتلة للكروم الثلاثي التكافؤ في كل من:

1. التراكم الحيوي Bioaccumulation في بعض أعضاء الاسماك قيد الدراسة.
2. الكرب التأكسدي من خلال قياس مستوى فعاليات مضادات الأكسدة بنوعها غير الأنزيمية والمتمثلة بالكلوتاثايون (GSH), Glutathion, والأنزيمية والمتمثلة بالكاتاليز (CAT) Catalase، فضلاً عن قياس مستوى المالون ثنائي الالديهيد (MDA) Malondialdehyde.
3. مستويات أنزيم الفوسفاتيز القلوية (ALP) Alkaline phosphatase وأنزيم ناقل أمين الاسبارات (AST) Aspartate aminotransferase وأنزيم ناقل أمين الالانين (ALT) Alanine aminotransferase في بعض أنسجة السمكة.
4. الشذوذات النووية في خلايا الدم الحمر للدم المحيطي للأسماك.
5. التغييرات المرضية النسيجية في كل من الكبد والغلاصم.

الفصل الثاني

استعراض المراجع

Review of Literatures

2-1- التلوث البيئي للماء Environmental Water Pollution

يعد التلوث بالمعادن الثقيلة مشكلة خطيرة في البيئة المائية، كونها ضارة حتى عند التراكيز المنخفضة، إذ تسبب تغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبيئة المائية وبالتالي تنعكس تأثيراتها على الأسماك والكائنات الحية المائية الأخرى مما يثير مخاوف بشأن التأثير المحتمل على صحة الانسان، في حين يُعد البعض الآخر مهماً للغاية وله ادوار حيوية للكائنات الحية ضمن مستويات محدودة، ووفقا لوكالة حماية البيئة الامريكية والوكالة الدولية لابعاث السرطان، فقد صنفت العديد منها على انها مواد مسرطنة (copat et al., 2013). في الآونة الاخيرة، تفاقمت مشكلة التلوث بسبب الصناعات التي طالما تطلق نفاياتها المحتوية على الملوثات في البيئة بمستوى يتجاوز الحد المسموح به (Adhikari et al., 2006).

أن التلوث بالمعادن الثقيلة يؤثر بشكل كبير على الأسماك مسببا تغيرات فسلجية ونسجية في مجمل أعضائها (Türkmen et al., 2010)، يتمثل التأثير النسيجي في تغيرات نسجية ممكن ان تؤدي إلى تلف الأنسجة، فضلا عن حدوث تغيرات في التركيب الخلوي، كما يمكن ان يؤدي التلوث بالمعادن الثقيلة إلى زيادة الجهد التأكسدي في جسم الأسماك، مسببا تلف الخلايا والأنسجة (copat et al., 2012; Zohra et al., 2016).

يتراوح تركيز الكروم في المياه السطحية بين 1-10 مايكروغرام/لتر (Kumar and Puri., 2012). ووفقا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) فان الحد المسموح به للكروم في مياه الشرب هو (0.1-0.05) ملغم/لتر، ووفقا لتقارير منظمة الصحة العالمية ووكالة حماية البيئة، فان الحد الاقصى المسموح به للكروم في اغذية الأسماك هو 0.15-0.05 ملغم/كغم من وزن الجسم (Panda et al., 2023).

2-1-1 الكروم Chromium

الكروم عنصر كيميائي ينتمي إلى عائلة المعادن الانتقالية، يتميز بلمعان معدني. يتواجد الكروم بشكل رئيس في خامات المعادن مثل الكروميت Chromite والفحم الحجري والحديد، وهو عنصر يتكون بشكل طبيعي في التربة الصخرية والغبار البركاني. تم تصنيفه عاملاً مسرطناً وفقاً للوكالة الدولية لابعاث السرطان، لذلك يُعد الكروم عنصراً خطيراً، لأنه يلوث المياه الجوفية ويمكن نقله عبر السلسلة الغذائية (Sharma et al., 2020) وهو احد العناصر السامة التي تضر بجميع اشكال الحياة (Ahammed et al., 2023). يعد الكروم احد اكثر المعادن الثقيلة السامة الموجودة بشكل طبيعي في البيئة وخاصة في قشرة الارض

(Stambulska *et al.*, 2018). يتمثل الخام الرئيس للكروم بالكروميت Chromite، الذي يتم الحصول منه على سبائك الكروم الحديدية وفلز الكروم. للكروم تكافؤ ثنائي Cr^{+2} وثلاثي Cr^{+3} وسداسي Cr^{+6} ، ويكون الشكلان الأخيران من الأشكال الأكثر هيمنة وثباتا (Velma *et al.*, 2009). في النظام البيئي، يوجد الكروم عادة في الشكل الثلاثي (Velma and Tchounwou, 2010).

2-1-1-1-1-1-2 استعمال الكروم الصناعية Industry uses of chromium

يستخدم الكروم على نطاق واسع في العمليات الصناعية بما في ذلك السيارات والاجهزة المنزلية والادوات الجراحية والكهربائية، يدخل الكروم في الصناعات مثل المنسوجات، والمدابغ، والتعدين، والطلاء الكهربائي، والصبغة، والطباعة، والطباعة الفوتوغرافية، والمستحضرات الصيدلانية، والصناعات الطبية، وصناعة الفولاذ المقاوم للصدأ، وصناعة المطاط (Ahmed *et al.*, 2013)، تستخدم مركبات الكروم في انتاج الفيروكروم والطلاء الكهربائي وانتاج الصبغة والدباغة. وهذه الصناعات، إلى جانب حرق الوقود الاحفوري، وحرق النفايات، هي المصادر الرئيسة للكروم في الهواء والماء، كما يستخدم في الطلاء المعدني، وتثبيط التآكل المعدني، وانتاج الصبغات وتكرير النفط وتصنيع السبائك وانتاج البطاريات (Peng *et al.*, 2018). فضلا عن استخدامه في تطبيقات الاجهزة الكهروكيميائية الضوئية والتحفيز الضوئي وذاكرة الوصول العشوائي المغناطيسي واجهزة استشعار الغاز (Li *et al.*, 2023). كما ينبعث الكروم من بعض الانشطة الصناعية مثل تكرير النفط وانتاج البطاريات (Peng *et al.*, 2019).

2-1-1-1-2 آلية عمل الكروم Mechanism of action of chromium

يُعد الكروم واحدا من اكثر الملوثات المائية ضررا للحيوانات المائية ومنها الأسماك (Kumar *et al.*, 2022)، بسبب تأثيره السام وتراكمه الحيوي الذي يختلف باختلافات حجم الأسماك، وعمرها، ونموها، فضلا عن العديد من الخواص الفسيولوجية، مسببا سمية خلوية في أنسجة ودم الأسماك (Aslam *et al.*, 2017). يعتمد تأثير الكروم في الأسماك على مستوى تركيزه وفترة تعريض الأسماك له، فعند تعريض الأسماك للتركيز العالية منه، فإنه يسبب السمية، إذ يحدث تغيرات مرضية في الجهاز العصبي والجهاز الهضمي فضلا عن تكون الجذور الحرة Free Radicles (Kumar., 2017).

يُعد الكروم سداسي التكافؤ اكثر سمية من الشكل الثلاثي التكافؤ بسبب سهولة نفاذه عبر غشاء الخلية (Bakshi, 2016)، بعد دخوله الخلية، يتحول الكروم سداسي التكافؤ بسهولة إلى شكله الثلاثي التكافؤ ويتجمع مع الجزيئات الكبيرة داخل الخلايا ومع المواد الوراثية

(Li *et al.*, 2010). كما يمكن ان يختزل الكروم الثلاثي إلى الشكل الثنائي (CrII) بفعل L-cysteine و Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) والذي بدوره يتفاعل مع بيروكسيد الهيدروجين ويولد جذور الهيدروكسيل (OH-) (Ahmed *et al.*, 2022).

يتحد الكروم مع العديد من الجزيئات الضخمة بما في ذلك المواد الجينية داخل العصارة الخلوية، محدثاً تغييرات سمية. يدخل الكروم إلى داخل أجسام الأسماك اما من خلال الجهاز الهضمي أو الجهاز التنفسي (Bakshi *et al.*, 2018). يؤثر الكروم على دم بعض انواع الأسماك مسبباً فقر الدم وفرط الحمضات eosinophilia وشذوذات نووية Anomalies لخلايا الدم الحمر (Sehar *et al.*, 2014).

يعتقد أن الكروم ثلاثي التكافؤ يتأكسد إلى شكل سداسي التكافؤ في الخلايا الحية وان ايونات أكسيد الكروم تنتقل عبر الاغشية الحيوية في الكائنات الحية (Bakshi and Panigrahi, 2018).

2-1-2 الأسماك بوصفها مؤشراً حيوياً للتلوث بالمعادن الثقيلة

Fishes as bio- indicator of heavy metal pollution

يشكل التلوث بالمعادن الثقيلة الناجم عن الانشطة البشرية تهديداً رئيساً للكائنات المائية (Shahjahan *et al.*, 2022)، يمكن استخدام الأسماك بوصفها مؤشرات حيوية للتلوث البيئي المائي، ولتقييم مدى تعرض الكائنات المائية للتلوث (Van der Oost *et al.*, 2003). يعد الكبد، والكلية والأمعاء، والعضلات من اكثر الأعضاء تأثراً بالملوثات (Ahmad *et al.*, 2011). وبدوره يمكن ان يسبب مخاطر صحية شديدة للبشر عند تناول تلك الأسماك الملوثة (Godwin *et al.*, 2011). تحتاج الكائنات الحية بما في ذلك الأسماك إلى المعادن الثقيلة بكميات ضئيلة جداً للبقاء على قيد الحياة، يمكن ان تكون الكميات الكبيرة منها ضارة بالكائنات الحية ومن الممكن ان تُسبب الامراض أو حتى الوفاة (Azaman *et al.*, 2015). من أهم المعادن الاساسية الكالسيوم، والفوسفور، والمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والصوديوم، والكلور، والحديد، إذ تُعد ضرورية لصحة الأسماك لدورها المهم في العديد من الوظائف الحيوية. اما المعادن غير الاساسية، تشمل المعادن التي تحتاجها الأسماك بكميات قليلة مثل الزنك، والنحاس، والسيلينيوم، والمغنيز، والكروم، وأن التراكيز العالية منها تكون ضارة للكائنات الحية (Helfrich and Libey, 2006). يعد معدن الكروم الثلاثي التكافؤ عنصراً غذائياً اساسياً يحتاجه الجسم بكميات ضئيلة جداً، وأن تناوله بكميات كبيرة يسبب تأثيرات سامة في معظم أعضاء الكائنات الحية (Javed *et al.*, 2017).

تتنمي المعادن الثقيلة إلى مجموعة العناصر التي تتمتع بكثافة عالية بالمقارنة مع كثافة الماء (Tchounwou *et al.*, 2012). تمتص الكائنات المائية، بما في ذلك الأسماك، الملوثات من الماء (مباشرة) ومن خلال السلاسل الغذائية (بشكل غير مباشر). تدخل المعادن إلى داخل أجسام الحيوانات المائية الأسماك بشكل أساسي مع الغذاء، ويمكن أن تدخل أيضاً عن طريق التقاط ميكانيكي لجزيئات معلقة في الخياشيم، فضلاً عن الامتصاص الكيميائي للأيونات على الغشاء المخاطي (Di Duca *et al.*, 2024). تعد المعادن الثقيلة ملوثات دقيقة لا يمكن أن تتحلل ويتم انتشارها إلى أوساط بيئية مختلفة، بما في ذلك المياه العذبة والمياه البحرية. تمتص العديد من الأنواع المائية المعادن من المياه الملوثة، وخاصة الأسماك التي تعد غذاءً أساسياً في النظم الغذائية للعديد من المناطق في العالم (Panda *et al.*, 2023).

1-2-1-2 أسماك *Alburnus mossulensis*

صنفت كالاتي:

Kingdom: Animalia

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Order: Cypriniformes

Family: Cyprinidae

Genus: *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843)

Alburnus mossulensis هو نوع من أنواع الأسماك الموجودة في أوروبا وفي جنوب غرب اسيا (Keivany., 2016). كما وجدت في الاجزاء الجنوبية من حوض بحر قزوين في ايران. على الرغم من ان أسماك *A. mossulensis* موطنها الاصلي حوض نهر دجلة، الا انها تنتشر ايضا في قارة اسيا في احواض نهري دجلة والفرات، (Zareian., 2015). وكذلك في الانهار التي تنبع من جبال زاكروس وتصب في نهر دجلة أو في حوض الخليج العربي (Coad, 2010).

2-2 التراكم الحيوي للكروم Bioaccumulation of Chromium

يُعد الكروم من المعادن الثقيلة التي تتراكم في الأنسجة الحية وتسبب اثارًا سلبية على البيئة وعلى صحة الانسان إذ إن استهلاك الأسماك الملوثة بالكروم يسبب زيادة مخاطر الإصابة بامراض القلب والأوعية الدموية وامراض الكبد والكلية (Barchiesi *et al.*, 2020)، تعد

المصانع والمنشآت الصناعية ألتى تستخدم الكروم في عمليات الانتاج والتصنيع من المصادر الاساسية لتلوث المياه العذبة بالكروم، إذ تطلق النفايات الحأوية على كميات كبيرة من الكروم إلى المياه العذبة، مما يتسبب في تراكمه في أنسجة الكائنات الحية الموجودة في هذه المياه (Palaniappan and Karthikeyan.,2009). يعتمد تراكم المعادن الثقيلة في الأعضاء على الظروف البيئية (درجة حموضة المياه، ودرجة حرارة المياه، والصلابة)، فضلا عن مدة التعرض، وعاتات التغذية (Ghaniem.2022)، كما أن للعوامل الاحيائية المتمثلة بالنوع والحجم والعمر والجنس ونوع التغذية وموقعها في السلسلة الغذائية دوراً كبيراً في التراكم الحيوي للمعادن الثقيلة (Jakimska et al., 2011). تؤدي التراكيز العالية من الكروم إلى تراكمه في الخياشيم محدثة العديد من التغيرات النسجية (Sehar et al., 2014). للكروم قابلية ذوبان في المياه، إذ يدخل إلى جسم الأسماك عبر الخياشيم باعتباره الطريق الرئيس للامتصاص مسببا ضعف التنفس واضرارا هيكلية للخياشيم، فضلا عن تراكمه في الغلاصم فانه يتراكم في أنسجة وأعضاء مختلفة مثل الكبد، والكلى، والطحال، والجهاز الهضمي (Sanyal et al., 2015).

ان الافراط في تناول مركبات الكروم الثلاثي التكافؤ Cr III تسبب السرطان، إذ يدخل الكروم الثلاثي التكافؤ إلى الخلية عبر اليات البلعمة أو من خلال اليات انتشار غير محددة (DesMarias and Costa, 2019).

اشار الباحثان Srivastava و Kumar (2022)، أن الكروم ثنائي التكافؤ في المركب $(K_2Cr_2O_7 \cdot 7H_2O)$ يتراكم في معظم أعضاء أسماك *Clarias batrachus* وأن تراكمه في الكبد أعلى من تراكمه في الخياشيم بعد تعريضه لمدة (15) يوماً، كما أوضح Maurya وآخرون (2019) حدوث تراكم حيوي للكروم في غلاصم واكباد وعضلات عدة اجناس من الأسماك.

وجد Li و Rajeshkumar (2018)، أن التراكم الاحيائي للكروم في أسماك *Cyprinus carpio Linnaeus* و *Pelteobagrus fluvidraco* بشكل اساسي في الكلى والكبد واقل منه في العضلات.

ذكر Arantes وآخرون (2016)، وجود علاقة بين مستويات تلوث البيئة المائية والتراكم البيولوجي للمعادن الثقيلة في أسماك *Pseudoplatystoma corruscans*، وأن أعلى مستوى لتراكم الكروم وجد في الكبد بينما وجد اقل مستوى للتراكم الحيوي للكروم في العضلات بعد التعرض لمدة (134) يوماً.

بينت دراسة Kumari وآخرون،(2014) أن تعريض سمكة *Labeo rohita* للكروم السداسي لمدة (15) يوماً أدى إلى حدوث أعلى تراكم للكروم في الكبد يليه الخياشيم، والعضلات، والدماغ.

توصل الباحثان Javed و Usmani (2013) إلى إحدوث التراكم الاحيائي لعدة معادن ثقيلة بضمنها الكروم بعد التعرض لمدة (14) يوماً في خياشيم، وكبد، وكملى، وعضلات أسماك *Mastacembelus armatus* ووجدوا أن الكبد العضو الأكثر تراكماً للمعادن الثقيلة.

كما اظهرت دراسة قام بها Shaukat و Javed (2013) لثلاثة انواع من الأسماك *Tilapia nilotica* و *C. carpio* و *Ctenopharyngodon idella* حدوث تراكم للكروم بعد التعرض لمدة 120 يوماً في الأعضاء، وأن أعلى تراكم وجد في الكبد ثم الخياشيم وان اقل تراكم وجد في العضلات.

2-2-1 قدرة الكروم على توليد الجذور الحرة

Chromuim ability to induced free radicals

الجذور الحرة هي مواد كيميائية (ذرات أو جزيئات أو ايونات) تحتوي على واحد أو أكثر من الالكترونات غير المزدوجة في مدارها الخارجي وتظهر بشكل عام تفاعلات ملحوظة، للجذور الحرة دوراً مزدوجاً في الانظمة الحية، فهي منتجات ثانوية سامة لعملية التمثيل الغذائي الهوائي، مما يتسبب في تلف الأنسجة، وتعمل كإشارات جزيئية تنشط استجابات الاجهاد المفيدة، إذ يُعد استخدامها مفيداً في مواجهة الاثار الضارة للجذور الحرة ولكنه ضار في بعض الاحيان لانه يمكن ان يمنع الاستجابات التكييفية الناجمة عن انخفاض مستويات الجذور (Di Meo et al., 2020). تمتلك الأسماك اليات دفاعية مختلفة لمواجهة تأثير المواد السامة. إذ تؤدي المعادن الثقيلة المتراكمة في أنسجة الأسماك إلى تولد الجذور الحرة وخاصة انواع الاوكسجين التفاعلية ROS، والتي تؤدي إلى حدوث تغيرات شكلية ووظيفية في أنسجة الأسماك (Lopes et al., 2001).

تحدث عملية التأكسد في الجسم بشكل طبيعي ويتم من خلالها انتاج الجذور الحرة ناتجاً طبيعياً لهذه العملية، ويتم معالجتها بواسطة مضادات الأكسدة للحفاظ على التوازن، ومع ذلك، يمكن ان تزداد تراكيز الجذور الحرة في الجسم نتيجة التعرض للمعادن الثقيلة بكميات كبيرة ولفترات طويلة مسببة حدوث الاجهاد التأكسدي Oxidative Stress (Halliwell and Gutteridge.,2015)، يتم تحفيز الدفاعات المضادة للأكسدة لحماية الأسماك من الجذور الحرة بوصفها الخط الدفاعي الأول ضد المعادن الثقيلة، قبل بدأ اي الية أخرى لازالة السموم (Basha and Rani, 2003) تتفاعل الجذور الحرة مع الأنسجة الحية وتسبب اضراراً فسلجية ونسجية للخلايا الحية في الأعضاء المختلفة مثل الكبد، والعضلات، والغلاصم، والدماغ (Sies.,2015). أن المعادن الثقيلة قادرة على الاخلال بالاليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية في الأسماك، وتمنح أنسجة الأسماك، وتحديد الكبد

والكلى، نظاما دفاعيا مضادا للأكسدة لحمايتهما من الاجهاد التأكسدي الناجم عن المعادن (Atli and Canli, 2008). يمكن ان تؤدي المستويات المرتفعة من المعادن الثقيلة إلى الاجهاد التأكسدي عن طريق توليد انواع الأوكسجين عالية التفاعل ROS، مثل بيروكسيد الهيدروجين والجذور الفائقة الاوكسيد وجذور الهيدروكسيل عبر تفاعلات هابر فايس وفينتون التي يمكن ان تؤكسد البروتينات والدهون والاحماض النووية، مما يؤدي غالبًا إلى تلف بنية الخلايا أو حتى موت الخلايا (Cao et al., 2010). يمكن أن يكون الاجهاد التأكسدي مسؤولا عن بدأ العديد من الامراض المزمنة والتنكسية على حد سواء. تم اكتشاف الكروم في المسطحات المائية المختلفة ويعتقد ان التأثيرات السامة للكروم ترتبط بتحفيز عمليات الجذور الحرة، ان تراكم المعادن الثقيلة في أجسام الأسماك يؤدي إلى حدوث الاجهاد التأكسدي Oxidative Stress. أن المصدر الرئيس لانواع الاوكسجين التفاعلية ROS هو المايتوكوندريا، إذ يوجد تسرب للالكترونات في السلسلة التنفسية، فضلا عن مصادر أخرى لأصناف الأوكسجين الفعالة وهي الشبكة الاندوبلازمية، والغلاف النووي، والساييتوبلازم، والاعشبية البلازمية، والليزوزومات، والبيروكسيسومات (Pizzino et al., 2017).

3-2 مضادات الأكسدة Antioxidants

مضادات الأكسدة هي مركبات تقوم بحماية الجسم من الاضرار التي يسببها التأكسد، تعمل هذه المضادات على تقليل تأثيرات الجذور الحرة في الجسم، وألتي تسبب اضرارًا للخلايا والأنسجة.

هناك عدة انواع من مضادات الأكسدة في جسم الكائن الحي، وتشمل:

1. مضادات الأكسدة الأنزيمية Enzymetic Antioxidants:

تتمثل في الأنزيمات التي تعمل على تحويل الجذور الحرة إلى مركبات غير ضارة. من امثلة هذه المضادات هي السوبروكسيد ديسموتاز (SOD) Superoxide dismutase والكاتاليز Catalase.

2. مضادات الأكسدة غير الأنزيمية Non-Enzymetic Antioxidants:

تشمل مجموعة واسعة من المركبات التي يتم استهلاكها للحد من التأكسد. من امثلة هذه المضادات الفيتامينات، والكاروتينويدات، والكلوتاثايون.

3. مضادات الأكسدة الطبيعية:

توجد في الاغذية والنباتات، وتشمل الفلافونويدات Flavonoids والفينولات Phenols والبوليفينولات Polyphenols هذه المضادات تعمل على تقليل التأكسد وتحمي الجسم من الاضرار الناجمة عن الجذور الحرة (Halliwell and Gutteridge, 2015).

كما تقسم مضادات الأوكسدة بحسب الية عملها إلى نوعين:

1. مضادات الأوكسدة الكاسرة لسلسلة التفاعل: Chain-breaking antioxidants

تقوم مضادات الأوكسدة بتحويل الجذور الحرة الفعالة إلى الحالة المستقرة.

2. مضادات الأوكسدة الوقائية: Preventive antioxidants

تعمل مضادات الأوكسدة الوقائية على تثبيط عمليات الأوكسدة قبل بدئها عن طريق تحويل أصناف الأوكسجين الفعالة إلى أصناف الأوكسجين غير الفعالة (Li et al., 2023).

2-3-1 الكلوتاثيون (GSH)

هو مركب طبيعي $C_{10}H_{17}N_3O_6S$ يتكون من ثلاثة احماض أمينية هي الكلوتامين Glutamate والسيستين Cysteine والكلاليسين Glycine. يتواجد الكلوتاثيون في جميع خلايا الكائنات الحية، بما في ذلك الأسماك. يعد الكلوتاثيون من اهم مضادات الأوكسدة الموجودة في الخلايا، إذ يساهم في حماية الخلايا من التأكسد والضرر الذي يمكن ان تسببه الجذور الحرة. يعمل الكلوتاثيون على إزالة الجذور الحرة من الخلايا، مما يساهم في الحفاظ على صحة الخلايا ووظائفها الطبيعية (Foyer et al., 2011).

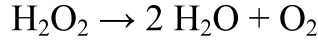
للكلوتاثيون (Glutathione S-transferase (GST) وظيفة مهمة لتحفيز اقتران الملوثات لازالتها من النظام الخلوي. يقوم الكلوتاثيون GSH بالتخلص من ROS مباشرة عن طريق أكسدة الكلوتاثيون المختزل إلى الكلوتاثيون المؤكسد (oxidized glutathione (GSSG)، والذي بدوره يتحول إلى (H_2O_2) (Kim and Kang., 2016). يحدث نقص الكلوتاثيون نتيجة لظروف بيئية غير ملائمة مثل التلوث، يؤدي الاجهاد التأكسدي إلى استفاد مستويات الكلوتاثيون في الأسماك. ان الاجهاد التأكسدي يؤثر على الأسماك عن طريق حدوث تغيرات للأنزيمات والبروتينات الموجودة في الخلايا، مما يؤثر على العمليات الايضية. (Li et al., 2023)

يُعد الكروم معدناً ثقيلاً يتراكم في أنسجة الأسماك مسبباً تفاعلات تأكسدية غير مرغوب فيها، إذ يقوم بزيادة جزيئات الأوكسجين الحرة في الجسم، وبالتالي حدوث اجهاد تأكسدي (Kumar et al., 2023). بينت الدراسة التي أجراها Yonar وآخرون (2014) على أسماك *Cyprinus carpio* المعرضة للكروم انخفاض الكلوتاثيون GSH وكذلك

انشطة ديسموتاز فائق الاكسيد (SOD) والكلوتاثيون بيروكسيدياز (GSH-Px) Glutathione peroxidase في الدم والأنسجة كدليل لحالة الأوكسدة ومضادات الأوكسدة.

2-3-2 الكاتاليز Catalase (CAT)

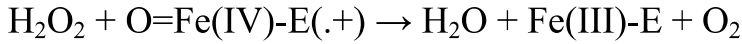
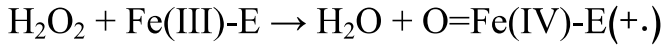
أنزيم الكاتاليز Catalase هو أنزيم يتواجد في الكائنات الحية، بما في ذلك الأسماك، ويعمل على تحويل بيروكسيدالهيدروجين H_2O_2 إلى الماء والاكسجين



ويتم ذلك بالخطوتين:

الخطوة الأولى: جزيئة بيروكسيد الهيدروجين المرتبطة تتكسر إلى اجزاء، ذرة أوكسجين واحدة تستخلص وتهاجم ذرة الحديد وبعدها تذهب إلى الماء.

الخطوة الثانية: جزيئة بيروكسيد الهيدروجين المرتبطة تتكسر إلى اجزاء، والاجزاء ترتبط مع الحديد -المرتبط بذرة الأوكسجين محررة الماء وغاز الأوكسجين.



(Singh *et al.*,2022)

أن وظيفة الكاتاليز هي حماية الخلايا الحية من بيروكسيد الهيدروجين الذي يعد مادة سامة قادرة على تدمير الأنسجة والخلايا عن طريق احداث تأكسد غير مرغوب فيه للجزيئات الحيوية، أن تعرض الأسماك للكروم يؤدي إلى زيادة في مستوى الاجهاد التأكسدي في أجسامها. تزيد حالات التأكسد في الأسماك من استهلاك الكاتاليز، وبالتالي يقل مستواه داخل الخلايا للحد من الاجهاد التأكسدي. يؤدي نقص الكاتاليز إلى تراكم بيروكسيد الهيدروجين في الخلايا وزيادة التأكسد الضار، مما يؤدي إلى تلف خلايا وأنسجة أجسام الأسماك (Ha *et al.*, 2021). (2014) على ان تعرض أسماك *Cyprinus carpio* للكروم اظهر انخفاضاً في فعالية الكاتالاز (CAT) (Yonar *et al.*, 2014).

2-4 المألون ثنائي الالديهيد (MDA) Malondialdehyde

يعد المألون ثنائي الالديهيد مركباً كيميائياً يتكون نتيجة لتأكسد الدهون في الجسم. المألون ثنائي الالديهيد مؤشراً للاجهاد التأكسدي والضرر الخلوي، إذ يسبب تلفاً في الخلايا والأنسجة.

ان التعرض للتلوث بمعدن الكروم يحدث زيادة في مستوى الاجهاد التأكسدي في الخلايا الحية (Ha et al., 2021). بينت الدراسة التي أجراها Yonar وآخرون (2014) على أسماك *Cyprinus carpio* المعرضة للكروم السداسي التكافؤ لمدة (28) يوماً زيادة مستويات MDA كمؤشر لأكسدة الدهون في الدم والأنسجة. وفي دراسة اجريت على أسماك الكارب الشائعة *C. carpio* وجد ان تعريض الأسماك للكروم لمدة (60) يوماً أدى إلى زيادة مستوى MDA في أنسجة (الدماغ، والخياشيم، والامعاء، والكبد، والعضلات) (Stara et al., 2013)، كما اظهرت الدراسة التي أجراها Atli و Canli (2010) على أسماك البلطي *Oreochromis niloticus* ان التعرض للكروم لمدة (14) يوماً يزيد من تكوين MDA في الخياشيم ويسبب تلفها.

2-5 علاقة الكروم بأنزيمات الكبد

تعد الأنزيمات احد المؤشرات الحيوية التي تستخدم على نطاق واسع لتقييم التغيرات الفسيولوجية في الكائنات الحية ولاسيما المعرضة للمواد السامة في البيئة. تؤثر المعادن الثقيلة على انشطة الأنزيمات. يعد الاسبارتيت والالنين الأميني (AST و ALT) مؤشرات للتلوث البيئي بما في ذلك النظم المائية (Kumar et al., 2022). تحدث العديد من التغيرات في مستوى بعض الأنزيمات في أجسام الأسماك المعرضة للكروم (Bakshi and Panigrahi, 2018) ومنها أنزيم (ALT) (Alkaline Phosphatase (ALP) و Alanine Transferase و Aspartate Transferase (AST) (Rahman et al. 2019). أوضح دراسة Koli وآخرون (2014) أن تعريض أسماك *Anabas testudineus* (Bloch) للكروم أدى إلى حدوث تذبذب في مستويات AST و ALT و ALP في الامعاء والخياشيم والكبد بالاعتماد على التركيز المستخدم والعضو المستخدم.

أن الارتفاع في وظيفة الأنزيم ينتج عن تلف الأنسجة في الخياشيم والكبد الناتج عن تراكم المعادن الثقيلة، لاحظ Parvathi وآخرون (2011) أن التغيرات في مستوى الأنزيمات ALT و ALP مرتبطة بمدة التعرض للتراكيز دون المميتة من الكروم في مصل أسماك الشبوط *C. carpio*، إذ زاد النشاط الأنزيمي بازدياد التلف الخلوي.

2-5-1 أنزيم الفوسفاتيز القاعدي (ALP) Alkaline phosphatase

يعد الفوسفاتيز القاعدي من البروتينات السكرية المرتبطة بالغشاء في كل مكان يحفز التحلل المائي لاحادي الفوسفات عند قيم الـ pH الهيدروجيني الاساسية. ينقسم الفوسفاتيز القاعدي إلى اربع ايزوزيمات اعتمادًا على موقع تعبير الأنسجة وهي ALP المعوية، و ALP المشيمية، ALP و الخلايا الجرثومية، و ALP الأنسجة غير المحددة من الفوسفاتاز القلوي أو الكبد/العظام/الكلية. يعتقد ان الـ ALP يلعب دورًا في نقل الفوسفات إلى الخلايا الظهارية للأمعاء (Sharma et al., 2014).

2-5-2 أنزيم الناقل أمين الالانين (ALT) Alanine aminotransferase

أنزيم ALT يحفز التحول العكسي لـ L-alanine و Oxoglutarate-2 إلى البايروفات L-glutamate و (Moriles and Azer., 2020). تكمن أهمية أنزيم ALT الكبدية في تقييم الإصابة الكبدية إذ يتجمع ALT بشكل اساسي في العصارة الخلوية للخلايا الكبدية (Kaplan., 2002).

2-5-3 أنزيم أمين اسبارتات (AST) Aspartate aminotransferase

لهذا الأنزيم دورا مهما في عملية التمثيل الغذائي وهو موجود بشكل رئيسي في الكبد والقلب والعضلات الهيكلية، يُعد AST من الأنزيمات المهمة التي تساهم في تقديم معلومات حول صحة الأعضاء المختلفة وخاصة الكبد. يتم قياس مستوى AST في الدم كجزء من اختبارات وظائف الكبد لتقييم الاضرار الكبدية وامراض القلب ويلعب دورا رئيساً في تحويل الاسبارتات إلى الفا-كيتوجلوتارات α -ketoglutarate والالانين إلى بيروفيك وحمض الغلوتاميك من خلال تحويل مجموعة أمينية من حمض اسبارتيك إلى حمض الفا-كيتوجلوتاريك. يُعد AST جزءا من نظام الأنزيمات المسؤولة عن تحويل الاحماض الأمينية في جسم الحيوانات (Koli et al., 2014).

2-6 علاقة الكروم بالشذوذات النووية

Chromium's relationship with nuclear abnormalities

يُعد الدم من الأنسجة الحيوية الحساسة للملوثات البيئية وان اي تغيير في خلاياه يُعد من العلامات المبكرة لحدوث التغيرات المرضية التي تحدث في جسم الكائنات الحية المعرضة للمواد السامة المختلفة (Praveena et al., 2013). يتكون دم الأسماك، من خلايا الدم الحمر وخلايا الدم البيض المعلقة في البلازما، يتم انتاج كريات الدم الحمر في اللب الاحمر للطحال. خلايا الدم الحمر هي اكثر الخلايا عددا في دم الأسماك، تصل إلى 4 ملايين في الملم المكعب، قد

تتغير اعداد خلايا الدم الحمر استجابة للتغيرات المحيطة ولكنها قد تختلف أيضاً وفقاً للموسم والحالة الفسيولوجية والبيئية (Hoole et al.,2008).

تعد معايير الدم Blood biometers واحدة من اهم مؤشرات الاجهاد الفسيولوجي في الأسماك، (Islam et al .,2020). تُحدِثُ المعادن الثقيلة تشوهات نووية لخلايا الدم الحمر (Kehinde et al.,2016) ان تكوّن النوية الدقيقة (MN) Micronuclei يُعد مؤشراً للاجهاد الناجم عن التلوث، ويرتبط الكروم بشكل رئيس بالشذوذات النووية في شكل خلايا وانوية خلايا الدم الحمر (Islam et al., 2020).

اظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Suchana وآخرون (2021) على أسماك catfish Pangasianodon hypophthalmus. حدوث تشوهات في اشكال انوية وخلايا الدم الحمر عند تعريضها للكروم لمدة (30) يوماً بالمقارنة مع مجموعة السيطرة.

أوضح Islam وآخرون، (2020) أن تعريض أسماك السلور المخطط Pangasianodon hypophthalmus للكروم لمدة (96) ساعة، يحدث العديد من التشوهات الخلوية لخلايا الدم الحمر وانويتها.

درس Bakshi و Panigrahi (2018) تأثير السمية الجينية للكروم على أسماك Pimephales promelas وأوضحت نتائج الدراسة ظهور النواة الدقيقة في الدم المحيطي للأسماك بعد 96 ساعة من التعرض.

اظهرت نتائج الدراسة التي قام بها Sauliute وآخرون، (2017) حدوث تشوهات نووية في دم سمك السلمون الاطلسي Salmo salar المعرضة لخليط من المعادن الثقيلة (Zn,Cu,Ni, Cr, Pb, Cd) لمدة 7 و14 يوماً تمثلت بظهور النواة المتبرعمة (NB) Nuclear bud، والنواة الحاوية على الفجوات vacuolated والنواة المجزأة fragmented.

كشفت الدراسة التي أجراها Ahmed وآخرون، (2013) على سمكة *Heteropneustes fossilis* المعرضة للكروم Cr حدوث تأثيرات سمية جينية وحدثت زيادة معنوية للنواة الصغيرة والخلايا ثنائية النواة binucleated cells بعد 21 يوماً من التعرض للكروم.

2-7 تأثير الكروم على التركيب النسيجي للكبد

Effect of chromium on the liver Histology

يسبب التعرض للكروم العديد من التأثيرات السامة، إذ إن مركباته مسرطنة وسامة للكائنات الحية (Sharma et al., 2020, Dhara et al., 2022). يُعد الكبد عضواً رئيساً لازالة

السموم، عندما يزداد تركيز المواد السامة، فإنها تتسبب في حدوث العديد من التغيرات النسجية (Vali et al., 2022). اظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Chaudhary وآخرون، (2023) أن تعريض أسماك الشبوط *Labeo rohita* للكروم لمدة (28) يوماً يتسبب في حدوث العديد من التغيرات النسجية في الكبد والتي تزداد شدتها بزيادة التركيز المستخدم للكروم وفترة التعريض، تمثلت بتوسع الوريد المركزي، وحدث تنخر للخلايا الكبدية، واحتقان الأوعية الدموية و *congestion of blood vessels*، وتنكس الخلايا الكبدية، فضلا عن حدوث النزف مقارنة مع مجموعة السيطرة.

أشار Deepak وآخرون، (2021) إلى أن تعريض أسماك *Cyprinus carpio* إلى الكروم لمدة (96) ساعة يحدث تغييرات مرضية نسجية تمثلت بحدوث تنكس وتنخر للخلايا الكبدية، وتوسع الجيبانيات الدموية.

بيّنت الدراسة التي أجراها Mohamed وآخرون، (2020) أن تعريض أسماك *Oreochromis niloticus* للكروم لمدة (60) يوماً أدى إلى حدوث العديد من التأثيرات السمية تتمثل في الكبد بظهور الفجوات على الخلايا الكبدية، فضلا عن حدوث تنكس وتنخر.

تشير نتائج الدراسة التي قام بها Muthukumarave و Rajaraman (2013) العثور على تغيرات نسجية ملحوظة في اكباده أسماك *L. rohita* المعرضة للتراكم تحت المميتة للكروم عند التعرض (30) يوماً، تمثلت بتفجي الخلايا الكبدية واختفاء الحدود بين الخلايا وحدث تنخر للخلايا الكبدية.

في دراسة لاختبار سمية الكروم على الكائنات المائية، تم تعريض أسماك *Oryzias melastigma* للكروم وظهرت النتائج حدوث تغيرات نسجية في الكبد تمثلت بتنخر الخلايا وتفجي الخلايا الكبدية، فضلا عن تكثف الأنوية (Ni et al., 2020).

كما اظهر التعرض المزمن للكروم على أنسجة كبد أسماك *Channa punctatus* حدوث تغيرات مرضية نسيجية في الكبد بحدوث تنخر وتفجي للخلايا الكبدية. (2009) Karthikeyan و Palaniappan

2-8 علاقة الكروم باستحداث الأمراض النسجية للخياشيم

Relationship of chromium to induced Histopath in gills

تُعد خياشيم الأسماك عضواً حساساً للتلوث المعدني، إذ تعد العضو المسؤول عن تنظيم الضغط التناضحي وإفراز المنتجات الأيضية السامة والتنفس كونها ترتبط بشكل مباشر مع البيئة المائية، عند تواجد الأسماك في مياه ملوثة، يطرا على الخياشيم العديد من التغيرات في شكلها

وتركيبتها النسيجية، مما يقلل من كفاءتها الوظيفية (Moyson *et al.*, 2016). تزداد شدة التغيرات المرضية النسيجية المختلفة في الخياشيم بشكل كبير مع زيادة تراكيز الكروم (Suchana *et al.*, 2021).

ان التعرض المزمن لكلوريد الكروم يسبب اثارًا ضارة على أنسجة الشبوط *Labeo rohita* إذ اظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Chaudhary وآخرون، (2023) زيادة شدة التغيرات النسيجية للخياشيم مع زيادة تركيز الكروم ومدة التعرض، إذ لوحظت التغيرات النسيجية بعد 14 و28 يومًا في خياشيم الأسماك المعرضة للكروم مقارنة مع مجموعة السيطرة، متمثلة تلك التغيرات بالوذمة oedema، والتجعيد الصفائحي lamellar curling، واندماج الصفائح الثانوية secondary lamellae fusion، وفرط التنسج hyperplasia.

تشير نتائج الدراسة التي قام بها Muthukumarave و Rajaraman (2013) إلى ظهور تغيرات نسيجية في خياشيم الأسماك *L. rohita* المعرضة للتراكيز تحت القاتلة للكروم عند التعرض المزمن، تمثلت باندماج للصفائح، وتتكس وتتخر الظهارة.

بينت دراسة قام بها Palaniappan و Karthikeyan (2009) تأثير التعرض المزمن للكروم على أنسجة خياشيم أسماك *Channa punctatus*، إذ حدث تضخم للخلايا الظهارية الصفائحية، واندماج الصفائح الخيشومية، وانحناء الصفائح الثانوية.

الفصل الثالث

المواد وطرائق العمل

Materials and Methods

3. المواد وطرائق العمل Materials and Methods

3-1 الاجهزة المختبرية المستخدمة

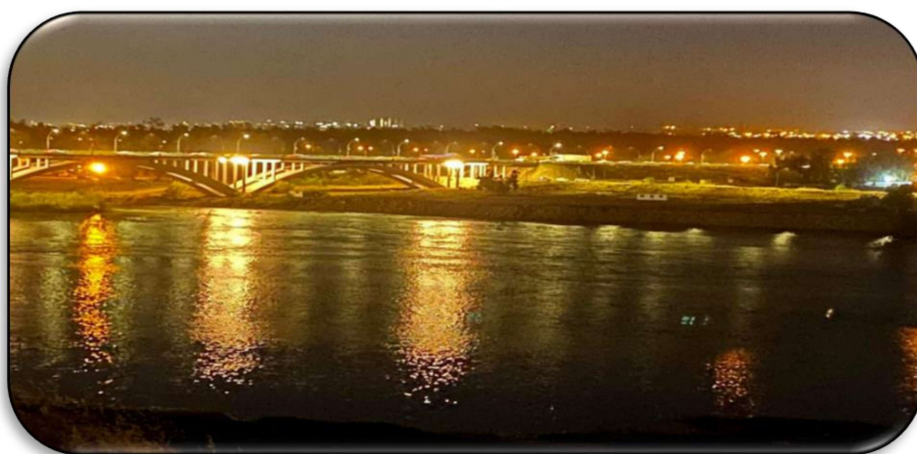
استخدمت الاجهزة المدرجة أدناه، الجدول (3-1):

الجدول (3-1) الاجهزة المستخدمة

المنشأ	النوع	الادوات المستخدمة	التسلسل
Germany	HettichD-7200 Tuttlingen	جهاز الطرد المركزي Centrifuge	1
Germany	Memmert	حمام مائي Water Bath	2
Australia	A.C.N. 005472686	جهاز المطياف الذري Atomic Absorption Spectrophotometer	3
United kingdom	AC:Motor BS.2207SH/08	المُرْشَح Vacuum	4
Italya	Histo-line Labratories	المُشْرَاح الدوار Microtome	5
UK	Sturat	المسطح الحراري Hot plate	6
Japan	Shimadzu uv _1800	جهاز المطياف الضوئي UV- visible spectrophotometer	7
France	Cecll	جهازالمطياف Spectrophotometer الضوئي	8
China	EZ9908	جهاز القلم pen water Quality	9
Italy	Optika	المجهر الضوئي المركب	10
Germany	Lab tech model LMS - 1003	المحرك المغناطيسي Magnetic Stirrer	11
Japan	MDCE-5A	الكاميرا الرقمية Digital Camera	12
USA	Omni International	جهاز السحق Ultrasonic Homogenizer	13
Germany	Sartorius	الميزان الكهربائي الحساس	14
Germany	Memmert	الحاضنة Incubator	15
Germany	Memmert	الفرن الكهربائي oven	16
China	Tropica Ms 510	مضخة الهواء Air Pumper	17
China	RS-A78	مضخة الهواء Aquarium Super Air Pumper	18
Germany	Beckman Coulter TM CAT_367161	جهاز الطرد المركزي الصغير Microcentrifuge	19

2-3 جمع العينات Samples collecting

استخدمت في الدراسة الحالية سمكة *A. mossulensis* بوصفها حيوانا مختبريا لاجراء التجارب الفسلجية والنسجية، صنفت الاسماك من قبل متحف التاريخ الطبيعي في بغداد (الملحق 1). جمعت عينات أسماك *A. mossulensis* من نهر دجلة من وتحديدًا من منطقة (تحت الجسر الثالث) في الجانب الايمن شمال مدينة الموصل، ليلا باستخدام شباك يدوية وبمعدل مرتين شهريا في المدة من شهر كانون الأول عام 2022 إلى منتصف شهر إذار في عام 2023، اضافةً إلى جمع عينات الماء من الموقع نفسه، نقلت إلى المختبر بواسطة قناني بلاستيكية لإجراء الاختبارات اللازمة عليها وبواقع ثلاثة مكررات.



الصورة (1-3) نهر دجلة (منطقة تحت الجسر الثالث في مدينة الموصل)

3-3 تجهيز العينات Specimens Preparation

نُقلت الأسماك إلى مختبر الدراسات العليا في كلية التربية للعلوم الصرفة /علوم الحياة بواسطة أوعية بلاستيكية فيها ماء من نفس بيئتها الاصلية ثم حولت إلى احواض زجاجية ذات ابعاد (100 x 30 x 30) سم، حاوية على ماء منزوع الكلور Decchlorinated water، اضافةً إلى الماء الماخوذ من بيئتها الاصلية، زودت الاحواض باجهزة التهوية الكهربائية، وضبطت درجة حرارة الاحواض (23 ± 2 م°) باستخدام منظم الحرارة Thermostat، ولغرض تغذية الأسماك، فقد استخدم الغذاء التجاري الايراني الصنع نوع (AQUA XL CICHLID) المكون من نشا الذرة، والقمح، ومسحوق الكلوتين، ومسحوق خميرة البيرة، ومسحوق خميرة الكلوكانات، وبروتين Krill (بروتين خام 30%، دهون خام 4%، الياف 5%، رماد خام 12%، رطوبة 8%، كالسيوم 3%، لايسين 1.5%). تُركت الأسماك (10-14) يوما لتتأقلم، نظفت الاحواض بمعدل مرة واحدة اسبوعيا، قيست أوزان واطوال الأسماك المستخدمة في التجارب، وقد تراوحت معدلاتها بين (2-4 غم) و (6-8 سم) على التوالي.



الصورة (2-3) سمكة *A. mossulensis*

3-4 تجهيز المحلول القياسي Preparation of Stock Solution

حضر المحلول القياسي للكروم بتركيز (100 ملغم/لتر) وذلك بإذابة (2.5622 غم) من $CrCl_3 \cdot 6(H_2O)$ في لتر واحد من الماء المقطر، وبعدها اكمل الحجم إلى 5 لتر، ومنه حضرت التراكيز (20، 40، 60، 80، 100) ملغم / لتر لاستخدامها في تجربة التركيز القاتل لنصف العدد من الأسماك.

3-5 تحديد مدى التركيز القاتل LC50 لثلاثي كلوريد الكروم سداسي ذرات الماء

Determination of lethal Concentration 50 of Chromium III chloride hexahydrate

لمعرفة التركيز القاتل لنصف أعداد الأسماك قيد الدراسة، تم تحضير ستة تراكيز مختلفة من ثلاثي كلوريد الكروم المائي (0، 20، 40، 60، 80، 100) ملغم / لتر، ثم وُضعت الأسماك في أحواض زجاجية بلغت أبعادها (30X30X30) سم، بمعدل (10) أسماك في كل حوض، وقد لوحظت نسبة القتل خلال فترة التعريض الحاد Acute Exposure (4 أيام).

3-6 تصميم التجربة Experimental Design

لأجل إجراء التجارب استخدم خمسة عشر حوضاً زجاجياً بأبعاد (100 x 30 x 30) سم، قسمت الأسماك إلى أربع مجاميع:

المجموعة الأولى: مجموعة السيطرة Control تُمثل الأسماك (بدون معاملة) والموضوعة في الأحواض الحاوية على الماء منزوع الكلور.

المجموعة الثانية: تُمثل ($1/4 LC_{50}$) الأسماك المعاملة بمحلول ثلاثي كلوريد الكروم المائي بتركيز 10 ملغم / لتر.

المجموعة الثالثة: تمثل ($1/2LC_{50}$) الأسماك المعاملة بمحلول لثلاثي كلوريد الكروم المائي بتركيز 20 ملغم / لتر.

المجموعة الرابعة: تمثل ($3/4LC_{50}$) الأسماك المعاملة بمحلول لثلاثي كلوريد الكروم المائي بتركيز 30 ملغم / لتر.

شرحت الأسماك لجميع المجموعات في الفترات (4 و7 و14 و30) يوماً لجميع التجارب، ولغرض اجراء التجارب استخدمت عدة احواض متساوية في الحجم، ووضعت حوالي 15 سمكة متقاربة الحجم في كل حوض. ولغرض معرفة أوقات التعرض استخدم ملصق ورقي صغير على جدار الاحواض كتب عليه تاريخ بدء التجربة. شرحت الأسماك باستخدام مشروط وبمساعدة ملاقط مدببة، من اجل دراسة الشذوذ النووي في الدم المحيطي peripheral blood، قطعت الزعنفة الذيلية بمشروط حاد ووضعت قطرة الدم على شرائح زجاجية وفرشت بصورة جيدة وكتب عليها تركيز الكروم المستخدم وفترة التعريض، ازيلت الأعضاء الداخلية (الدماغ، والخياشيم، والامعاء، والكبد، والعضلات، والعظام) باستخدام الملاقط المدببة والمعقوفة، ووضعت الأعضاء المطلوبة بالأوزان المطلوبة بشكل منفصل في عبوات زجاجية صغيرة كلا حسب التجربة الخاصة به، مع كتابة اسم العضو وفترة التعرض وتركيز الكروم المستخدم. تم تجفيف عينات الأعضاء الخاصة بتجربة التراكم الحيوي بوضعها في فرن عند 70 درجة مئوية لمدة يومين، بينما تم تجميد عينات التجارب البيوكيميائية حتى اكتمال الأوزان المطلوبة عند درجة حرارة (- 20م°)، في حين حُفظت الأعضاء الخاصة بالتجارب النسجية في قناني زجاجية تحتوي على الفورمالين بتركيز 10٪.

3-7 الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لعينات الماء

Physical and Chemical Tests for the Water Samples

3-7-1 الاختبارات الفيزيائية Physical Test

درجة حرارة المياه والتوصيلية الكهربائية (E.C.) Electrical Conductivity حقليا باستعمال المحرار الالكتروني Electronic Thermometer وكررت التجربة ثلاثة مرات.

3-7-2 الاختبارات الكيميائية Chemical Tests

اجريت الاختبارات الكيميائية للمياه قيد الدراسة بناءً على الطرائق القياسية المعتمدة دوليا (APHA,2017)، إذ تم قياس الرقم الهيدروجيني pH للعينة في المختبر باستخدام جهاز Pen pH Meter لثلاث عينات من الماء.

قيست العسرة الكلية Total Hardness عن طريق اخذ (20) مل من مياه منطقة الدراسة، سححت ضد Na_2EDTA القياسي (0.02N) واضيف اليها القليل من مادة الامونيا المنظم Ammonia buffer وذلك لرفع قيمة الاس الهيدروجيني إلى (10) مع اضافة كمية مناسبة من مادة محوق دليل Erichrom Black-T (EBT) وبعدها سحح لحين تغير لون المحلول من الارجواني إلى اللون الازرق المخضر سجل الحجم، استخدمت المعادلة التالية لحساب العسرة الكلية:

$$\text{Total hardness mg/l} = (V \times N \times \text{eq. wt} \times 1000) / (\text{ml of sample})$$

$$N = \text{عيارية محلول } \text{Na}_2\text{EDTA}$$

$$V = \text{حجم محلول } \text{Na}_2\text{EDTA} \text{ القياسي}$$

$$\text{eg. wt} = \text{الوزن المكافى لـ } \text{CaCO}_3$$

اما عسرة الكالسيوم Calcium Hardness فقد حسبت بوضع (25) مل من الماء في جفنة خزفية ورفعت قيمة الاس الهيدروجيني إلى (12) عن طريق اضافة قطرات من مادة هيدروكسيد الصوديوم Sodium Hydroxide عياريته (1N) ثم اضيف كمية مناسبة من دليل الميروكسايد Ammonium purpurate بعدها سحح ضد محلول Na_2EDTA القياسي وحرك بقضيب زجاجي إلى ان تغير اللون من الوردي إلى البنفسجي. حسب تركيز الكالسيوم باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{Calcium Hardness mg/l} = \frac{V \times N \times \text{eq. wt} \times 1000}{\text{ml of sample}}$$

$$N = \text{عيارية محلول } \text{Na}_2\text{EDTA}$$

$$V = \text{حجم محلول } \text{Na}_2\text{EDTA} \text{ القياسي}$$

$$\text{eg. wt} = \text{الوزن المكافى لـ } \text{CaCO}_3$$

تم قياس عسرة المغنيسيوم حسب المعادلة الآتية:

$$\text{Mg Hardness (mg/L)} = \text{Total Hardness} - \text{Ca Hardness}$$

اجريت عملية هضم الماء من اجل قياس تركيز الكروم في عينة من ماء نهر دجلة، وذلك باخذ (1 لتر) من الماء من نفس الموقع الذي جمعت منه الأسماك، ووضع في بيكر زجاجي مقاوم للحرارة على سطح حراري لحين الوصول إلى (250) مل، وضع بعد ذلك على سطح حراري داخل Hood، واضيف اليه (10) مل حامض النتريك وُبخر إلى (20) مل، ثم اكمل الحجم بالماء المقطر لحين الوصول إلى (25) مل ورُشح بعدها باستخدام المرشح الغشائي (0.2).

3-8 تقدير التراكم الحيوي للكروم في نسيج أعضاء الاسماك

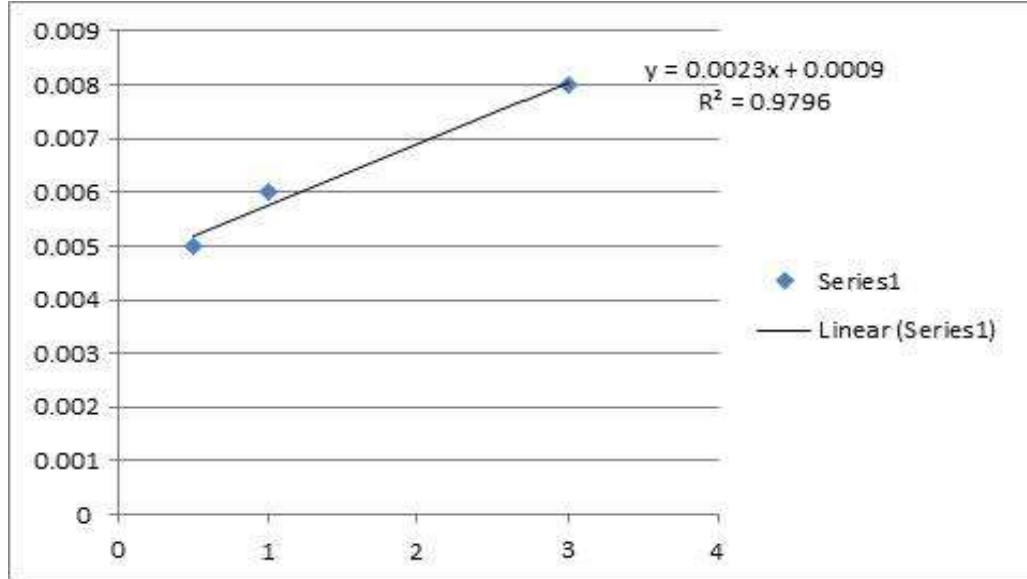
Determination of bioaccumulation of Chromium in the tissues of fish

أخذت (الخياشيم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات والعظام) لغرض الهضم، اعتمادًا على طريقة (Warchatowska-Sliwa *et al.*,2005)، وكالتالي:

أخذ (0.1) غرام من الوزن الجاف من كل عضو ووضعت في قوارير زجاجية صغيرة، اضيف لكل منها (10) مل من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) و (2) مل من حمض البيركلوريك ($HClO_4$). تركت العينات لمدة 48 ساعة، مع مراعاة وضع زجاجة ساعة كغطاء للقوارير الزجاجية. وضعت العينات على مُسَطَّح حراري داخل ساحة مغطاة hood لسحب الابخرة المتولدة وبدرجة حرارة (350 م°)، لوحظ ان لون المحلول يتغير من البني إلى اللون الشفاف. تركت العينات لتبرد، رشحت العينات باستخدام جهاز الترشيح الفراغي vacuum واضيف (5) مل من الماء المقطر لجميع العينات. وضعت العينات في قناني زجاجية نظيفة وجافة. قُرئت الامتصاصية عند الطول الموجي 357 نانوميتر باستخدام المطياف الذري Atomic Absorption Spectrometer.

3-8-1 الحسابات

اعتمادا على (Chapman and part,1961) تم تغيير الامتصاصية إلى وحدات تركيز باستخدام معدلات الانحدار القياسية للكروم.



الشكل (1-3) المنحنى القياسي للكروم

3-9 قياس تركيز مضادات الأكسدة في الأنسجة

Determination of the concentration of antioxidants in Tissue

3-9-1 تقدير تركيز الكلوتاثاينون

Estimation of Glutathione concentration

قدرت تركيز ألد GSH باستخدام طريقة Allman المعدلة (James *et al.* 1982)، في أنسجة كلا من (الخياشيم، والدماغ، والكبد، والامعاء، والعضلات).

3-9-2 تحضير المحاليل Reagents Preparation

1- حضر الكاشف (DTNB) Dithiobis Nitri Benzoic acid انيا عن طريق إذابة 0.01 غم منه في 25 مل من محلول سترات ثلاثي الصوديوم (PH: 6.2)، حضر سترات الصوديوم بإذابة 0.25 غم منه في 25 مل ماء مقطر.

2- حضر المحلول المنظم (M0.2) بإذابة (2.83) غم من Na_2HPO_4 في (100) مل من الماء المقطر وعُيِّرَ الاس الهيدروجيني إلى (pH = 7.4).

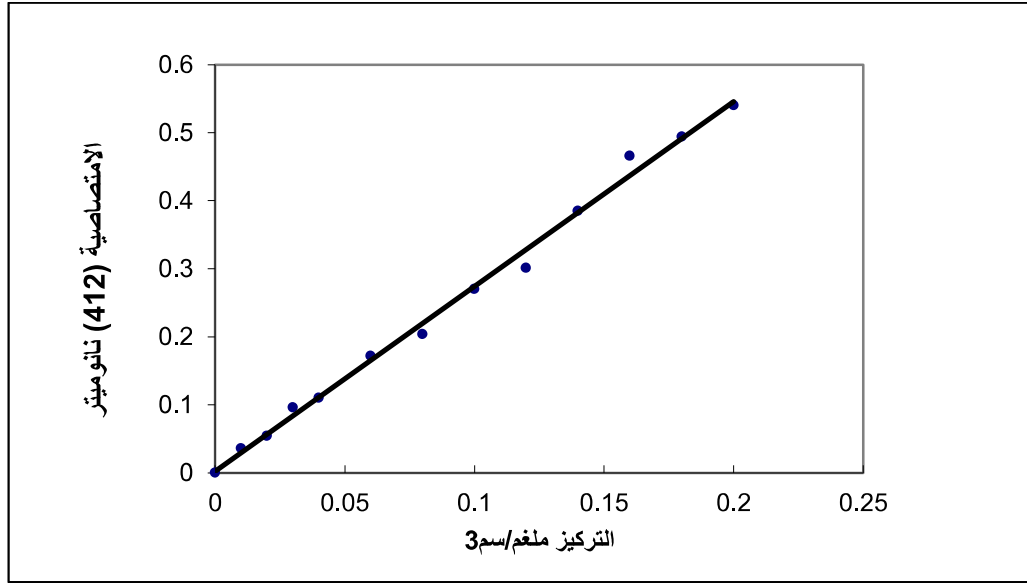
3- حضر محلول حامض ثلاثي كلورو حامض الخليك (TCA) Trichloroacetic acid بتركيز 6% بإذابة 6 غم من TCA في 100 مل ماء مقطر.

3-9-3 خطوات العمل Procedure

اخذ (0.1) غرام من أنسجة الأعضاء قيد الدراسة، كلٌّ على حدة، واضيف (1) مل من محلول TCA إليها، ووضعت العينة في بيكر صغير في جهاز السحق بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic Homogenizer وباستخدام الثلج المجروش، ولمدة 60 ثانية، شغل الجهاز بسرعة (6000) دورة في الدقيقة، بعدها نقلت العينات المسحوقة إلى جهاز طرد مركزي بسرعة (1008xg) لمدة (15) دقيقة. اخذ (0.5) مل من الراشح لكل عينة، في حين وضع (0.5) من الماء المقطر في انبوب Blank. بعدها اضيف محلول فوسفات الصوديوم بمقدار (2) مل لكل عينة ورجت جيدا. تمت اضافة كاشف DTNB لكل عينة بكمية (0.5) مل، وتركت العينات لمدة 5 دقائق، لوحظ تغير وتدرج في لونها إلى اللون الاصفر. واخيرا قُرئت الامتصاصية بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer عند الطول الموجي 412 نانوميتر.

الحسابات:

حسب مستوى فعالية GSH بالاعتماد على المنحنى البياني القياسي للكلوتاثاينون، سجلت النتيجة بوحدات بالنانومول /غم نسيج.



الشكل (2-3) المنحنى البياني القياسي لتحديد تركيز GSH

10-3 تحديد نشاط الأنزيمات في أنسجة الأسماك

1-10-3 تحضير راشح الأنسجة

Determination of enzymes activation in fishes tissues

استخدم الراشح المحضر بطريقة (Gerardo *et al.*,2007) لتقدير الانشطة الأنزيمية.

2-10-3 تحضير المحاليل المستخدمة في التجارب

Preparing solutions used in experiments

1- حضر محلول الفوسفات الدائري Phosphate Buffer solution بخلط (0.870) غم من (0.1 M) (K_2HPO_4) والمذاب في (50) مل من الماء المقطر مع (0.68) غم من (0.1 M) ($KHPO_4$) مذاب في (50) مل من الماء المقطر. تمت معايرة الاس الهيدروجيني إلى (Ph=7.0).

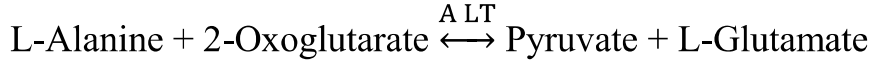
2- حضر هيدروكسيد الصوديوم (N=4) بإذابة (16) غم منه في كمية من الماء المقطر ويكمل بعدها إلى واحد لتر ورج جيداً لحين الوصول إلى محلول متجانس.

3-10-3 تحديد نشاط أنزيم الناقل أمين الانين

Determination of Alanine aminotransferase (ALT)

استخدمت معدات التحليل الـ (Kit) الفرنسية الصنع من شركة BIOLABO لتحديد نشاط أنزيم الـ (ALT) في راشح أنسجة (الكبد، العضلات والغلاصم) وحسب الطريقة المرفقة للـ (Kit) (Tietz.,1999)

3-10-3 مبدأ العمل **working principle** يحدث التفاعل كما يلي:



ثم يتفاعل البيريفات مع 4,2 DNPH لتشكيل 2,4-Dinitrophenyl-hydrazine (DNPH)، قُرئت الامتصاصية عند الطول الموجي (505) نانوميتر.

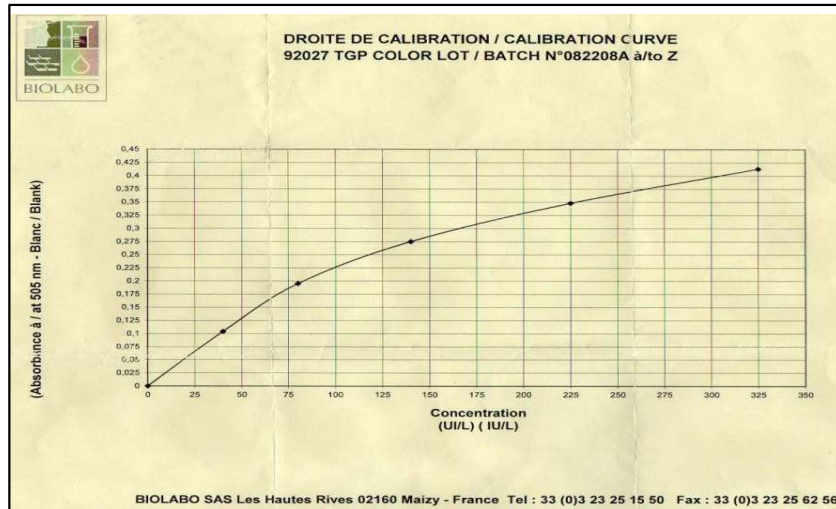
3-10-3 خطوات العمل

- 1- اضيف (1) مل من R2 في انابيب الاختبار.
- 2- وضعت الانابيب في الحاضنة لمدة خمس دقائق.
- 3- اضيف (200) مايكرو لتر من راشح النسيج إلى جميع الانابيب.
- 4- رجت الانابيب جيدا ثم وضعت في الحاضنة لمدة 30 دقيقة.
- 5- اضيف R3 بقدر (1) مل إلى جميع الانابيب. رجت الانابيب جيدا وثركت بدرجة حرارة الغرفة لمدة 20 دقيقة.
- 6- ثم اضيف (10) مل من هيدروكسيد الصوديوم NaOH المحضر مختبريا (N=4) ورجّ الخليط جيدا وثرک لمدة خمسة دقائق.
- 7- قُرئت الامتصاصية عند الطول الموجي 505 نانومتر، بعد تصفير الجهاز بالماء المقطر باستخدام جهاز spectrophotometer.

3-10-3 الحسابات Calculation

قدرت النتائج بوحدات (IU/L) عن طريق تقسيط الامتصاصية على المنحنى القياسي

.ALT



الشكل (3-3) المنحنى القياسي لـ ALT

3-10-4 تحديد فعالية أنزيم الناقل أمين الاسبارات

Activity determination of Aspartate aminotransferase (AST)

استخدمت معدات التحليل الـ (Kit) الفرنسية الصنع من شركة BIOLABO لتحديد نشاط أنزيم الـ (AST) في راشح أنسجة (الكبد، العضلات والغلاصم) وحسب الطريقة المرفقة للـ (Kit) (Tietz.,1999).

3-10-4-1 خطوات العمل steps of work

- 1- اضيف (1) مل من R2 في انابيب الاختبار.
- 2- وضعت الانابيب في الحاضنة لمدة خمس دقائق.
- 3- اضيف (200) مايكرو لتر من راشح النسيج مع الرج الجيد ثم وضعت في الحاضنة بدرجة حرارة 37 م° ولمدة ساعة كاملة.
- 5- اضيف R3 بمقدار (1) مل. رجت جيدا وتُركت بدرجة حرارة الغرفة لمدة 20 دقيقة.
- 6- تُمَّ اضيف (10) مل من هيدروكسيد الصوديوم NaOH ذو الـ (N= 4) ورجَّ الخليط جيدا وتُركت لمدة خمسة دقائق.
- 7- قُرئت الامتصاصية عند الطول الموجي 505 نانومتر بعد تصفير الجهاز بالماء المقطر باستخدام جهاز Spectrophotometer.

3-10-4-2 الحسابات Calculation

قدرت النتائج بوحدات (IU/L) عن طريق تسقيط الامتصاصية على المنحنى القياسي.



الشكل (3-4) المنحني القياسي لـ AST

3-10-5 تحديد فعالية أنزيم الفوسفاتيز القاعدي

Determination of Alkaline phosphatase (ALP)

استخدمت معدات التحليل الـ (Kit) الفرنسية الصنع من شركة BIOLABO لتحديد فعالية أنزيم الـ (ALP) في رشح أنسجة (الكبد، العضلات والغلاصم) وحسب الطريقة المرفقة للـ (Belfield *et al.*, 1971) Kit

3-10-5-1 المحاليل المستخدمة وتحضيرها

Preparation of used reagent

1- R1 تحتوي على المحفز-مخفف والذي يتكون من:

a. فينيل فوسفات الصوديوم المزدوج (5) mmol /L Disodium Phenylphosphate

b. خفف كربونات-البكربونات بتركيز (pH 10) Carbonate-bicarbonate buffer

(50 ملي مول/لتر ملي مول/لتر

4- R2 تحتوي على المحلول القياسي standard الحاوي على الفينول المقابل لـ 20 وحدة Phenol corresponding to 20 U King and Kind

3- R3 تحوي على محلول الايقاف للتفاعل المكون من

4- أمينو-انتيبيرين (Amino-antipyrine-4) 60 ملي مول / لتر

زرنيخ الصوديوم Sodium arsenate 240 غم / لتر.

4- R4 حاوية على صبغة مخففة مكونة من:

سيانيد الحديد البوتاسيوم (150) مليمول/ لتر potassium ferricyanide .

3-10-5-2 خطوات العمل Steps of Work

- 1- اخذت انابيب اختبار ووضع فيها (2) مل من R1، وتُرِكَت في الحاضنة لمدة 5 دقائق.
- 2- وضعت (50) مايكرو لتر من العينة في احد الانابيب الحاوية على R1 اعلاه، و(50) مايكرو لتر من R2 (المحلول القياسي) في انبوبة أخرى، وتُرِكَت لمدة (15) دقيقة داخل الحاضنة.
- 3- اضيف (0.5) مل من الكاشف R3 إلى انابيب الاختبار مع الرج الجيد
- 4- اضيف (0.5) مل من الكاشف R4 إلى الانابيب الاختبار.
- 5- اضيف (50) مايكرو لتر من الماء المقطر إلى انبوبة البلانك Blank
- 6- تُرِكَت لمدة 10 دقائق عند درجة حرارة الغرفة وبعيدا عن الضوء.
- 7- قُرِئت شدة الامتصاص عند 510 نانومتر بواسطة جهاز spectrophotometer لكل العينات مع تصفير الجهاز بواسطة الـ Blank.

3-10-5-3 الحسابات Calculation

$$\text{ALP activity} = (\text{Abs Assay}) / \text{Abs Standard} \times 20$$

3-10-6-6 تحديد مستوى الكتاليز Determiation of Catalase

3-10-6-1 المحاليل المستخدمة:

- 1- H₂O₂ (30مليمول) حُضِرَتْ باخذ(0.102) مل منه واضيف الماء المقطر اليه واكمل الحجم إلى 100 مل.
- 2- (50) مليمول من محلول phosphate buffer باس هيدروجيني(7) (Murase et al., 1989)

3-10-6-2 طريقة العمل: working procedure:

- 1- اخذ (50) مايكرو لتر من راشح الأنسجة لكل عينة ووضعت في انابيب الاختبار، بينما تم وضع (50) مايكرو لتر من الماء المقطر في انبوب اخر.
- 2- اضيف (550) مايكرو لتر من محلول بفر فوسفات Phosphate buffer (50) مليمول لكل العينات ومُزجت جيدا
- 3- اضيف (300) مايكرو لتر من H₂O₂ إلى العينة ورجها جيدا.

4- اخذت القراءات مرتين لكل عينة باستخدام مقياس الطيف الضوئي-Uv Spectrophotometer - بطول موجي (240) نانومتر، اخذت القراءة الثانية بعد دقيقة واحدة من القراءة الأولى، وتم تقدير النتائج بالملغم بروتين.

3-6-10-3 الحسابات

تم قياس التغير في الامتصاصية حسب المعادلة ادناه لمعرفة قيمة فعالية أنزيم الكاتاليز:
 $\Delta A = C \times \epsilon \times L$

ΔA : مقدار تغيير الامتصاصية

C: مقدار التركيز

ϵ : معامل الكفاءة (0.00394).

3-11-11 تحديد نشاط (المالون ثنائي الالديهيد) تزنخ الدهون في أنسجة الاسماك

Determination of Malondialdehyde in tissues

حُدِدَ نشاط المالون ثنائي الدهيد في أنسجة الأعضاء (الدماغ، والخياشيم، والامعاء، والكبد، والعضلات) بالاعتماد على طريقة (Volkan *et al.*, 2001) وذلك بواسطة التحديد الطيفي لمركب (MDA-TBA) وردي اللون الناتج بعد تفاعل (MDA) مع Thiobarbituric acid (TBA) بدرجة حرارة عالية.

3-11-11-1 تحضير المحاليل Reagents

1- محلول حمض ثلاثي كلورو حامض الخليك (TCA) Trichloroacetic حُضِرَ بتركيز 30% بإذابة (30) غرام في (100) مل من الماء المقطر.

2- محلول حمض ثايوباربيتوريك (TBA) تم تحضيره مباشرة بوضع (0.38) غم منه بـ (50) مل من NaOH(0.1N)

3- حامض (HCl) تم تحضيره بإذابة (7.3) مل منه في كمية من الماء المقطر وكَمِلَ الحجم إلى 40 مل.

4- هيدروكسيد الصوديوم (NaOH 0.1) تم تحضيره بإذابة (0.4) غم منه في 100 مل من الماء المقطر.

5- المحلول المنظم فوسفات الصوديوم (Na₂HPO₄) (0.2M) تم تحضيره بواسطة تذويب (5.676) غم في (200) مل من الماء المقطر، تمت معايرة الرقم الهيدروجيني إلى (pH=7.4).

3-11-2 Working Steps خطوات العمل

- 1- اخذ (0.1) غم من عينة نسيج الأعضاء كلا على انفراد واضيف اليها (1) مل من المحلول المنظم وتم وضع العينة في جهاز السحق الحأوي على الثلج المجروش لمدة 60 ثانية بسرعة (2000) دورة/ دقيقة.
- 2- استُخدِمَ جهاز الطرد المركزي بسرعة (XG1500) لمدة عشرة دقائق لفصل رشح العينات المسحوقة.
- 3- وضع في انابيب اختبار نظيفة (0.5) مل من رشح كل عينة، بينما وضع 0.5 مل من الماء المقطر في انبوبة اختبار لغرض عمل عينة الكفاء.
- 4- وضعت الانابيب في الحاضنة لمدة 5 دقيقة.
- 5- اضيف محلول TBA بقدر (0.5) مل لكل عينة ومزجت جيدا.
- 6- اضيف حامض TCA بقدر (0.33) مل ومزجت جيدا.
- 7- اضيف حمض (HCl) لكل عينة بمقدار (0.13) مل ومزجت جيدا.
- 8- ثم وُضِعَت العينات في حمام مائي water bath لمدة 10 دقائق، حتى أُوْحِظَ تغير اللون وتدرجه إلى الوردي.
- 9- فُصِلَ رشح العينات باستخدام جهاز الطرد المركزي وبسرعة (1008 xg) ولمدة خمس دقائق.
- 10- فُرِئَت الامتصاصية باستخدام جهاز spectrophotometer وبطول موجي بلغ 532 نانوميتر.

3-11-3 الحسابات

$$\text{MDA (nmol/g)} = A / E * L$$

A: الامتصاصية.

L: طول المسار الضوئي (1 سم).

E: الامتصاصية المولارية (1.56 X 10⁵)

3-12-12 دراسة التشوهات النووية في خلايا الدم الحمر

Study for nuclear anomalies erythrocytes

3-12-1-1 تحضير الصبغة

حُضِرَت صبغة جيمزا Gimsa stain بإذابة (1) غم من مسحوق الصيغة في 100 مل من الكحول المثلي methanol alcohol ومزجت جيدا وتُرَكَّتْ في الحاضنة لمدة 24 ساعة، ثم رُشِحَتْ ووضعت في قنينة داكنة اللون لحين الاستخدام (Culling *et al.*,1985).

3-12-2-2 تحضير مسحة الدم Preparation of blood smear

بواسطة مشروط حار قُطِعَت الاسماك في منطقة الزعنفة الذيلية، واخذت قطرة دم، وفرشت على شريحة نظيفة وجافة، وكُتِبَ عليها اسم المادة الفعالة وفترة التعرض، غطت مسحة الدم بالصبغة حسب الطريقة المتبعة من قبل (Brown.,1993).

3-12-3-3 الفحص المجهرى والتصوير الرقمى لعينات الدم

Microscopic examination and photography for blood samples

اجرى الفحص المجهرى لشرائح الدم بمجهر ضوئى مركب باستخدام عدسة زيتية وتم تصويرها باستخدام كاميرا رقمية Digital Camera ربطت بجهاز المحمول نوع ACER.

3-13-3 تحضير المقاطع النسيجية

تم استخدام طريقة الطمر بالشمع لإجل تحضير المقاطع النسيجية للكبد، بحسب طريقة الحاج، (2010) وكالتالى:

3-13-1-1 التشريح Dissetion

انترعت الأعضاء (الكبد والغلاصم) من أجسام الأسماك.

3-13-2-2 التثبيت Fixation

ثبتت العينات باستخدام الفورمالين 1%

3-13-3-3 الغسل Washing

غسلت العينات بماء الصنبور لمدة (5) دقائق وذلك لازالة اثار الفورمالين.

3-13-4-4 الانكاز Dehydration

استُخْدِمَت تراكيز متدرجة (70،90،100) % من الكحول الايثلي لسحب الماء من النمادج ولمدة نصف ساعة لكل تركيز.

3-13-5 الترويق Cleaning

اجريت عملية الترويق باستخدام الزايلين xylene إذ مررت النمادج في متغيرين وبمعدل 3 دقائق لكل متغير.

3-13-6 التشريب Infiltration

خُللت باستخدام شمع البارافين المذاب عند درجة حرارة (56-60) م° في الفرن، إذ وضعت النمادج أولاً في خليط من الشمع والزيول لمدة نصف ساعة عند درجة حرارة 56 درجة، ثم تم وضعت لمدة نصف ساعة في كل من الشمع 1 و2.

3-13-7 الطمر Embedding

طمرت النمادج باستخدام قوالب حديدية على شكل حرف L ، بعد صب الشمع النقي في القوالب ووضع العضو بداخله باستخدام ملاقط ووضع علامة على العينة، ثم ترك الشمع ليبرد ويتصلب.

3-13-8 التشذيب والتقطيع Sectioning and Trimming

شذبت قوالب الشمع بقطع الاجزاء الزائدة باستخدام شفرات حادة ثم تم تثبيت هذه القوالب على قالب خشبي في جهاز قطع مشراح دوار Rotary Microtome وذلك من اجل الحصول على شريط من المقاطع النسيجية بسماكة (4-6) ميكرون. ثم تم وضع الشريط في حمام مائي عند (40-45) درجة مئوية، الغرض منه هو فرش وتسويت النسيج، وبعد ذلك توضع على شريحة slide بعد تعليمها بقلم خاص، واخيرا توضع في الفرن عند درجة حرارة 50 درجة مئوية حتى تجف.

3-13-9 ازالة الشمع Deparaffinization

ازيل الشمع باستخدام زايلول من شرائح المقاطع النسيجية.

3-13-10 التلوين Staining

صبغت المقاطع النسيجة بالصبغة النسيجية العامة الهيماتوكسلين-ايوسين وفق الخطوات التالية (Wick, 2019):

- 1- مسحت الشرائح في سلسلة تنازلية من كحول الاثيل (100،90،80،70%) لمدة 5دقائق.
- 2- وضعت بعد ذلك في ماء مقطر لمدة 5 دقائق.
- 3- غمرت الشرائح في صبغة الهيماتوكسيلين لمدة 7 دقائق.
- 4- غسلت المقاطع بماء الصنبور الجاري لمدة 5 دقائق لازالة اثار الصبغة الزائدة.

- 5- غمرت الشرائح بالايوسين لمدة نصف دقيقة.
- 6- مررت المقاطع بكحول ايثيلي وبتراكيز (70،80،100) % ولمدة خمسة دقائق لكل تركيز.
- 7- غسلت المقاطع بماء الصنبور الجاري لمدة 5 دقائق لازالة اثار الصبغة الزائدة.
- 8- وضعت شرائح المقاطع في زليلول لمدة دقيقتين لغرض الترويق.

3-11-13 التحميل Mounting

استخدم الـ D.P.X Xylene Plasticizer Disterene لتحميل شرائح المقاطع النسيجية، ثم غطيت بغطاء زجاجي وتركت لتجف.

3-12-13 الفحص والتصوير المجهرى للمقاطع النسيجية

Examination and photography of histological sections.

فحصت المقاطع النسيجية وصورت باستخدام مجهر ضوئي مركب من Altay وبكاميرا رقمية Digital Camera، نوع MDCE-5A، متصلة بجهاز لاب توب نوع acer

3-14 التحليل الاحصائي Statical Analysis

حدد تركيز LC_{50} باستخدام الاصدار 1.5 من نظام برمجيات تحليل Probit (Finney.,1971)، رسمت النتائج بمخطط بياني بتسقيط التركيز مقابل نسبة الوفيات لمدة 96 ساعة، باستخدام برنامج Microsoft Excel Program، بينما استخدم البرنامج الاحصائي 5 Graph padprism لتحليل البيانات احصائياً. تمت مقارنة المتوسط الحسابي باستخدام برنامج One Way Anova عن طريق تحليل التباين للمتغيرات في المعايير قيد الدراسة لكل مجموعة على حدة، وكذلك المجموعة الضابطة باستخدام اختبار (Tukey) عند مستوى معنوي ($p < 0.05$). لمقارنة تأثير الكروم على الأعضاء قيد الدراسة خلال فترات التعرض المختلفة. تم وضع حروف في الجدول للإشارة إلى الفروق المعنوية (Steel and Torrie.,1980).

الفصل الرابع
النتائج والمناقشة

*Results and
Discussion*

4- النتائج والمناقشة

1-4 الصفات الفيزيائية والكيميائية لعينات الماء

Physical and Chemical properties of Water Samples

تُبين النتائج الموضحة في الجدول (1-4) ان الصفات الفيزيائية للماء والمتمثلة بدرجة الحرارة بلغت (10±18.4) °م، وان معدل التوصيلية الكهربائية (EC) للماء بلغ (515) مايكروسمنز/سم، اما بالنسبة للصفات الكيميائية للماء فقد تبين ان معدلات تركيز عنصر الكروم في الماء بلغ (0.0112) ملغم/لتر، اما قيمة الاس الهيدروجيني فقد بلغت (7.8)، في حين بلغ معدل العسرة الكلية (300) ملغم/لتر، إذ بلغت قيمة معدلات عسرة الكالسيوم (160) ملغم/لتر ومعدلات عسرة المغنيسيوم (140) ملغم / لتر.

الجدول (1-4) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر دجلة

موقع العينة	درجة الحرارة °C	EC ₂₅ دسي سمنز/م	Cr ملغم/لتر	pH	العسرة الكلية ملغم/لتر	عسرة الكالسيوم ملغم/لتر	عسرة المغنيسيوم ملغم/لتر
نهر دجلة	18.4	515	0.0112	7.8	300	160	140

تعتبر التوصيلية الكهربائية EC عن كمية الاملاح والايونات الذائبة في الماء (Pal et al., 2015) وتساهم في الكشف عن مدى تلوث المياه الملوثة (NHVRAP, 2011)، وتعتمد قيمتها على عدة عوامل منها درجة الحرارة للماء، وكذلك تعتمد على نسبة الاملاح المذابة في الماء، إذ تزداد بزيادتها (Hasan et al., 2023).

يُعد Cr واحدا من الملوثات الشائعة في البيئات المائية ولا يتواجد بشكل معدن حر في الطبيعة، هنالك ثلاث حالات أكسدة Cr^{+2} و Cr^{+3} و Cr^{+6} يكون الشكل فيها الثنائي غير مستقر، بينما حالات الأكسدة المستقرة هي الثلاثي والسداسي (Singh et al., 2017)، وان معدل قيمته في المياه قيد الدراسة (0.0112) ملغم/لتر والتي تعد ضمن الحدود المقبولة، إذ ان التركيز المسموح به هو (50 مايكرو غرام / لتر) (WHO., 2011)، ان الحدود العليا المسموح بها للكروم في الماء للأسماك (0.1-0.05) ملغم / لتر (محمد، 2018).

تُعد قيمة الالاس الهيدروجيني وسيلة لمعرفة فعالية ونشاط ايونات الهيدروجين في الماء إذ ان اغلب المياه الطبيعية تميل إلى القاعدية وذلك بسبب ايونات الكربونات والبيكربونات الموجودة في الصخور العراقية (السراج، 2013)، وهي تُعد ضمن حدود المواصفات القياسية لمياه الشرب التي تتراوح بين (6.5 - 8.5).

تُعد العسرة الكلية تعبيراً رقمياً لمحتوى المياه من المعادن وفي مقدمتها ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم وغيرها من ايونات المعادن القلوية، وتعد من الصفات الرئيسة التي تختلف باختلاف نوعية المياه حول العالم (Cech., 2003) بلغت قيم كل من العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم (300) و(160) و(140) ملغم / لتر على التوالي، وألتي تعد ضمن الحدود الطبيعية، يعد الكالسيوم ايونا موجبا موجوداً بصورة طبيعية في المياه العذبة (التميمي، 2004) إذ إنه يأتي من عمليات التجوية التي تحدث للصخور والمعادن الحأوية عليه ، فضلاً عن الصخور الرسوبية (AL-Dabbas., 2006)، ويعد عنصرا الكالسيوم والمغنيسيوم من الايونات الرئيسية المسببة للعسرة في المياه، ويُعد ذوبان الصخور الجيرية المصدر الاساسي لهما في الماء (رازوقي، 2010).

اشار Ding وآخرون (2020) إلى أن العوامل البيئية لنوعية المياه كالعسرة والPH ونوعية الملوحة يمكن أن تتغير، وأن سمية بعض المعادن الثقيلة تقل بوجود عسرة المياه.

2-4 التركيز القاتل LC₅₀ للكروم في أسماك *A.mossulensis*

Lethal concentration 50 (LC₅₀) Of Chromium in *A.mossulensis* fish.

يتضح من نتائج الجدول (2-4) والجدول (3-4)، والشكل (1-4) زيادة معدل موت الأسماك بزيادة تركيز الكروم الثلاثي التكافؤ المستخدم كلما زادت فترة التعرض، ولم تسجل وفيات في مجموعة السيطرة، وان معدل التركيز القاتل لنصف عدد الأسماك LC₅₀ المعرضة للكروم خلال فترة التأثير الحاد خلال (96) ساعة بلغت (40.519) ملغم /لتر .

الجدول (2-4) العلاقة بين تركيز الكروم ومعدل الوفيات لأسماك *A. mossulensis* خلال فترة (96) ساعة.

الموت المقدر	الموت المتوقع	الموت في المقياس الحيوي	عدد الأسماك الميتة	عدد الأسماك المعرضة	تركيز الكروم (ملغم/لتر)
0.1983	0.3000	0.3000	3	10	20
0.4938	0.4000	0.4000	4	10	40
0.6813	0.5000	0.5000	5	10	60
0.7929	0.8000	0.8000	8	10	80
0.8609	1.0000	1.0000	10	10	100

الجدول (3-4) الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك *A. mossulensis* المعرضة للكروم لمدة (96) ساعة.

الحد الأعلى للتركيز	الحد الأدنى للتركيز	التركيز	التركيز القاتل (1-99)
13.534	0.252	5.836	LC ₁
19.608	0.991	10.295	LC ₅
24.003	2.046	13.933	LC ₁₀
27.608	3.326	17.090	LC ₁₅
56.050	23.080	40.519	LC ₅₀
271.719	67.079	96.069	LC ₈₅
435.408	78.276	117.838	LC ₉₀
888.667	96.945	159.482	LC ₉₅
3458.965	141.803	281.327	LC ₉₉

بيّنت النتائج التي توصل إليها كل من Kumar و Kashyap (2023) ان قيمة LC_{50} عند معاملة أسماك *Channa punctatus* بالكروم بلغت (61.80) ملغم /لتر، كما وجد Mathi وآخرون (2023) ان تعريض أسماك *Penaeus monodon* للكروم الثلاثي لمدة 96 ساعة إن قيمة LC_{50} بلغت (6.0280) جزءاً في المليون. بينت النتائج التي توصل إليها Garza وآخرون (2023) ان التركيز القاتل للكروم ثلاثي التكافؤ بلغ (2.613 ملغم / لتر) عند معاملة أسماك *Lecane papuana* به.

ان التباين في قيمة LC_{50} تعتمد على اعمار واحجام وانواع الأسماك وطرق تغذيتها، وقد تبين ان الاسباب الدقيقة للوفيات الناجمة عن السمية الحادة بالكروم الثلاثي التكافؤ تزداد بزيادة التركيز المستخدم وبزيادة مدة التعرض، فضلا عن الظروف المختبرية (درجة الحرارة، وفترات الاضاءة، و الاس الهيدروجيني، والرطوبة. Bakshi and Panigrahi., 2018).

3-4 دراسة التراكم الاحيائي لأسماك *A. mossulensis*

Study of Bioaccumulation of *A. mossulensis*

أوضحت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-4) والشكل (4-2) ان التعريض للمدة الاولى والبالغة 4 ايام عدم حدوث ارتفاع معنوي لتراكم الكروم في جميع الأعضاء قيد الدراسة، بالمقارنة مع السيطرة عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، اما في مجمل التجربة، فقد لوحظ حدوث أعلى تراكم معنوي للكروم في الغلاصم، إذ بلغ (0.148) والذي لم يختلف معنويا عن معدل التراكم في الامعاء (0.1303) والكبد (0.1152) بينما وجد اقل تراكم في العضلات (0.0077)، اما تأثير التراكيز المستخدمة فقد لوحظ أن أعلى معدل للتراكم الحيوي وجد في التركيز (30) ملغم/لتر، إذ بلغ 0.1246، والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز 20 ملغم/لتر، والذي بلغ 0.0996، ومن ثم التركيز 10 ملغم/لتر الذي لم يختلف معنويا عن معدل التراكم في مجموعة السيطرة.

الجدول (4-4) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم لمدة (4) أيام

الأعضاء المعاملات	السيطرة	10ملغم/لتر	20ملغم/لتر	30ملغم/لتر	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.05±0.081 a	0.055±0.103 a	0.07±0.195 a	0.009±0.215 a	0.148 A
الدماغ	0.01±0.0374 a	0.08±0.059 a	0.04±0.071 a	0.007±0.082 a	0.0623 B
الكبد	0.06±0.084 a	0.02±0.093 a	0.09±0.110 a	0.055±0.174 a	0.1152 A
الامعاء	0.03±0.064 a	0.04 ± 0.103 a	0.02±0.163 a	0.022±0.191 a	0.1303 A
العظام	0.009±0.011 a	0.002±0.032 a	0.003±0.051 a	0.001±0.074 a	0.042 B
العضلات	0.003±0.005 a	0.003±0.006 a	0.001±0.008 a	0.009±0.012 a	0.0077 C
تأثير التراكم	0.04706 CD	0.066 BC	0.0996 AB	0.1246 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

اما المدة الثانية، البالغة 7 أيام، والموضحة في الجدول (4-5) والشكل (4-3) فقد بيّنت نتيجة التحليل الاحصائي حدوث تراكم للكروم عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، في الغلاصم في التراكيز قيد الدراسة، إذ بلغت (0.03 ± 0.227) و (0.032 ± 0.239) و (0.012 ± 0.274) مايكروغرام/غم وزن جاف في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم/لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (0.05 ± 0.081) إلا أنها لم تختلف عن بعضها البعض معنوياً. اما بالنسبة للكبد، فقد لوحظ حدوث تراكم معنوي للكروم عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، في التراكيز قيد الدراسة، إذ وجد حدوث أعلى ارتفاع معنوي للتراكم في اكباده الأسماك المعاملة بالتراكيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ (0.04 ± 0.265) مايكروغرام/غم وزن جاف، والذي لم يختلف معنوياً عن بقية التراكيز المستخدمة، إذ بلغ في التراكيز 20 ملغم/لتر (0.08 ± 0.210) وفي التراكيز 10 ملغم/لتر (0.07 ± 0.195) بينما اختلف معنوياً عن مجموعة السيطرة (0.06 ± 0.084) مايكروغرام/غم وزن جاف، عند مستوى احتمالية $p < 0.05$. اما في الامعاء فقد لوحظ ان معدل التراكم الحيوي للكروم عند تعريض الأسماك للتراكيز تحت القاتلة المستخدمة اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة (0.03 ± 0.064)، لكنها لم تختلف معنوياً فيما بينها، وان أعلى معدل وجد في التراكيز 30 ملغم/لتر، فالتركيز 20 ملغم/لتر ثم التركيز 10 ملغم/لتر، إذ بلغت معدلات التراكم (0.17 ± 0.295) و (0.006 ± 0.278) و (0.01 ± 0.213) مايكروغرام/غم وزن جاف على التوالي. بينما في مجمل التجربة، فقد وجد أعلى تراكم في وجد في الامعاء (0.2125) الذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في الغلاصم (0.2052) والكبد (0.1885) بينما وجد اقل تراكم حيوي في العضلات (0.013) والذي اختلف معنوياً عن بقية الأعضاء، لكنه لم يختلف معنوياً عن نظيره في العظام (0.0661)، اما بالنسبة لتأثير التراكيز المستخدمة فقد لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين تراكيز الكروم المستخدمة وان أعلى معدل للتراكم الحيوي وُجِدَ عند معاملة الأسماك بالتراكيز (30) يليه (20) ثم (10) ملغم/لتر، إذ اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4-5) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (7) أيام

الأعضاء المعاملات	السيطرة	10ماغم/لتر	20ملغم/لتر	30ملغم/لتر	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.05±0.081	0.03±0.227	0.032 ±0.239	0.012±0.274	0.2052 A
الدماغ	0.01 ±0.0374	0.009± 0.101	0.011±0.128	0.007±0.149	0.1038 B
الكبد	0.06±0.084	0.07±0.195	0.08±0.210	0.04±0.265	0.1885 A
الامعاء	0.03±0.064	0.01± 0.213	0.006±0.278	0.17±0.295	0.2125 A
العظام	0.009±0.011	0.005±0.0816	0.013±0.084	0.033±0.088	0.0661 C
العضلات	0.003±0.005	0.018 ±0.013	0.007± 0.015	0.002± 0.019	0.013 CD
تأثير التراكيز	0.04706	0.1384	0.159	0.1816	A A A B

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

اما في مدة التعرض (14) يوما، الجدول (4-6) والشكل (4-4) فقد تبين وجود ارتفاع معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ في غلاصم الأسماك المعرضة للتراكيز المستخدمة (10 و 20 و 30) ملغم/لتر، والتي لم تختلف عن بعضها معنويا، بالمقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (0.05± 0.081)،، إذ بلغت معدلات التراكم فيها (0.018±0.295)

و(0.09± 0.336) و(0.021± 0.392) مايكروغرام/غم وزن جاف، على التوالي. اما الدماغ فقد لوحظ وجود ارتفاع معنوي لتراكم الكروم في المجاميع قيد الدراسة، وان أعلى معدلات للتراكم وجدت في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم/لتر، بلغ(0.011± 0.196) والذي لم يختلف عن نظيره في التركيز 20 ملغم/لتر(0.009± 0.174) مايكروغرام/غم وزن جاف، وعن المجموعة المعاملة بالتركيز 10 ملغم/لتر (0.07 ±0.160)، مقارنة مع مجموعة السيطرة (0.01± 0.0374) مايكروغرام/غم وزن جاف. اما بالنسبة للكبد، فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي في جميع المجاميع التجريبية، وان أعلى ارتفاع معنوي للتراكم وجد في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ (0.18± 0.384) مايكروغرام/ غم وزن جاف، والذي لم يختلف معنويا عن بقية التراكيز، إذ بلغ في التركيز 20 ملغم/لتر(0.2± 0.352) وفي التركيز 10 ملغم/لتر(0.05± 0.316) مايكروغرام/ غم وزن جاف، بينما اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة (0.06±0.084) مايكروغرام/ غم وزن جاف، عند مستوى احتمالية $p < 0.05$. اما بالنسبة للأمعاء، فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي في جميع المجاميع التجريبية مقارنة مع مجموعة السيطرة، وان أعلى ارتفاع معنوي وجد في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ(0.09 ± 0.318) مايكروغرام/غم وزن جاف، والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيزين 20 و 10 ملغم/لتر، إذ بلغا(0.19± 0.303) و(0.074 ± 0.29) مايكروغرام/غم وزن جاف، على التوالي، بينما لم يُلاحظ وجود فروقٍ معنوية في (العظام والعضلات) مقارنة مع مجموعة السيطرة. اما في مجمل التجربة فقد لُوِحِظَ ان جميع التراكيز المستخدمة لم تختلف فيما بينها معنويا لكنها اختلفت معنويا مع مجموعة السيطرة، اما بالنسبة لتأثير الأعضاء فقد لُوِحِظَ أعلى تراكم في الكبد (0.284) يليه الغلاصم (0.276) والامعاء(0.2437) ثم الدماغ (0.1418) والذي لم يختلف فيما بينها معنويا، بينما وجدَ اقل تراكم في العظام والعضلات (0.0262)،(0.0882) على التوالي، اللذان لم يختلفا فيما بينهما معنويا.

الجدول (4-6) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً

تأثير الأعضاء	30	20	10	السيطرة	الأعضاء المعاملات
0.276 A	0.021± 0.392 a	0.09± 0.336 a	0.018±0.295 ab	0.05±0.081 c	الغلاصم
0.1418 AB	0.011±0.196 a	0.009± 0.174 a	0.07 ±0.160 a	0.01 ±0.0374 b	الدماغ
0.284 A	0.18± 0.384 a	0.2± 0.352 a	0.05± 0.316 a	0.06±0.084 b	الكبد
0.2437 A	0.09 ± 0.318 a	0.19± 0.303 a	0.074±0.29 ab	0.03±0.064 c	الامعاء
0.0882 B	0.068 ± 0.148 a	0.087 ±0.103 a	0.026±0.091 a	0.009±0.011 a	العظام
0.0262 BC	0.004± 0.047 a	0.01 ± 0.033 a	0.008± 0.020 a	0.003±0.005 a	العضلات
	0.2475 A	0.2168 A	0.1953 AB	0.04706 C	تأثير التراكيز

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05

(0.05

اما في مدة التعريض (30) يوماً، بين الجدول (4-7) والشكل (4-5)، وجود ارتفاعاً معنوياً لتراكم الكروم في غلاصم الأسماك المعاملة بالتراكيز (30 و20 و10) ملغم/لتر، إذ بلغ أعلى مستوى للتراكم في غلاصم الأسماك المعاملة بالتراكيز (30) ملغم/لتر، إذ بلغ (1.719 ± 0.22) والذي اختلف معنوياً عن نظيره في التراكيز (20 و10) ملغم/لتر، إذ بلغ (0.663 ± 0.17) و (0.404 ± 0.3) مايكروغرام/غم وزن جاف على التوالي، مقارنة مع

مجموعة السيطرة (0.05 ± 0.081) مايكروغرام/غم وزن جاف، عند مستوى احتمالية $p < 0.05$. اما في الدماغ، فقد لوحظ حدوث تراكم معنوي بين التراكيز المستخدمة ومجموعة السيطرة، وان أعلى ارتفاع وجد في ادمغة الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ (0.27 ± 0.742) مايكروغرام/غم وزن جاف بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (0.01 ± 0.0374) ملغم/كغم وزن جاف، كما اختلف معنويا عن نظيره في التركيزين (20 و 10) ملغم/لتر عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ ، إذ بلغا (0.09 ± 0.289) و (0.078 ± 0.221) مايكروغرام/غم وزن جاف على التوالي، واللذان لم يختلفا معنويا فيما بينهما. اما في الكبد، فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي لتراكم الكروم في اكباده جميع الأسماك المعاملة بالتركيز (10 و 20 و 30) ملغم/لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، وان أعلى ارتفاع معنوي لتراكم الكروم الحيوي في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ ، إذ بلغ (0.16 ± 1.731) مايكروغرام/غم وزن جاف، والذي اختلف معنويا عن معدلات التراكم الحيوي في اكباده الأسماك المعاملة بالتركيزين (10 و 20) ملغم/لتر والبالغة (0.3 ± 0.551) و (0.19 ± 0.693) مايكروغرام/غم وزن جاف، على التوالي، فضلا عن اختلافه معنويا عن مجموعة السيطرة (0.06 ± 0.084) مايكروغرام/غم وزن جاف، اما في الامعاء، فقد لوحظ ان الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر وجد فيها أعلى معدل لتراكم الكروم، عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ ، إذ بلغ (0.073 ± 1.668) مايكروغرام/غم وزن جاف، والذي اختلف معنويا عن معدلات التراكم في التركيزين (10 و 20) ملغم/لتر واللذان لم يختلفا معنويا مع بعضهما لكن اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (0.03 ± 0.064) مايكروغرام/غم وزن جاف عند مستوى احتمالية $p < 0.05$. إذ بلغت معدلات التراكم (0.061 ± 0.479 و 0.087 ± 0.532) مايكروغرام/غم وزن جاف. اما في العظام فقد لوحظ حدوث اختلاف معنوي بين التراكيز المستخدمة ومجموعة السيطرة (0.009 ± 0.011) مايكروغرام/غم وزن جاف، إذ بلغت معدلات التراكم (0.082 ± 0.156) في التركيز 10 ملغم/لتر، اما في التركيز 20 ملغم/لتر فقد بلغ معدل التراكم (0.004 ± 0.198) مايكروغرام/غم وزن جاف، وفي التركيز 30 ملغم/لتر بلغ معدل التراكم (0.068 ± 0.222)، في حين لم يلاحظ وجود فرق معنوي في معدلات تراكم الكروم في التراكيز المستخدمة ومجموعة السيطرة في العضلات. اما في عموم التجربة فقد لوحظ عدم وجود اختلاف معنوي بين الغلاصم والكبد والامعاء وان أعلى تراكم حيوي لوحظ في الكبد، إذ بلغ معدل التراكم 0.7647 يليه الغلاصم، إذ بلغ معدل التراكم فيها 0.7167 ثم الامعاء التي بلغ معدل التراكم فيها 0.6857، يليهم الدماغ الذي بلغت معدلات التراكم فيه 0.3223، والعظام التي بلغت معدلات التراكم فيها 0.1467 واخيرا العضلات التي بلغت معدلات التراكم 0.056، كما لوحظ وجود فرق معنوي بين

جميع التراكيز المستخدمة في الدراسة الحالية ومجموعة السيطرة وان أعلى تراكم معنوي لوحظ في التركيز (30) ملغم / لتر، إذ بلغ معدل التراكم 1.0291.

الجدول (4-7) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً

الأعضاء المعاملات	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.05±0.081	0.3±0.404	0.17±0.663	0.22± 1.719	0.7167 A
الدماغ	0.01 ±0.0374	0.078±0.221	0.09± 0.289	0.27±0.742	0.3223 B
الكبد	0.06±0.084	0.3±0.551	0.19± 0.693	0.16 ± 1.731	0.7647 A
الامعاء	0.03±0.064	0.061± 0.479	0.087± 0.532	0.073± 1.68	0.6857 A
العظام	0.009±0.011	0.082± 0.156	0.004± 0.198	0.068± 0.222	0.1467 C
العضلات	0.003±0.005	0.01± 0.05	0.024± 0.076	0.06± 0.093	0.056 D
تأثير التراكيز	0.04706	0.3101	0.4085	1.0291	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

أوضحت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-8) والشكلين (4-6) والشكل (4-7) خلاصة التراكم الاحيائي للتركيز تحت القاتلة للكروم الثلاثي التكافؤ في جميع الفترات المستخدمة، ان أعلى معدلات لتراكم الكروم لوحظت في الكبد، إذ بلغت (0.2867) والغلاصم (0.2853) والامعاء (0.2672)، مع عدم حدوث اختلاف معنوي فيما بينهما، يليهم الدماغ

(0.1335)، ثم العظام (0.0708) ومن ثم العضلات (0.02144) وقد اختلفوا فيما بينهم معنوياً، اما بالنسبة لتأثير الفترات فقد لوحظ ان معدلات جميع الفترات قيد الدراسة اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة، وان أعلى تراكم وجد لمدة (30) يوماً تليها فترتاً (14) يوماً ثم (7) أيام واللذان لم تختلفا عن بعضهما معنوياً، واخيراً فترة (4) أيام، وان جميع الفترات قيد الدراسة اختلفوا معنوياً عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4-8) خلاصة التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض

أعضاء أسماك *A. mossulensis* لجميع فترات التجربة

الأعضاء المعاملات	السيطرة	4 يوم	7 يوم	14 يوم	30 يوم	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.081 d	0.148 bc	0.2052 b	0.276 b	0.7167 a	0.2853 A
الدماغ	0.0374 d	0.0623 c	0.1038 b	0.1418 b	0.3223 a	0.1335 B
الكبد	0.084 d	0.1125 c	0.1885 c	0.284 b	0.7647 a	0.2867 A
الامعاء	0.064 d	0.1303 c	0.2125 b	0.2437 b	0.6857 a	0.2672 A
العظام	0.011 d	0.042 bd	0.0661 b	0.0882 b	0.1467 a	0.0708 C
العضلات	0.005 d	0.0077 d	0.013 c	0.0262 b	0.056 a	0.02144 D
تأثير الفترات	0.0470 D	0.0838 C	0.1315 B	0.17665 B	0.4486 A	

المعدل \pm الخطا القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

($P < 0.05$)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية ($P <$

0.05)

تُعد الأسماك بمثابة مؤشرات حيوية جيدة للمعادن الثقيلة (Njinga *et al.*, 2023) باعتبارها قمة السلسلة الغذائية المائية وتتراكم في جميع أعضائها كميات كبيرة من بعض المعادن، في (Ge *et al.*, 2020). ان الكروم الثلاثي التكافؤ يتطلب وجوده بكميات ضئيلة جدا trace elements لدوره في استقلاب الدهون الطبيعية والبروتينات، فضلا عن دوره كعامل مساعد لعمل الانسولين (Vincent,2019)، الا ان التراكيز العالية منه لا تؤدي فقط إلى التراكم الحيوي ولكن أيضاً تؤثر بشدة على الأنزيمات الحيوية للأسماك وامراض الدم (Ali *et al.*, 2021) ان توزيع المعادن في الأعضاء يختلف باختلاف انواع واحجام الأسماك. (Njinga *et al.*, 2023) فقد أوضحت الدراسة التي أجراها Llamazares وآخرون (2022) ان تراكم الكروم في الغلاصم كان الأعلى في جميع الأسماك (*Acestrorhynchus pantaneiro*).

Salminus brasiliensis، *Brycon orbignyanus*، and *Megaleporinus obtusidens*

بالمقارنة مع بقية الأعضاء. ان تراكم المعادن في الأنسجة تختلف اختلافاً كبيراً بالاعتماد على العديد من العوامل، منها طريقة التعرض للمعدن، ومستوى التغذية فضلاً عن تركيز المعدن (Squadrone *et al.*,2013 ; Ge *et al.*, 2020). قد يعزى سبب تراكم المعادن الثقيلة بتراكيز عالية في الغلاصم والكبد إلى الاتصال المباشر للغلاصم بالبيئة والدور الفعال للغلاصم في عملية التنظيم الايوني والتناضحي، والدور الحيوي للكبد كعضو تخزين وإزالة السموم (Sable *et al.*,2024).

ان بعض الأنسجة مثل الكبد والخياشيم غالباً ما تتراكم بتراكيز أعلى من المعادن مقارنة بالعضلات، نظراً لقلّة البروتينات الرابطة الموجودة فيها (MT) (الميتالوثيونات Metallothionein) (Hasan *et al.*2023)، والذان يُعدان مؤشران جيدان لتلوث المعادن الثقيلة في النظم البيئية المائية (Kumar and Kumari 2017) فالميتالوثيونات بروتينات مرتبطة بالمعادن، وتكون غنية بالسيستين Cysteine، ولها دور مهم في نقل وتخزين المعادن الاساسية والحماية من التأثير السام للمعادن (Min *et al.*, 2016).

بينت الدراسة التي قام بها Kumar وآخرون (2024) لأعضاء سمكة *Labeo rohita* (الغلاصم، والكبد، والعضلات، والدماغ، والعظام) ان اقل مستوى للتراكم الحيوي للكروم وجد في العضلات والدماغ. وجد Yin وآخرون (2023) تراكم Cr بشكل كبير في الدماغ، والعضلات بعد الغلاصم والعظام بعد تعرض سمكة الشبوط الكبير *Hypophthalmichthys nobilis* Cr لمدة 14 يوماً.

اظهرت الدراسة التي قام بها Ali وآخرون (2021) ان الكروم يتراكم في أعضاء مختلفة من الأسماك وقد لوحظ أعلى تراكم بيولوجي في الغلاصم بينما كان ادنى في العظام. وان أعلى تراكم وُجِدَ في الخياشيم يليه الامعاء ثم العضلات والجلد فالعظام، في حين بينت الدراسة التي أجراها Ge وآخرون (2020) ان الكبد والغلاصم اظهروا قدرة تراكم أعلى من الأنسجة الأخرى (الجلد والعضلات والامعاء)، تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه javed وآخرون (2017)، إذ درسوا تراكم الكروم في أعضاء الأسماك (*Wallago attu*, *Mystus seenghala*, *Channa marulius*) ان أعلى تراكم لوحظ في الكبد يليه الغلاصم، وان اقل تراكم وجد في عضلات الأسماك المدروسة، كما درس Arantes وآخرون (2016) تراكم الكروم في اكباده وعضلات أسماك *catfis* ووجدوا أن أعلى نسبة للتراكم لوحظت في الكبد، وانفقت النتائج مع ما توصل اليه Ahmad وآخرون (2015) بان تراكم الكروم في الكبد أعلى من نظيره في الغلاصم وتليها العضلات في أسماك *Oreochromis niloticus* وأسماك *Poecilia latipinna* والتي تم جمعها من موقعين مختلفين من بحيرة سد وادي نمر في المملكة العربية السعودية، كما تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Kumari وآخرون (2014) إذ وجدوا ان أعلى مستوى حيوي لتراكم الكروم في الكبد يليه الغلاصم والعضلات ثم الدماغ في أسماك *Labeo rohita*.

بينت الدراسة التي قام بها Min وآخرون (2016) ان تراكم الكروم حدث في جميع أنسجة أسماك *Mugil cephalus*، وان مقدار التراكم يعتمد على فترات التعريض وتركيز الكروم وقد احدث التعرض لمدة 4 اسابيع تراكم الكروم بالترتيب التالي: الكبد < الامعاء ≈ الخياشيم < العضلات، بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. للامعاء اهمية كبيرة في الجسم باعتبارها خطأً دفاعياً، تعد الامعاء من ابرز الحواجز المناعية والفيزيائية في الأسماك، يزداد التراكم البيولوجي في الامعاء ويؤثر بشكل كبير على تركيبها النسيجي، وبالتالي يؤدي إلى حدوث موت الخلايا. (Yu et al., 2021)

4-4: تأثير الكروم في مستوى مضادات الأكسدة (الكلوتاثيون والكاتاليز)

Effect of Chromium on antioxidants (Glutathione and catalase)

1-4-4: الكلوتاثيون Glutathione

بيّنت نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (4-9) والشكل (4-8) أن مستوى الكلوتاثيون انخفض بالمقارنة مع مجموعة السيطرة لمدة (4) أيام. ففي الغلاصم، لوحظ حدوث انخفاض معنوي في غلاصم الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، إذ بلغ (12 ± 971) (نانومول/غم) والذي اختلف معنوياً عن مجموعة

السيطرة (5±1010) نانومول /غم وعن نظيره في التركيز 10 ملغم / لتر (نانومول/غم) (11±1000)، بينما لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز 20 ملغم /لتر والذي بلغ (14±984) (نانومول/غم). اما في الدماغ فقد وُجِدَ انَّ معاملة الأسماك بالتركيزين (30،20) ملغم/لتر، احدثت انخفاضا معنويا في مستوى الكلوتاثايون، إذ بلغا (13±995) و(15±1007) (نانومول/غم) على التوالي مقارنة مع نظيره في مجموعة السيطرة (7±1036) (نانومول/غم) واللذان لم يختلفا عن بعضهما معنويا، وان تركيز الكلوتاثايون في مجموعة السيطرة لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (10) ملغم/لتر، إذ بلغ (24±1018) (نانومول/غم)

الجدول (4-9) تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (4) أيام

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	5±1010 d	11±1000 bcd	14±984 b	12±971 ab	991 A
الدماغ	7±1036 c	14±1018 bc	15±1007 ab	13±995 a	1014 B
الكبد	13±2001 bc	10±1992 bc	19±1981 ab	16±1970 a	1986 C
العضلات	18±1028 c	12±1009 abc	14±996 ab	10±980 a	1003 AB
تأثير المعاملات	1268 BC	1254 B	1242 AB	1229 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

اما في الكبد، فقد لوحظ حدوث انخفاض معنوي في التركيزين (30 و 20) ملغم/لتر، إذ بلغ (16±1970) و (19±1981) (نانومول/غم) على التوالي، والذان لم يختلفا فيما بينهم معنويا، وان مستوى الكلوتاثاينون في مجموعة السيطرة (13±2001) (نانومول/غم) لم تختلف معنويا عن نظيره في مجموعة الأسماك المعاملة بالتركيز (10) ملغم/لتر، إذ بلغ مستوى الكلوتاثاينون (10±1992) (نانومول/غم)، اما في العضلات فقد لوحظ اقل انخفاض في التركيز (30) ملغم/لتر، إذ بلغ (10±980) والذي اختلف معنويا عن السيطرة (18±1028)، اما في مجمل التجربة فقد لوحظ اقل مستوى للكلوتاثاينون في الغلاصم (991)، والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في العضلات (1003)، اما من إذ الترايز فان اقل مستوى للكلوتاثاينون وجد في معاملة الأسماك بالتركيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ (1229) والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز 20 ملغم/لتر (1242) لكنه اختلف معنويا عن نظيره في مجموعة السيطرة (1268)

أوضحت نتائج الدراسة الحالية في الجدول (4-10) والشكل (4-9) ان مستوى الكلوتاثاينون انخفض معنويا في جميع الأعضاء قيد الدراسة في الأسماك المعاملة بالتركيزين 20 و 30 ملغم/لتر لمدة الثانية (7) أيام، المقارنة مع مجموعة السيطرة عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ وان اقل انخفاض معنوي لوحظ في غلاصم الأسماك المعاملة بالتركيزين (30 و 20) ملغم/لتر، إذ بلغ (15±966) و (10±973) نانومول /غم على التوالي والذان لم يختلفا عن بعضهما معنويا، لكنهما اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (5±1010) نانومول/غم، بينما لم يلاحظ وجود اختلاف معنوي للأسماك المعاملة بالتركيز (10) ملغم /لتر والبالغة (13±990) نانومول/غم ومجموعة السيطرة، وفي الدماغ بلغ معدل مستوى الكلوتاثاينون في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر (10±984) نانومول/غم، والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في التركيز 20 ملغم/لتر، إذ بلغ (15±992) نانومول/غم، لكنه اختلف معنويا عن نظيره في التركيز 10 ملغم/لتر (19±1009) نانومول/غم، وعن مجموعة السيطرة (7±1036) نانومول/غم، وفي الكبد بلغ معدل مستوى الكلوتاثاينون في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر (16±1943) نانومول/غم، والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز 20 ملغم/لتر، إذ بلغ (15±1954) نانومول/غم، لكنه اختلف معنويا عن نظيره في التركيز 10 ملغم/لتر (10±1972) نانومول/غم، وعن مجموعة السيطرة (13±2001) نانومول/غم، وفي العضلات تبين ان اقل مستوى للكلوتاثاينون لوحظ في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم / لتر والبالغ (10±963) نانومول/غم والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في مجموعة الأسماك المعاملة بالتركيز 20 ملغم/لتر والبالغ (14±984) نانومول/غم، في حين اختلف معنويا عن نظيره في

مجموعة الأسماك المعاملة بالتركيز 10 ملغم/لتر (12±991) نانومول/غم، ومجموعة السيطرة (18±1028) نانومول/غم، اما في مجمل التجربة فقد لوحظت اختلافات معنوية في مستوى الكلوتاثايون بين الأعضاء وان اقل مستوى لوحظ في العضلات (991)، و الغلاصم إذ بلغ (984) واللذان لم يختلفا عن بعضهما البعض معنويا، لكنهما اختلفا معنويا عن الدماغ (1005) وعن الكبد (1967). اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ اقل مستوى معنوي للكلوتاثايون في التركيزين (30 و 20) ملغم/لتر، واللذان لم يختلفا عن بعضهما معنويا، إذ بلغا (1214 و 1225) على التوالي، لكنهما اختلفا معنويا عن معدلات مجموعة السيطرة (1268).

الجدول (4-10) تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (7) أيام

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	5±1010 cd	13±990 bc	10±973 ab	15±966 a	984 A
الدماغ	7±1036 cd	19±1009 cb	15±992 abc	10± 984 a	1005 B
الكبد	13±2001 d	10±1972 c	15±1954 bc	16±1943 ab	1967 C
العضلات	18±1028 cd	12±991 bc	14± 984 ab	10± 963 a	991 A
تأثير المعاملات	1268 D	1240 CD	1225 AB	1214 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

(0.05)

اظهرت نتائج الدراسة الحالية، الجدول (4-11) والشكل (4-10) ان مستوى الكلوتاثايون انخفض انخفاضاً معنوياً بالمقارنة مع مجموعة السيطرة عند مستوى احتمالية (p < 0.05) في الغلاصم والدماغ والكبد والعضلات، وقد لوحظ اقل مستوى للكلوتاثايون في الأسماك المعاملة في

التركيز (30) ملغم/لتر، إذ بلغ مستوى الكلوتاثايون (17 ± 950) نانومول/غم والذي لم يختلف عن مثيله في التركيز (20) ملغم /لتر (8 ± 961) نانومول/غم واللذان اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (5 ± 1010) (نانومول/غم، اما في الدماغ فقد لوحظ اقل انخفاض في مستوى الكلوتاثايون في الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر، إذ بلغ (11 ± 962) نانومول/غم، والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في التركيز 20 ملغم/لتر والبالغ (10 ± 979) نانومول/غم، لكنهما اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (7 ± 1036) نانومول/غم، لوحظ في الكبد اقل مستوى للكلوتاثايون في التركيزين (30 و 20) ملغم/لتر، إذ بلغا (16 ± 1928) و (17 ± 1940) نانومول/غم، واللذان اختلفا معنويا عن مثيليهما معنويا في مجموعة السيطرة (13 ± 1200) نانومول/غم، بينما في العضلات فقد لوحظ ان جميع المعاملات لم تختلف فيما بينها معنويا، إذ بلغت في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم/لتر (11 ± 961) و (11 ± 953) و (18 ± 932) نانومول/غم، لكنهم اختلفوا معنويا عن نظيرهم في مجموعة السيطرة (18 ± 1028) نانومول/غم. أوضحت نتائج التحليل الاحصائي لعموم التجربة ان اقل مستوى للكلوتاثايون في الغلاصم إذ بلغ (750) والذي اختلف معنويا عن بقية الأعضاء يليه العضلات (968) ومن ثم الدماغ (993) فالكبد (1958)، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ اختلافات معنوية بين التراكيز المستخدمة ومجموعة السيطرة، وان اقل مستوى للكلوتاثايون لوحظ اثناء معاملة الأسماك بالتركيز 30 ملغم/لتر، يليه التركيز 20 ملغم/لتر، فالتركيز 10 ملغم/لتر، المقارنة مع مجموعة السيطرة (1268)، إذ بلغت المعدلات (1193 و 1208 و 1225) على التوالي.

الجدول (4-11) تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً

تأثير الأعضاء	30	20	10	السيطرة	المعاملات الأعضاء
750 A	17±950 a	8±961 ab	11±979 bc	5±1010 d	الغلاصم
993 BC	11±962 a	10±979 ab	13±995 bc	7±1036 d	الدماغ
1958 D	161928± a	17±1940 ab	9±1966 bc	13±2001 d	الكبد
968 B	18±932 ab	11±953 b	11±961 bc	18±1028 d	العضلات
	1193 A	1208 B	1225 C	1268 D	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية $P < 0.05$)

$$(0.05)$$

أما المدة الأخيرة (30) يوماً، فقد أوضحت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (4-12) والشكل (4-11) وجود انخفاض معنوي بين التراكيز المستخدمة وبين مجاميع السيطرة في الغلاصم والدماغ والكبد وإن أقل مستويات للكلوتاثايون لوحظت في الغلاصم في التراكيز (30 ثم 20 ثم 10) ملغم / لتر، إذ بلغت مستويات الكلوتاثايون في التراكيز (30 و 20 و 10) ملغم/لتر، (9±968) و (6±939) و (12±902) نانومول/غم، بالتعاقب، واختلفوا معنوياً عن مجموعة السيطرة (5±1010) نانومول/غم. أما في الدماغ، فقد تبين وجود انخفاض معنوي بين جميع التراكيز المستخدمة، فقد بلغت مستويات الكلوتاثايون، في ادمغة الأسماك المعاملة بالتركيز (30 ملغم، يليه مثيله في التركيز 20، ثم التركيز 10) ملغم/لتر، إذ بلغت (15±921) و (17±955) و (14±988) نانومول/غم، على التوالي، وقد اختلفوا معنوياً عن مجموعة السيطرة (7±1036) نانومول/غم، كذلك في الكبد، فقد تبين وجود اختلافات معنوية فيما بين التراكيز قيد الدراسة،

فضلا عن مجموعة السيطرة والبالغة (13±2001) نانومول/غم، وان اقل مستوى لوحظ في اكباده الأسماك المعاملة بالتركيز (30، يليه في التركيز 20، ثم في التركيز 10) ملغم/لتر، إذ بلغت مستويات الكلوتاثايون، بالترتيب (12±1890) و(8±1909) و(10±1941) نانومول/غم، أما في العضلات فقد لوحظ عدم وجود فروقات معنوية فيما بين التراكيز قيد الدراسة، فقد بلغت (11±924)، و(12±947)، و(10±952) نانومول/غم على التوالي في التراكيز (10 و20 و30) ملغم/لتر وقد اختلفوا معنويا عن مجموعة السيطرة (18±1028) نانومول/غم. في اعمالية التجربة لوحظ ان اقل انخفاض في الغلاصم (954) الذي لم يختلف معنويا عن العضلات (962) وعن الدماغ (975) وقد اختلفوا معنويا عن الكبد (1935)، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فان اقل مستوى للكلوتاثايون فقد لوحظ في التركيزين (30 و20) ملغم/لتر، اللذان لم يختلفا معنويا عن بعضهما، ثم التركيز 10 ملغم / لتر الذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4- 12) تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	5±1010 d	9±968 c	6±939 b	12±902 a	954 A
الدماغ	7±1036 d	14±988 c	17±955 b	15±921 a	975 AB
الكبد	13±2001 d	10±1941 c	8±1909 b	12±1890 a	1935 C
العضلات	18±1028 d	10±952 abc	12±947 ab	11±924 a	962 A
تأثير المعاملات	1268 C	1212 B	1187 A	1159 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Kamila وآخرون (2024)، إذ وجدوا انخفاضاً في مستويات الكلوتاثايون عند تعريض أعضاء (الكبد) أسماك *Danio rerio* إلى الكروم. تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة التي قام بها Yonar وآخرون (2014) إذ قاموا بتعريض أسماك *C. carpio* للكروم ولاحظوا انخفاضاً في مستويات الكلوتاثايون في اكباده وغلاصم الأسماك المعرضة له. كما اتفقت مع النتائج ماتوصل اليه Lushchak وآخرون (2009) إذ وجدوا انخفاضاً في مستويات الكلوتاثايون بنسبة 40-60% في الكبد والدماغ مقارنة مع مجموعة السيطرة عند التعرض السمك الذهبي *goldfish* إلى الكروم الثلاثي Cr^{+3} .

يُعد الكروم الثلاثي التكافؤ Cr^{+3} مسؤولاً عن توليد انواع الاكسجين التفاعلية (ROS) والتي تسبب تلف الأنسجة الخلوية والاخلال بالعضيات الخلوية، مثل الميتوكوندريا والحمض النووي، والحمض النووي الريبي، وجزيئات البروتين (Pavesi and Moreira,2020) إذ ان تعرض الأسماك للتراكيز العالية للكروم يؤدي إلى زيادة الاجهاد التأكسدي، مما يتسبب في استنفاد الكلوتاثايون GSH الذي يعمل مضاداً أولياً للأكسدة لتحبيد الجذور الحرة (Lee et al.,2022).

ان التعرض للكروم يؤدي إلى حدوث الاجهاد التأكسدي في الأسماك، إذ يعمل على احداث اخلال في توازن مضادات الأكسدة ومنها الكلوتاثايون، وقد يؤدي التراكم البيولوجي لـ Cr في الأسماك إلى تغييرات فسيولوجية وبيوكيميائية كبيرة، بما في ذلك الاجهاد التأكسدي، وخلل في وظائف الأعضاء وانخفاض مستوى الكلوتاثايون (Kubrak et al.,2010)

Catalase

4-4-2: الكاتاليز

أوضحت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-13) والشكل (4-12) حدوث انخفاض لمستوى مضاد الأكسدة الأنزيمي للكاتاليز في غلاصم وادمغة واكباد الأسماك ولجميع المعاملات مقارنة مع مجموعة السيطرة للمدة (4 أيام) عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، وان اقل انخفاض معنوي للأعضاء، لوحظ في التركيز (30) ملغم/لتر، والذي اختلف معنويا عن نظيره في مجموعة السيطرة، إذ بلغ في الغلاصم (7 ± 139) والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز 20 ملغم/لتر (9 ± 150) وحدة ملم /بروتين، لكنه اختلف معنويا عن نظيره في مجموعة التركيز 10 ملغم/لتر (8 ± 161) وحدة/ملغم بروتين وعن مجموعة السيطرة (6 ± 174) وحدة/ملغم بروتين في ألتريز 30 ملغم/لتر، اما في الدماغ فقد لوحظ ان اقل مستوى للكاتاليز بلغ (17 ± 145) وحدة/ملغم، والذي اختلف معنويا عن نظيره في مجموعة التركيز 20 ملغم/لتر (12 ± 160) وحدة/ملغم بروتين وفي مجموعة الأسماك المعرضة للتركيز 10 ملغم/لتر (16 ± 173) وحدة/ملغم بروتين، فضلا عن اختلافه معنويا عن مجموعة السيطرة

(13 ± 188) وحدة/ملغم بروتين. في الكبد لوحظ اقل مستوى للكاتاليز في مجموعة الأسماك المعاملة بالتركيز 30 ملغم /لتر، والذي بلغ (13±249) وحدة/ملغم بروتين، والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في مجموعة الأسماك المعرضة للتركيز 20 ملغم/لتر (12±260)، بينما اختلف معنوياً عن نظيره في التركيز 10 ملغم/لتر (11±277) وحدة/ملغم بروتين وعن مجموعة السيطرة (14±295) وحدة/ملغم بروتين. أما في مجمل التجربة ومن حيث العضلات فلم يلاحظ وجود انخفاض معنوي بين المجاميع التجريبية ومجموعة السيطرة. أما من حيث تأثير الأعضاء فقد لوحظ أنّ اقل مستوى للكاتاليز في الغلاصم (156) والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في الدماغ (166)، أما من إذ تأثير المعاملات فإن اقل مستوى للكاتاليز وجد عند المعاملة بالتركيز 30 ملغم/لتر (173) والذي اختلف معنوياً عن نظيره في مجموعة السيطرة والذي بلغ معدله (211).

الجدول (4 - 13) فعالية أنزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) يوماً.

تأثير الأعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين (4 يوم)				الأعضاء
	30	20	10	السيطرة	
156 A	7± 139 a	9±150 ab	8±161 bc	6 ±174 c	الغلاصم
166 AB	17 ±145 a	12±160 bc	16±173 c	13 ±188 cd	الدماغ
270 C	13±249 a	12±260 ab	11±277 bcd	14±295 d	الكبد
175 B	18±162 a	13±174 a	8 ±114 a	10 ±187 a	العضلات
	173 A	186 AB	197 BC	211 C	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة تكرارات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

اما المدة الثانية، (7) أيام، والموضحة في الجدول (4-14) والشكل (4-13) فقد بينت نتيجة التحليل الاحصائي حدوث انخفاض معنوي للكاتاليز عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، في الغلاصم لوحظ حدوث انخفاض معنوي في مستوى الكاتاليز في الأسماك المعاملة بالكروم في التركيزين (30 و 20) ملغم / لتر والذان لم يختلفا معنويا فيما بينهما لكنهما اختلفا عن مثيلهما في مجموعة السيطرة (6 ± 174)، إذ بلغا (16 ± 128) وحدة / ملغم بروتين (13 ± 141) وحدة / ملغم بروتين على التوالي. في الدماغ لوحظ اقل انخفاض معنوي بمستوى الكاتاليز في التركيز (30) ملغم/لتر والذي لم يختلف معنويا عن نظيره (20) ملغم/لتر، إذ بلغا (16 ± 133) وحدة / ملغم بروتين و(13 ± 149) وحدة / ملغم بروتين على التوالي مقارنة مع مجموعة السيطرة (13 ± 188) وحدة / ملغم بروتين التي لم تختلف معنويا عن التركيز (10) ملغم /لتر والتي بلغت (14 ± 160) وحدة / ملغم بروتين، في الكبد لوحظ حدوث اقل مستوى للكاتاليز في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم / لتر والبالغ (18 ± 222) وحدة / ملغم بروتين والذي اختلف معنويا عن باقي التراكيز ومجموعة السيطرة والتي بلغ فيها مستوى الكاتاليز (295 ± 14) وحدة / ملغم بروتين. اما في العضلات فقد لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين جميع التراكيز المستخدمة إذ بلغت في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم /لتر (12 ± 167) و(9 ± 155) و(16 ± 152) وحدة / ملغم بروتين على التوالي بينما اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة والتي بلغت (10 ± 187) وحدة / ملغم بروتين.

الجدول (4- 14) فعالية أنزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام.

تأثير الأعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين (7 أيام)				الأعضاء
	30	20	10	السيطرة	
149 A	16±128 a	13±141 ab	10±155 bcd	6 ±174 d	الغلاصم
157 A	16 ±133 a	13±149 ab	14±160 bcd	13 ±188 d	الدماغ
256 B	18±222 a	15±247 b	10±261 bc	14±295 d	الكبد
165 A	16±152 a	9±155 ab	12 ±167 abc	10 ±187 d	العضلات
	159 A	172 BA	185 CB	211 D	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

أما في مجمل التجربة، فقد لوحظ أقل انخفاض في مستوى الكاتاليز في الغلاصم والذي لم يختلف معنويًا عن مثيله في الدماغ والعضلات والذي بلغ (149) و(157) و(165) على التوالي.

أما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ أقل مستوى للكاتاليز في التركيز (30) ملغم/لتر الذي بلغ (159).

اظهرت نتائج الدراسة الحالية والموضحة في الجدول (4-15) والشكل (4-14) ان مستوى أنزيم الكاتاليز انخفض معنويا في أنسجة الأعضاء (الغلاصم وادمغة واكباد وعضلات) الأسماك المعاملة بالكروم الثلاثي التكافؤ ولمدة (14) يوما عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، إذ بلغ مستوى الكاتاليز في الغلاصم المعاملة بالتركيز (30) ملغم / لتر (15 ± 117) وحدة / ملغم بروتين والذي اختلف معنويا عن نظيره في التركيز (10) ملغم / لتر ومجموعة السيطرة فقد بلغا (8 ± 145) وحدة / ملغم بروتين و (6 ± 174) وحدة / ملغم بروتين على التوالي. في الدماغ لوحظ اقل مستوى للكاتاليز في الأسماك المعاملة بالكروم في التركيز (30) ملغم / لتر إذ بلغ (19 ± 125) وحدة / ملغم بروتين والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (20) ملغم / لتر والذي بلغ (9 ± 132) وحدة / ملغم بروتين لكنه اختلف معنويا عن نظيره في التركيز (10) ملغم / لتر والذي بلغ (11 ± 151) وحدة / ملغم بروتين وفي مجموعة السيطرة (13 ± 188) وحدة / ملغم بروتين. في الكبد لوحظ اقل انخفاض معنوي مستوى الكاتاليز في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم / لتر والذي بلغ (11 ± 212) وحدة / ملغم بروتين والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (20) ملغم / لتر والذي بلغ مستوى الكاتاليز فيه (17 ± 230) وحدة / ملغم بروتين بينما اختلف معنويا عن مثيله في السيطرة (14 ± 295) وحدة / ملغم بروتين. في العضلات لوحظ ان جميع التراكيز قيد الدراسة لم تختلف معنويا فيما بينها إذ بلغ مستوى الكاتاليز في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم / لتر (11 ± 139) و (13 ± 144) و (17 ± 152) وحدة / ملغم بروتين بينما اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة (10 ± 187)، اما في مجمل التجربة فقد لوحظ اقل مستوى للكاتاليز في الغلاصم إذ بلغ (141) وحدة / ملغم بروتين والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في الدماغ (149) والعضلات (155)، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ اقل مستوى للكاتاليز عند المعاملة بالتركيزين (30 و 20) ملغم / لتر إذ بلغا (148 و 158) على التوالي واللذان اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (211).

الجدول (4 - 15) فعالية أنزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.

تأثير الأعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين (14 يوماً)				الأعضاء
	30	20	10	السيطرة	
141 A	15±117 a	10±129 ab	8±145 cb	6 ±174 d	الغلاصم
149 A	19 ±125 a	9±132 ab	11±151 cb	13 ±188 d	الدماغ
247 B	11±212 a	17±230 ab	18±253 bc	14±295 d	الكبد
155 A	11±139 a	13±144 ab	17 ±152 abc	10 ±187 d	العضلات
	148 A	158 A	175 AB	211 C	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

أما لمدة التعريض الأخيرة (30) يوم، بينت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (4-16) والشكل (4-15) وجود انخفاض معنوي في مستوى الكاتاليز في الأسماك المعاملة بالكروم Cr⁺³ بين التراكيز المستخدمة وبين مجموعة السيطرة في الغلاصم والدماغ والكبد والعضلات وان اقل مستويات للكاتاليز لُوَحِظَتْ في الغلاصم المعاملة بالتركيز 30 ثم 20 ملغم / لتر اللذان لم يختلفا معنويا فيما بينهما إذ بلغا (12± 100) و(15±111) وحدة / ملغم بروتين على التوالي واللذان اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة (16± 174) وحدة / ملغم بروتين، في الدماغ لوحظ عدم وجود فرق معنوي في التراكيز المستخدمة إذ بلغت (20±142) و(14±127) و(18±119)

وحدة /ملغم بروتين بينما اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة (13 ± 188) وحدة /ملغم بروتين. في الكبد لوحظ اقل مستوى للكالتاليز في التركيزين (30 و20) ملغم / لتر إذ بلغا (22 ± 197) و(17 ± 202) وحدة / ملغم بروتين واللذان لم يختلفا معنويا فيما بينهما لكنهما اختلفا معنويا عن مثيليهما في التركيز (10) ملغم /لتر ومجموعة السيطرة إذ بلغا (19 ± 239) و(14 ± 295) وحدة / ملغم بروتين على التوالي . في العضلات لوحظ عدم وجود اختلاف معنوي بين جميع التراكييز قيد الدراسة لكنها اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة (10 ± 187) وحدة / ملغم بروتين وان اقل مستوى للكالتاليز لوحظ في التركيز (30) ملغم / لتر والبالغ (15 ± 126) وحدة / ملغم بروتين. اما في مجمل التجربة فقد لوحظ ان اقل انخفاض معنويا في مستوى الكالتاليز وجد في الغلاصم والدماغ والعضلات والبالغ (129 و144 و147) على التوالي الذين لم يختلفوا فيما بينهم معنويا، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فان اقل مستوى للكالتاليز فقد لوحظ في التركيز 30 ثم 20 ثم 10 ملغم / لتر وقد اختلفت عن مجموعة السيطرة (211) إذ بلغت (135 و143 و164) على التوالي.

الجدول (4-16) فعالية أنزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة لمدة (30) يوماً.

تأثير الأعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين (30 يوم)				الأعضاء
	30	20	10	السيطرة	
129 A	12±100 a	15±111 ab	12±134 bc	6 ±174 d	الغلاصم
144 A	18 ±119 a	14±127 ab	20±142 abc	13 ±188 d	الدماغ
233 B	22±197 a	17±202 ab	19±239 c	14±295 d	الكبد
147 A	15±126 a	11±134 ab	23 ±141 abc	10 ±187 d	العضلات
	135 A	143 AB	164 BC	211 D	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Kamila وآخرون (2024) إذ وجدوا انخفاضاً في مستوى (CAT) في اكباده أسماك *Danio rerio* المعرضة للكروم، كما اتفقت الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Singh وآخرون (2022) إذ لاحظوا اختزال مستوى الـ CAT في أسماك *L. rohita* المعرضة للكروم في الكبد والدماغ.

اتّقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Lushchak وآخرون (2009) إذ وجدوا انخفاض في مستوى الكاتاليز عند تعرض (اكباد) السمك الذهبية *goldfish* إلى الكروم الثلاثي Cr^{+3} مقارنة مع مجموعة السيطرة.

يعزى الانخفاض في مستوى نشاط الكاتاليز في الأسماك المعرضة للكروم إلى عدة عوامل منها الاجهاد التأكسدي إذ يقوم الكروم بتحفيز الاجهاد التأكسدي في الأسماك وذلك عن طريق توليد انواع الاوكسجين التفاعلية (ROS) اثناء عملية اختزاله داخل الخلايا إلى الكروم الثلاثي. Cr^{+3} يمكن لانتاج ROS المفرط هذا ان يطغى على انظمة الدفاع المضادة للأكسدة واستفادها، بما في ذلك الكاتاليز (Kumari *et al.*, 2014)، كما قد يعزى سبب الانخفاض إلى تثبيط أنزيم CAT مباشرة، إذ يمكن للكروم تثبيط نشاط التحفيز مباشرة عن طريق الارتباط بالموقع النشط للأنزيم أو تغيير بنيته، مما يقلل من قدرته على تحييد بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 (Singh *et al.*, 2022)، كما يمكن ان يؤدي التراكم الاحيائي للكروم في أنسجة الأسماك إلى انخفاض نشاط الكاتاليز والدفاعات الأخرى المضادة للأكسدة، إذ يمكن ان يؤدي التعرض للكروم إلى تعطيل نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأسماك. لوحظ ان نشاط الكاتاليز (CAT) ينخفض في أنسجة الأسماك المعرضة لمستويات الكروم العالية، وان التعرض للكروم يمكن ان يضعف قدرة الأسماك على تحييد بيروكسيد الهيدروجين، مما يؤدي إلى اجهاد تأكسدي (Li *et al.*, 2015)

4-5: تأثير الكروم على المألون ثنائي الدهايد

Effect of chromium on Malondialdehyde:

أوضحت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-17) والشكل (4-16) حدوث ارتفاع معنوي لمستوى المألون ثنائي عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، فقد لوحظ حدوث ارتفاع معنوي في الغلاصم في التراكيزين (30 و 20) ملغم /لتر مقارنة مع مجموعة السيطرة ،وقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA في الأسماك المعاملة في التركيز (30) ملغم /لتر إذ بلغ (151±15) نانومول /غم ،والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في التركيز (20) ملغم /لتر والذي بلغ (129±11) نانومول /غم لكنه اختلف معنويا عن نظيره في مجموعة السيطرة والذي بلغ (103±22) نانومول/غم كذلك في الدماغ لوحظ حدوث ارتفاع معنوي في التراكيزين (20 و 30) ملغم /لتر إذ بلغا (188±20) و (194±17) نانومول /غم واللذان اختلفا معنويا عن نظيريهما في مجموعة السيطرة الذي بلغ (150±13) نانومول /غم، في الكبد لوحظ أيضاً حدوث أعلى ارتفاع معنوي في MDA في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم /لتر والذي بلغ (251±22) نانومول /غم والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في التركيز (20) ملغم / لتر الذي

بلغ (11±129) نانومول /غم بينما اختلفا معنويا عن نظيريهما في مجموعة التركيز (10) ملغم / لتر والذي بلغ (17±203) نانومول /غم ومجموعة السيطرة (14±186) نانومول /غم في العضلات لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في MDA في الأسماك المعاملة بالتركيز (30) ملغم /لتر إذ بلغ (10± 170) نانومول /غم والذي لم يختلف معنويا عن مثليه في التركيزين (20 و10) ملغم /لتر إذ بلغ مستوى MDA (19±165) و(23±159) نانومول/غم على التوالي، اما في مجمل التجربة فقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA في الكبد (219) والذي اختلف معنويا عن باقي الأعضاء، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ أعلى مستوى لـ MDA في التركيز (30) ملغم / لتر والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (20) ملغم /لتر لكنه اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4-17) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis*

لمدة (4) أيام

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	22±103 cd	17±116 bc	11±129 ab	15±151 a	124 D
الدماغ	13±150 cd	14±164 bc	20±188 ab	17±194 a	174 BC
الكبد	14±186 a	17±203 c	20±236 b	22±251 ab	219 A
العضلات	26± 144 bc	23±159 ab	19±165 ab	10 ±170 a	159 C
تأثير المعاملات	145 C	160 BC	179 AB	191 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

بيّنت نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (4-18) والشكل (4-17) أن مستوى MDA ارتفع معنوياً مقارنة مع مجموعة السيطرة عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، وأن أعلى ارتفاع له لوحظ في غلاصم الأسماك المعاملة بالتركيزين (20 و 30) ملغم /لتر، واللذين لم يختلفا معنوياً عن بعضهما لكنهما اختلفا معنوياً عن مجموعة السيطرة إذ بلغ مستوى MDA فيهما (17±165) و (25±148) نانومول/غم، أما في الدماغ فقد لوحظ أيضاً أن أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA وجد في التركيزين (20 و 30) ملغم /لتر، اللذان لم يختلفا معنوياً فيما بينهما وقد بلغ مستوى MDA فيهما (19±215) و (22±192) نانومول /غم، والذي اختلف معنوياً عن مجموعة السيطرة (14±186) نانومول /غم ولم يختلف معنوياً عن نظيره في التركيزين 10 و 20 ملغم /لتر إذ بلغت (29±270) نانومول /غم (24±253) على التوالي، أمّا بالنسبة للعضلات فقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم /لتر بلغ (24±183) والذي اختلف معنوياً عن مجموعة السيطرة (9±144) نانومول/غم، في مجمل التجربة لوحظ أن أعلى مستوى للما

لون في الكبد يليه الدماغ و الغلاصم ثم العضلات والذي لم يختلف معنوياً عن العضلات ومن ثم الغلاصم، أما من إذ تأثير المعاملات فإن أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA فقد وجد في التركيز (30) ملغم /لتر والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في التركيز (20) ملغم /لتر، والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في التركيز (20) ملغم /لتر إذ بلغ مستوى MDA فيه (215) و (197) على التوالي وأن المعاملة بالتركيز (20) ملغم /لتر لم تختلف معنوياً عن المعاملة بالتركيز (10) ملغم/لتر بينما اختلفت معنوياً جميع المعاملات عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4- 18) تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis* لمدة (7) أيام

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	22±103 d	17±137 b	25±148 ab	17±165 a	136 D
الدماغ	13±150 c	19±178 b	22±192 ab	19±215 a	183 B
الكبد	14±186 d	24±253 bc	29±270 b	24± 297 a	251 A
العضلات	9±144 b	24±171 ab	160±178 ab	24±183 a	169 BC
تأثير المعاملات	145 D	184 BC	197 AB	215 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$))

أما لمدة الثالثة (14) يوماً، بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (4-19) والشكل (4-18) أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA في التركيز (30) ملغم / لتر، إذ بلغ (176 ± 19)، والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في التركيز 20 ملغم / لتر إذ بلغ (152 ± 25) ومن الجدير بالذكر أن المعاملة بالتركيز الأخير لم تختلف معنوياً عن نظيره في التركيز (10) ملغم/لتر والذي بلغ عنده MDA (145 ± 31) نانومول /غم وان جميع التراكيز المذكورة انفا اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة وألتي بلغ فيها مستوى MDA (103 ± 22) نانومول /غم بينما في الدماغ لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA بالتركيز (30) ملغم/لتر إذ بلغ (223 ± 24) نانو مول /غم والذي اختلف معنوياً عن باقي المجاميع التجريبية و عن مجموعة السيطرة فقد بلغ مستوى MDA فيهم (199 ± 17، 181 ± 28، 150 ± 13) نانو /غم في كل من 20 و 10 ملغم/لتر ومجموعة السيطرة على التوالي. في الكبد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في مستوى MDA عند المعاملة بالتركيز (30) ملغم/لتر وقد بلغ (299 ± 18) نانو مول /غم والذي لم يختلف معنوياً عن غيره في التركيز (20) ملغم/لتر والذي بلغ (287 ± 21) نانومول /غم وان الأخير لم يختلف معنوياً عن مثيله في التركيز (10) ملغم/لتر إذ بلغ مستوى MDA فيه (268 ± 16) نانو مول /غم وان جميع المجاميع التجريبية اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة وألتي MDA فيها (186 ± 14) نانومول /غم. في العضلات وجد عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى احتماليه ($p < 0.05$) في جميع المجاميع التجريبية في مستوى MDA بينما اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة إذ بلغ مستوى MDA في التراكيز 10 و 20 و 30 ملغم/لتر (180 ± 23 و 185 ± 20 و 191 ± 17) نانو مول /غم على التوالي بينما بلغ مستوى MDA في مجموعة السيطرة (144 ± 9) اما بالنسبة لتأثير الأعضاء فقط لوحظ أعلى مستوى MDA في الكبد يليه الدماغ والعضلات ومن ثم الغلاصم إذ بلغ مستوى MDA في الأعضاء المذكورة انفا (260) و(188) و(175) و(144) على التوالي.

اما بالنسبة لتأثير التراكيز في مستوى MDA فقد لوحظ أعلى مستوى له عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم/لتر فقد بلغ (222) والذي لم يختلف عن المعاملة في التركيز (20) ملغم/لتر والذي بلغ مستوى MDA فيه (205) بينما اختلف معنوياً عن مجموعة السيطرة (145).

الجدول (4-19) تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *mossulensis* . لمدة (14) يوماً

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	22±103 c	31± 145 b	25±152 ab	19±176 a	144 D
الدماغ	13±150 d	28±181 bc	17±199 b	24±223 a	188 B
الكبد	14±186 d	16±268 bc	21±287 ab	18±299 a	260 A
العضلات	9± 144 b	23±180 a	20±185 a	17±191 a	175 BC
تأثير المعاملات	145 D	193 BC	205 AB	222 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

أما في فترة التعريض الأخير (30) يوماً والموضحة في الجدول (4-20) والشكل (4-19) فقد لوحظ في الغلاصم أعلى ارتفاع معنوي عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم/لتر، فقد بلغ (22 ± 185) نانومول/غم، والذي لم يختلف معنوياً عن مثيله في التركيز (20) ملغم/لتر و(18 ± 167) نانومول/لتر وإن الأخير لم يختلف معنوياً عن مثيله في التركيز (10) ملغم/لتر الذي بلغ مستوى MDA فيه (22 ± 155) نانومول/غم وإن المعاملة بالتركيز (10) ملغم/لتر لم تختلف معنوياً عن المعاملة مع مجموعة السيطرة (22 ± 103) ملغم/لتر بينما المعاملة بالتركيزين (20 و30) اختلفت معنوياً عنها، وكذلك في الدماغ فقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي لمستوى MDA (18 ± 230) والذي اختلف معنوياً عن نظيره في التركيزين 10 و20 ملغم/لتر وعن مجموعة السيطرة فقد بلغ مستوى MDA (23 ± 208 و199 ± 150

(13± نانومول/غم على التوالي. لوحظ في الكبد وجود اختلافات معنوية بين جميع التراكيز قيد الدراسة ومجموعة السيطرة وان أعلى مستوى MDA وجد عند المعاملة بالتركيز (20) ملغم/لتر (16± 296) نانومول/غم والذي بدوره اختلف معنوياً عن مثيله في التركيز (10) ملغم/لتر (14± 270) نانو مول/غم بينما بلغ مستوى MDA في الكبد (14± 188). أما في العضلات فقد لوحظ عدم وجود فروق معنوية بين جميع التراكيز المستخدمه لكنها اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة إذ بلغ مستوى MDA للتراكيز (10 و 20 و 30) ملغم/ لتر (20± 185 و 193 و 27± و 20±198) نانومول/غم بينما في مجموعة السيطرة بلغ مستوى MDA (19± 144).

الجدول (4-20) تركيز فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis*

لمدة (30) يوماً.

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10	20	30	تأثير الأعضاء
الغلاصم	22± 103 c	22±155 bc	18±167 ab	22±185 a	152 C
الدماغ	13± 150 d	18±199 bc	23±208 b	18±230 a	196 B
الكبد	14± 186 d	14±270 c	16±296 b	14±311 a	265 A
العضلات	9± 144 b	20±185 a	27±193 a	20±198 a	180 BC
تأثير المعاملات	145 B	202 A	216 A	231 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

اما في عموم تجربته فقد لوحظ أعلى مستوى لـ MDA في الكبد يليه الدماغ والذي لم يختلف معنوياً عن العضلات بينما اقل مستوى لـ MDA في الغلاصم فقد بلغ (265) و (196) و (180) و (152) على التوالي، اما من إذ تأثير التراكيز فقد لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين التراكيز المستخدمة ولكنها اختلفت معنوياً عن مجموعة السيطرة وقد كان مستوى MDA في تركيز (30) يليه 20 ومن ثم 10 ملغم/لتر، إذ بلغ مستوى MDA (231) و (216) و (202) بينما بلغ في مجموعة السيطرة (145).

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Shi وآخرون (2024) عند دراسة سمك السلور الاصفر *Pelteobagrus folvidraco* المعرض للكروم لمدة 28 يوماً إذ لاحظوا حدوث ارتفاع في مستوى الـ MDA، كما اتفقت مع ماتوصل اليه Kamila وآخرون (2024) إذ وجدوا ارتفاع في مستوى (MDA) في اكباده أسماك *Danio rerio* المضاف اليها الكروم، كما تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة ألتى أجراها Zhao وآخرون (2020) على أسماك *Ctenopharyngodon idella*. لمدة 4 اسابيع إذ وجدوا حدوث تراكم Cr في الكبد والامعاء والخياشيم والذي ادى إلى ارتفاع مستوى الـ MDA.

يؤدي التعرض للكروم إلى ارتفاعاً المألون ثنائي الالدهايد MDA في خياشيم الأسماك وبدوره يسبب حدوث الاجهاد التأكسدي إذ يعبر الكروم من خلال الاغشية البيولوجية بسهولة ويولد انواع الأوكسجين التفاعلية ROS ويسبب الضرر التأكسدي (Hu et al., 2024). في الكبد يحفز التعرض للكروم انتاج انواع الأوكسجين التفاعلية ROS مثل انيون فائق الأوكسيد بيروكسيد الهايدروجين وجذور الهيدروكسيل في الأسماك، إذ تؤدي زيادة مستويات ROS إلى بيروكسيد الدهون، مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات MDA في الكبد والذي يُعد مؤشراً للاجهاد التأكسدي (Velma and Tchounwou., 2011). يمكن ان يسبب التعرض إلى الكروم حدوث مستويات عالية من MDA في ادمغة الأسماك المعرضة له بسبب الاجهاد التأكسدي والاضرار الأخرى إذ يتراكم الكروم في الدماغ ويؤدي إلى تحفيز العصبية السمية من خلال عدة اليات منها ؛ ان يحدث تنكس عصبي واسع النطاق وعلامات مرتفعة للضرر التأكسدي واجهاد الأوكسدة والاختزال في الدماغ (Wise et al., 2022)، كما يمكن ان يزيد التعرض للكروم الثلاثي Cr^{+3} من مستويات الـ MDA في عضلات الأسماك، مما يشير إلى الاجهاد التأكسدي (Lushchak et al., 2009)

4-6: الاختبارات الكيموحيوية لأنزيمات الأسماك المعرضة للكروم

Biochemical tests of fishes's enzymes exposed to Chromium

4-6-1 الفوسفاتيز القاعدي

Alkaline phosphatase

لُوحِظَ من خلال نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-21) والشكل (4-20) خلال فترة (4) أيام عدم حدوث اختلاف معنوي بين المجاميع التجريبية قيد الدراسة ومجموعة السيطرة عند مستوى احتمالية ($p>0.05$)، اما بالنسبة لعموم التجربة فقد لوحِظ ان أعلى مستوى لـ ALP وجدَ في الكبد إذ بلغ (25.672) وحدة أنزيمية والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في الامعاء الذي بلغ مستوى ALP فيها (22.12) وحدة أنزيمية بينما بالنسبة لتأثير المعاملات فلم يلاحظ وجود اي فرق معنوي بين جميع التراكيز التجريبية ومجموعة السيطرة، اما لمدة التعريض الثانية فقد لوحِظ من خلال نتائج الجدول (4-22) والشكل (4-21) عدم وجود فروقات معنوية بين المجاميع التجريبية ومجموعتي السيطرة في كل من الخياشيم والدماغ، بينما في الكبد لوحِظ وجود اختلافات معنوية عند معاملة الأسماك في التركيزين (30 و 20) ملغم / لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة فقد بلغ مستوى ALP (15 ± 47.64) و (9 ± 38.43)، بينما بلغ مستوى ALP في مجموعة السيطرة (10 ± 21.97). في الامعاء لوحِظ وجود فرق معنوي بين التركيزين (30) ملغم / لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (12 ± 25.64) وحدة أنزيمية و (11 ± 29.58) وحدة أنزيمية و (6 ± 32.08) وحدة أنزيمية، في العضلات لوحِظ أيضاً عدم وجود فروقات معنوية بين جميع المجاميع التجريبية، فضلاً عن عدم وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($p>0.05$) بين التركيز (10) ملغم / لتر ومجموعة السيطرة، فقد بلغت فعالية انزيم ALP في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم / لتر (0.3 ± 19.11) و (0.5 ± 20.15) و ($0.921.05 \pm$) وحدة أنزيمية بينما بلغ مستوى ALP في مجموعة السيطرة (1.1 ± 17.56) اما في عموم التجربة فقد لوحِظ أعلى ارتفاع معنوي في الكبد إذ بلغ (27.634) بينما اقل فعالية لانزيم الـ ALP وجد في الخياشيم (11.915).

الجدول (4- 21) تركيز الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (4 أيام)

تأثير المدة الزمنية	30	20	10	السيطرة	المعاملات الفترة
11.095 B	0.8±11.57 a	0.5±11.49 a	0.11±11.05 a	0.27±10.27 a	الخياشيم
19.98 B	1.23±20.78 a	4.0±20.44 a	1.01±19.56 a	3.0±19.14 a	الدماغ
25.672 A	15±28.33 a	11±26.86 a	13±25.53 a	10±21.97 a	الكبد
22.12 A	7±23.67 a	7±22.90 a	11±21.07 a	9± 20.84 a	الامعاء
18.30 AB	0.5± 19.12 a	0.65±18.53 a	0.9± 18.00 a	1.1± 17.56 a	العضلات
	20.694 A	20.038 A	19.042 A	17.956 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P <)

(0.05)

الجدول (4-22) فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة دولية) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (7 أيام)

تأثير المدة الزمنية	30	20	10	السيطرة	المعاملات الفترة
11.915 BC	0.05±13.01 a	1.3±12.36 a	1.1±12.02 a	0.27±10.27 a	الخياشيم
20.897 B	0.7±22.22 a	0.25±21.70 a	0.05±20.53 a	3.0±19.14 a	الدماغ
27.634 A	15±47.64 a	9±38.43 ab	12±30.13 abc	10±21.97 c	الكبد
27.035 A	6±32.08 a	11±29.58 ab	12± 25.64 ab	9± 20.84 b	الامعاء
19.467 B	0.9± 21.05 a	0.5±20.15 a	0.3± 19.11 ab	1.1± 17.56 b	العضلات
	27.2 A	24.444 AB	21.486 AB	17.956 B	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P <)

(0.05)

اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ ان المعاملة بالتركيز (30) ملغم / لتر احدث ارتفاعا معنويا في فعالية انزيم ALP فقد بلغ (27.2) الذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة (17.956).

امّا في مدة التعرض (14) يوماً الموضحة في الجدول (4-23) والشكل (4-22) فقد تبين عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) في غلاصم الأسماك المعرضة للتركيز المستخدمة (10 و 20 و 30) ملغم/لتر، بالمقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (10.27 ± 0.27)، اما في الدماغ فقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم/لتر فقد بلغ (26.31 ± 0.87) والذي اختلف معنويا عن مثيله في التركيز (10) ملغم/لتر (22.02 ± 1) ومجموعة السيطرة والذي بلغ (19.14 ± 3) اما في الكبد فقد لوحظ أعلى ارتفاع معنوي في التركيز (30) ملغم /لتر فقد بلغ (25.07 ± 13) وحده أنزيمييه والذي اختلف معنويا عن مثيله في التركيز (10) ملغم/لتر ومجموعة السيطرة (57.91 ± 19) و (97.21 ± 10) على التوالي. اما في الامعاء فقد لوحظ أيضاً حدوث أعلى ارتفاع معنوي في ALP عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم/ لتر فقد بلغ (86.36 ± 11) وحده أنزيمييه والذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة البالغة (20.84 ± 9) والمعامله بالتركيز (10) ملغم/ لتر والبالغ (44.72 ± 14) اما في العضلات فلم يلاحظ وجود فروقات معنوية بين المجاميع التجريبيه ومجموعة السيطرة. في عموم التجربه لوحظ أعلى مستوى في الكبد (65.452) والذي لم يختلف معنويا عن الامعاء (53.42)، اما بالنسبة لتأثير المعاملات فقد لوحظ أعلى مستوى في التركيز (30) ملغم/ لتر والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (20) ملغم/لتر والبالغين (49.29) و (43.312) على التوالي.

الجدول (4-23) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة دولية) في كبد سمكة *A. mossulensis* لمدة (14 يوماً)

تأثير المدة الزمنية	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الفترة
14.99 C	0.74±20.56 a	0.55±15.73 a	0.7±13.41 a	0.27±10.27 a	الخياشيم
22.86 B	0.87±26.31 a	0.9±24.00 abc	1.0±22.02 c	3.0±19.14 cd	الدماغ
65.452 A	13±95.07 a	16±86.86 abc	19±57.91 c	10±21.97 d	الكبد
53.422 A	11±80.36 a	17±67.77 abc	14±44.72 c	9± 20.84 cd	الامعاء
21.007 B	±24.15 0.94 a	0.82±22.2 a	0.79±20.12 a	1.1±17.56 a	العضلات
	49.29 A	43.312 A	31.636 B	17.956 C	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

(P < 0.05)

في فترة التعريض الاخيرة (30) يوماً بيّنت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (4-24) والشكل (4-23) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى ALP عند مستوى احتماليه (p < 0.05)، في الخياشيم لوحظ وجود فروقات معنوية بين جميع المجاميع التجريبيه من جهة ومجموعة السيطرة ومن جهة أخرى وفأن أعلى ارتفاع معنوي لALP وجد في التركيز (30) ملغم/ لتر و(20)

ملغم/لتر ثم (10) ملغم/لتر فقد بلغ (0.74 ± 21.96) و (0.53 ± 19.04) و (0.27 ± 10.27) و (0.8 ± 16.43) مقارنة مع مجموعة السيطرة والبالغه (0.27 ± 10.27).

الجدول (4-24) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة دولية) في كبد سمكة *A. mossulensis* لمدة (30 أيام)

تأثير المدة الزمنية	30	20	10	السيطرة	المعاملات الفترة
16.925 D	0.74 ± 21.96 a	0.53 ± 19.04 a	0.8 ± 16.43 a	0.27 ± 10.27 b	الخياشيم
24.355 C	2.7 ± 29.08 a	2.2 ± 26.13 ab	1.5 ± 23.07 bc	3.0 ± 19.14 cd	الدماغ
101.682 A	17 ± 153.06 a	15 ± 129.7 b	20 ± 102 c	10 ± 21.97 d	الكبد
48.848 B	19 ± 96.74 a	13 ± 74.90 b	15 ± 51.76 c	9 ± 20.84 d	الامعاء
23.007 C	0.84 ± 27.22 a	0.76 ± 25.24 a	0.9 ± 22.01 a	1.1 ± 17.56 a	العضلات
	65.612 A	55.002 AB	43.054 BC	17.956 D	تأثير المعاملات

المعدل \pm الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

($P < 0.05$)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

($P < 0.05$)

اما في الدماغ لوحظ عدم وجود فروقات معنوية عند المعاملة بالتركيزين (20 و 30) ملغم/ لتر، إذ بلغ (22±26.13) و (2.7± 29.08) وحدة أنزيمية واللذان اختلفان معنويا عن مجموعة السيطرة (3± 19). اما في الكبد فقد لوحظ حدوث ارتفاع معنوي في جميع التراكيز قيد الدراسة كما لوحظ وجود فروقات معنوية بين جميع التراكيز المستخدمه ومجموعة السيطرة وان أعلى ارتفاع وجد في التركيز 30 يليه 20 ثم 10 ملغم/ لتر إذ بلغ مستوى ALP (17± 153.06) و (15± 129.7) و (20± 102) وحده أنزيمية على التوالي مقارنة مع مجموعة السيطرة (10± 21.97) وحده أنزيميه، وكذلك في الامعاء وجدت فروقات معنوية بين جميع التراكيز التجريبيه ومجموعة السيطرة ففي التركيز (30) ملغم/لتر بلغ مستوى ALP (19±96.74) يليه التركيز (20) ملغم/لتر، إذ بلغ مستوى ALP فيه (13±74.19) وحدة أنزيمية ومن ثم التركيز (10) ملغم/ لتر (15±51.76) وحدة أنزيمية ،وان جميع التراكيز اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة والبالغه (9± 20.84)، اما في العضلات فقد لوحظ عدم حصول ارتفاع معنوي بين التراكيز الداخلة في التجربة من جهة ومجموعة السيطرة من جهة أخرى وان أعلى مستوى لـ ALP وجد عند المعاملة بالتركيز (30) ملغم /لتر والذي بلغ (0.84±27.22) وحده أنزيميه واقل اختلاف وجد بالتركيز (10) ملغم/ لتر ومجموعة السيطرة فقد بلغ مستوى ALP (0.9±22.01) و (1.1 ±17.56) على التوالي،

اما في مجمل التجربة فقد لوحظ أعلى مستوى في الكبد والذي اختلف معنويا عن جميع الأعضاء، إذ بلغ معدل ALP (101.682). اما بالنسبة لتأثير المعاملات فإن أعلى مستوى لـ ALP وجد عند معاملة الأسماك بالتركيز (30) ملغم/لتر والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في التركيز (20) ملغم /لتر إذ بلغ مستوى ALP (65.612) و (55.002) على التوالي وقد اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة والبالغه (17.956).

تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Balali-Mood وآخرون (2021) انه عند تعرض أسماك *Pangasianodon hypophthalmus* لاحظوا حدوث زيادة نشاط ALP في دماغ وكبد الأسماك قيد الدراسة.

يتسبب التعرض للمعادن الثقيلة في حدوث الاجهاد التأكسدي وزيادة في عمل الأنزيمات الايضية وخاصة ALP في اكباده الأسماك (Hu et al.2024)، ان التعرض للكروم زاد بشكل كبير من نشاط ALP الفوسفاتاز القلوي في الأسماك، دلالة على سميته، وبالتالي حدوث تأثير واضرار بالأنسجة الخيشومية (Tabrez et al.,2021). يمكن ان يسبب التعرض للكروم انحرافات هيكلية واجهادا تأكسديا وتلفا وراثيا في الدماغ والخياشيم والكبد وكلى الأسماك مثل سمك السلور المخطط. *Pangasianodon hypophthalmus* من المحتمل ان تكون زيادة

نشاط ALP في الدماغ نتيجة للسمية العصبية الناجمة عن الكروم وتعطيل نظام الكولين في الأسماك المعرضة للكروم. يمكن ان يؤدي الكروم أيضاً إلى تغييرات جينية وتغيير تنظيم الكروماتين، مما قد يساهم في اثاره السمية العصبية وزيادة نشاط ALP في الدماغ (Balali-Mood *et al.*, 2021). ان الزيادة في نشاط ALP في الكبد هو مؤشر على تلف الخلايا واضطراب وظائف الكبد الطبيعية. يمكن ان يؤدي التعرض للكروم إلى الافات والنخر في الكبد، مما يؤدي إلى اطلاق ALP والأنزيمات الأخرى في مجرى الدم (Kumar *et al.*, 2019). من المحتمل ان يكون ارتفاع نشاط ALP في امعاء الأسماك المعرضة للكروم بسبب الاثار السامة للكروم على الخلايا الظهارية المعوية. يمكن ان يعطل الكروم الاداء الطبيعي لهذه الخلايا مما يؤدي إلى زيادة نشاط ALP كاستجابة للاجهاد الخلوي والاضرار (Kole *et al.*, 2014)، يمكن ان يتسبب التعرض لتركيزات عالية من الكروم في زيادة نشاط الفوسفاتيز القلوي (ALP) في عضلات الأسماك. ويرجع ذلك إلى الاثار السامة للكروم على فسيولوجيا الأسماك والتمثيل الغذائي، إذ ان التعرض للكروم يزيد بشكل كبير من نشاط ALP في أنسجة الخيشوم والكبد والعضلات والقلب للأسماك مثل تشير مستويات. Anabas testudineus ALP الأعلى إلى تلف الأنسجة وتعطيل الوظائف الفسيولوجية الطبيعية في العضلات. (Tabrez *et al.*, 2021). كما يمكن ان يؤدي التعرض إلى الكروم أيضاً إلى تغييرات كيميائية حيوية، بما في ذلك زيادة نشاط ALP في أنسجة الأسماك المختلفة. من المحتمل ان يكون هذا نتيجة للتراكم البيولوجي للكروم في العضلات والاجهاد التأكسدي المرتبط به والتلف الخلوي (Kole *et al.*, 2014).

4-6-2: أنزيم الناقل أمين الالانين

Alanine aminotransferase enzyme

بينت النتائج الموضحة في الجدول (4-25) والشكل (4-25) مستوى فعالية أنزيم ALT عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام، عدم وجود فروقات معنوية في جميع المعاملات وجميع الأعضاء بالمقارنة مع السيطرة. اما في عموم التجربة فقد لوحظ ان أعلى ارتفاع معنوي لـ ALT وجد في الكبد إذ بلغ (32.07) والذي اختلف معنوياً عن مثليه في الغلاصم والعضلات. اما بالنسبة لتأثير المعاملات فلم يلاحظ حدوث اي ارتفاع معنوي في مستوى ALT لجميع التراكيز مقارنة مع مجموعة السيطرة.

الجدول (4-25) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
14.55 B	0.009±15.7 a	0.01±14.6 a	0.3±14.1 a	0.2±13.8 a	الغلاصم
32.07 A	10±37.2 a	13±34.5 a	9.9±29.9 a	11±26.7 a	الكبد
12.65 B	0.09±13.9 a	0.05±13.3 a	0.1±12.2 a	0.07±11.2 a	العضلات
	22.26 A	20.8 A	18.73 A	17.23 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

اما لمدة الثانية (7) أيام فقد تبين من نتائج الجدول (4-26) والشكل (4-24) عدم حصول زيادة معنوية في مستوى فعالية أنزيم ALT عند مستوى احتمالية (p < 0.05)، في الغلاصم لم يلاحظ وجود زيادة معنوية في التراكيز قيد الدراسة بالمقارنة مع مجموعة السيطرة إذ بلغت في التركيز (10) ملغم/لتر (0.09±15.6) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (0.1±19.3) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (0.5±20.2) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة (0.2±13.8) وحدة دولية/لتر، بينما في الكبد لوحظ حصول زيادة معنوية في جميع التراكيز الداخلة في التجربة ففي التركيز (10) ملغم/لتر (8±41.6) وحدة دولية / لتر والتركيز (20) ملغم/لتر (13±57.2) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر إذ بلغ (15±69.8) وحدة دولية /لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة والبالغة (11±26.7) وحدة دولية /لتر، في العضلات وجد حدوث زيادة معنوية في التركيز (10) ملغم/لتر بلغ مستوى ALT (0.3±20.5) وحدة دولية/لتر وفي التركيز (20) ملغم/لتر بلغ (0.08±22.8) وحدة أنزيمية و في

التركيز (30) ملغم/لتر بلغ (0.2±22.1) وحدة دولية /لتر بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (0.07±11.2) وحدة دولية / لتر بينما لم يتضح حدوث اي فرق معنوي بين المجاميع التجريبية، في عموم التجربة فقد لوحظ ان أعلى ارتفاع معنوي للـ ALT وجد في الكبد فقد بلغ (48.825) بينما اقل مستوى معنوي وجد في الغلاصم إذ بلغ (17.22) والذي لم يختلف معنويا عن مثيله في العضلات (19.15). اما بالنسبة لتأثير المعاملات فتبين حدوث ارتفاع معنوي في التركيزين (20ملغم/لتر) (33.1) و(30)ملغم/لتر (37.36) مقارنة مع مجموعة السيطرة (17.23)بينما لم يلاحظ وجود ارتفاع معنوي في مستوى ALT في التركيز (10)ملغم/لتر والذي لم يختلف معنويا عن مجموعة السيطرة والمجاميع التجريبية.

الجدول (4- 26) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
17.22 B	0.5±20.2 a	0.1±19.3 a	0.09±15.6 a	0.2±13.8 a	الغلاصم
48.825 A	15±69.8 a	13±57.2 abc	8±41.6 c	11±26.7 d	الكبد
19.15 B	0.2±22.1 a	0.08±22.8 a	0.3±20.5 a	0.07±11.2 b	العضلات
	37.36 A	33.1 A	25.9 AB	17.23 BC	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

اما لمدة المعاملة الثالثة البالغة (14) يوماً فقد لوحظ من خلال نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-27) والشكل (4-26) عدم حدوث زيادة معنوية في مستوى فعالية ALT عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) في الغلاصم ولجميع التراكيز الداخلة في التجربة فقد بلغت في التركيز (10) ملغم/لتر (0.04 ± 16.7) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (0.09 ± 17.7) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (0.1 ± 17.9) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة (0.2 ± 13.8) وحدة أنزيمية. في الكبد لوحظ أيضاً حدوث زيادة معنوية في التركيز (10) ملغم/لتر بلغت (17 ± 50.8) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر بلغت (15 ± 69.8) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (19 ± 78.4) وحدة أنزيمية بالمقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (11 ± 26.7) وحدة أنزيمية. اما في العضلات اتضح من خلال نتائج الجدول عدم حدوث ارتفاع معنوي بين التراكيز التجريبية ففي التركيز (10) ملغم/لتر بلغت (0.95 ± 23.9) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر بلغ (0.6 ± 25.5) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر بلغ (0.4 ± 26.8) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (0.07 ± 11.2) وحدة أنزيمية. اما في عموم التجربة فقد تبين ان أعلى ارتفاع معنوي للـ ALT وجد في الكبد فقد بلغ (56.42) والذي اختلف معنويًا عن باقي الأعضاء التجريبية، وان اقل مستوى معنوي وجد في الغلاصم إذ بلغ (16.52) والذي لم يختلف معنويًا عن نظيره في العضلات إذ بلغت (21.85). اما بالنسبة لتأثير المعاملات فلو حظ حدوث ارتفاع معنوي في جميع التراكيز إذ بلغت في التركيز (10) ملغم/لتر (30.466) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (37.66) والتركيز (30) ملغم/لتر (41.03) مقارنة مع مجموعة السيطرة (17.23) ولم يتضح حصول اي اختلاف معنوي فيما بين التراكيز مقارنة مع مجموعة السيطرة.

الجدول (4-27) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
الغلاصم	0.1±17.9 a	0.09±17.7 a	0.04±16.7 a	0.2±13.8 a	16.52 B
الكبد	19±78.4 a	15±69.8 ab	17±50.8 bc	11±26.7 d	56.42 A
العضلات	0.4±26.8 a	0.6±25.5 a	0.95±23.9 a	0.07±11.2 b	21.85 B
تأثير المعاملات	41.03 A	37.66 A	30.466 A	17.23 B	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

وفي الجدول (4-28) والشكل (4-26) أوضحت نتائج التحليل الاحصائي للمدة (30) يوماً حدوث ارتفاع معنوي في جميع المجاميع التجريبية عند مستوى احتمالية (p < 0.05)، في الغلاصم تبين حصول زيادة معنوية في التركيز (10) ملغم/لتر بلغت (0.5±22.7) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر بلغت (0.35±29.65) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر بلغت (0.4±30.75) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (0.2±13.8) وحدة أنزيمية، وفي الكبد تبين أيضاً حصول زيادة معنوية في التركيز (10) ملغم/لتر بلغت (0.66±59.6) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر بلغت (0.92±68.5) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (0.72±87.1) وحدة أنزيمية بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (11±26.7) وحدة أنزيمية، في العضلات اتضح حصول زيادة معنوية في التركيز (10) ملغم/لتر بلغت (0.33±27.3) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (0.3±28.3) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (0.5±29.15) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة

البالغة (0.07 ± 11.2) وحدة أنزيمية بينما لم يلاحظ وجود اي فرق معنوي بين المجاميع التجريبية. في التجربة ككل اتضح ان أعلى ارتفاع معنوي لـ ALT وجد في الكبد فقد بلغ المعدل (60.47) والمختلف معنويا عن نظيره، في العضلات بلغت (23.98) الذي لم يختلف معنويا عن نظيره في الغلاصم والبالغ معدله (24.225). اما بالنسبة لتأثير المعاملات فلو حظ حدوث ارتفاع معنوي في جميع التراكيز إذ بلغت في التركيز (10) ملغم/لتر (36.53) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (42.15) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر (49) وحدة أنزيمية مقارنة مع مجموعة السيطرة (17.23).

الجدول (4- 28) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً.

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	30 ملغم/لتر	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.2 ± 13.8 b	0.5 ± 22.7 a	0.35 ± 29.65 a	0.4 ± 30.75 a	24.225 B
الكبد	11 ± 26.7 d	0.66 ± 59.6 c	0.92 ± 68.5 abc	0.72 ± 87.1 a	60.47 A
العضلات	0.07 ± 11.2 b	0.33 ± 27.3 a	0.3 ± 28.3 a	0.5 ± 29.15 a	23.98 B
تأثير المعاملات	17.23 C	36.53 AB	42.15 A	49 A	

المعدل \pm الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية

$$(P < 0.05)$$

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Mahamood وآخرون (2021) إذ وجدوا ان نشاط أنزيم ALT ارتفع في سمكة *L. rohita* بعد تعرضها لعدد من المعادن ثقيلة ومنها الكروم Cr كما عُرضت أسماك *Ctenopharyngodon idella* لمدة 4 اسابيع للكروم وحدث تراكم للكروم في الكبد والامعاء والخياشيم أدى إلى ارتفاع مستوى الـ (ALT) (Zhao et al., 2020)، كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وجدته Kim وآخرون (2018) بعد تعريض سمكة الـ *Paralichthys olivaceus* إلى الكروم لمدة عشرة أيام، إذ وجدوا حدوث ارتفاع في مستوى أنزيم الـ ALT. وفي دراسة أخرى أجراها Kumari وآخرون (2011) على سمكة *Labeo rohita* إذ لاحظوا زيادة الأنزيمات ALT وAST وALP بشكل كبير بعد التعرض للكروم السداسي التكافؤ لمدة (48) ساعة وحدث تلف خلايا الكبد.

ان التعرض للكروم يسبب ارتفاع مستوى فعالية (ALT) في الخياشيم، قد يعزى سبب ذلك إلى تلف الخيشوم بسبب السمية العالية للكروم لخياشيم الأسماك إذ يسبب الكروم تغييرات هيكلية ووظيفية، وبالتالي إلى زيادة النفاذية وتعطيل الظهارة الخيشومية، مما يسمح للكروم بالدخول بسهولة اكبر إلى الخلايا الخيشومية أو قد يكون بسبب الاجهاد التأكسدي في الأنسجة الخيشومية (Suchana et al., 2021)

وجد ان التعرض للكروم يزيد من مستويات ALT في كبد وكلى الاسماك الذهبية *Carassius auratus* (Velma and Tchounwou., 2011).

تُعزى اسباب ارتفاع ALT في عضلات الأسماك المعرضة للكروم في المقام الأول إلى الاجهاد التأكسدي الناجم عن الكروم. يؤدي التعرض للكروم إلى توليد انواع الاوكسجين التفاعلية (ROS)، والتي يمكن ان تسبب بيروكسيد الدهون وتلف المكونات الخلوية، بما في ذلك البروتينات والحمض النووي. يمكن ان يؤدي هذا الاجهاد التأكسدي إلى تنشيط الأنزيمات مثل ALT، وهو علامة على التلف الخلوي والاجهاد. فضلاً عن ذلك، يمكن ان يؤدي التعرض للكروم إلى تغيير نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة، مما يؤدي إلى انخفاض فعاليتها في التخفيف من الضرر التأكسدي (Ali et al., 2021)

4-6-3: أنزيم الناقل أمين الاسبارتات

Aspartate aminotransferase enzyme

بينت نتائج التحليل الاحصائي الموضحة في الجدول (4-29) والشكل (4-27) عدم حدوث اختلاف معنوي بين المجاميع التجريبية ومجموعة السيطرة في مستوى فعالية أنزيم AST عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) ايام .

اما في عموم التجربة فقد لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين جميع الأعضاء والتراكيز التجريبية مقارنة مع مجموعة السيطرة.

الجدول (4 - 29) فعالية أنزيم (AST) (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام.

المعاملات الأعضاء	السيطرة	10 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	30 ملغم/لتر	تأثير الأعضاء
الغلاصم	0.02±16.25 a	0.09±17.4 a	0.75±18.58 a	0.04±19.7 a	17.98 A
الكبد	0.9±20.85 a	0.8±24.01 a	0.3±27.7 a	0.6±29.05 a	25.402 A
العضلات	0.07±15.75 a	0.05±17.8 a	0.04±19.95 a	0.08±21.3 a	18.7 A
تأثير المعاملات	17.616 A	19.736 A	21.07 A	22.076 A	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية (P < 0.05)

أوضحت النتائج المدونة في الجدول (4-30) والشكل (4-28) ان مستوى أنزيم الAST لم يختلف معنويا عن مجموعة السيطرة في المدة (7) أيام عند مستوى احتمالية (p < 0.05) ولجميع المعاملات في كل من الغلاصم والعضلات. بينما في الكبد لم يحدث اختلاف معنوي بين التراكيز 10 و 20 و 30 ملغم/لتر إذ بلغت (0.8±33.9) و (0.4±42.08) و (0.7±51.55) وحدة أنزيمية على التوالي وان مستوى فعالية AST في التراكيز 20 و 30 ملغم/لتر اختلفا معنويا عن مجموعة السيطرة بينما لوحظ ان مستوى فعالية AST في التراكيز 10 ملغم/لتر لم يختلف معنويا عن مجموعة السيطرة البالغة (0.9±20.85) وحدة أنزيمية. ففي

الغلاصم بلغ مستوى فعالية الـAST في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم/لتر (0.07 ± 18.25) و (0.5 ± 20.15) و (0.03 ± 21.8) وحدة أنزيمية على التوالي مقارنة مع مجموعة السيطرة البالغة (0.2 ± 13.8) وحدة أنزيمية، وفي العضلات وجد مستوى فعالية AST في التركيز (10) ملغم/لتر (0.03 ± 16.95) وحدة أنزيمية والتركيز (20) ملغم/لتر (0.05 ± 18.97) وحدة أنزيمية والتركيز (30) ملغم/لتر إذ بلغ (0.08 ± 21.9) وحدة أنزيمية وفي مجموعة السيطرة (0.07 ± 15.75) وحدة أنزيمية، وفي مجمل التجربة لوحظ وجود اختلاف معنوي بين تأثير الأعضاء وقد بلغ أعلى ارتفاع له في الكبد (37.095) وان اقل مستوى معنوي وجد في العضلات إذ بلغ (18.39) والذي لم يختلف معنوياً عن نظيره في الغلاصم إذ بلغت (19.11). أما بالنسبة لتأثير المعاملات فلو حظ حدوث ارتفاع معنوي في التركيز (30) ملغم/لتر (31.75) مقارنة مع مجموعة السيطرة (17.616).

الجدول (4 - 30) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
الغلاصم	0.03±21.8 a	0.5±20.15 a	0.07±18.25 a	0.02±16.25 a	19.11 B
الكبد	0.7±51.55 a	0.4±42.08 ab	0.8±33.9 abc	0.9±20.85 c	37.095 A
العضلات	0.08±21.9 a	0.05±18.97 a	0.03±16.95 a	0.07±15.75 a	18.39 B
تأثير المعاملات	31.75 A	27.056 AB	23.033 AB	17.616 B	

المعدل \pm الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$))

اظهرت النتائج الموضحة في الجدول (4-31) والشكل (4-29) ان مستوى أنزيم الـ AST ارتفع في المدة الـ(14) يوماً عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$)، إذ وجد عدم حدوث اختلاف معنوي بين جميع المجاميع التجريبية فيما بينها من جهة ومجموعة السيطرة من جهة أخرى في الغلاصم والعضلات. اما في الكبد فلم يحدث اختلاف معنوي بين المجاميع التجريبية ولكنها اختلفت عن مجموعة السيطرة إذ بلغت في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم/لتر (0.7 ± 41.1) و (0.33 ± 50.6) و (0.6 ± 68.5) وحدة أنزيمية على التوالي مقارنة بالسيطرة والبالغه (0.9 ± 20.85) وحدة أنزيمية. اما في مجمل التجربة فان تأثير الكبد هو الأعلى بين الأعضاء، إذ بلغ (45.26) والذي اختلف معنويًا عن باقي الأعضاء. اما من إذ تأثير التراكيز التجريبية فانه لم يحدث اختلاف معنوي فيما بين المجموعتين التجريبتين 10 و 20 ملغم/لتر (26.44) و (31.35) ومجموعة السيطرة والتي بلغت (17.616)، بينما وجد أعلى ارتفاع معنوي في مستوى فعالية AST في التركيز 30 ملغم/ لتر والذي اختلف معنويًا عن نظيره في مجموعة السيطرة.

الجدول (4- 31) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
الغلاصم	0.08±24.75 a	0.06±22.95 a	0.03±19.27 a	0.02±16.25 a	20.80 B
الكبد	0.6±68.5 a	0.33±50.6 a	0.7±41.1 a	0.9±20.85 b	45.26 A
العضلات	0.06±23.8 a	0.09±20.5 a	0.1±18.95 a	0.07±15.75 a	19.75 B
تأثير المعاملات	39.01 A	31.35 AB	26.44 AB	17.616 B	

المعدل \pm الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$)

الارقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$))

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-32) والشكل (4-30) في المدة (30) يوماً حصول ارتفاعاً في مستوى أنزيم AST عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) إذ أوضح في الغلاصم حدوث اختلاف معنوي بين المجموعتين التجريبتين 20 و 30 ملغم / لتر مقارنةً مع مجموعة السيطرة، وقد لوحظ أعلى مستوى له في التركيز (30) ملغم / لتر إذ بلغ (0.09 ± 36.1) وحدة أنزيمية والذي لم يتخلف معنوياً عن نظيره في التركيز (20) ملغم / لتر (0.05 ± 32.85) وحدة أنزيمية واللذان اختلفا معنوياً عن مجموعة السيطرة (0.02 ± 16.25) وحدة أنزيمية. في الكبد لوحظ حدوث اختلاف معنوي بين جميع المجاميع التجريبية ومجموعة السيطرة إذ بلغت في التراكيز (10 و 20 و 30) ملغم / لتر (1.8 ± 47.45) و (1.6 ± 69.4) و (1.9 ± 76.16) وحدة أنزيمية على التوالي مقارنة بالسيطرة والبالغة (0.9 ± 20.85) وحدة أنزيمية. في العضلات لوحظ وجود فرق معنوي بين جميع المجاميع التجريبية ومجموعة السيطرة البالغة. أما في مجمل التجربة فقد حدث اختلاف معنوي بين الكبد والأنسجة الأخرى إذ كان هو الأعلى بين الأعضاء إذ بلغ (53.46) مقارنة بالعضلات والغلاصم التي لم تختلف فيما بينها معنوياً وقد بلغت (26.46) و (27.64) على التوالي. أما من حيث التراكيز التجريبية فإنه لم يحدث اختلاف معنوي فيما بين المجاميع التجريبية ولكنها اختلفت عن مجموعة السيطرة.

الجدول (4 - 32) مستوى فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً.

تأثير الأعضاء	30 ملغم/لتر	20 ملغم/لتر	10 ملغم/لتر	السيطرة	المعاملات الأعضاء
الغلاصم	0.09±36.1 a	0.05±32.85 a	0.07±25.36 ab	0.02±16.25 b	27.64 B
الكبد	1.9±76.16 a	1.6±69.4 ab	1.8±47.45 b	0.9±20.85 c	53.46 A
العضلات	0.08±35.65 a	0.03±29.96 a	0.04±24.5 ab	0.07±15.75 b	26.46 B
تأثير المعاملات	49.30 A	44.07 A	32.436 A	17.616 B	

المعدل \pm الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$)

الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$))

في دراسة للباحث Mahamood وآخرون (2021) اظهرت ان نشاط أنزيم AST ارتفع معنويا في سمكة *L. rohita* المعرضة لعدد من المعادن الثقيلة ومنها الكروم Cr، وان هذا الارتفاع في وظيفة الأنزيم ناتج عن تلف الأنسجة في الخيشوم والكبد الناتج عن تراكم المعادن الثقيلة.

تتفق نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة التي أجراها Zhao وآخرون (2020) على أسماك *Ctenopharyngodon idella* لمدة (28 يوماً) أذ وُجِدوا ان تراكم الكروم Cr في الكبد والامعاء والخياشيم ادى إلى ارتفاع معنوي في مستوى أنزيم AST.

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وجدته Kim وآخرون (2018) أنه بعد تعرض سمكة *Paralichthys olivaceus* إلى الكروم حدث ارتفاع معنوي في مستوى أنزيم الـ AST، كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Vutukuru وآخرون (2007) عند تعريض أسماك *Labeo rohita* إلى الكروم حدث ارتفاع معنوي في مستويات أنزيم الـ AST، واتفقت أيضاً مع ماتوصل Kim اليه وآخرون (2016) اثناء تعريض سمكة *Sebastes schlegelii* للكروم السداسي ادى إلى ارتفاع مستوى أنزيم الـ AST في أنسجة الكبد والامعاء والخياشيم والعضلات.

قد يعزى سبب زيادة في مستويات الأنزيمات AST و ALT في اكباده الأسماك إلى تراكم الكروم في أجسام الأسماك مما يؤدي إلى اطلاق هذه الأنزيمات في الدورة الدموية كاستجابة فيزيولوجية (Kumari et al., 2011)، كما يمكن ان يسبب التعرض للكروم زيادة نشاط أنزيم AST في خياشيم الأسماك، إذ تتعرض الخياشيم مباشرة للمعادن الثقيلة الملوثة للماء مثل الكروم، إذ ان الأنسجة الخيشومية تتأثر بسمية الكروم، ومن المحتمل ان تؤدي اضرار الأنسجة الخيشومية هذه إلى زيادة نشاط AST في الخياشيم (Mohamed et al., 2020) يمكن ان يتسبب التعرض للكروم في تلف خياشيم الأسماك. يشير نشاط AST العالي في الأنسجة الخيشومية إلى ان الخياشيم هي عضو مستهدف اساسي لسمية الكروم في الأسماك (Ghosh and Saha 2022) يسبب التعرض للكروم الاجهاد التأكسدي والالتهاب في الكبد، مما يؤدي إلى تلف خلايا الكبد وتسرب AST إلى مجرى الدم. يتراكم الكروم في الكبد ويزيد من مستويات AST، يمكن ان يضعف الكروم الدفاعات المضادة للأكسدة ويعطل عملية التمثيل الغذائي الخلوي في الكبد، مما يساهم بشكل اكبر في اصابة الكبد واطلاق AST، تعتمد كمية AST المفرزة على تركيز الكروم ومدة التعرض، ان ارتفاع مستويات الكروم والتعرض الاطول يؤدي إلى تلف اكبر في الكبد وزيادة AST كما ان من المحتمل ان تكون مستويات AST العالية في عضلات الأسماك المعرضة للكروم بسبب التلف الخلوي الناجم عن الكروم وتسرب AST من الأنسجة التالفة إلى الدم (Lakra et al., 2021)

4-7: تأثير الكروم على اشكال خلايا الدم الحمر

Effect of trivalent chromium on the forms of RBC

بيّنت نتائج الفحص المجهرى حصول تغيير في اشكال خلايا الدم المحيطي عند التعرض للكروم مقارنةً مع مجموعة السيطرة إذ ظهرت فيها خلايا الدم بيضوية الشكل ذات نواة مركزية الموقع كما موضحة في الصورة (1-4).

ففي مدة التعرض الأولى للكروم، وبالغية (4) أيام لوحظت عدة حالات شاذة لاشكال النواة، مثل النواة الصغيرة (MN) Micronucleus، والنواة المتبرعمة (BN) Budding Nuclear وتغير في شكل بعض خلايا الدم الحمراء، إذ ظهر الشكل الدمعي (TC) Tear-Drop Cell وظهور فجوات في السايوبلازم (CV) Cytoplasm Vacuoles الصورتين (2-4) و (3-4).

في مدة التعرض الثانية والبالغة (7) أيام لوحظت تغيرات في خلايا الدم الحمراء تمثلت بتكون فجوات في السايوبلازم فضلاً عن حدوث تغيرات نووية تمثلت النواة الصغيرة والأنوية الكلوية الشكل (KS) Kidney Shape cells والنواة المثلمة NN وفجوات في السايوبلازم الصورتين (4-4) و (5-4).

أما في مدة التعرض الثالثة والبالغة (14) يوماً فقد لوحظت (NN) Notched nuclear (NN) والنواة المثلمة (NN) والنواة المتبرعمة (BN) والنواة الصغيرة (MN) النواة الكلوية الشكل كابرز التغييرات الحاصلة لخلايا الدم الحمراء، ولوحظ أيضاً تفجى السايوبلازم (CV)، الصورتين (6-4) و (7-4).

في حين ظهرت النواة الصغيرة (MN) والنواة الكلوية والنواة المتبرعمة (BN) وحدث تفجى في السايوبلازم (CV) وظهور الخلايا الشوكية Echinocytic cell عند الاستمرار بالتعرض للكروم ولمدة شهر (30) يوماً، الصورتين (8-4) و (9-4).

أما عند المعاملة بالتركيز (20) ملغم/لتر فقد لوحظت التغييرات في خلايا الدم الحمر تمثلت بترصف خلايا الدم الحمر (RF) Rouleaux Formation وفقدان الشكل الطبيعي لعدد من خلايا الدم الحمر (DC) Deformed Cell وظهور بعض الخلايا الدمعية الشكل (TC) وأخيراً تفجى السايوبلازم، فضلاً عن حدوث شذوذات نووية تمثلت بالنواة المجزأة (FN) Fragmentary nucleus والنواة الكلوية (KS) والنواة الدقيقة (MN) خلال فترة التعرض الأولى البالغة (4) أيام، الصورتين (10-4) و (11-4).

اما في مدة التعرض الثانية والبالغة اسبوعاً واحداً فقد ظهرت التغييرات في خلايا الدم الحمراء على شكل خلايا دم هرمية الشكل (P) Pyramid shape وخلايا الدم بشكل دمعة (TC) اما في الأنوية فقد ظهرت النواة الكلوية (KS) انوية صغيرة (MN) فضلاً عن حدوث تفجى في السايوبلازم ، الصورتين (12-4) و(13-4).

بينت نتائج الفحص المجهرى لخلايا الدم الحمراء المعرضة للكروم ولمدة (14) يوماً ظهور كريات الدم الحمراء المغزلية (FE) Fusiform erythrocyte خلايا الدم الدمعية الشكل (TC) تفجى السايوبلازم فقدان الشكل الطبيعي لبعض خلايا الدم الحمراء، الصورتين (14-4) و(15-4)

ولمدة التعرض الاخيرة والبالغة (30) يوماً بينت نتائج الفحص المجهرى لمسحة الدم ظهور التغييرات التالية إذ ظهرت خلايا الدم الحمراء بشكل دمعة (TC) وحدوث تفجى في السايوبلازم، اما الأنوية فقد ظهرت خلايا الدم الحمراء بشكل النواة الصغيرة (MN) و النواة متجزئة (FN) تكثف الكروماتين عند حدود النواة (FE)، في الصورتين (16-4) و(17-4).

اما عند تعرض الأسماك للتركيز (30) ملغم /لتر لمدة اربعة أيام فقد ظهرت التغييرات لوحظت النواة المثلمة (N) وفجوة في سايوبلازم خلايا الدم الحمراء خلايا الدم الصغيرة (MN) وخلية بشكل دمعة (TC) ، في الصورتين (18-4) و(19-4)

عند التعرض لمدة سبعة أيام فقد ظهرت انوية خلايا الدم الحمراء الصغيرة (MN) وتفجى السايوبلازم (CV) النواة المثلمة (N) خلية بشكل دمعة (TC) والنواة الكلوية (KS) الصورتين (20-4) و(21-4).

اما لمدة التعرض (14) يوماً فقد ظهرت خلايا الدم الحمراء بشكل دمعة (TC) النواة الصغيرة (MN) وخلايا وتفجى السايوبلازم (CV) وتنكس الأنوية Denegeration Nuclear (DN) الصورتين (22-4) و(23-4).

لمدة التعرض الاخيرة والبالغة (30) يوماً فقد حدث تنكس في خلايا الدم الحمراء وظهور الشكل الهرم (P) فضلاً عن حدوث تكثف الكروماتين وظهور الخلايا بشكل غير منتظم (DC) وخلايا دم حمراء بشكل دمعة (TC) ، الصورتين (24-4) و(25-4).

ان التعرض لكلوريد الكروم يسبب اثاراً ضارة على الدم وأنسجة أسماك الشبوط الرئيس *L. rohita* (Chaudhary et al., 2023)، ان وجود النواة الدقيقة (MN) والنواة المتبرعمة

(BN) وقله في اعداد خلايا الدم الحمر تُعد إشارة لوجود تغيير نووي ناتج عن تعرض الأسماك للكروم (Ferdous *et al.*, 2024)

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Hu وآخرون (2024) عند تعريض أسماك الـ *Phoxinus lagowskii* للكروم حدوث تغييرات نووية مثل النواة المتبرعمة والنواة المثلمة، كما اتفقت مع ما لاحظته Shah وآخرون (2020) عند تعريض أسماك شبوط العشب *Ctenopharyngodon idella* لعدة معادن منها الكروم للمدة 24 و48 و72 و96 ساعة، إذ لاحظوا تشوهات مثل النواة الدقيقة المفردة والمزدوجة، والخلايا المشوهة، وكما اتفقت مع ماتوصل اليه Islam وآخرون (2020) عند تعريض أسماك *hypophthalmus Pangasianodon* إلى الكروم لمدة 96 ساعة، ظهرت فيها النواة الصغيرة والنواة المثلمة ، والنواة المتبرعمة.

لوحظت تغييرات شكلية مختلفة في كريات الدم الحمر بسبب التعرض للكروم. قد تحدث أيضاً تغييرات شكلية في كريات الدم الحمر بسبب زيادة بيروكسيده الدهون في غشاء الخلية تسبب تلف غشاء الخلية، وزيادة نفاذية الايونات، وبالتالي زيادة امتصاص الخلايا للمواد السامة محدثة بذلك تغييرات في اشكال خلايا الدم الحمر (Meena *et al.*, 2014) كما حصلت العديد من التغييرات في نواة خلايا الدم بسبب فشل بلمرة ألتيوبولين، كما قد يعزى سبب حدوث التشوهات النووية في كريات الدم الحمراء إلى تأثير الاجهاد الناجم عن التعرض إلى الكروم (Ghaffar *et al.*, 2015). فضلاً عن ، فان تكوين الخلايا متبرعمة والنواة والنواة المثلمة يحدث بسبب تراكم للمواد السامة، ان هذه الانواع من التشوهات في كريات الدم الحمر قد تسبب تغييرات شكلية في غشاء البلازما وزيادة قابلية كريات الدم الحمر للانفجار اثناء عبور الشعيرات الدموية الصغيرة (de Campos Ventura *et al.*, 2008) . ترتبط السمية الجينية للمركبات الكيميائية بالتفاعل مع الحمض النووي، وتكوين الطفرات، وتلف الكروموسومات وبدء عمليات التسرطن، وتُعد العديد من المركبات الموجودة في البيئة عوامل سمية جينياً، من بينها الكروم ثلاثي التكافؤ إذ لوحظت العديد من انواع الافات الوراثية التي يسببها الكروم ثلاثي التكافؤ Cr^{+3} في أجسام الكائنات الحية بما في ذلك انه يمكن ان يتفاعل مع الحمض النووي ويسبب تلفه (Sawicka *et al.*, 2021)

4-8: التغيرات الحاصلة في بعض أنسجة أسماك *A.mossulensis* المعرضة للكروم (الكبد، الخياشيم)

Changes in some of *A.mossulensis* tissue exposed to chromium (liver, gills)

4-8-1: الكبد liver

بيّنت نتائج الفحص المجهرى عند تعرض الكبد لتركيز 10 ملغم/لتر ولمده (4) أيام حدوث تغيرات نسجية تمثلت باحتقان الوعاء الدموي حدوث تنخر Necrosis للخلايا الكبدية وارتشاح طفيف للخلايا الالتهابية احادية النواة inflammatory leucocyte الصورة (4-27). اما فترة التعرض الثانية والبالغة سبعة أيام فقد حدث تنخر وتنكس Degeneration للخلايا الكبدية وتغلظ بعض أنوية الخلايا الكبدية pyknosis فضلاً عن حدوث الوذمة Oedema، الصورة (4-28). اما في فترة التعرض الثالثة والبالغة اسبوعان فقد حدث زيادة في تنخر وتنكس بعض الخلايا الكبدية وزيادة في تغلظ الأنوية الكبدية فضلاً عن حدوث احتقان طفيف بالأوعية الدموية، الصورة (4-29). في فترة التعرض الاخير والبالغة شهر للتركيز (10) ملغم/لتر، أحدث التغيير التالي ارتشاحاً بؤرياً كثيفاً لخلايا الدم الحمر فضلاً عن حدوث تنخر وتنكس فجوي لبعض خلايا النسيج الكبدى، الصورة (4-30).

في فترة التعرض الأولى للتركيز (20) ملغم/لتر فقد ظهرت زيادة في التغيرات النسجية تمثلت بزيادة في تغلظ انوية الخلايا الكبدية وتنكس وتخر بعض خلايا النسيج الكبدى وحدث احتقان في بعض الأوعية الدموية الصورة (4-31)، وفي فترة التعرض الثانية للتركيز (20) ملغم/لتر والبالغة (7) أيام فقد حدث احتقان الوريد المركزي وارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة، فضلاً عن توسع الجيبانيات الدموية الصورة (4-32). في فترة التعرض الثالثة والبالغة (14) يوماً فقد حدث توسع للجيبانيات الدموية وتخر لعدد من الخلايا الكبدية وتضخم خلايا كوفر kupffer cells، الصورة (4-33).

اما التعرض للمدة الاخير والبالغة 30 يوم فقد حدث تلازن لمعظم انوية الخلايا الكبدية في مجاميع صغيرة واحتقان بعض الأوعية الدموية وحدث تنخر الخلايا الكبدية، فضلاً عن حدوث تنكس فجوي للخلايا الكبدية الصورة (4-34).

اما عند التعرض للتركيز العالي 30 ملغم/لتر لمده اربعة أيام فقد ظهرت زيادة في العديد من التغيرات النسجية منها تنخر بعض الخلايا الكبدية وحدث تغلظ في بعض أنوية الخلايا الكبدية مع حدوث تنكس فجوي لبعض الخلايا الكبدية، الصورة (4-35)، اما بعد سبعة أيام من التعرض فقد حدث زيادة في تغلظ الأنوية وتنكس فجوي للعديد من الخلايا الكبدية وزيادة في

تنخر الخلايا الكبدية فضلا عن حدوث نزف hemorrhage بين الخلايا الكبدية الصورة (4-36).

ان التعرض للتركيز (30) ملغم/لتر لمدته (14) يوماً يظهر تغيرات نسيجية تمثلت بتنخر وتنكس العديد من الخلايا الكبدية فضلا عن حدوث نزف بين الخلايا الكبدية، الصورة (4-37) اما لمدة التعرض الاخيرة البالغة (30) يوماً فقد تمثلت التغيرات بحصول ارتشاح بؤري للخلايا الالتهابية وتجمع كبير للخلايا الدمويه (ورم دموي)، الصورة (4-38).

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه chaudhary وآخرون (2023) الذين عرضوا أسماك *L.rohita* لكروم الكروم لمدة (14) و(28) يوم ولاحظوا حدوث تنخر وتنكس الخلايا الكبدية واحتقان الأوعية الدموية وحدث نزف بين الخلايا الكبدية ، كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Suchana وآخرون (2021) ان تعريض أسماك *Channa punctatus* للكروم السداسي Cr^{+6} احدث نخرًا في الخلايا الكبدية مع تفجي كبير للخلايا، واتفقت مع ما لاحظته Deepak وآخرون (2021) عند تعرض *Cyprinus carpio* للكروم لمدة 30 يوماً حدوث أنواع مماثلة من الافات النسيجية في الكبد، مثل تنكس الخلايا الكبدية والنزيف والنخر واحتقان الدم. كما وجد Mohamed وآخرون (2020) حدوث التنكس للخلايا البرنكيميية الكبدية واحتقان الشعيرات الدموية والركود الصفراوي والتنخر النووي في الكبد في أسماك *Oreochromis niloticus* المعرضة للكروم السداسي. اتفقت نتائج الفحص المجهرى للدراسة الحالية مع ماتوصل اليه Ni وآخرون (2020) عند تعريض أسماك *Oryzias melastigma* للكروم السداسي يؤدي ذلك الى تغيرات مرضية في الكبد مثل تنخر بعض الخلايا الكبدية وحدث تغلط في بعض أنوية الخلايا الكبدية مع حدوث تنكس فجوي لبعض الخلايا الكبدية. بعد تعرض أسماك *Channa punctatus* للكروم السداسي التكافؤ، اظهرت الخلايا الكبدية تفجي السيتوبلازم مع زيادة في تغلط انوية الخلايا الكبدية وتنكس وتنخر بعض خلايا النسيج الكبدى وحدث احتقان في بعض الأوعية الدموية (Javed and Usmani., 2014)

في حين وجد كل من Mishra او Mohanty (2009) في أسماك *Channa punctata* المعرضة لـ Cr سداسي التكافؤ أن ذلك يحدث تغيرات نسيجية في بنية الكبد، تمثلت بالتفجي للخلايا الكبدية، والشعيرات الدموية المحتقنة.

الكبد هو عضو رئيس لازالة السموم من المركبات السامة، عندما يزداد تركيز المواد السامة، تتعطل القدرة على ازالة السموم من الكبد وتسبب تغيرات نسيجية، قد يؤثر تراكم المعادن الثقيلة على وظائفه تُعد امراض أنسجة الكبد مهمة جدا لتقييم الاثار الضارة للسموم الخطرة على

صحة الأسماك (Chaudhary et al., 2023). كما ان السمية المرتبطة بالتعرض المزمن للكروم الثلاثي التكافؤ معروفة، إذ ارتبط التعرض للكروم ثلاثي التكافؤ بزيادة خطر الإصابة بالسرطان (Reif and Murray., 2024).

2-8-4: الغلاصم Gills

بينت نتائج الفحص المجهرى الضوئي لمقاطع الغلاصم النسيجية حصول تغييرات نسيجية فيها نتيجة المعاملة بالكروم مقارنة مع مجموعة السيطرة الموضحة بالصورة (4-39) إذ يظهر القوس الخيشومي الذي يوفر الدعم الهيكلي للخيوط الغلصمية والمشط الغلصمي الذي يعمل على فلتر المياه من الغذاء قبل وصولها إلى الغلاصم، واخيرا الخيوط الخيشومية المحتوية على أوعية دموية التي تلعب دوراً حيوياً في تبادل الغازات، إذ تستقبل الاوكسجين وتخرج ثاني اوكسيد الكربون. تكون هذه الخيوط غنية بالأوعية الدموية، مما يمنحها لوناً احمرًا، إذ تمثلت هذه التغيرات بالالتصاق الكامل complete fusion ما بين الخيوط الغلصومية الثانوية secondary lamellae والخزب oedema بعد التعرض للكروم لمدة اربعة أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر، الصورة (4-40)، اما في فترة التعرض الثانية والبالغه (7) أيام للتركيز (10) ملغم/لتر، تبين حدوث نزف hemorrhage في الصفائح الثانوية secondary lamellae وتنكس فجوي degeneration واحتقان congestion الخلايا السانده وفرط تنسجها hyperplasia ، الصورة (4-41). اما في فترة التعرض الثالثه والبالغه (14) يوماً فقد أوضحت نتائج الفحص المجهرى ، في الصورة (4-42) حدوث انسلاخ sloughing للخلايا الظهارية المبطنه للصفائح الغلصمية الثانوية وفقدان استقامتها فضلاً عن الخزب. اما لمدة التعرض الاخيرة والبالغه (30) يوم للتركيز (10) ملغم/لتر فقد تمثلت التغييرات النسيجية في الغلاصم بالنزف الشديد وقصر في طول الخيوط الثانوية مع اكتساب بعض قمم الخيوط الغلصمية لشكل عصا الطبل كما موضح بالصورة (4-43).

تظهر الأسماك المعاملة بالكروم بالتركيز (20) ملغم/لتر لمدة (4) أيام بشكل غير طبيعي في الغضروف والاحتقان شديد كما موضح من الصورة (4-44) في حين اظهرت فترة التعرض الثانية للتركيز (20) ملغم/لتر والبالغه (7) أيام يظهر فرط تنسج الخلايا السانده الثانوية والخلايا الظهارية المبطنه للصفائح الغلصومية والثانوية والتصاق قمم الصفائح الغلصمية الثانوية وارتشاح الخلايا الالتهابي وتنكس فجوي للخلايا الظهارية المبطنه للصفائح الغلصمية الثانوية كما هو موضح في الصورة (4-45).

وعند استمرار تعرض الأسماك للتركيز (20) ملغم/لتر لمدة اسبوعين فقد ظهرت غلاصم الأسماك المعاملة بالكروم بتغييرات نسيجية تمثلت بالنزف الشديد في قمم الصفائح الغلصومية

الأولية وتوسف (انسلاخ) شديد للظاهرة المبطنه للصفائح الغلصمية الثانوية وكذلك اختلاف في شكل الغضروف (شكل غير طبيعي للغضروف) ، فضلاً عن التخر الخيوط الغلصمية الثانوية والموضحة في الصورة (4-46). لمدة التعرض الاخيرة البالغة (30) يوماً فقد حدث تخر نسيج الغلاصم بالكامل كما هو موضح في الصورة (4-47).

في التركيز الاخير البالغ (30) ملغم/لتر ولمدة (4) أيام تبين من نتائج الفحص المجهرى حدوث تخر النسيج الغلصمي بالكامل كما في الصورة (4-48)، وعند الاستمرار بالتعرض للكروم بهذا التركيز ولمد (7) أيام فقد ظهرت آفات مرضية عدة وهي فرط تنسج في الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية وحدث التنكس الفجوي في الخلايا السائدة فضلاً عن الانسلاخ في الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية وكذلك الخرب مع فرط تنسج الخلايا غير المتميزة ما بين الصفائح الغلصمية الثانوية واخيرا التصاق لبعض الخيوط الغلصمية الثانوية وكما هو موضح في الصورة (4-49).

بينت نتائج الفحص الضوئي المجهرى للتركيز (30) ملغم/لتر للكروم ولمدة (14) يوماً لغلاصم الأسماك قيد التجربة حصول العديد من الافات المرضية تمثلت بنخر الخيوط الغلصومية وارتشاح الخلايا الالتهابية وكذلك حدوث الخرب فضلاً عن احتقان الأوعية الدموية وحدث التنكس الفجوي في الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية واخيرا حدوث النضحة الليفيينية Fibrinous exudate كما هو موضح في الصورة (4-50). واخيرا وبعد استمرار تعرض الأسماك للتركيز (30) ملغم/لتر ولمدة شهر حدث تخر كامل للالياف العضلية وارتشاح الخلايا الالتهابية كما موضح في الصورة (4-51).

اتفقت الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Hu وآخرون (2024) عند تعريض أسماك *Oreochromis mossambicus* للكروم السداسي حدوث آفات مرضية عدة منها الوذمة والتضخم الخلوي والالتصاق الصفائي، وفرط تنسج الخلايا الظهارية، والتخر، والصفيحة الخيشومية المجددة، و انسلاخ في الظهارة المبطنة للصفائح الثانوية، وتخر الصفائح الثانوية في الأنسجة الخيشومية.

اتفقت الدراسة مع دراسة Chaudhary وآخرون (2023) الذين عرضوا أسماك *Labeo rohita* لكوريد الكروم لمدة 14 و 28 يوماً ولاحظوا حدوث العديد من التغييرات النسجية في الغلاصم منها بالتحام الصفائح الثانوية وتنكس الخلايا الظهارية والتواء الصفائح فضلاً عن تضخم بعض قمم الخيوط الغلصمية الثانوية Telangiectasis .

كما اتفقت مع ماتوصل اليه Aslam وآخرون (2017) ان تعرض عدة انواع من الأسماك وهي (*Labeo rohita* و *Carassium auratus*) للكروم الثلاثي احدث تغييرات نسجية تمثلت بالتضخم والتكس في الظهارة الخيشومية.

كما اتفقت الدراسة النتائج مع ما لاحظته Usmani و Javed (2014) عند دراسة التغيير في غلاصم أسماك *Channa punctatus* بعد التعرض للكروم سداسي التكافؤ، فكانت التغييرات في الغلاصم متمثلة بفرط التنسج الظهاري، والوذمة، والتخر للخلايا الظهارية، واحتقان الأوعية الدموية، فضلاً عن تجعيد الصفائح الثانوية. كما اتفقت نتائج الفحص المجهرى الضوئي مع مادرسه (Begum, 2006) وآخرون على أسماك *Gambusia affinis* المعرضة للكروم في حدوث تغييرات في الغلاصم مثل التضخم وفرط التنسج في الصفائح الثانوية تليها الظهارة المنفصلة مع تخر شديد خلال فترة التعرض البالغة 28 يوماً الغلاصم هي المسؤولة عن تحسين الضغط التناضحي وافراز المنتجات الايضية السامة والتنفس. يسبب الارتباط المباشر بين الخياشيم والبيئات المائية، ألتى تحتوي على مواد كيميائية سامة، حدوث تغييرات في شكلها ويقلل من الاداء، لذلك، تُعد خياشيم الأسماك عضوًا مهمًا تضرر بشدة من التلوث المعدني (Chaudhary et al., 2023)

وجد كل من Muthukumaravel و Rajaraman (2013) أن النسيجية الملحوظة في غلاصم *Labeo rohita* الملاحظة بعد التعرض إلى الكروم Cr هي الوذمة، والتجعيد الصفائحي، والنخر، واندماج الصفائح الثانوية، وفرط التنسج، وتوسع الأوعية الدموية. زادت هذه الافات مع زيادة فترة التعرض للكروم. كما اتفقت الدراسة مع ماتوصل اليه Peebua وآخرون (2006) عندما عرضوا *Labeo rohita* إلى Cr لمدة (30) يوماً ولاحظوا اندماج الخياشيم الصفائحي والتضخم وتكس الظهارة.

كما لاحظ Vinodhini و Narayanan (2009) وجود افات مماثلة في غلاصم *Oreochromis niloticus* مثل الاندماج الصفائحي ورفع الخلايا الظهارية والتجعيد الصفائحي بعد التعرض لمختلف المعادن الثقيلة منها الكروم.

تُعد غلاصم الأسماك المسؤولة عن تنظيم الضغط الازموزي واخراج المواد الايضية السامة فضلاً عن وظيفتها التنفسية ، ان الارتباط المباشر بين الغلاصم والبيئة المائية ألتى تحتوي على العديد من المواد الكيميائية السامة ألتى تسبب تحورات في شكل الغلاصم وتقلل الكفاءة ، ولهذا السبب تُعد الغلاصم من الأعضاء المتضررة بشكل كبير بتلوث البيئة بالمعادن (Moyson et al ., 2016)

الفصل الخامس
الاستنتاجات والتوصيات

*Conclusions &
Recommendations*

5-الاستنتاجات والتوصيات

& Recommendations Conclusions

1-5: الاستنتاجات Conclusions

أوضحت نتائج الدراسة الحالية ان تعريض أسماك *Alburnus mossulensis* إلى الكروم ثلاثي التكافؤ أدى إلى:

- 1- ازدياد معدل موت الأسماك بزيادة مدة التعريض وزيادة التراكيز المستخدمة.
- 2- معدل التراكم الحيوي للكروم ثلاثي التكافؤ ازداد بزيادة مدة التعرض وبالتسلسل الآتية: الكبد والغلاصم والامعاء لا يوجد بينهم فرق معنوي، الدماغ < العظام < العضلات، وان أعلى تراكم حدث لمدة الاخيرة (30) يوماً.
- 4- حدوث انخفاض في مستوى مضادات الأكسدة غير الأنزيمية (الكلوتاثايون) والأنزيمية (الكاتالاز).
- 5- ارتفاع مستوى المألون ثنائي الالديهيد MDA مقارنة مع مجموعة السيطرة في أعضاء الأسماك المعرضة للكروم (غلاصم وادمغة واكباد)، وان أعلى ارتفاع لوحظ في الكبد. كما ارتفعت معنويًا مستويات أنزيم الفوسفاتيز القاعدي ALP يصحبه ارتفاع معنوي في الأعضاء (الكبد الامعاء < الدماغ، العضلات < الغلاصم) للأسماك قيد الدراسة. ان التعرض للكروم أدى إلى حدوث ارتفاع معنوي في (الغلاصم، والكبد، والعضلات) في مستويات أنزيمي الانين ترانس أمينيز AST والاسباراتيت ترانس أمينيز ALT، وان أعلى ارتفاع معنوي في كلا الأنزيمين وُجِدَ في الكبد.
- 6- تعرض الأسماك للكروم أدى إلى حدوث تشوهات في خلايا وانوية الدم الحمر للأسماك.
- 7- حدثت تغيرات مرضية في أنسجة أعضاء الأسماك (الغلاصم والكبد) المعرضة للكروم وازدادت التأثيرات بازدياد التراكيز المستخدمة و فترات التعريض المستخدمة.

2-5: التوصيات Recommendations

- 1- اجراء دراسات تبين تأثير الكروم الثلاثي التكافؤ على انواع مختلفة من الأسماك الموجودة في نهر دجلة.
- 2- دراسة تأثير معادن ثقيلة أخرى على أسماك *Alburnus mossulensis* واجراء دراسات أخرى لمركبات الكروم وتأثيرها على أسماك *Alburnus mossulensis*.
- 3- دراسة تأثير الكروم الثلاثي على المستوى الجزيئي لخلايا الدم الحمراء.
- 4- دراسة التغييرات المرضية النسيجية لأعضاء أخرى من السمكة واجراء دراسة لتأثير الكروم الثلاثي على أنزيمات الدماغ ووظائف الكلى ووظائف حيوية أخرى.
- 5- استخدام الملونات النسيجية الكيميائية للكشف عن التغييرات النسيجية لأعضاء الاسماك قيد الدراسة.

المصادر

References

المصادر العربية

التميمي، عبدالفتاح شراد خضير (2004) دراسة بيئية وبكتيرية لمياه نهر دجلة وديالى جنوب بغداد، رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة بغداد.

الحاج، حميد احمد. (2010) التحضيرات المجهريّة الضوئية، النظرية والتطبيق، دار المسيرة رازوقي، سراب محمد، الرأوي، محمد عمار (2010) دراسة مقارنة حول سلامة امدادات مياه الشرب في مدينة بغداد، المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك، مجلد (2) عدد (4).

السراج، ايمان ياسين وجانكير، منى حسين والرأوي، ساطع محمود (2013). بعض المؤشرات النوعية لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل - دراسة استدلالية، مجلة علوم الرافدين، المجلد 25 (1) ص (1-22).

محمد، سميرة فيض الله. (2018). دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض الابار والعيون ونهر نأوه سبي في ناحية قادركرم وتحديد مدى صلاحيتها للشرب ولاغراض الري . Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences, 9(4).

المصادر الاجنبية

Adhikari, S., Ghosh, L., and Ayyappan, S. (2006). Combined effects of water pH and alkalinity on the accumulation of lead, cadmium and chromium to *Labeo rohita* (Hamilton). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 289-296.

Ahammed, G. J., Shamsy, R., Liu, A., and Chen, S. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi-induced tolerance to chromium stress in plants. *Environmental Pollution*, 327, 121597.

Ahmad, M.S., Y. Aslam, and W.A. Khan (2011). Absorption and bioaccumulation of water-borne inorganic mercury (Hg) in the fingerlings of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *The J. Anim. Plant Sci.* 21(2): 176-181

Ahmad, Z., Al-Ghanim, K. A., Al-Balawi, H. F. A. K., Al-Misned, F., Maboob, S., and Suliman, E. A. M. (2015). Accumulation of heavy metals in the fish, *Oreochromis niloticus* and *Poecilia latipinna* and

their concentration in water and sediment of dam lake of Wadi Namar, Saudi Arabia. *Journal of Environmental Biology*, 36(1), 295.

Ahmed, A., Genan, A. B., and KAREEM, R. A. (2022). Histological changes in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed on high levels of chromium chloride hexahydrate. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 5(1), 11-20.

Ahmed, M. K., Kundu, G. K., Al-Mamun, M. H., Sarkar, S. K., Akter, M. S., and Khan, M. S. (2013). Chromium (VI) induced acute toxicity and genotoxicity in freshwater stinging catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 92, 64-70.

Al-Dabbas, M. (2006) The water Demand in Iraq,proceeding of the clean water purification and environmental –A CRDF / IICSI Seminar.

Ali, Z., Yousafzai, A. M., Sher, N., Muhammad, I., Nayab, G. E., Aqeel, S. A. M.,... and Khan, H. (2021). Toxicity and bioaccumulation of manganese and chromium in different organs of common carp (*Cyprinus carpio*) fish. *Toxicology Reports*, 8, 343-348.

APHA,AWWA and WCPE (2017). **Stand method for examination of water and waste water**, American public Health Assciation, 23RD ed.,Washington DC,USA.

Arantes, F. P., Savassi, L. A., Santos, H. B., Gomes, M. V., and Bazzoli, N. (2016). Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 137-147.

- Aslam, S., and Yousafzai, A. M. (2017). Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1483-1488.
- Atli, G., and Canli, M. (2010). Response of antioxidant system of freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(8), 1884-1889.
- Azaman, F., Juahir, H., Yunus, K., Azid, A., Kamarudin, M. K. A., Toriman, M. E.,... and Saudi, A. S. M. (2015). Heavy metal in fish: Analysis and human health-a review. *Jurnal Teknologi*, 77(1), 61-69.
- Bakshi, A. (2016). Analysis of anthropogenic disturbances and impact of pollution on fish fauna of River Churni with special reference to chromium pollution.
- Bakshi, A., and Panigrahi, A. K. (2018). A comprehensive review on chromium induced alterations in fresh water fishes. *Toxicology reports*, 5, 440-447. doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.03.007
- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R., and Sadeghi, M. (2021). Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in pharmacology*, 12, 643972. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Barchiesi, F., Branciarri, R., Latini, M., Roila, R., Lediani, G., Filippini, G.,... and Ranucci, D. (2020). Heavy metals contamination in shellfish: benefit-risk evaluation in Central Italy. *Foods*, 9(11), 1720.

- Basha, P. S., and Rani, A. U. (2003). Cadmium-induced antioxidant defense mechanism in freshwater teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia). *Ecotoxicology and environmental safety*, 56(2), 218-221.
- Begum, G., Venkateswara Rao, J., and Srikanth, K. (2006). Oxidative stress and changes in locomotor behavior and gill morphology of *Gambusia affinis* exposed to chromium. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 88(2), 355-365.
doi.org/10.1080/02772240600635985
- Belfield A, Goldberg D. M., (1971), Revised assay for serum phenylphosphatase activity using 4-amino-antipyrine, *Enzyme* 12, p.561-573
- Brown, A.B. (1993). *Hematology: Principles and Procedures*, **Lea and Febiger, Philadelphia**; Sixth Edition; p101.
- Cao, L., Huang, W., Liu, J., Yin, X., and Dou, S. (2010). Accumulation and oxidative stress biomarkers in Japanese flounder larvae and juveniles under chronic cadmium exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 151(3), 386-392.
- Cech, T. V. (2003). *Principles of Water Resources Histo Development. Management and Policy*. John Wiley and Sons In U.S.A. 446.
- Chapman, fi.D.and Part,P.F. (1961) *Methods of analysis for siol,plant and water*. Univ. of Calif. Div Agric Sc i.
- Chaudhary, A., gul Javaid, K., and Bughio, E. (2023). Toxic effects of chromium chloride on hematology and histopathology of major carp (*Labeo rohita*). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 49(3), 291-296.

- Coad, B.W.(2010).Freshwater fishes of Iraq ; First published Bulgaria.
- Copat C, Arena G, Fiore M, Ledda C, Fallico R, Sciacca S. and Ferrante M. (2013). Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. *Food Chem Toxicol. Mar*;53:33-7. doi: 10.1016/j.fct.2012.11.038. Epub 2012 Dec 2. PMID: 23211443.
- Copat C, Bella F, Castaing M, Fallico R, Sciacca S, and Ferrante M.(2012) Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2012 Jan;88(1):78-83. doi: 10.1007/s00128-011-0433-6. Epub 2011 Oct 22. PMID: 22020920; PMCID: PMC3251775.
- Culling,CF.; Allison, RT. and Barr, WT. (1985).Cellular Pathology Technique. 4th ed. New York: Butterworth5. 642 p. Doi: 10.1016/C2013-0-06260-3.
- De Campos Ventura, B., de Angelis, D. D. F., and Marin-Morales, M. A. (2008). Mutagenic and genotoxic effects of the Atrazine herbicide in *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90(1), 42-51. doi.org/10.1016/j.pestbp.2007.07.009
- Deepak, T., Sanjay, G. B., and Shivakumar, C. S. (2021). Acute toxicity of hexavalent chromium on behavioural parameters and histopathology damages in freshwater common carp, *Cyprinus carpio*. *Asian Journal of Research in Zoology*, 4(3), 1-8.
- DesMarias, T. L., and Costa, M. (2019). Mechanisms of chromium-induced toxicity. *Current opinion in toxicology*, 14, 1-7.

- Dhara, K., Chukwuka, A. V., Saha, S., Saha, N. C., and Faggio, C. (2022). Effects of short-term selenium exposure on respiratory activity and proximate body composition of early-life stages of *Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala*. *Environmental toxicology and pharmacology*, 90, 103805.
- Di Duca, F., Montuori, P., De Rosa, E., De Simone, B., Russo, I., Nubi, R., and Triassi, M. (2024). Assessing Heavy Metals in the Sele River Estuary: An Overview of Pollution Indices in Southern Italy. *Toxics*, 12(1), 38.
- Di Meo, S., and Venditti, P. (2020). Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020. /doi.org/10.1155/2020/9829176.
- Ding, T., Du, S., Zhang, Y., Wang, H., Zhang, Y., Cao, Y.,... and He, L. (2020). Hardness-dependent water quality criteria for cadmium and an ecological risk assessment of the Shaying River Basin, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 198, 110666.
- El-Hak, H. N. G., El-Din, M. I. S., and Elrayess, R. A. (2021). Bioaccumulation of heavy metals and their histopathological impact on *Mugil cephalus* from the North Eastern Region of Manzala Lake, Egypt. *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101841. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101841>
- Ferdous, Z., Rafiquzzaman, S. M., and Shahjahan, M. (2024). Probiotics ameliorate chromium-induced growth retardation and stress in Indian major carp rohu, *Labeo rohita*. *Emerging Contaminants*, 10(2), 100291. doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100291

- Finney, D. J. (1971) Probit analysis. 3d ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge.. UK. p. 333.
- Foyer, C. H., and Noctor, G. (2011). Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant physiology*, 155(1), 2-18.
- Fu, Z. and Xi, S. (2020). The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicol Mech Methods*, 30(3), 167-176. • DOI: 10.1080/15376516.2019.1701594
- Gao, Y.; He, Z.; Vector, H.; Zhao, B. ; Li1, Z.; He, J.; Lee, J.; and Chu, Z.(2017). Effect of Stocking Density on Growth, Oxidative Stress and HSP 70 of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.Vol 17, Num, 5 (Pages: 877-884). DOI: 10.4194/1303-2712-v17_5_04
- Garza-León, C. V., Fernández-Flores, C. A., Arzate-Cárdenas, M. A., Rubio-Franchini, I., and Martínez, R. R. (2023). Differential effects on the toxicity and bioconcentration of hexavalent and trivalent chromium on the rotifer *Lecane papuana* (Murray, 1913)(Monogononta: Lecanidae). *Hidrobiológica*, 33(3).
- Garza-León, C. V., Fernández-Flores, C. A., Arzate-Cárdenas, M. A., Rubio-Franchini, I., and Martínez, R. R. (2023). Differential effects on the toxicity and bioconcentration of hexavalent and trivalent chromium on the rotifer *Lecane papuana* (Murray, 1913)(Monogononta: Lecanidae). *Hidrobiológica*, 33(3).
- Ge, M., Liu, G., Liu, H., and Liu, Y. (2020). Levels of metals in fish
- Gerardo, B.; Zhong, j.Y.; Jyotirmoy, N.; Jingping, W.; Chung, C.H. and Enrico, M. C. (2007). Effect of Hyperbaric Oxygen on Glucose, Lactate, Glycerol and anti-oxidant E nzyme in the Skeletal Muscle of Rats During Ischaemia and reperfusion. *Clinic. and experim pharma and physiol.*, 34 (1-2): 70-76.

- Ghaffar, A., Hussain, R., Khan, A., Abbas, R. Z., & Asad, M. (2015). Butachlor Induced Clinico-Hematological and Cellular Changes in Fresh Water Fish *Labeo rohita* (Rohu). *Pakistan veterinary journal*, 35(2).
- Ghosh, D., & Saha, S. K. (2022). A Comprehensive Review on Toxicity of Chromium in Freshwater Fishes. *Appl. Ecol. Environ. Sci.*, 10, 527-533.
- Godwin, J., E. Vaikosen, C. Njoku, and J. Sebye (2011). Evaluation of some heavy metals in *Tilapia nilotica* found in selected rivers in Bayelsa state. *Electron. J. Environ. Agr. Food Chem.* 10(7): 2451-2459.
- Ha, L., Hoa, B., and Dau, P. (2021). Effect of Heavy Metals on the Activity of Catalase and Glutathione-S-Transferase in Nile Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*). *VNU Journal Of Science: Natural Sciences And Technology*, 37(4). doi:10.25073/2588-1140/vnunst.5339
- Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford university press, USA.
- Hasan, G. A., Das, A. K., Satter, M. A., and Asif, M. (2023). Distribution of Cr, Cd, Cu, Pb and Zn in organs of three selected local fish species of Turag river, Bangladesh and impact assessment on human health. *Emerging Contaminants*, 9(1), 100197.
- Helfrich, L. A., and Libey, G. S. (2006). *Fish nutrition in aquaculture*. Springer Science and Business Media.
- Hoole, D., Bucke, D., Burgess, P., and Wellby, I. (Eds.). (2008). *Diseases of carp and other cyprinid fishes*. John Wiley and Sons.

- Hu, T., Ye, C., Ning, Z., Liu, T., and Mu, W. (2024). Effect of Toxicity of Chromium (VI) Stressors Alone and Combined to High Temperature on the Histopathological, Antioxidation, Immunity, and Energy Metabolism in Fish *Phoxinus lagowskii*. *Fishes*, 9(5), 168.
- Islam, S. M., Rohani, M. F., Zabed, S. A., Islam, M. T., Jannat, R., Akter, Y., and Shahjahan, M. (2020). Acute effects of chromium on hemato-biochemical parameters and morphology of erythrocytes in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Toxicology Reports*, 7, 664-670. doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.04.016
- Jakimska, A., Konieczka, P., Skóra, K., and Namieśnik, J. (2011). Bioaccumulation of Metals in Tissues of Marine Animals, Part I: the Role and Impact of Heavy Metals on Organisms. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(5).
- Javed, M., Abbas, S., and Latif, F. (2017). Bioaccumulation of metals in fish, *Channa marulius*, *Mystus seenghala* and *Wallago attu* during acute toxicity exposures. *Int. J. Agric. Biol*, 19(6), 1566-1570.
- Javed, M., and Usmani, N. (2013). Assessment of heavy metal (Cu, Ni, Fe, Co, Mn, Cr, Zn) pollution in effluent dominated rivulet water and their effect on glycogen metabolism and histology of *Mastacembelus armatus*. *SpringerPlus*, 2, 1-13.
- Javed, M., and Usmani, N. (2014). Assessment of heavy metals (Cu, Ni, Fe, Co, Mn, Cr, Zn) in rivulet water, their accumulations and alterations in hematology of fish *Channa punctatus*. *African Journal of Biotechnology*, 13(3), 492.

- Kamila, S., Dey, K. K., Islam, S., and Chattopadhyay, A. (2024). Arsenic and chromium induced hepatotoxicity in zebrafish (*Danio rerio*) at environmentally relevant concentrations: Mixture effects and involvement of Nrf2-Keap1-ARE pathway. *Science of The Total Environment*, 171221. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171221. Epub 2024 Feb 24.
- Kaplan, M. M. (2002). Alanine aminotransferase levels: what's normal?. *Annals of internal medicine*, 137(1), 49-51.
- Kashyap, A and Kumar, V. (2023). Histopathological Analysis of Hexavalent Chromium Toxicity to Ovary and Testis of Freshwater Food Fish, *Channa punctatus* (Bloch. 1793). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 23(4), 18-25.
- Kehinde, O. H., Ajibola, I. O., Isaac, S., and Segun, O. O. (2016). Determination of heavy metal genotoxicity and their accumulation pattern in different fish organs of selected fish species collected from the Asa River, Ilorin, Kwara State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 20(3), 735-745.
- Keivany, Y., Mousavi, S. M. A., Dorafshan, S., and Zamani-FARADONBE, M. (2016). Morphological variations of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 populations in the Tigris tributaries of the Persian Gulf basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Iranian Journal of Ichthyology*, 3(3), 190-202.
- Kim, J. H., and Kang, J. C. (2016). Oxidative stress, neurotoxicity, and metallothionein (MT) gene expression in juvenile rock fish *Sebastes schlegelii* under the different levels of dietary chromium (Cr⁶⁺) exposure. *Ecotoxicology and environmental safety*, 125, 78-84.

- Kim, J. H., and Kang, J. C. (2016). The chromium accumulation and its physiological effects in juvenile rockfish, *Sebastes schlegelii*, exposed to different levels of dietary chromium (Cr⁶⁺) concentrations. *Environmental toxicology and pharmacology*, 41, 152-158. doi.org/10.1016/j.etap.2015.12.001
- Kim, J. Y., Sung, G., Lim, J. J., Suo, S. A., Cho, Y. R., and Kim, J. H. (2018). Effects of exposure to hexavalent chromium on hematological parameters and plasma components in flatfish, *Paralichthys olivaceus*. *Korean J Environ Biol*, 36, 124-130. [/doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.124](https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.124)
- Koli,D., Pal,S., Mukherjee,S., and Samanta,S. (2014). EFFECTS OF CHROMIUM ON TISSUE-SPECIFIC BIOCHEMICAL PARAMETERS IN FRESHWATER CATFISH, *Anabas testudineus* (Bloch).
- Kubrak, O. I., Lushchak, V., Lushchak, J. V., Torous, I. M., Storey, J. M., Storey, K. B., and Lushchak, V. I. (2010). Chromium effects on free radical processes in goldfish tissues: comparison of Cr (III) and Cr (VI) exposures on oxidative stress markers, glutathione status and antioxidant enzymes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 152(3), 360-370. doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.06.003
- Kumar, M., and Puri, A. (2012). A review of permissible limits of drinking water. *Indian journal of occupational and environmental medicine*, 16(1), 40.
- Kumar, M., Singh, S., Dwivedi, S., Trivedi, A., Dubey, I., and Trivedi, S. P. (2023). Acute exposure of Cr and Cu induces oxidative stress, genotoxicity and histopathological alterations in snakehead fish

- Channa punctatus. *Journal of Environmental Biology*, 44(4), 552-561.
- Kumar, N., Bhushan, S., Patole, P. B., and Gite, A. (2022). Multi-biomarker approach to assess chromium, pH and temperature toxicity in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 254, 109264.
- Kumar, N., Sharma, J., Singh, S. P., Singh, A., Krishna, V. H., and Chakrabarti, R. (2019). Validation of growth enhancing, immunostimulatory and disease resistance properties of *Achyranthes aspera* in *Labeo rohita* fry in pond conditions. *Heliyon*, 5(2). doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01246
- Kumar, S., and Kumari, A. (2017). Chromium-induced oxidative stress and apoptosis in the gill and liver of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 24(15), 13629-13639.
- Kumar, V., Swain, H. S., Upadhyay, A., Ramteke, M. H., Sarkar, D. J., Roy, S., and Das, B. K. (2024). Bioaccumulation of potentially toxic elements in commercially important food fish species from lower Gangetic stretch: Food security and human health risk assessment. *Biological Trace Element Research*, 202(3), 1235-1248.
- Kumari, K., Khare, A., and Dange, S. (2014). The applicability of oxidative stress biomarkers in assessing chromium induced toxicity in the fish *Labeo rohita*. *BioMed research international*, 2014(1), 782493.
- Kumari, K., Ranjan, N., and Sinha, R. C. (2011). Multiple biomarker response in the fish, *Labeo rohita* due to hexavalent chromium.

In 2011 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science). *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering* (Vol. 7, pp. 155-158).

- Lakra, K. C., Banerjee, T. K., and Lal, B. (2021). Coal mine effluent-induced metal bioaccumulation, biochemical, oxidative stress, metallothionein, and histopathological alterations in vital tissues of the catfish, *Clarias batrachus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 25300-25315.
- Lee, J. W., Kim, J. H., Lee, D. C., Lim, H. J., and Kang, J. C. (2022). Toxic effects on oxidative stress, neurotoxicity, stress, and immune responses in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, exposed to waterborne hexavalent chromium. *Biology*, 11(5), 766.
- Li, L., Chen, H., Bi, R., and Xie, L. (2015). Bioaccumulation, subcellular distribution, and acute effects of chromium in Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(11), 2611-2617. doi.org/10.1002/etc.3112
- Li, Z. H., Zlabek, V., Grabic, R., Li, P., Machova, J., Velisek, J., and Randak, T. (2010). Effects of exposure to sublethal propiconazole on the antioxidant defense system and Na⁺-K⁺-ATPase activity in brain of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Toxicology*, 98(3), 297-303.
- Li, Z. M., Wang, X. L., Jin, X. M., Huang, J. Q., and Wang, L. S. (2023). The effect of selenium on antioxidant system in aquaculture animals. *Frontiers in physiology*, 14, 1153511. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1153511>

- Ling, J. K. B. (2020). Water quality study and its relationship with high tide and low tide at Kuantan river (Doctoral dissertation, University Malaysia Pahang).
- Llamazares Vegh, S., Biolé, F., Bavio, M., Tripodi, P., and Volpedo, A. V. (2022). Distribution and Accumulation of Trace Elements in Organs of Juvenile Fishes from a Freshwater System (Paraná River, South America). *Biological Trace Element Research*, 200(5), 2416-2431.
- Lopes, P. A., Pinheiro, T., Santos, M. C., da Luz Mathias, M., Collares-Pereira, M. J., and Viegas-Crespo, A. M. (2001). Response of antioxidant enzymes in freshwater fish populations (*Leuciscus alburnoides* complex) to inorganic pollutants exposure. *Science of the total environment*, 280(1-3), 153-163.
- Lushchak, V., Kubrak, O. I., Lozinsky, O. V., Storey, J. M., Storey, K. B., and Lushchak, V. I. (2009). Chromium (III) induces oxidative stress in goldfish liver and kidney. *Aquatic Toxicology*, 93(1), 45-52. doi.org/10.1016/j.aquatox.2009.03.007
- Lushchak, V., Kubrak, O. I., Torous, I. M., Nazarchuk, T. Y., Storey, K. B., and Lushchak, V. I. (2009). Trivalent chromium induces oxidative stress in goldfish brain. *Chemosphere*, 75(1), 56-62.
- Mahamood, M., Javed, M., Alhewairini, S. S., Zahir, F., Sah, A. K., and Ahmad, M. I. (2021). *Labeo rohita*, a bioindicator for water quality and associated biomarkers of heavy metal toxicity. *NPJ Clean Water*, 4(1), 17.
- Mathi, S. (2023). TOXIC EFFECTS OF CHROMIUM ON BIO-ACCUMULATION, GROWTH, OXYGEN CONSUMPTION

AND METABOLIC RATE IN POSTLARVAE OF PENAEUS MONODON. *Chelonian Research Foundation*, 18(2), 859-871.

Maurya, P. K., Malik, D. S., Yadav, K. K., Kumar, A., Kumar, S., and Kamyab, H. (2019). Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicology reports*, 6, 472–481. doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.05.012

Meena Bai, M., Divya, K., Haseena Bhanu, S. K., Sailaja, G., Sandhya, D., and Thyagaraju, K. (2014). Evaluation of genotoxic and lipid peroxidation effect of cadmium in developing chick embryos. *J. Environ. Anal. Toxicol*, 4(06), 1000238. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.1000238>

Min, E. Y., Ahn, T. Y., and Kang, J. C. (2016). Bioaccumulation, alterations of metallothionein, and antioxidant enzymes in the mullet *Mugil cephalus* exposed to hexavalent chromium. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 19, 1-7.

Mishra, A. K., and Mohanty, B. (2009). Chronic exposure to sublethal hexavalent chromium affects organ histopathology and serum cortisol profile of a teleost, *Channa punctatus* (Bloch). *Science of the Total Environment*, 407(18), 5031-5038. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.05.042

Mohamed, A. A. R., El-Houseiny, W., Abd Elhakeem, E. M., Ebraheim, L. L., Ahmed, A. I., and Abd El-Hakim, Y. M. (2020). Effect of hexavalent chromium exposure on the liver and kidney tissues related to the expression of CYP450 and GST genes of *Oreochromis niloticus* fish: Role of curcumin supplemented

- diet. *Ecotoxicology and environmental safety*, 188, 109890.
doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109890
- Moriles, K. E., and Azer, S. A. (2020). Alanine amino transferase.
- Moyson, S., Liew, H. J., Fazio, A., Van Dooren, N., Delcroix, A., Faggio, C., and De Boeck, G. (2016). Kidney activity increases in copper exposed goldfish (*Carassius auratus auratus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 190, 32-37.
- Murase, N., and Franks, F. (1989). Salt precipitation during the freeze-concentration of phosphate buffer solutions. *Biophysical chemistry*, 34(3), 293-300. DOI: [10.1016/0301-4622\(89\)80066-3](https://doi.org/10.1016/0301-4622(89)80066-3)
- Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A. and Rodwell V.W. (2000). "Harper's Biochemistry". 25th ed., Appleton and Lange, USA, p. 155-156.
- Muthukumaravel, K., and Rajaraman, P. (2013). A study on the toxicity of chromium on the histology of gill and liver of freshwater fish *Labeo rohita*. *J. Pure Appl. Zool*, 1(2), 122-126.
- NHVRAP (New Hampshire Volunteer River Assessment Program), (2011). *Interpreting VRAP Water Quality Monitoring Parameters Chemical parameters*, UK.
- Ni, X., Wan, L., Liang, P., Zheng, R., Lin, Z., Chen, R.,... and Shen, Y. (2020). The acute toxic effects of hexavalent chromium on the liver of marine medaka (*Oryzias melastigma*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 231, 108734. doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108734

- Njinga, R. L., Adebayo, A. S., and Olufemi, A. P. (2023). Bioaccumulation of heavy metals in water and organs of *Tilapia brevimanus* and *Euthynnus alletteratus* from a coastal water in southwestern Nigeria. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 85.
- Pal, M., Samal, N. R., Roy, P. K., & Roy, M. B. (2015). Electrical Conductivity of Lake Water as Environmental Monitoring - A Case Study of Rudrasagar Lake. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) e-*, 9 (3): 66-71.
- Palaniappan, P. R., and Karthikeyan, S. (2009). Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel. *Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 229-236.
- Panda, B. P., Mohanta, Y. K., Parida, S. P., Pradhan, A., Mohanta, T. K., Patowary, K., and Sarma, H. (2023). Metal pollution in freshwater fish: A key indicator of contamination and carcinogenic risk to public health. *Environmental Pollution*, 330, 121796.
- Parvathi, K., Palanivel, S., Mathan, R., and Sarasu, R. (2011). Sublethal effects of chromium on some biochemical profiles of the freshwater teleost, *Cyprinus carpio*. *Int J Appl Biol Pharm Technol*, 2, 295-300.
- Pavesi, T., & Moreira, J. C. (2020). Mechanisms and individuality in chromium toxicity in humans. *Journal of Applied Toxicology*, 40(9), 1183-1197
- Peebua, P., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., and Kosiyachinda, P. (2006). Histological effects of contaminated sediments in Mae

- Klong River Tributaries, Thailand, on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Science Asia*, 32, 143-150. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32.143
- Peng, H., Guo, J., Li, B., Liu, Z., and Tao, C. (2018). High-efficient recovery of chromium (VI) with lead sulfate. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 85, 149-154.
- Peng, H., Guo, J., Li, G., Cheng, Q., Zhou, Y., Liu, Z., and Tao, C. (2019). Highly efficient oxidation of chromium (III) with hydrogen peroxide in alkaline medium. *Water Science and Technology*, 79(2), 366-374.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., and Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, pp.96-99.
- Praveena, M., Sandeep, V., Kavitha, N., and Jayantha Rao, K. (2013). Impact of tannery effluent, chromium on hematological parameters in a fresh water fish, *Labeo Rohita* (Hamilton). *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*, 1(6), 1-5.
- Rajeshkumar, S., and Li, X. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology reports*, 5, 288-295.
- Reif, B. M., and Murray, B. P. (2024). Chromium Toxicity. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
- Sable, H., Singh, V., Kumar, V., Roy, A., Pandit, S., Kaur, K.,... and Malik, S. (2024). Toxicological and bioremediation profiling of nonessential heavy metals (mercury, chromium, cadmium,

- aluminium) and their impact on human health: A review. *Toxicologie Analytique et Clinique*.
- Sadiq, I. Z. (2023). Free radicals and oxidative stress: signaling mechanisms, redox basis for human diseases, and cell cycle regulation. *Current Molecular Medicine*, 23(1), 13-35. doi: 10.2174/1566524022666211222161637.
- Saha, N., Mollah, M. Z. I., Alam, M. F., and Rahman, M. S. (2016). Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food control*, 70, 110-118.
- Sanyal, T., Kaviraj, A., and Saha, S. (2015). Deposition of chromium in aquatic ecosystem from effluents of handloom textile industries in Ranaghat–Fulia region of West Bengal, India. *Journal of advanced research*, 6(6), 995-1002.
- Sauliutė, G., Stankevičiūtė, M., Svecevičius, G., Baršienė, J., and Valskienė, R. (2017). Assessment of heavy metals bioconcentration factor (BCF) and genotoxicity response induced by metal mixture in *Salmo salar* tissues. In 10th International conference on environmental engineering (pp. 1-8). VGTU.
- Sawicka, E., Jurkowska, K., and Piwowar, A. (2021). Chromium (III) and chromium (VI) as important players in the induction of genotoxicity-current view. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 28(1). DOI: [10.26444/aaem/118228](https://doi.org/10.26444/aaem/118228)
- Sehar,A., Shafagat, A., Uzma,A., Mujahid F., Saima,B., Fakhir, H., and A Rehan,A. (2014). Effect of Different Heavy Metal Pollution on Fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. 2. 74-79

- Shah, N., Khan, A., Ali, R., Marimuthu, K., Uddin, M. N., Rizwan, M.,... and Khisroon, M. (2020). Monitoring bioaccumulation (in gills and muscle tissues), hematology, and genotoxic alteration in *Ctenopharyngodon idella* exposed to selected heavy metals. *BioMed Research International*, 2020(1),6185231. doi.org/10.1155/2020/6185231
- Shahjahan, M., Taslima, K., Rahman, M. S., Al-Emran, M., Alam, S. I., and Faggio, C. (2022). Effects of heavy metals on fish physiology—a review. *Chemosphere*, 300, 134519.
- Sharma A, Kapoor D, Wang J, Shahzad B, Kumar V, Bali AS, Jasrotia S, Zheng B, Yuan H, and Yan D.(2020). Chromium Bioaccumulation and Its Impacts on Plants: An Overview. *Plants*9(1):100. doi.org/10.3390/plants9010100
- Sharma, U., Pal, D., and Prasad, R. (2014). Alkaline phosphatase: an overview. *Indian journal of clinical biochemistry*, 29, 269-278.
- Shaukat, T., and Javed, M. (2013). Acute Toxicity of Chromium for *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio* and *Tilapia nilotica*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(3).
- Shi, Q., Hu, P., Wen, Z., Wang, J., and Zou, Y. (2024). Ameliorative effects of *Sargassum kjellmanianum* on hexavalent chromium-induced growth inhibition, immune suppression, and oxidative stress in yellow catfish. *Journal of Applied Phycology*, 1-12.
- Sies, H. (2015). Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox biology*, 4, 180-183.
- Singh, A., Singh, D. R., and Yadav, H. K. (2017). Impact and assessment of heavy metal toxicity on water quality, edible fishes and sediments in lakes: A review. *Trends. Biosci*, 10(8), 1551-1560.

- Singh, V., Singh, N., Verma, M., Kamal, R., Tiwari, R., Sanjay Chivate, M., Rai, S. N., Kumar, A., Singh, A., Singh, M. P., Vamanu, E., and Mishra, V. (2022). Hexavalent-Chromium-Induced Oxidative Stress and the Protective Role of Antioxidants against Cellular Toxicity. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 11(12), 2375. doi.org/10.3390/antiox11122375
- Squadrone, S.; Prearo, M.; Brizio, P.; Gavienelli, S.; Pellegrino, M.; Scanzio, T.; Guarise, S.; Benedetto, A. and Abete, M. C. (2013). Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. *Chemosphere*, 90:358–65.
- Stambulska, U. Y., Bayliak, M. M., and Lushchak, V. I. (2018). Chromium (VI) toxicity in legume plants: modulation effects of rhizobial symbiosis. *BioMed research international*. [//doi.org/10.1155/2018/8031213](https://doi.org/10.1155/2018/8031213)
- Stara, A., Kristan, J., Zuskova, E., and Velisek, J. (2013). Effect of chronic exposure to prometryne on oxidative stress and antioxidant response in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Pesticide biochemistry and physiology*, 105(1), 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.11.002>
- Steel, R. G. and Torri, J. H. (1980). *Principle and procedures of statistics*. 2nd ed., McGraw-Hill Company, Inc. London. P. P. 38-41.
- Suchana, S. A., Ahmed, M. S., Islam, S. M., Rahman, M. L., Rohani, M. F., Ferdusi, T.,... and Shahjahan, M. (2021). Chromium exposure causes structural aberrations of erythrocytes, gills, liver, kidney, and genetic damage in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Biological Trace Element Research*, 199, 3869-3885.

- Tabrez, S., Zughaibi, T. A., and Javed, M. (2021). Bioaccumulation of heavy metals and their toxicity assessment in *Mystus* species. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(2), 1459-1464. doi.org/10.1016%2Fj.sjbs.2020.11.085
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., and Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, clinical and environmental toxicology: volume 3: environmental toxicology*, 133-164.
- TIETZ N.W. (1999). Text book of clinical chemistry, 3rd Ed. C.A. Burtis, E.. Ashwood, W.B. Saunders p. 676-684 et p. 1429-1431.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., and Çekiç, M. (2010). Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Environmental monitoring and assessment*, 168, 223-230.
- Vali, S., Majidiyan, N., Azadikhah, D., Varcheh, M., Tresnakova, N., and Faggio, C. (2022). Effects of Diazinon on the survival, blood parameters, gills, and liver of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844; Teleostei: Cyprinidae). *Water*, 14(9), 1357.
- Van der Oost, R., Beyer, J., and Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13(2), 57-149.
- Velma, V., and Tchounwou, P. B. (2010). Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liver and kidney of goldfish, *Carassius auratus*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 698(1-2), 43-51.
- Velma, V., and Tchounwou, P. B. (2011). Hexavalent chromium-induced multiple biomarker responses in liver and kidney of goldfish,

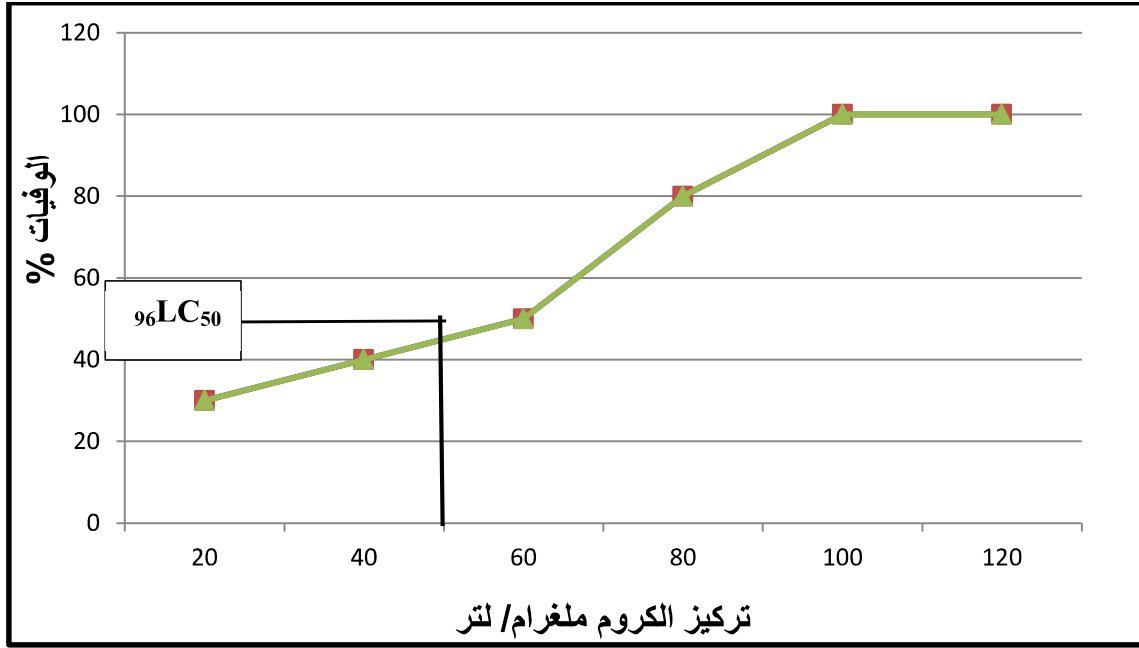
- Carassius auratus. *Environmental toxicology*, 26(6), 649-656.
doi.org/10.1016%2Fj.mrgentox.2010.03.014
- Velma, V., Vutukuru, S. S., and Tchounwou, P. B. (2009). Ecotoxicology of hexavalent chromium in freshwater fish: a critical review. *Reviews on environmental health*, 24(2), 129-146.
- Vincent, J. B. (2000). The biochemistry of chromium. *The Journal of nutrition*, 130(4), 715-718. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.715>.
- Vinodhini, R., and Narayanan, M. (2009). The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 6(1), 23-28.
- Volkan, V. D. (2001). Transgenerational transmissions and chosen traumas: An aspect of large-group identity. *Group Analysis*, 34(1), 79-97.
- Vutukuru, S. S., Arun Prabhath, N., Raghavender, M., and Yerramilli, A. (2007). Effect of arsenic and chromium on the serum amino-transferases activity in Indian major carp, *Labeo rohita*. *International journal of environmental research and public health*, 4(3), 224-227. doi.org/10.3390/ijerph2007030005 .(a)
- Vutukuru, S. S., Sumathi, S., and Madhavi, K. R. (2007). Heavy metal induced lipid peroxidation in common carp (*Cyprinus carpio* L.) and its amelioration by antioxidants. *Aquatic toxicology*, 84(3), 415-420 .(b)
- Warchatowska-S'liwaa,E.; Niklin'skab,M.Gorliche,A.;Michailovad,P.and Pyzac, E. (2005) Heavy metal accumulation, heat shock protein expression and cytogenetic changes in *letrix tenuicornis* (L.)

- (Tetrigidae, Orthoptera) from polluted areas. **Environmental Pollution**,133:373-381.doi:10.1016/j.envpol.2004.05.013
- WHO, G. (2011). Guidelines for drinking-water quality. World health organization, 216, 303-304.
- Wick, M. R. (2019). The hematoxylin and eosin stain in anatomic pathology—An often-neglected focus of quality assurance in the laboratory. *Pathology*. 36 (5), 303-311. <https://doi.org/10.1053/j.semdp.2019.06.003>
- Wise Jr, J. P., Young, J. L., Cai, J., and Cai, L. (2022). Current understanding of hexavalent chromium [Cr (VI)] neurotoxicity and new perspectives. *Environment international*, 158, 106877[doi.org/10.1016%2Fj.envint.2021.106877](https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106877)
- Wu, G., Fang, Y. Z., Yang, S., Lupton, J. R., and Turner, N. D. (2004). Glutathione metabolism and its implications for health. *The Journal of nutrition*, 134(3), 489-492.
- Yin, J., Wang, L., Huang, T., Wang, L., Zhang, F., and Zhang, X. (2023). A combined survey and exposure study reveals the distribution characteristic of chromium in fish head. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 40630-40640.
- Yonar, M. E., Yonar, S. M., Çoban, M. Z., and Eroğlu, M. (2014). Antioxidant effect of propolis against exposure to chromium in *Cyprinus carpio*. *Environmental toxicology*, 29(2), 155-164.
- Yu, Y., Tong, B., Liu, Y., Liu, H., and Yu, H. (2021). Bioaccumulation, histopathological and apoptotic effects of waterborne cadmium in the intestine of crucian carp *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture Reports*, 20, 100669.

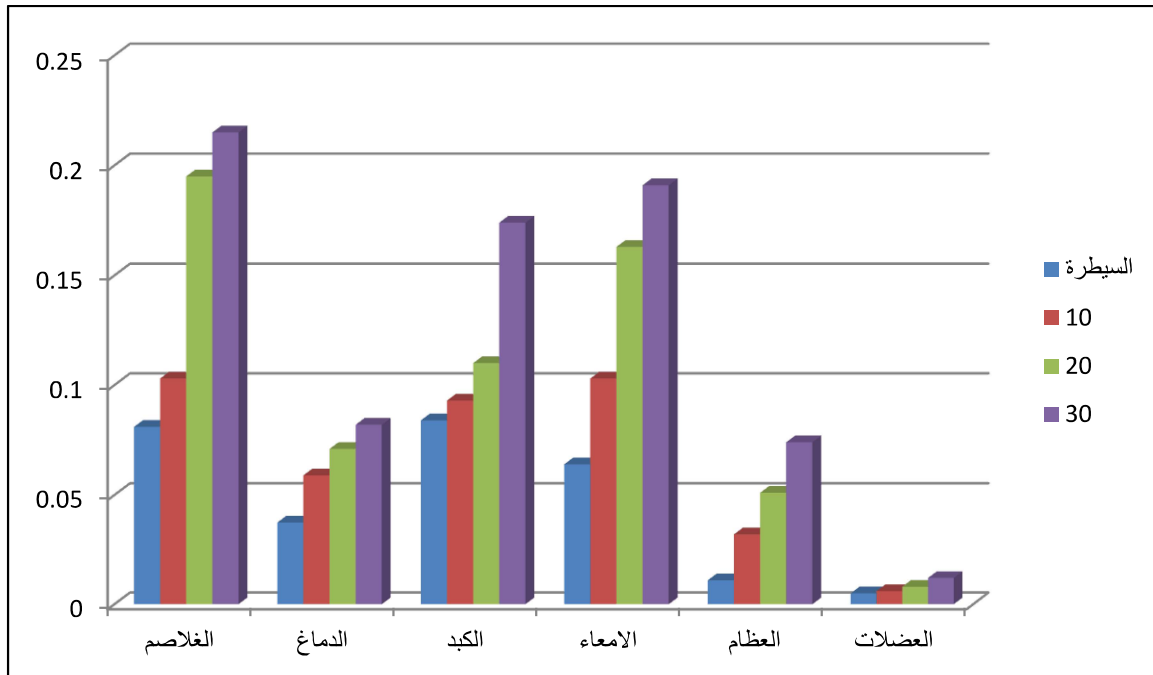
- Zareian, H., Esmaeili, H. R., Zamanian Nejad, R., and Vatandoust, S. (2015). *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) and *Alburnus caeruleus* Heckel, 1843: new data on their distributions in Iran.
- Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M. and Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University- Science*,34(1), <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>.
- Zeng, Y., Bi, C., Jia, J., Deng, L., and Chen, Z. (2020). Impact of intensive land use on heavy metal concentrations and ecological risks in an urbanized river network of Shanghai. *Ecological Indicators*, 116, 106501.
- Zhao, L., Yuan, B. D., Zhao, J. L., Jiang, N., Zhang, A. Z., Wang, G. Q., and Li, M. Y. (2020). Amelioration of hexavalent chromium-induced bioaccumulation, oxidative stress, tight junction proteins and immune-related signaling factors by *Allium mongolicum* Regel flavonoids in *Ctenopharyngodon idella*. *Fish and Shellfish Immunology*, 106, 993-1003. doi.org/10.1016/j.fsi.2020.09.005.
- Zhu, L., Luo, M., Zhang, Y., Fang, F., Li, M., An, F., and Zhang, J. (2023). Free radical as a double-edged sword in disease: Deriving strategic opportunities for nanotherapeutics. *Coordination Chemistry Reviews*, 475, 214875. Doi: 10.1016/j.ccr.2022.214875.
- Zohra BS, Habib A.(2016). Assessment of heavy metal contamination levels and toxicity in sediments and fishes from the Mediterranean Sea (southern coast of Sfax, Tunisia). *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016 Jul;23(14):13954-63. doi: 10.1007/s11356-016-6534-3. Epub 2016 Apr 4. PMID: 27040542.

الملاحق

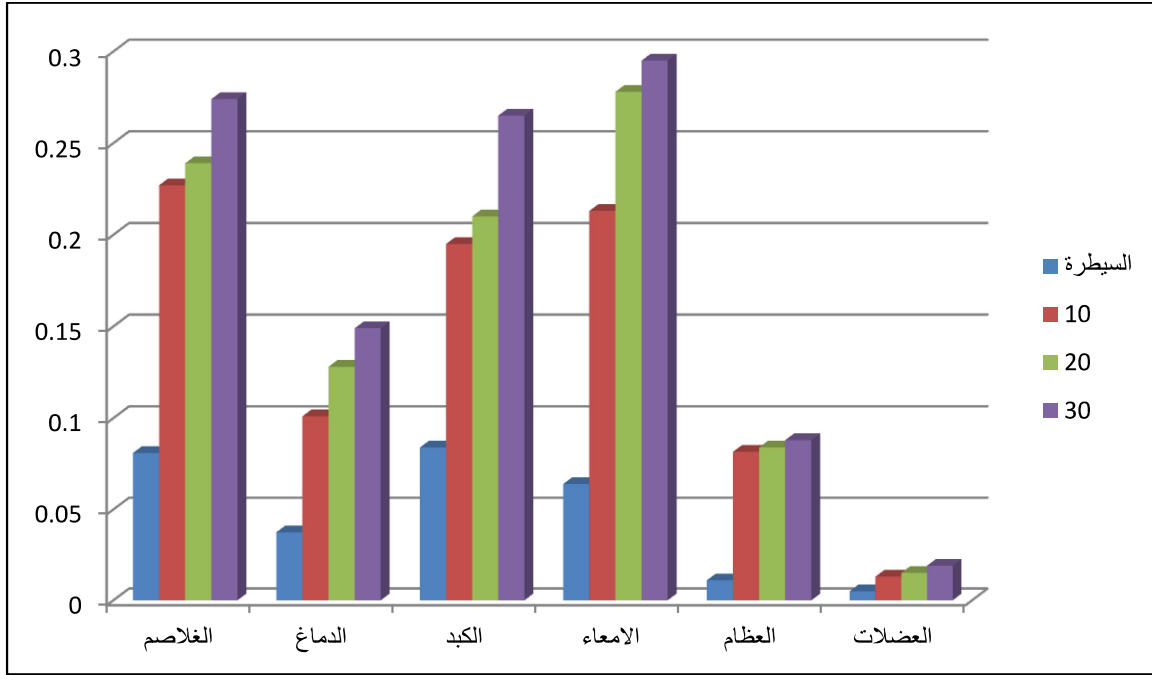
Appendix



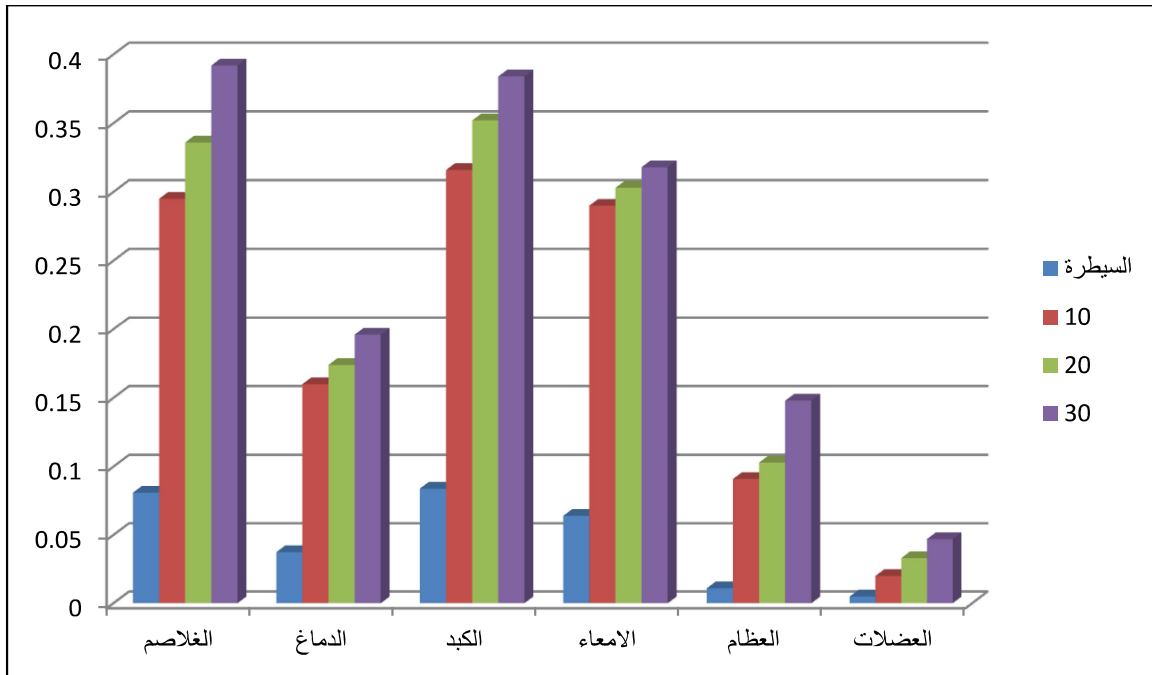
الشكل (1-4): متوسط قيم $96LC_{50}$ لأسماك *A. mossulensis* المعرضة لتراكيز متفاوتة من الكروم.



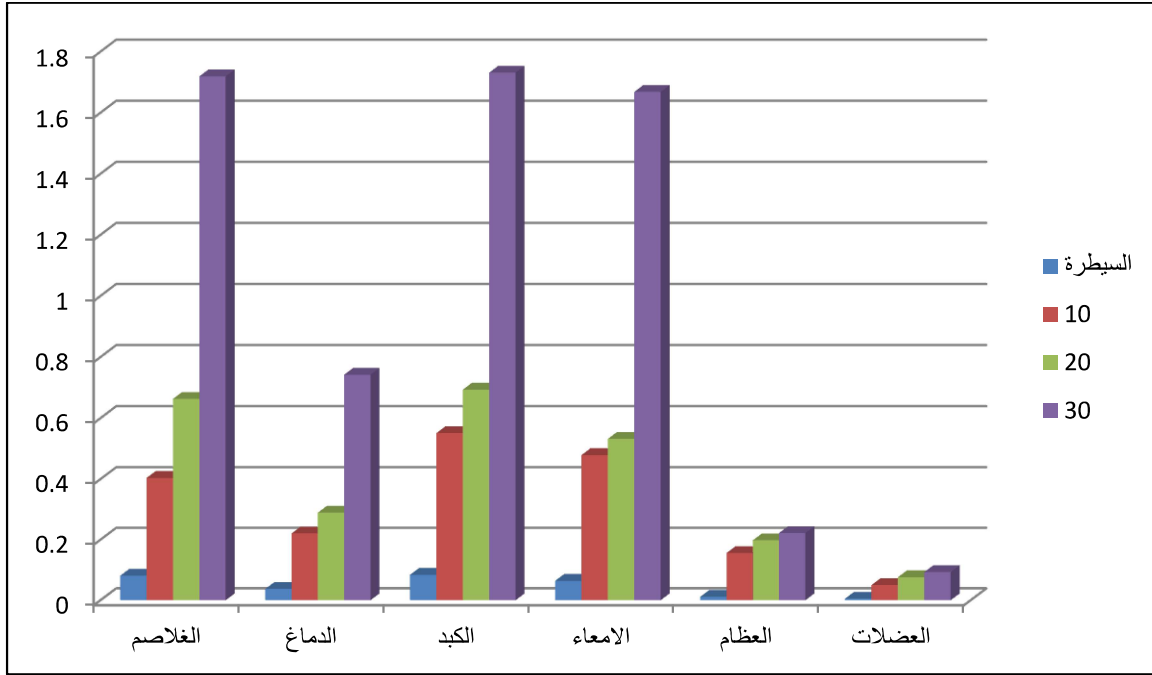
الشكل (2-4) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم لمدة (4) يوم



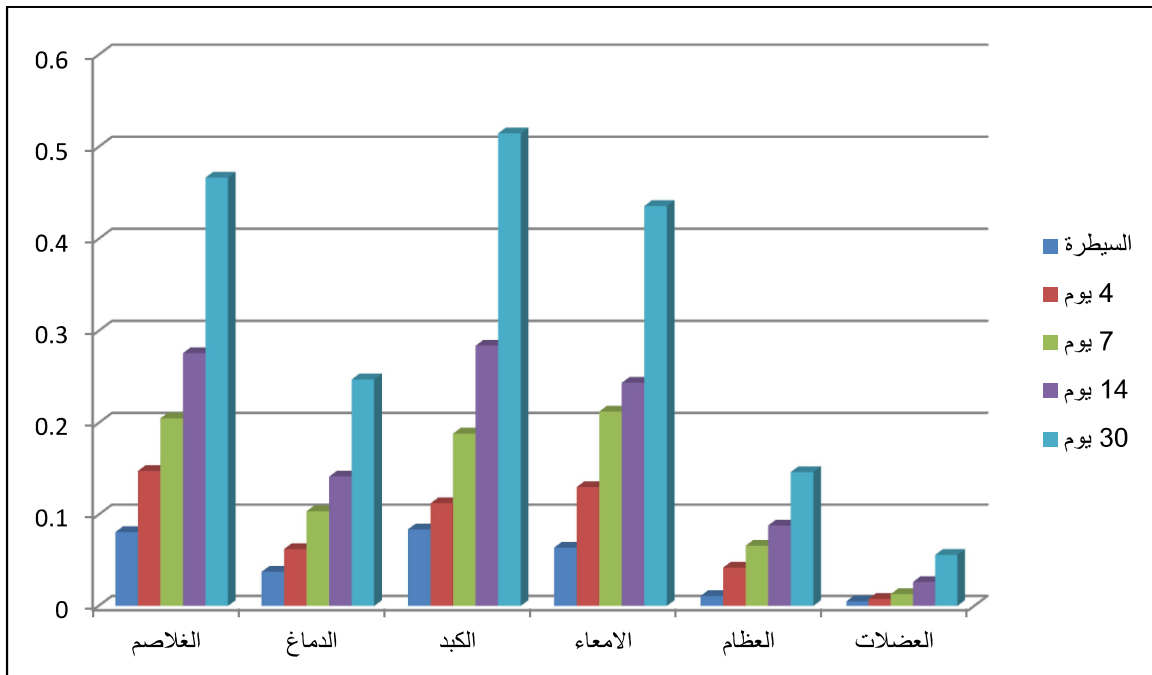
الشكل (3-4) التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (7) يوم



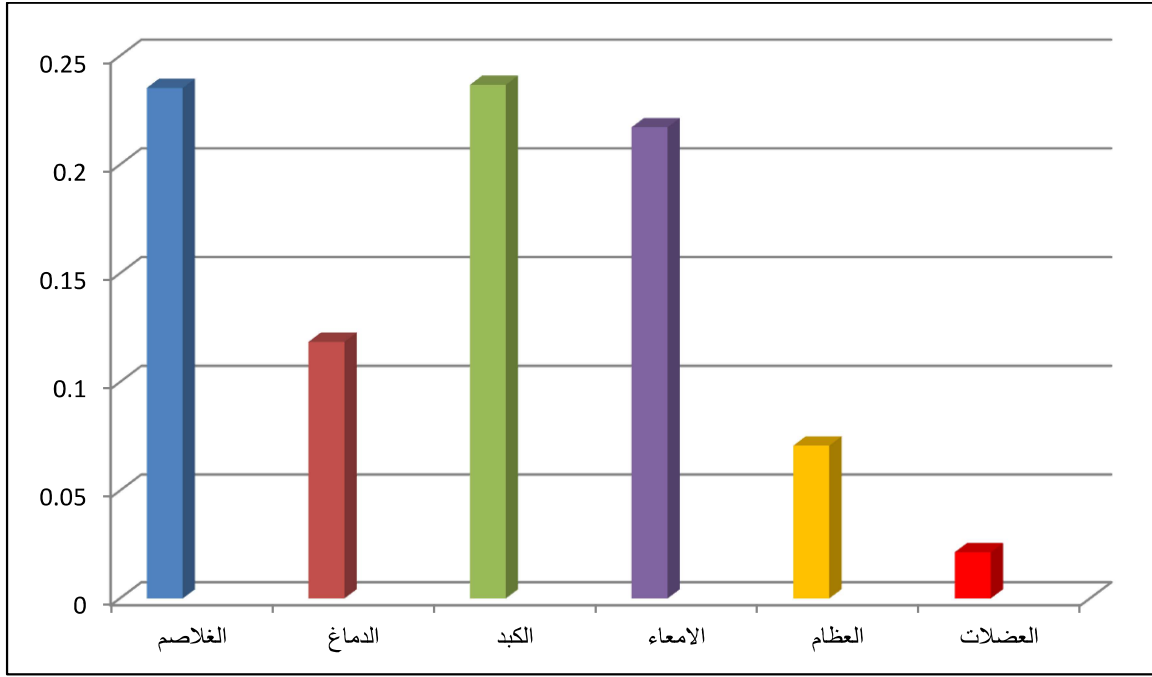
الشكل (4-4) التراكم الاحيائي(مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (14) يوم



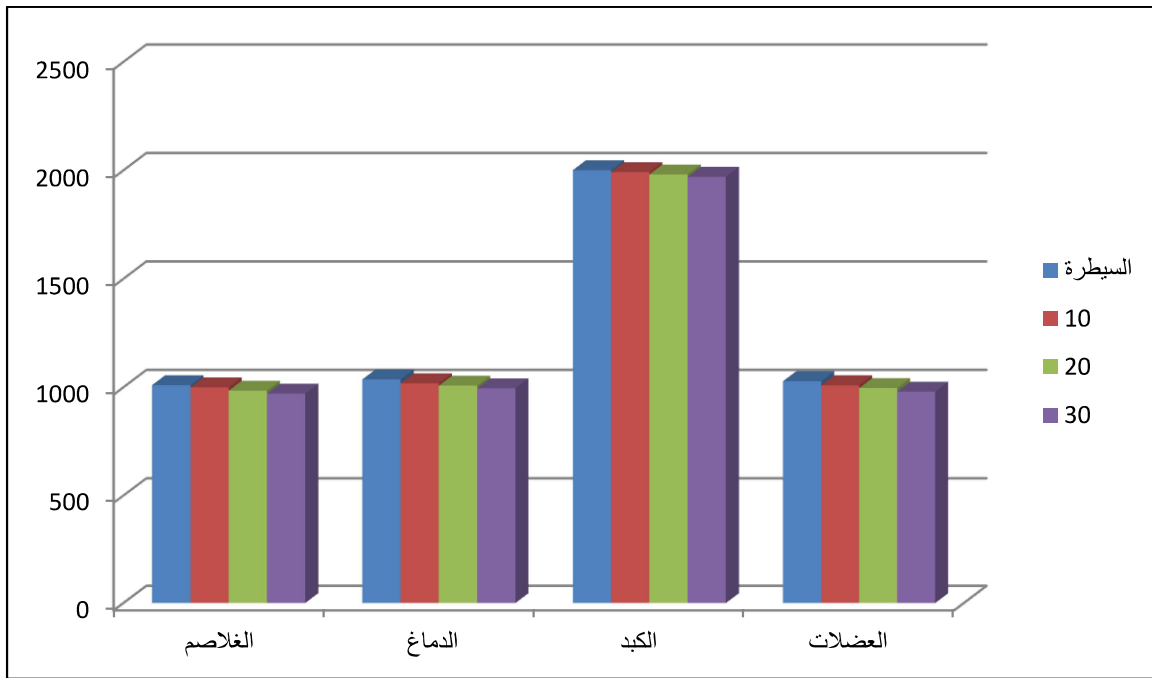
الشكل (4-5) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لمدة (30) يوم



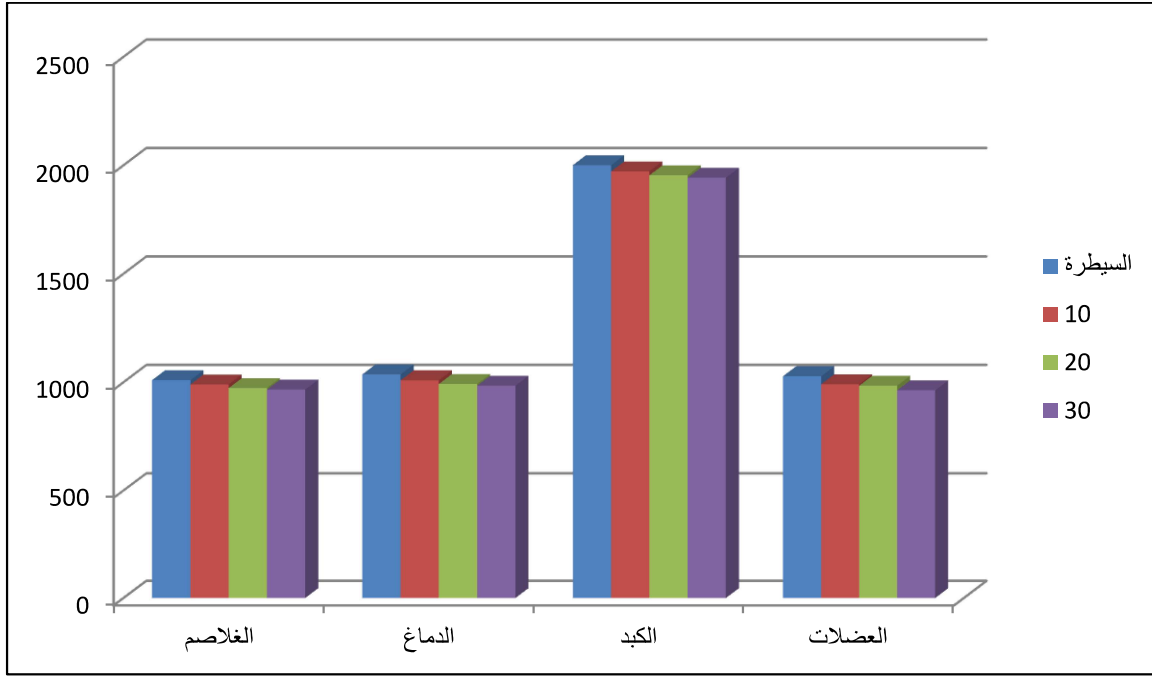
الشكل (4-6) خلاصة التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لجميع فترات التجربة



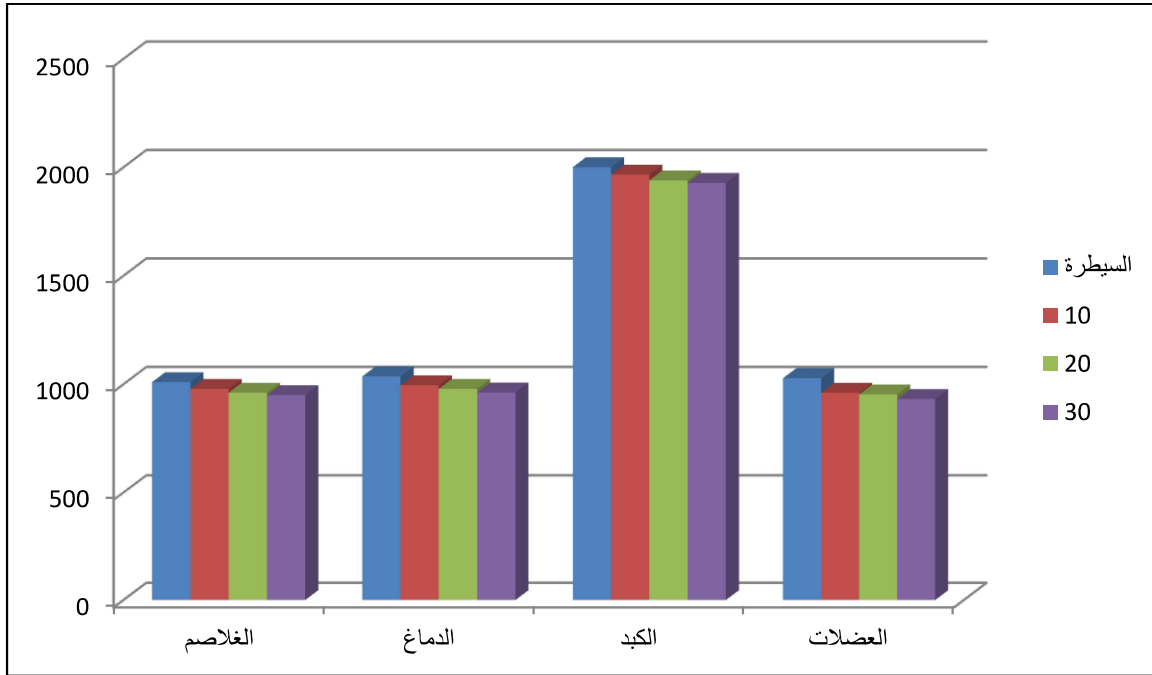
الشكل (4-7) معدل التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكروم في بعض أعضاء أسماك *A. mossulensis* لجميع فترات التجربة



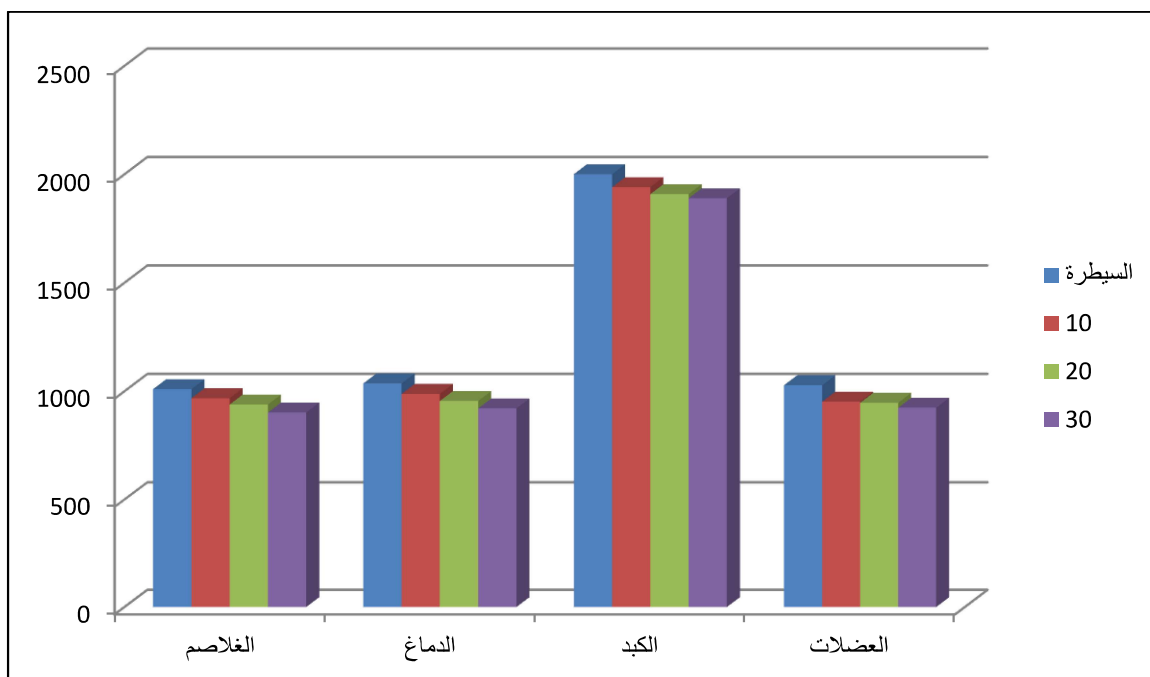
الشكل (4-8) تركيز الكلورثايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام



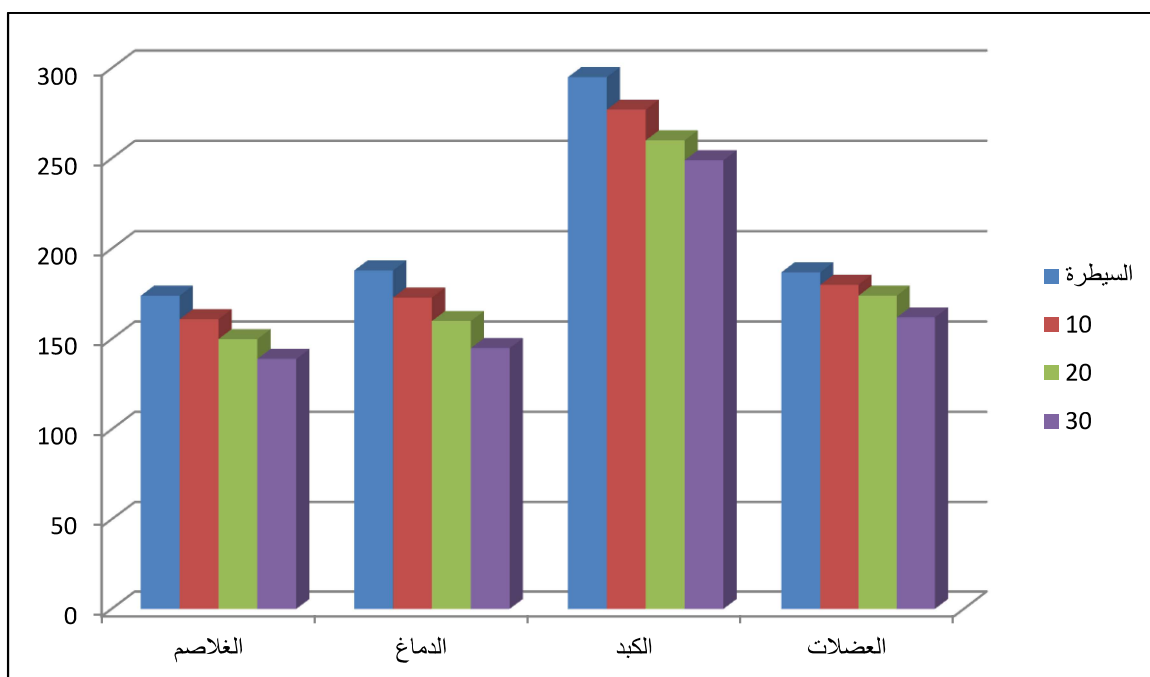
الشكل (4-9) تركيز الكلوتازايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام



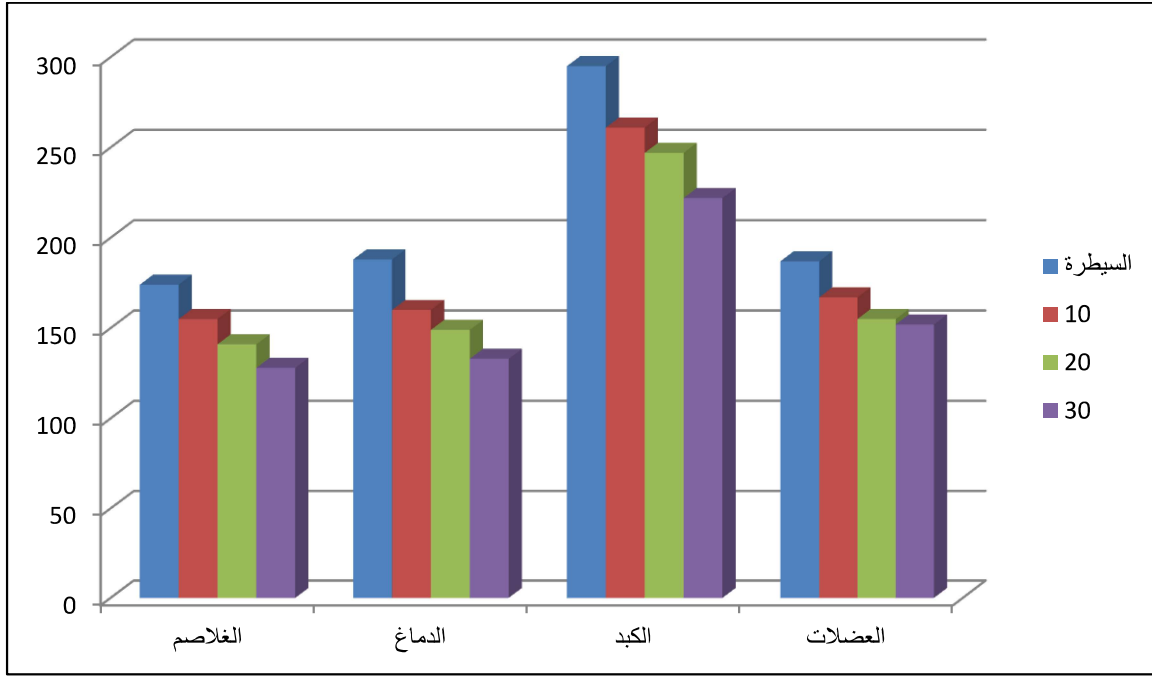
الشكل (4-10) تركيز الكلوتازايون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً



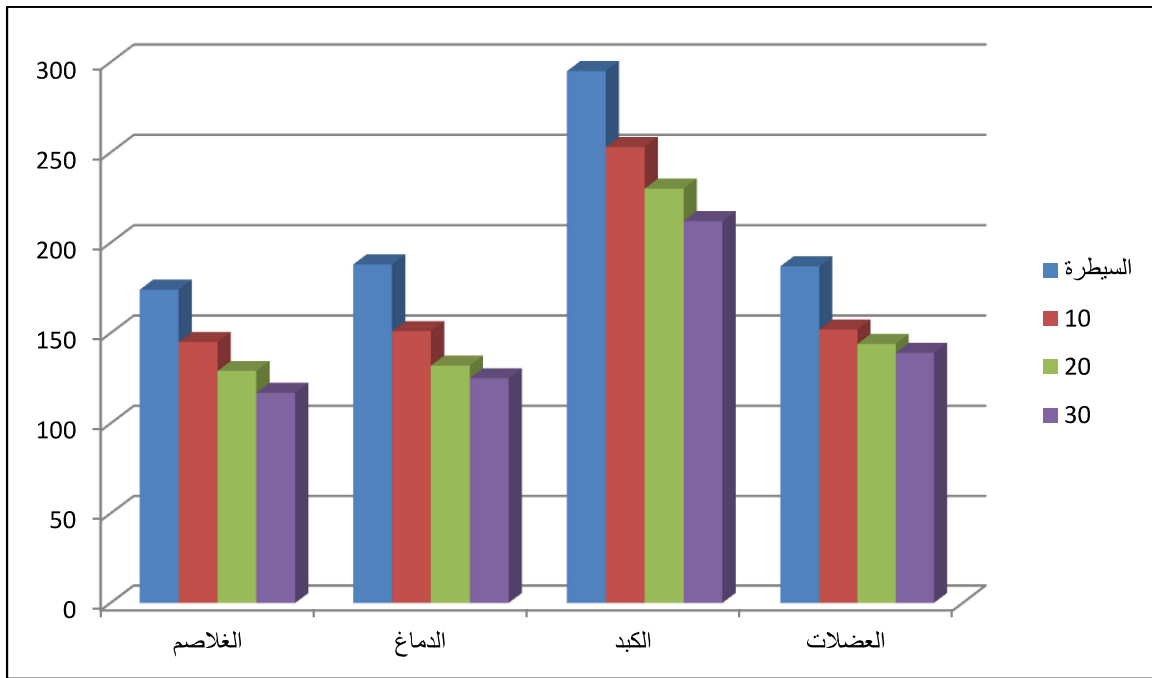
الشكل (4-11) تركيز الكلونازيبون (نانومول/غم) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوم



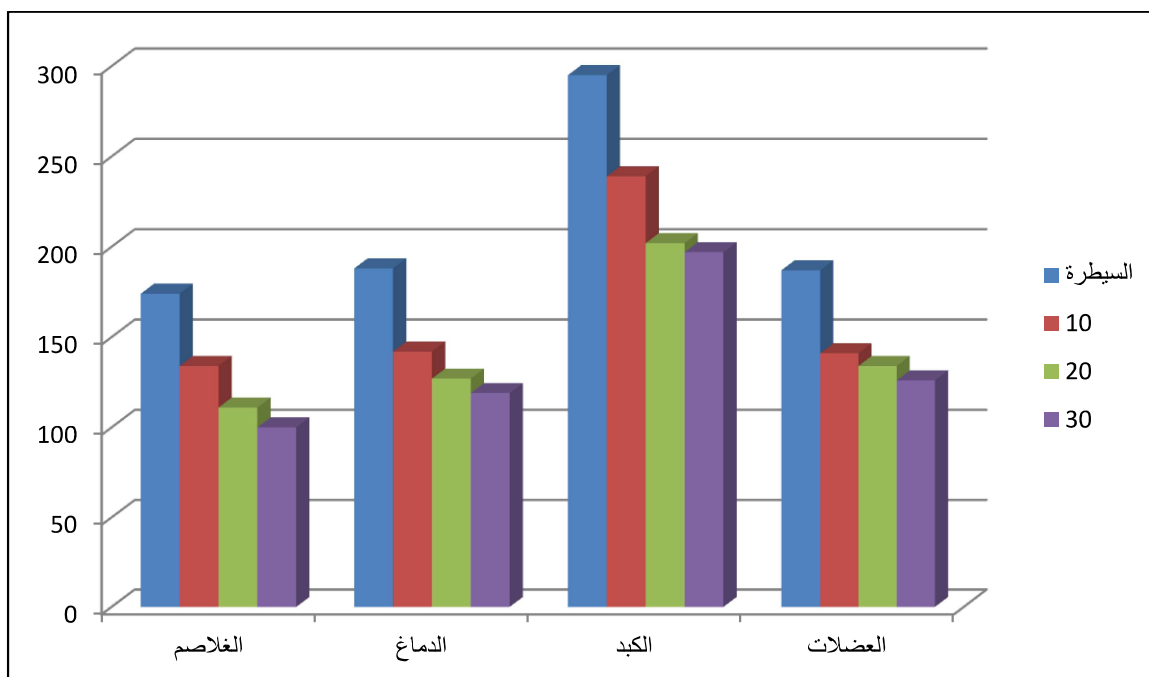
الشكل (4-12) فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام .



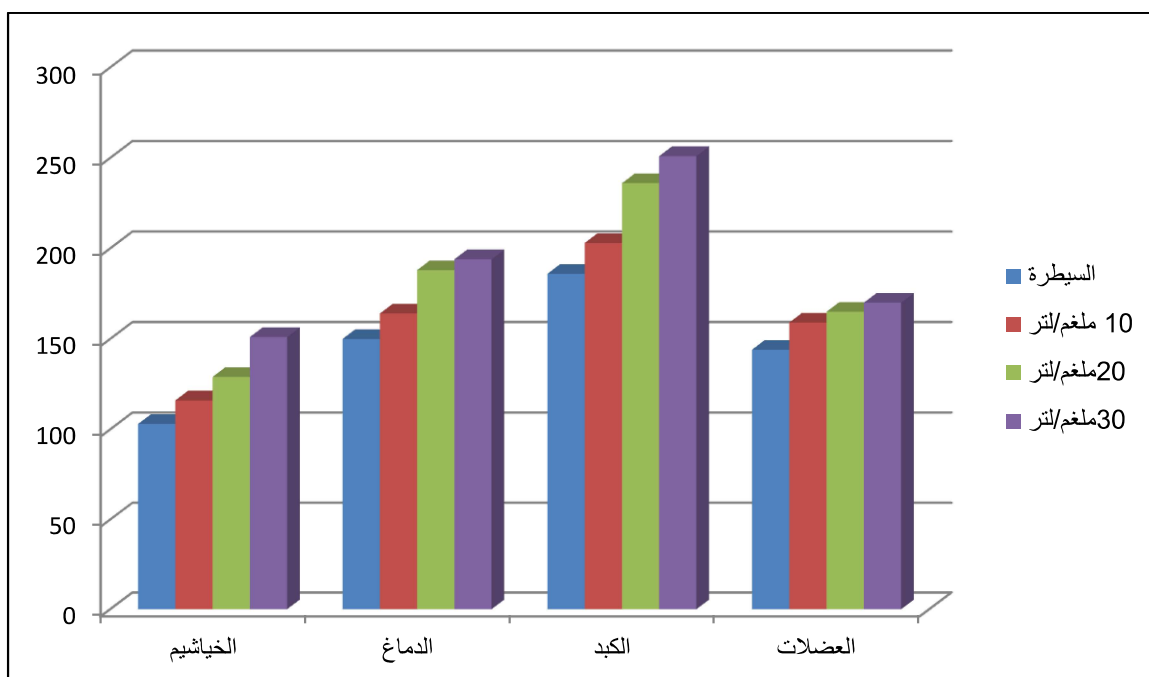
الشكل (4-13) فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام.



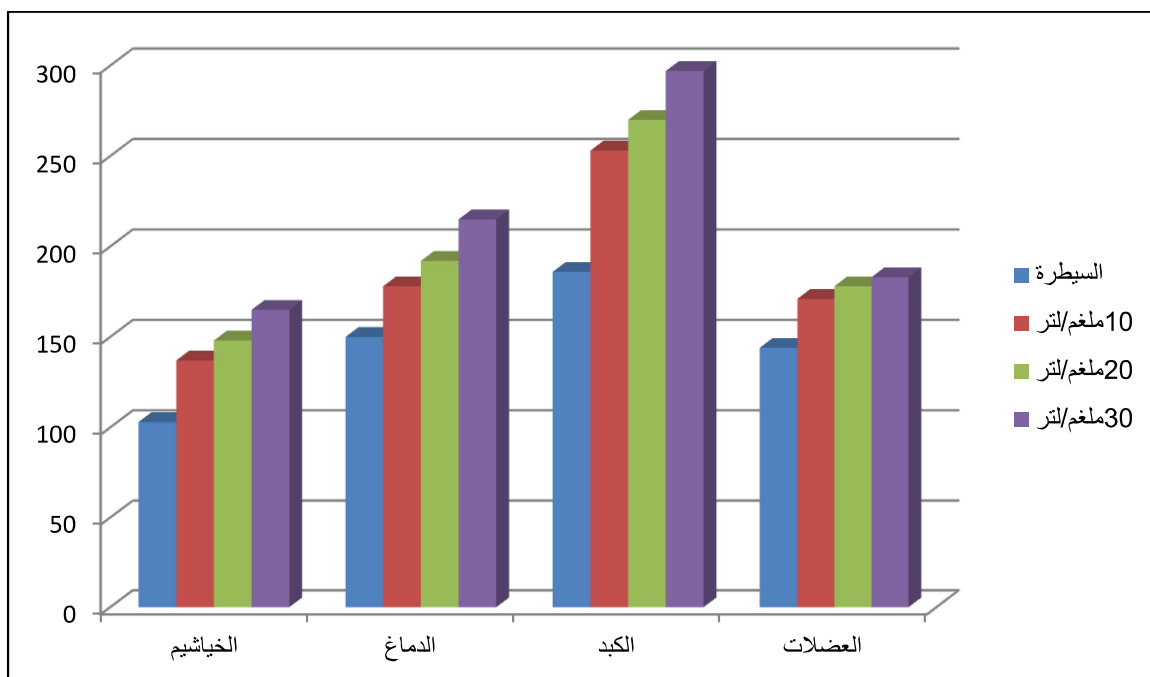
الشكل (4-14) فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.



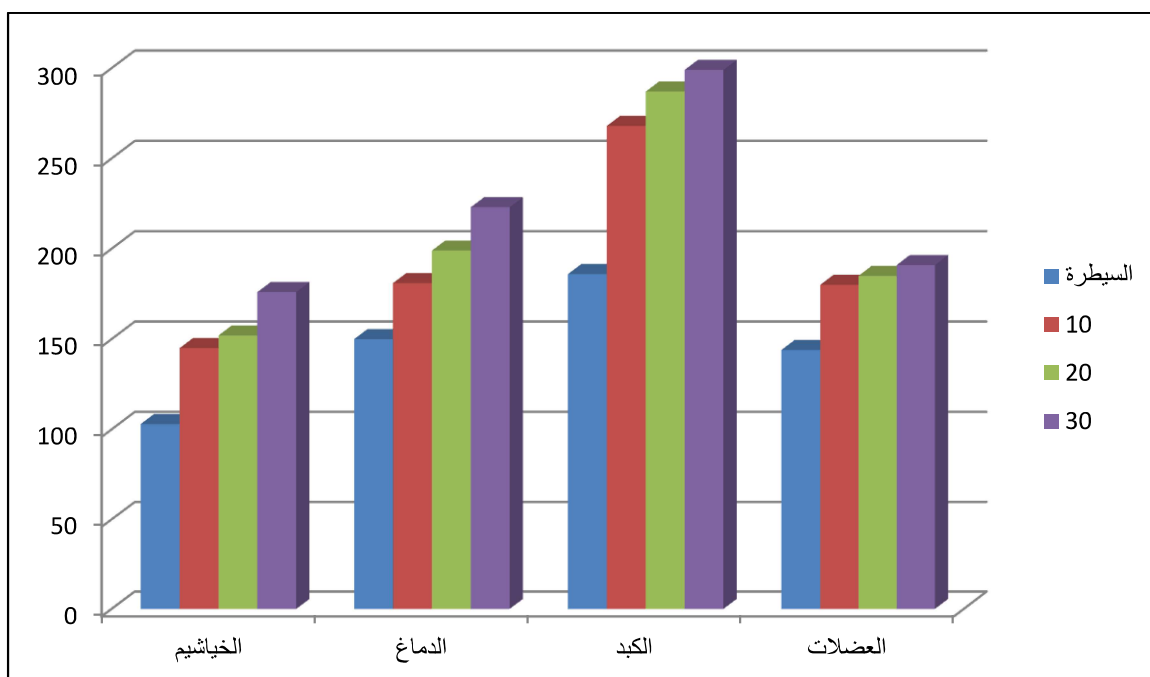
الشكل (4-15) فعالية انزيم الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً.



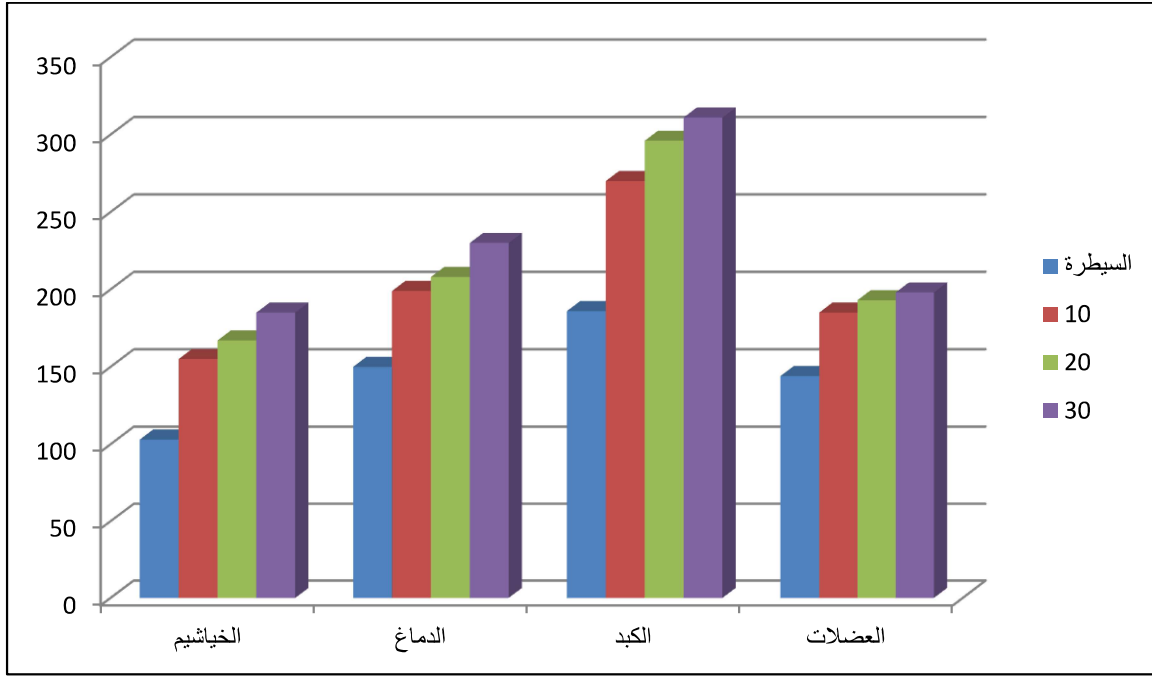
الشكل (4-16) تركيز المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis* لمدة (4) أيام



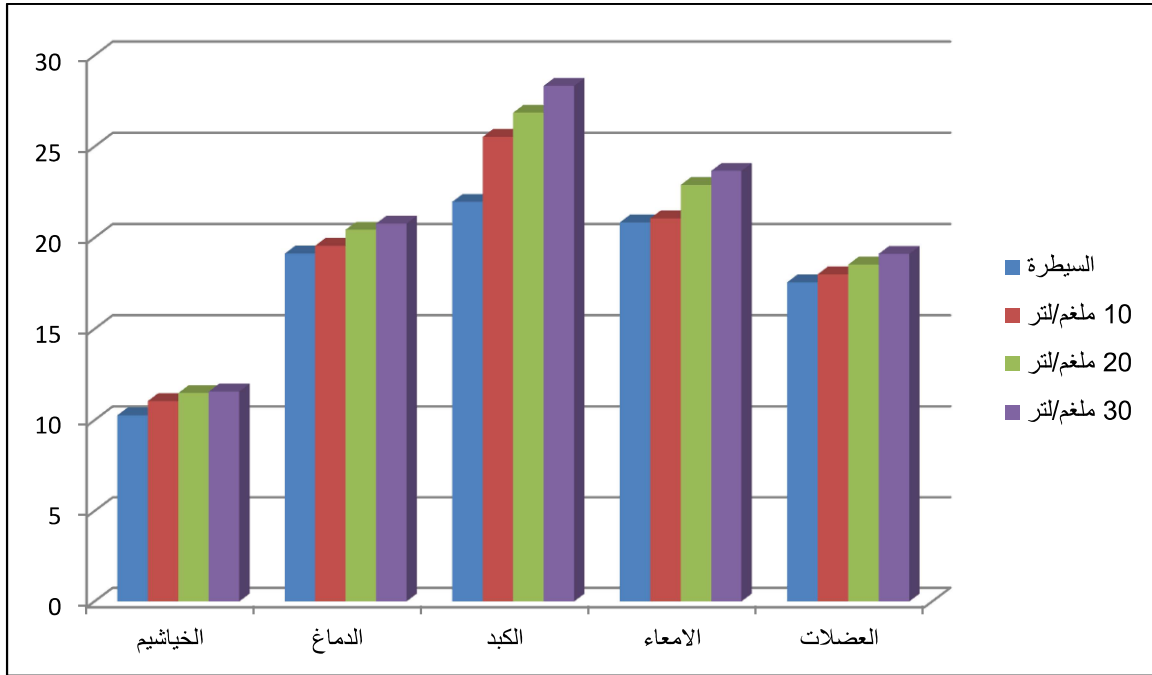
الشكل (4-17) تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis* لمدة (7) أيام



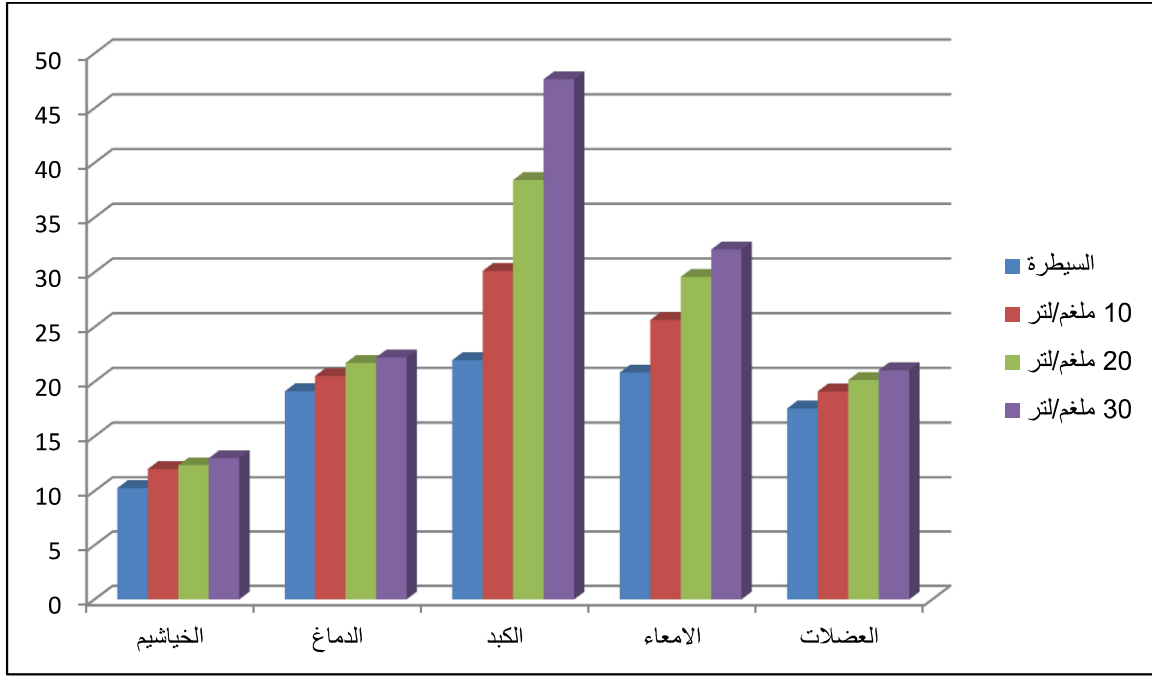
الشكل الجدول (4-18) تركيز المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.



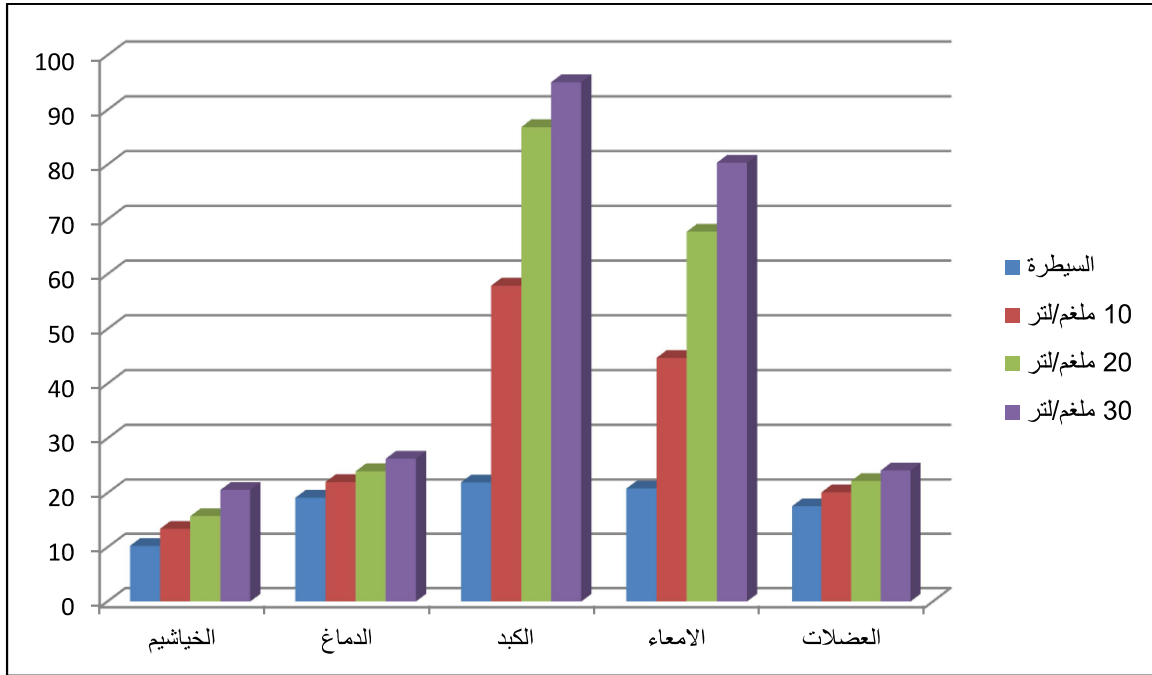
الشكل (4-19) تركيز المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) *A. mossulensis* يوم لمدة (30) يوماً



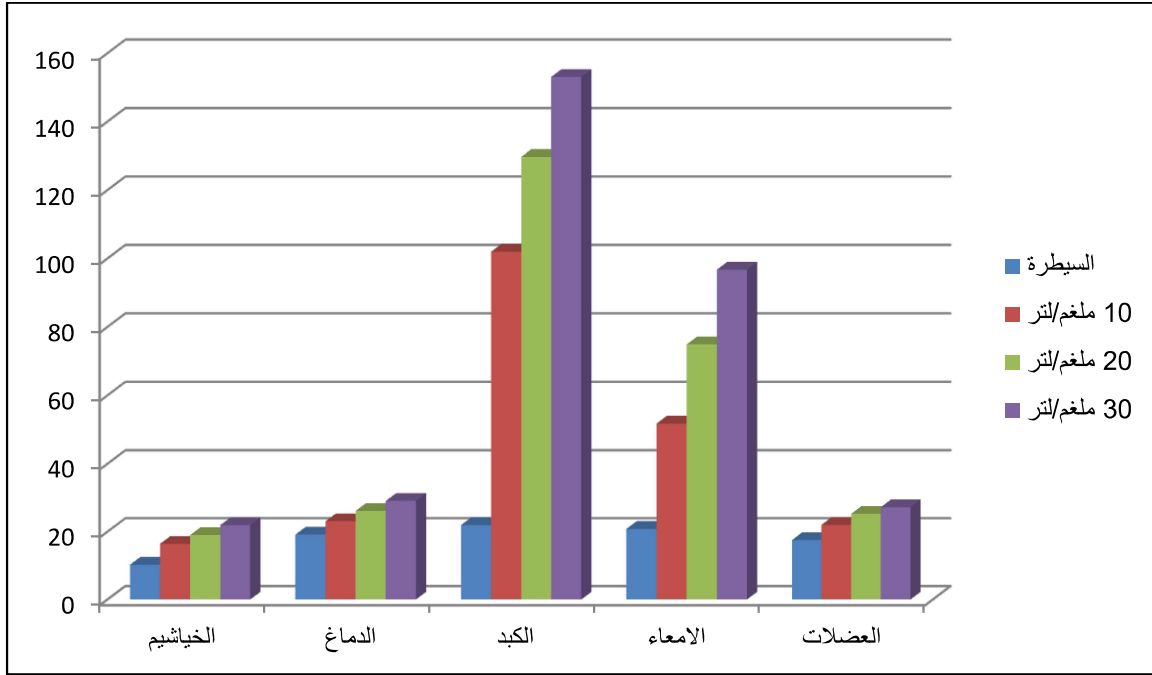
الشكل (4-20) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (4 أيام)



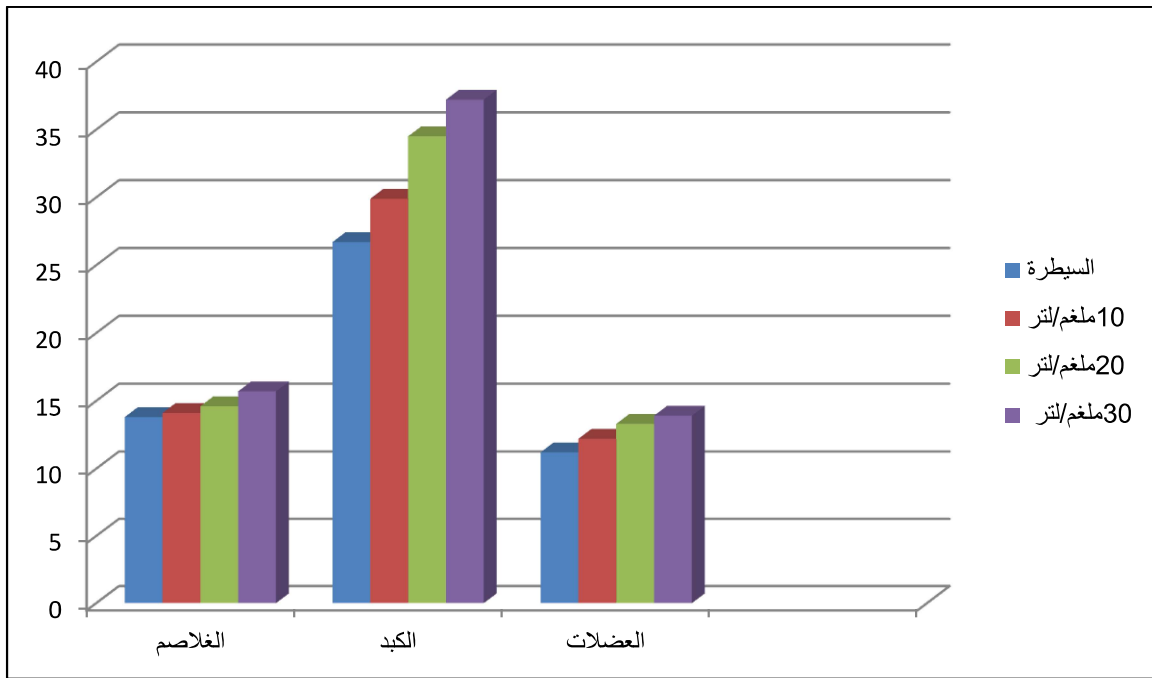
الشكل (4-21) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة أنزيمية) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (7 أيام)



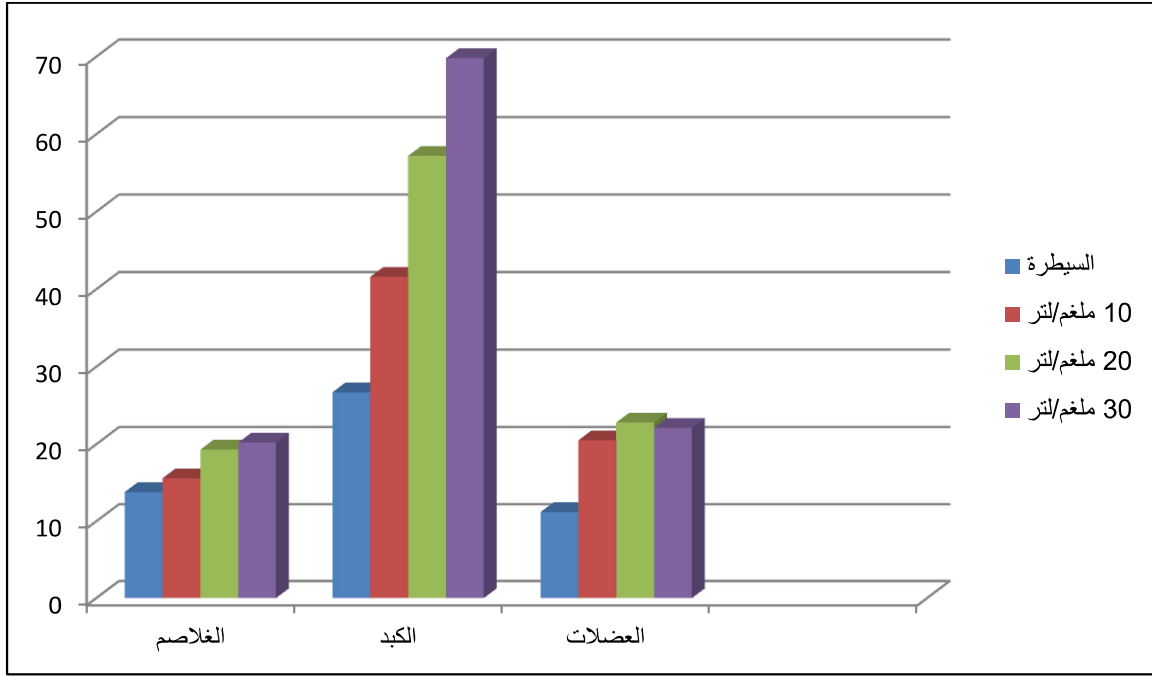
الشكل (4-22) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة دولية/ لتر) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (14 يوماً)



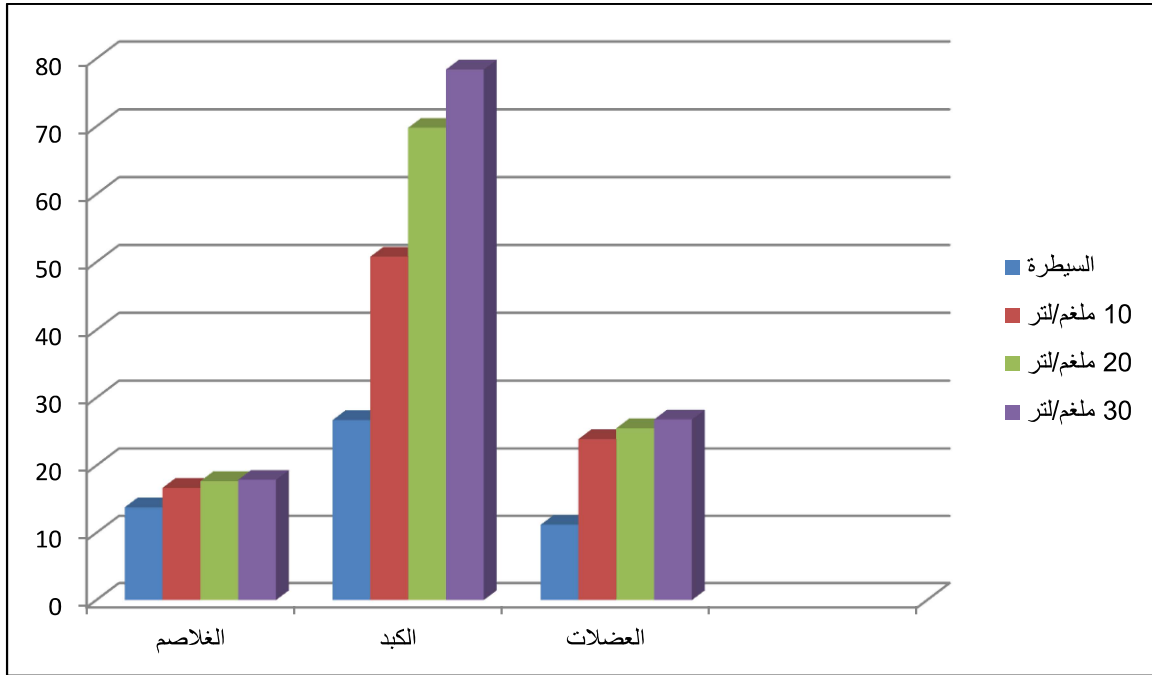
الشكل (4-23) فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي (وحدة دولية/لتر) في سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً



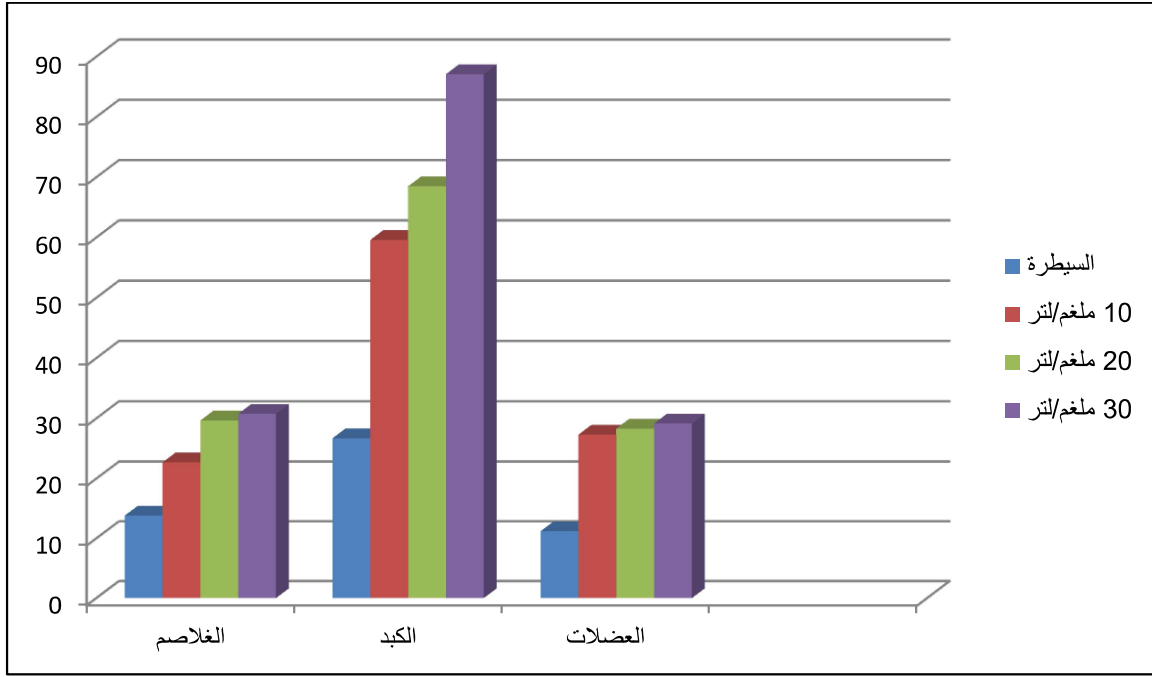
الشكل (4-24) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام.



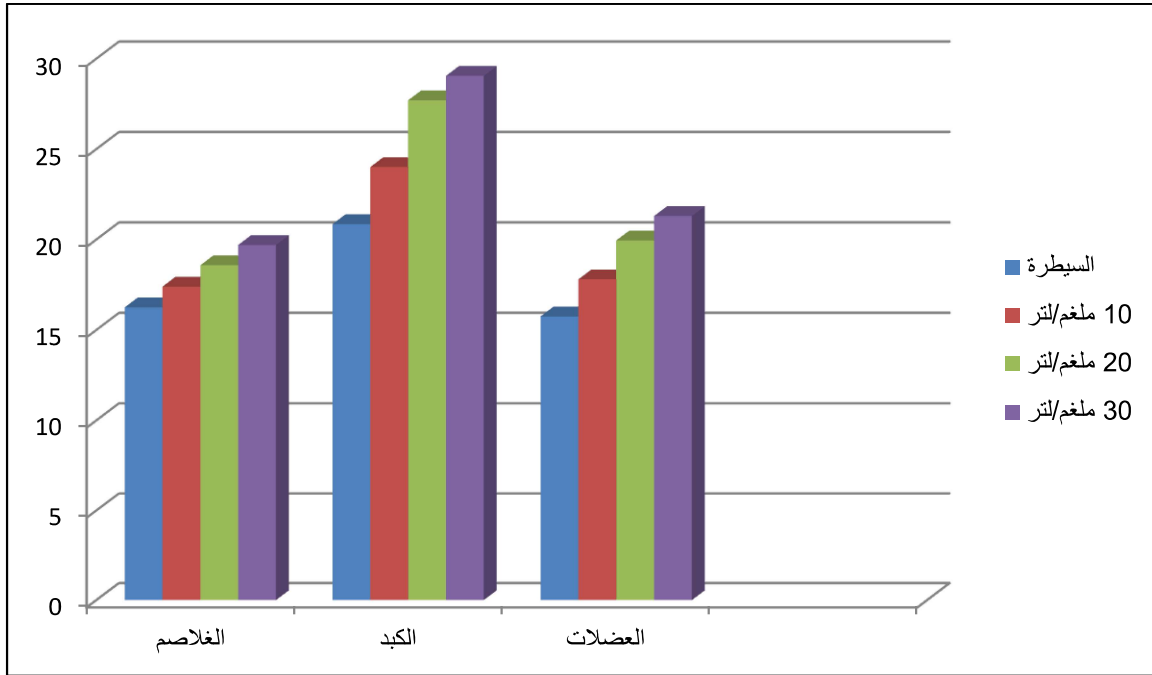
الشكل (4-25) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام



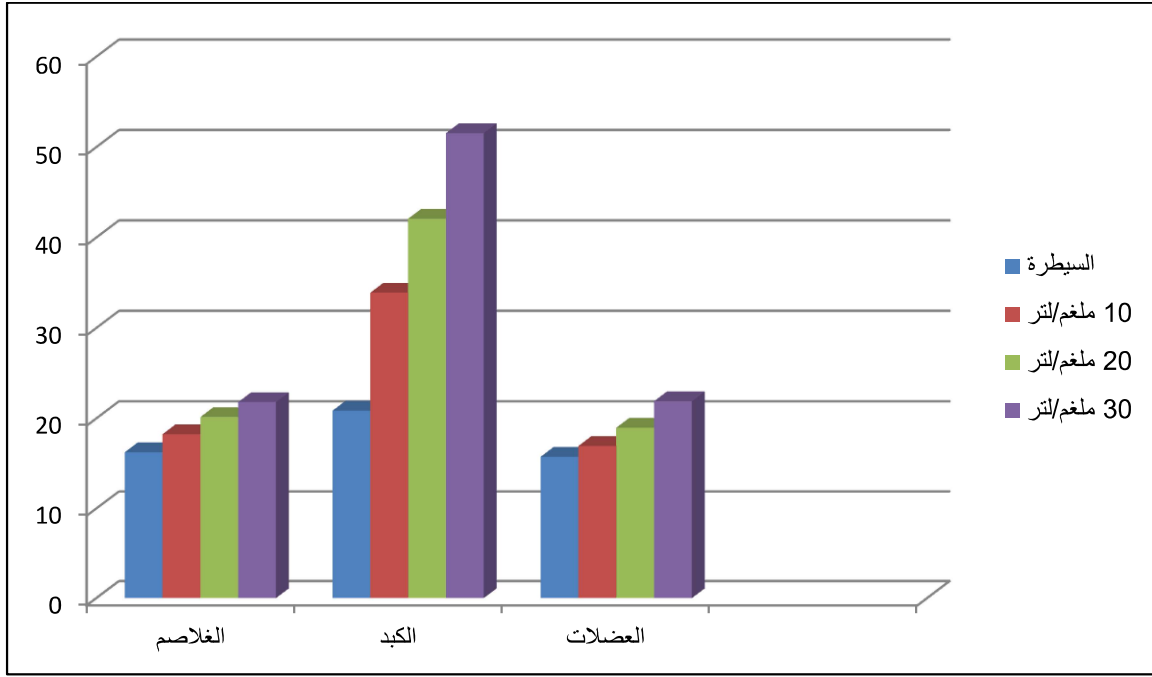
الشكل (4-26) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.



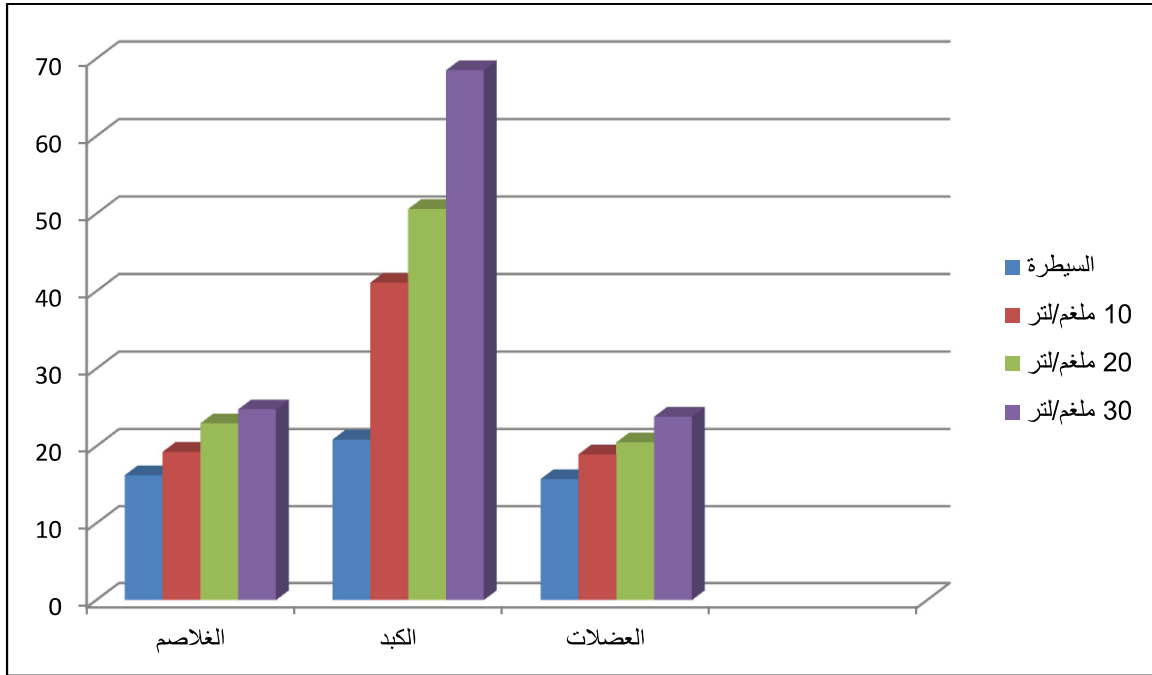
الشكل (4-27) فعالية أنزيم ALT (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوم



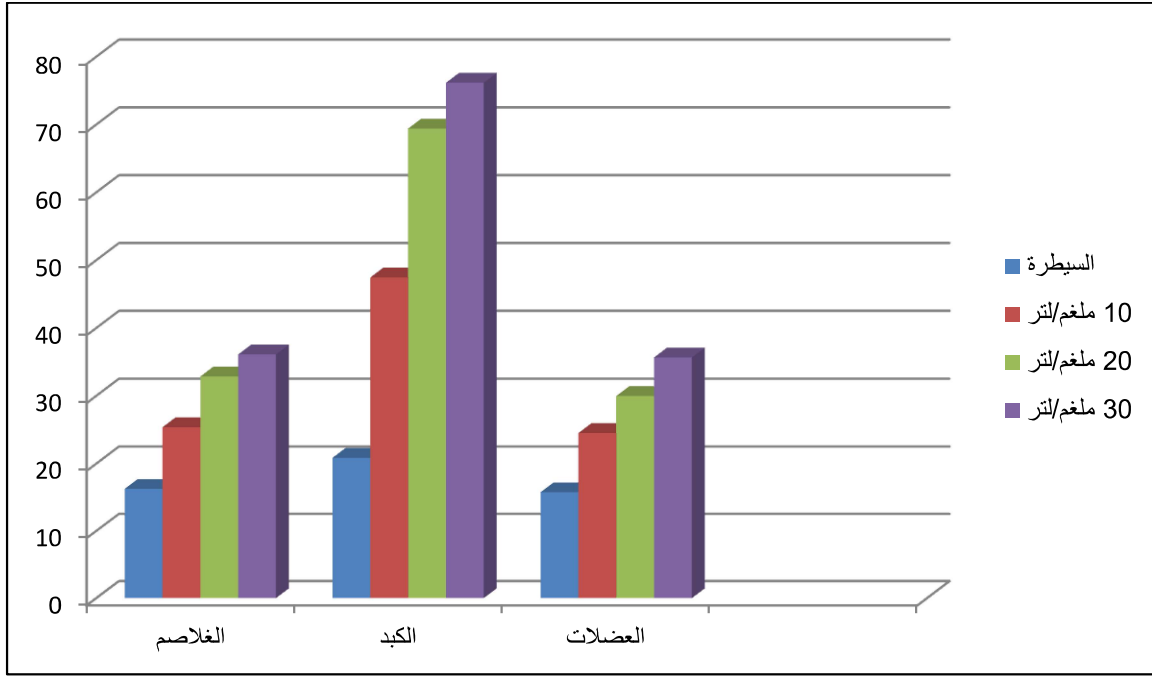
الشكل (4 - 28) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) أيام .



الشكل (4 - 29) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) أيام.



الشكل (4 - 30) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوماً.



الشكل (4-31) فعالية أنزيم AST (وحدة دولية/ لتر) في بعض أعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (30) يوماً.

الصورة (1-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburnus mossulensis* (مجموعة السيطرة) توضح خلايا الدم بشكل بيضاوي مع نواة مركزية الموضع. ملون غمزا. X 1000.

الصورة (2-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN). ملون غمزا. X 1000.

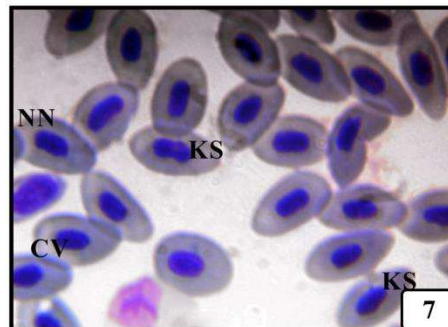
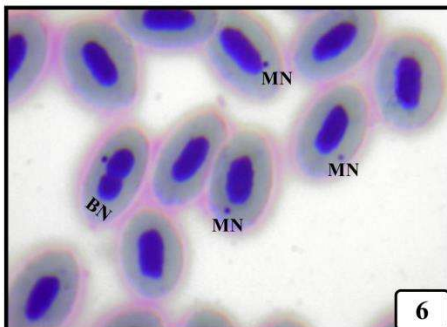
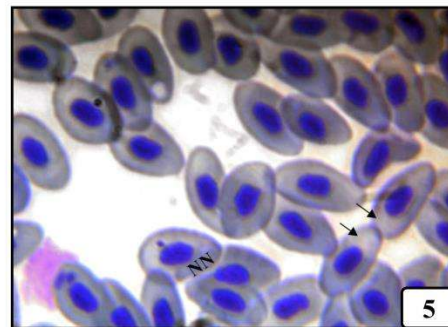
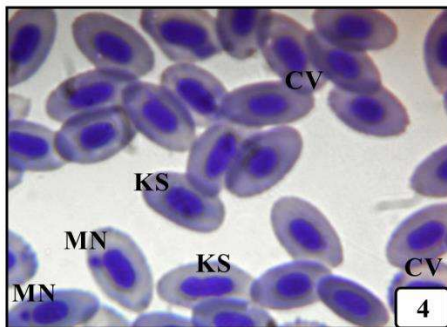
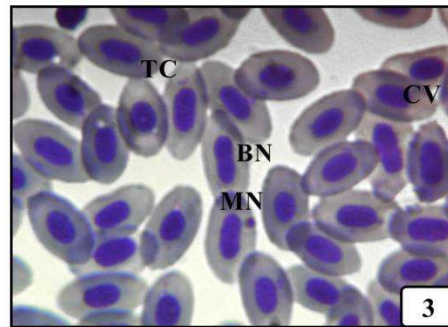
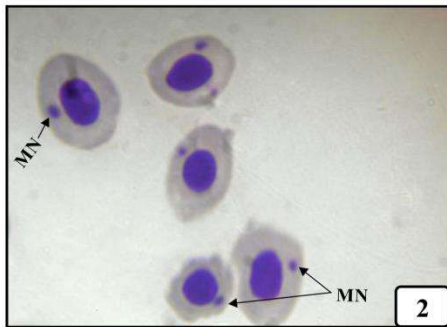
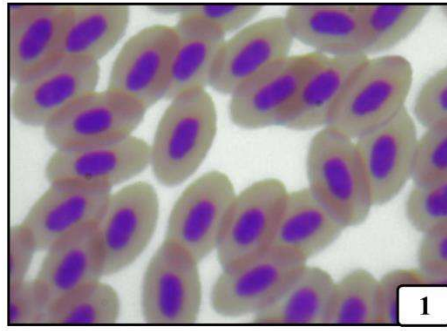
الصورة (3-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN)، النواة المتبرعمة (BN) وتغير شكل الخلايا بشكل دمعة (TC) وتفجى الساييتوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة (4-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN) والنواة الكلوية الشكل (KS)، تفجى الساييتوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة (5-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين والنواة المثلمة وتفجى الساييتوبلازم (CV) (الاسهم). ملون غمزا. X 1000.

الصورة (6-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN)، النواة المتبرعمة (BN). ملون غمزا. X 1000.

الصورة (7-4): خلايا الدم الحمر لأسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) أيام وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الكلوية (KS)، النواة المثلمة (N)، تفجى الساييتوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.



الصورة(4-8): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوما وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN) ، الخلايا الشوكية الشكل Echinocytic cell (الاسهم) تفجى السايوبلازم (CV) . ملون غمزا. X 1000.

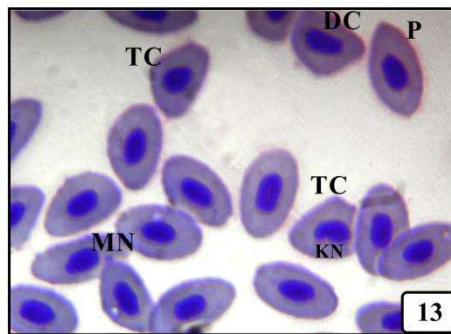
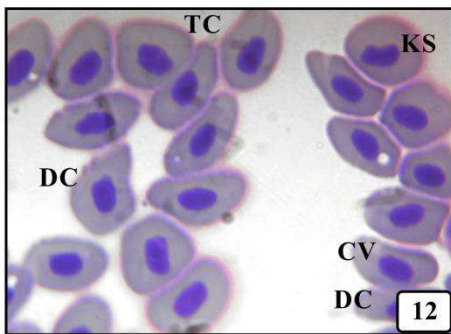
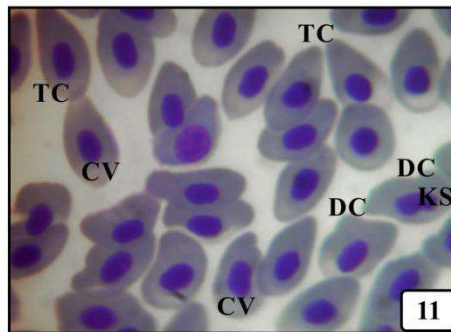
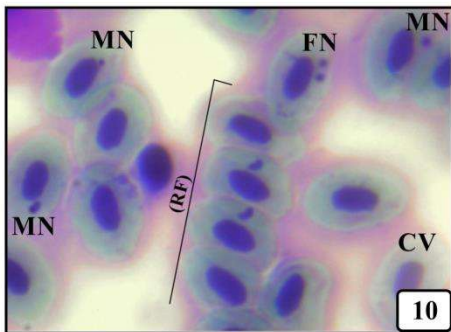
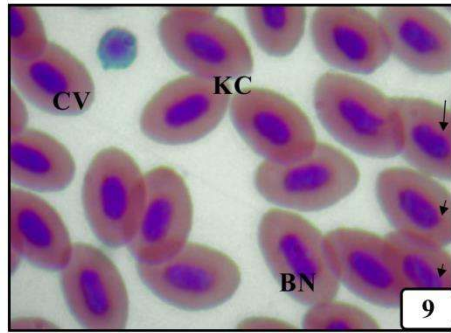
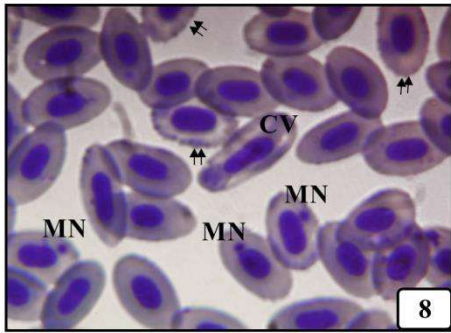
الصورة(4-9): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوما وبالتركيز (10) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية كلوية (KS)، متبرعمة (BN)، تفجى سايوبلازم (CV) تكثف الكروماتين عند حدود النواة (الاسهم). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-10): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية صغيرة (MN) النواة المجزئة (FN)، تراصف الأنوية (FN)، تفجى سايوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-11): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر توضح انوية خلايا الدم الحمراء انوية كلوية (KS)، خلايا دمعية (TC)، تفجى سايوبلازم (CV). فقدت شكلها الطبيعي (DC) ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-12): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية كلوية (KS)، خلايا التي فقدت شكلها الطبيعي (DC)، خلايا بشكل دمعة (TC)، تفجى سايوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-13): خلايا الدم الحمراء أسماك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية كلوية (KS)، انوية صغيرة (MN)، خلايا دم هرمية (P)، خلايا الدم بشكل قطرة () (TC) فقدت شكلها الطبيعي (DC) . ملون غمزا. X 1000.



الصورة(4-14): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14 يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين خلايا الدم المغزلية (FE)، تفجى سايتوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

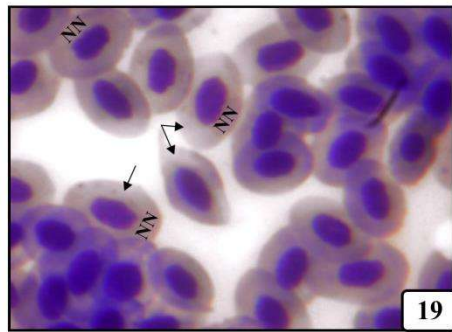
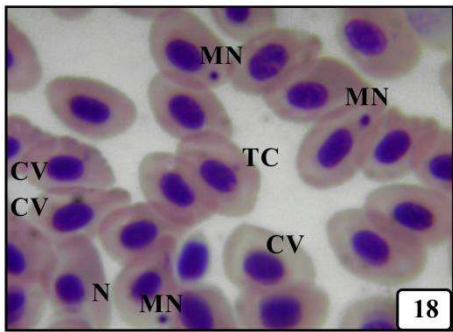
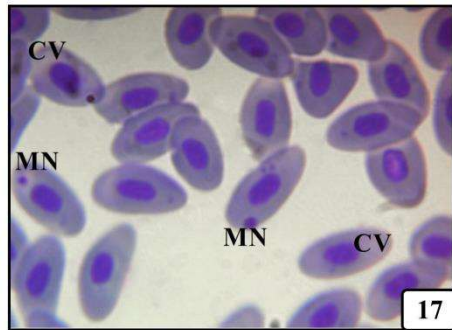
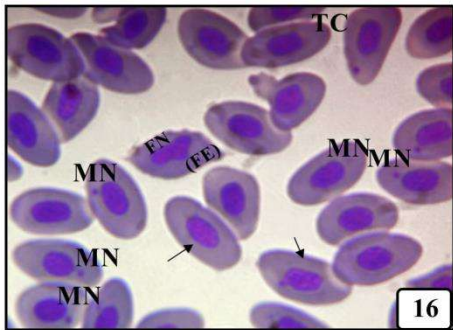
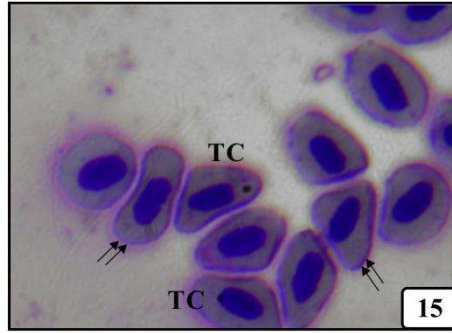
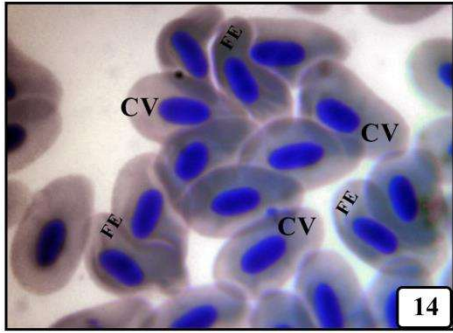
الصورة(4-15): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14 يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين خلايا الدم بشكل قطرة (TC)، الخلايا التي فقدت شكلها الطبيعي (الاسهم). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-16): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30 يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية صغيرة (MN)، متجزئة، خلايا بشكل دمعة (الاسهم) (TC). تكثف الكروماتين عند حدود النواة (الاسهم) ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-17): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30 يوماً وبالتركيز (20) ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراء انوية صغيرة (MN)، تفجى سايتوبلازم (CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-18): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر تبين خلايا الدم الحمراء انوية صغيرة (MN)، تفجى سايتوبلازم (CV)، النواة المثلمة (N) خلية بشكل دمعة (TC). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-19): خلايا الدم الحمراء لسمك *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبالتركيز (30) ملغم/لتر تبين خلايا الدم الحمراء انوية صغيرة (MN)، تفجى سايتوبلازم (CV) (الاسهم) النواة المثلمة (N). ملون غمزا. X 1000.



الصورة(4-20): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراءنوية صغيرة (MN)،تفجي سايتوبلازم(CV). ملون غمزا. X 1000.

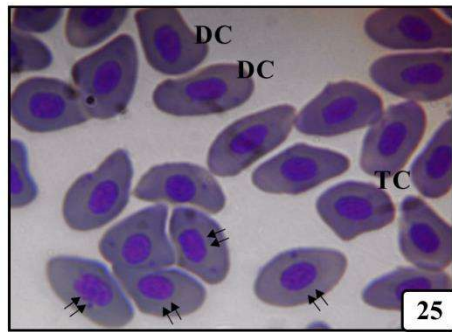
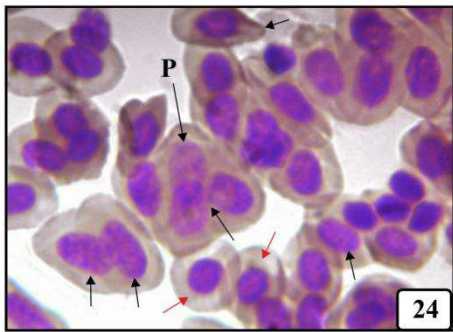
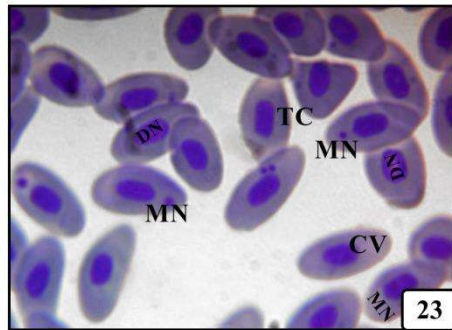
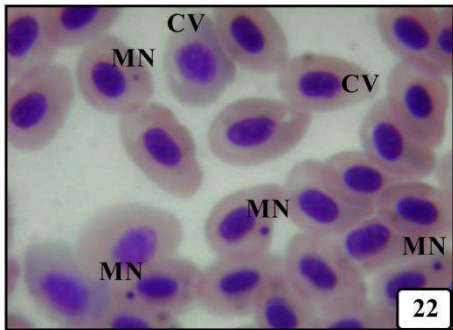
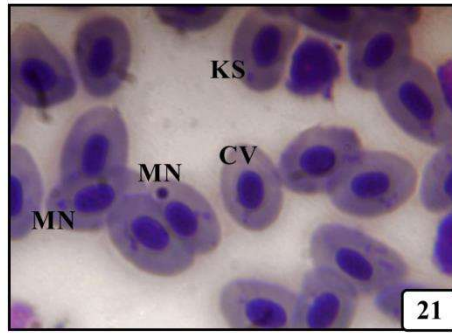
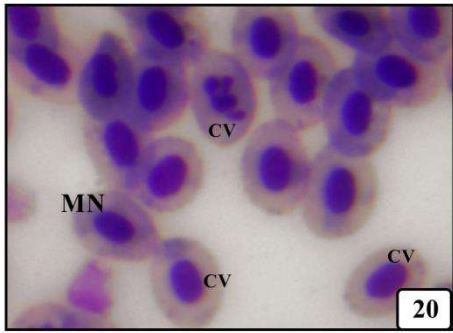
الصورة(4-21): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين انوية خلايا الدم الحمراءنوية صغيرة (MN)،تفجي سايتوبلازم(CV)،انوية كلوية (KS). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-22): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين النواة الصغيرة (MN)،تفجي سايتوبلازم(CV). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-23): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين النواة صغيرة (MN)،تفجي سايتوبلازم(CV)،خلايا بشكل دمعة (TC) تنكس الأنوية (DN). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-24): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين تفجي السايتوبلازم (الاسهم الحمراء)، الكروماتين عند حافة النواة (الاسهم السوداء)، ظهور الشكل الهرمي (P). ملون غمزا. X 1000.

الصورة(4-25): خلايا الدم الحمراءأسماء *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبالتركيز (30)ملغم/لتر تبين حدوث تكثف الكروماتين (الاسهم)، الخلايا التي فقدت شكلها الطبيعي (DC) ودمعة (TC) . ملون غمزا. X 1000.



الصورة(4-26): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* (مجموعة السيطرة).ملون H&E .X 100

الصورة(4-27): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(4) أيام وبتركيز(10)ملغم/لترتئين احتقان الوعاء الدموي (1)،تنخر (2)،ارتشاح طفيف بالخلايا الالتهابية (3).ملون H&E .X 400

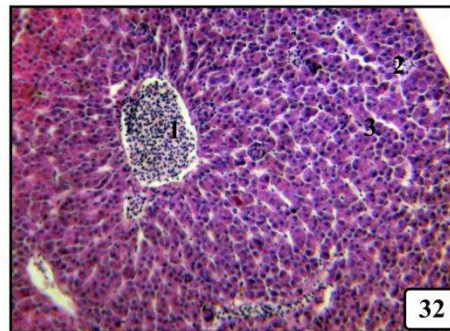
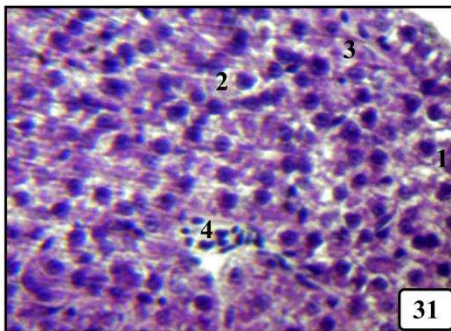
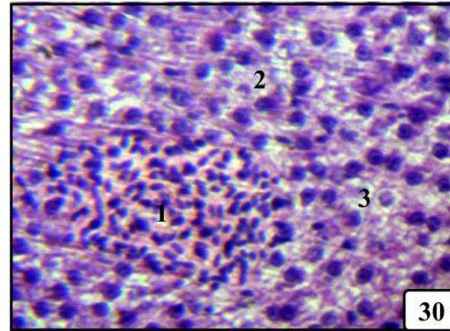
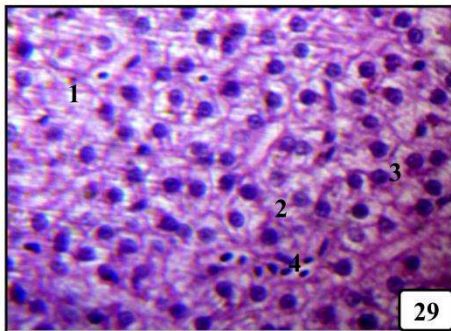
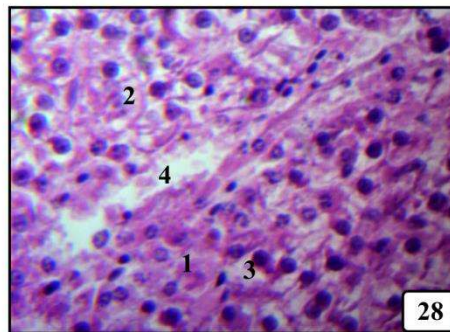
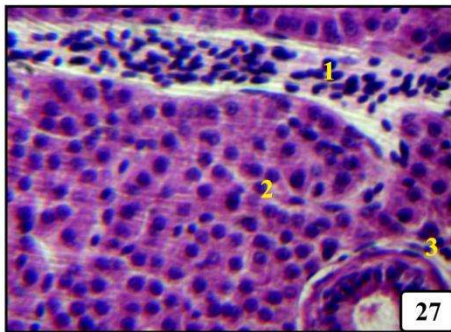
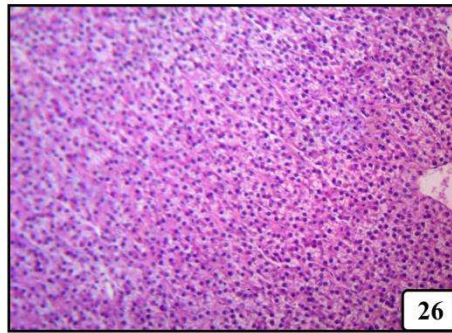
الصورة(4-28): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(7) أيام وبتركيز(10)ملغم/لترتئين حصول تنخر (1)،تنكس (2)،تغلظ الأنوية (3)،وذمة (4).ملون H&E .X 100

الصورة(4-29): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(14) يوماً وبتركيز(10)ملغم/لترتئين حدوث تنخر (1)،تنكس(2)،تغلظ الأنوية (3)،احتقان طفيف بالأوعية الدموية (4).ملون H&E .X 400

الصورة(4-30): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(30) يوماً وبتركيز(10)ملغم/لترتئين حدوث ارتشاح بؤري (1)،تنخر(2)،تنكس(3). ملون H&E .X 400

الصورة(4-31): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(4) أيام وبتركيز(20)ملغم/لترتئين حدوث تغلظ الأنوية (1)،تنكس (2)،تنخر(3)،احتقان الأوعية الدموية (4).ملون H&E .X 400

الصورة(4-32): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة(7) أيام وبتركيز(20)ملغم/لترتئين حصول احتقان الوريد المركزي(1)،ارتشاح الخلايا الالتهابية (2)،توسع الجيبانيات الدموية (3).ملون H&E .X 100



الصورة(4-33): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لترتين حصول توسع الجيبانيات (1)، تنخر (2)، تضخم خلايا كويبر (3). ملون H&E . X 400

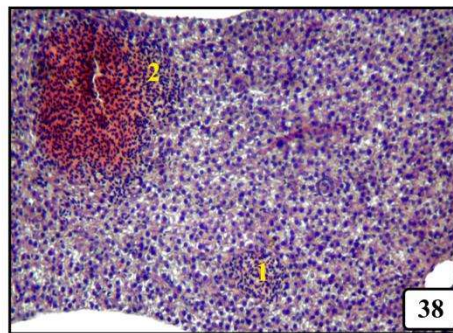
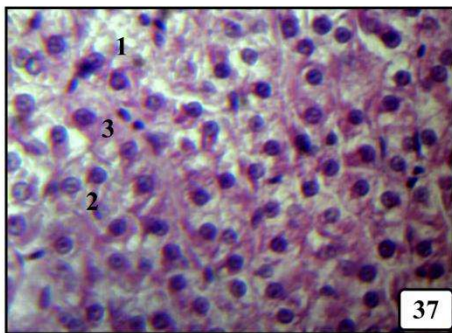
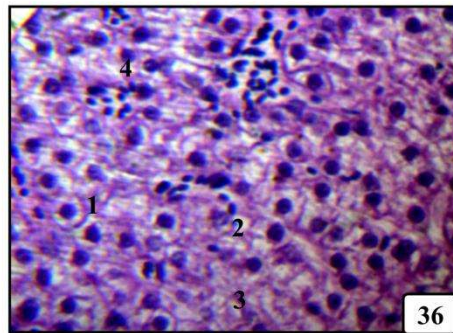
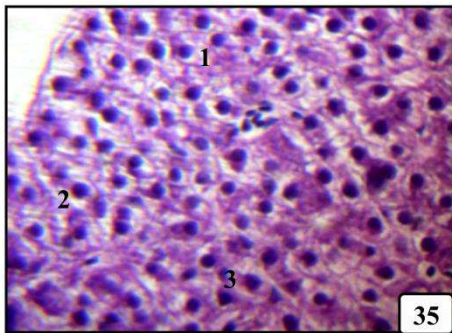
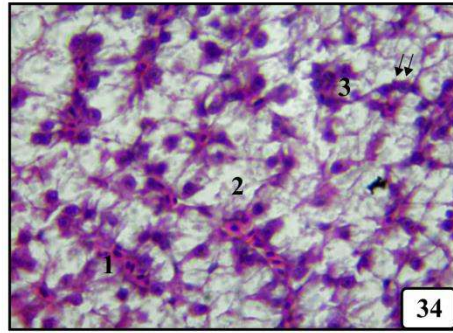
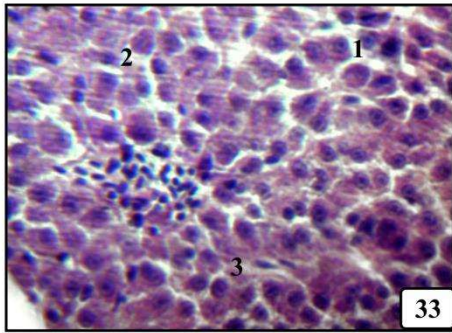
الصورة(4-34): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لترتين حصول احتقان الأوعية الدموية (1) وتنخر الخلايا الكبدية (2)، تنكس فجوي للخلايا الكبدية (3)، تلازن انوية الخلايا الكبدية في مجاميع صغيرة (الاسهم). ملون H&E . X 400

الصورة(4-35): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (30) ملغم/لترتين حصول تنخر الخلايا الكبدية (1)، تغلظ الأنوية (2)، تنكس الخلايا الكبدية (3). ملون H&E . X 400

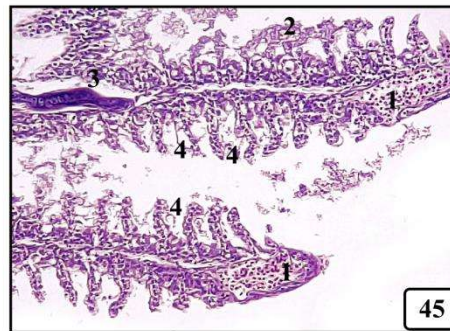
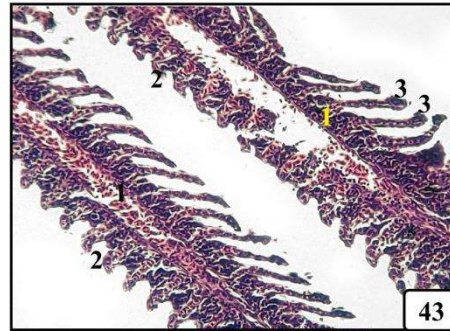
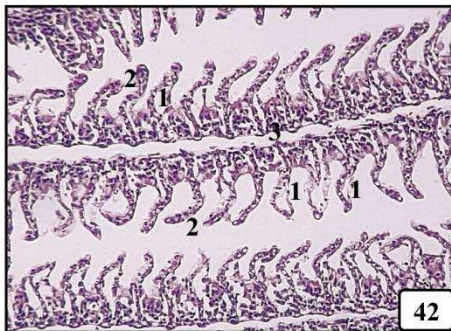
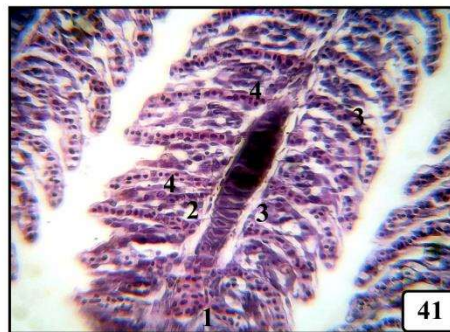
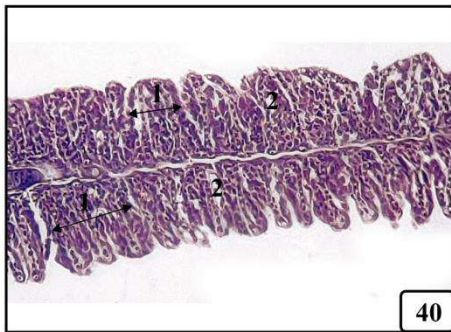
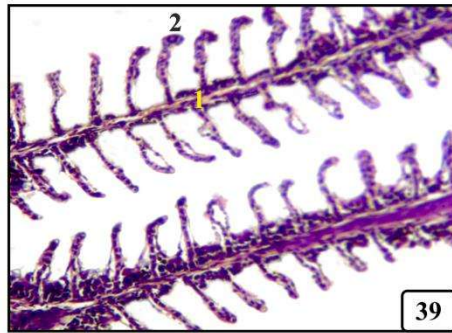
الصورة(4-36): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (30) ملغم/لترتين حصول تغلظ الأنوية (1)، تنكس الخلايا الكبدية (2)، تنخر (3)، نزف (4). ملون H&E . X 400

الصورة(4-37): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لترتين حصول تنخر الخلايا الكبدية (1)، تنكس الخلايا الكبدية (2)، نزف (3). ملون H&E . X 400

الصورة(4-38): صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لترتين حصول ارتشاح بؤري (1)، تجمع كبير للخلايا الدموية (ورم دموي) (2). ملون H&E . X 100



- الصورة (4-39): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* (مجموعة السيطرة) الصفائح الأولية (1)، للصفائح الثانوية (2). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-40): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (10) ملغم/لتر تبين الالتصاق الكامل ما بين الخيوط الغلصمية الثانوية (1)، الخبز (2). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-41): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (10) ملغم/لتر تبين حدوث نزف (1)، تنكس فجوي (2)، احتقان الخلايا المساندة (3)، فرط تنسج (4). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-42): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر تبين حصول نزف شديد (1)، قصر في طول الخيوط الغلصمية الثانوية (2)، الخبز (3). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-43): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (10) ملغم/لتر تبين حصول نزف شديد (1)، قصر في طول الخيوط الغلصمية الثانوية (2)، اكتساب بعض قمم الخيوط الغلصمية الثانوية لشكل عصا الطبل (3). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-44): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (20) ملغم/لتر تبين حصول شكل غير طبيعي في الغضروف (1)، الاحتقان الشديد (2). ملون H&E. X 400.
- الصورة (4-45): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (20) ملغم/لتر تبين حصول فرط تنسج الخلايا المساندة الثانوية (1)، الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية (2)، التصاق قمم الصفائح الغلصمية الثانوية (3)، ارتشاح الخلايا الالتهابية (4)، تنكس فجوي للخلايا المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية (5). ملون H&E. X 400.



الصورة (4-46): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر تبين حصول نزف شديد في قمم الصفائح الغلصمية الأولية (1)، توسف (انسلاخ) شديد للظهارة المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية (2)، اختلاف شكل الغضروف (3)، تتخر الخلايا الغلصمية الثانوية (4). ملون H&E. X 400

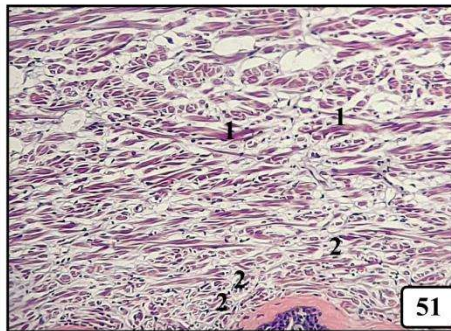
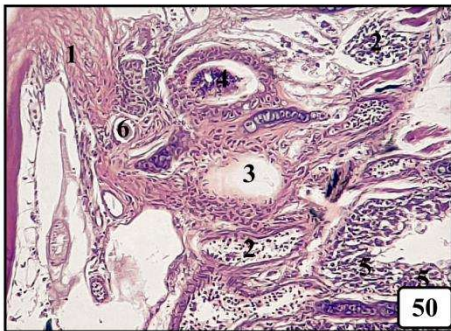
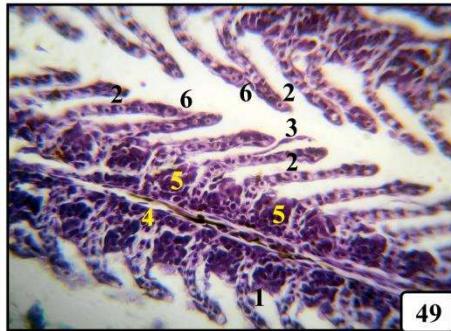
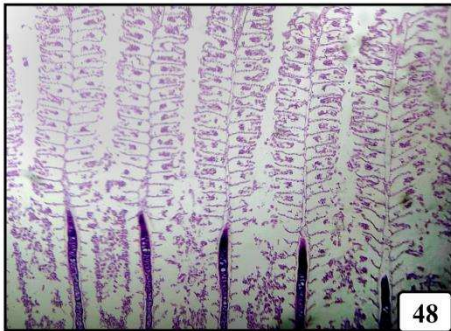
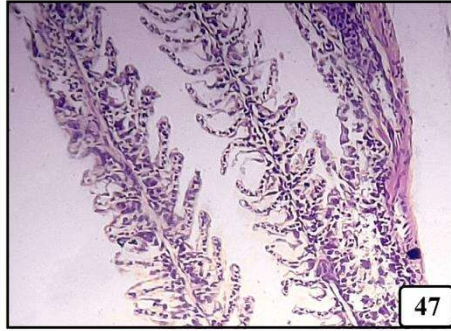
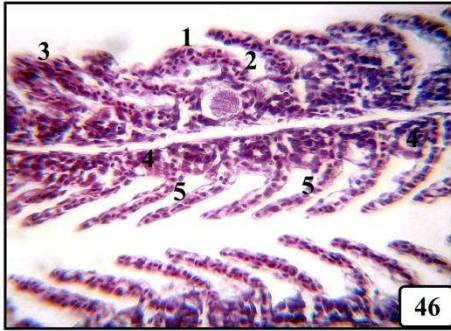
الصورة (4-47): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (30) يوماً وبتركيز (20) ملغم/لتر تبين حصول تتخر نسيج الغلاصم. ملون H&E. X 400

الصورة (4-48): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (4) أيام وبتركيز (30) ملغم/لتر تبين حصول تتخر نسيج الغلاصم. ملون H&E. X 400

الصورة (4-49): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (7) أيام وبتركيز (30) ملغم/لتر تبين حصول فرط تنسج في الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية الثانوية (1)، التنكس الفجوي في الخلايا الساندة (2) وانسلاخ الخلايا الظهارية المبطنة للصفائح الغلصمية (3)، الخبز (4)، فرط تنسج للخلايا غير المتمايزة ما بين الصفائح الغلصمية الثانوية (5) التصاق لبعض الخيوط الغلصمية الثانوية (6). ملون H&E. X 400

الصورة (4-50): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم لمدة (14) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر تبين حصول نخر الاليف العضلية (1)، ارتشاح الخلايا الالتهابية (2)، الخبز (3)، احتقان الأوعية الدموية (4)، التنكس الفجوي (5)، ترسب النضحة الليفية (6). ملون H&E. X 400

الصورة (4-51): صورة مجهرية ضوئية لغلاصم سمكة *Alburuns mossulensis* المعاملة بالكروم في فترة (30) يوماً وبتركيز (30) ملغم/لتر تبين حصول نخر الاليف العضلية (1)، ارتشاح الخلايا الالتهابية (2). ملون H&E. X 400





وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة بغداد
University of Baghdad
مركز بحوث ومتحف التاريخ الطبيعي
Iraq Natural History Research Center and Museum
قسم الاسماك
Department of Ichthyology

No. : العدد
Date : التاريخ

قسم الاسماك

م / تشخيص نماذج

إن النماذج المرسلّة لنا من قبل طالبة الماجستير اسماء عبد الوهاب جعفر في كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة الموصل. قد تم تشخيصها وكالاتي :

Alburnus mossulensis (Heckel, 1843) (Cypriniformes , Cyprinidae)

تم التشخيص من قبل :

م. محمد عقاد غزوان (مركز بحوث و متحف التاريخ الطبيعي/ جامعة بغداد)

أ.م.د. افكار مسلم هادي

رئيس قسم الاسماك



Summary

The current study aims to investigate the physiological, biochemical and histopathological effects of fish *Alburnus mossulensis* exposed to trivalent chromium for (4, 7, 14, and 30) days. In order to achieve these goals, fish were collected from the Tigris River, specifically from the area (under the Abu Tammam Bridge) of the Tigris River in the city of Mosul, at night using hand nets at a rate of twice a month starting from December to mid-March (2022-2023). Approximately

(1200-1000)fish. The weights and lengths of the fish used in the experiments were measured, and their rates ranged between (2-4 grams) and (6-8 cm), respectively. The fish were transferred to the graduate studies laboratory at the College of Education for Pure Sciences at the University of Mosul using plastic containers containing water from the same original environment, then they were transferred to pre-prepared glass tanks inside the laboratory. The physical and chemical properties of water samples (study site) were analyzed, and it was found that they were within the acceptable limits of Iraqi specifications for protecting natural resources from pollution. In order to determine the concentrations used in the experiment, an experiment was conducted to determine the mean lethal concentration ($_{96}LC_{50}$), after which the fish were divided into four groups that included the control group treated with water. Dechlorinated. As for the experimental groups, they were exposed to concentrations of (10) mg/L, which represents $_{1/4}LC_{50}$, (20) mg/L, which represents $_{1/2}LC_{50}$, and (30) mg/L, which represents $_{3/4}LC_{50}$.

The results of bioaccumulation of chromium in (gills, brain, liver, intestines, bones, and muscles) showed that the highest rate of accumulation was found in (liver, gills, and intestines) and there was no significant difference between them, and that the highest rates of

accumulation were observed when treating fish with trivalent chromium at a concentration of (30) mg. /litre for thirty days. The results of the study also showed the occurrence of oxidative stress in fish exposed to trivalent chromium, as there was a significant decrease in the level of effectiveness of the non-enzymatic antioxidant represented by glutathione for all treatments and in all organs under experiment when compared with the control group, and that the lowest level of glutathione was represented in (gills and muscles). And the brain), as for the treatments, it was found that the lowest level of glutathione was represented by the two concentrations (30) mg/L and (20) mg/L with no significant difference. The results of the study of the enzymatic antioxidants represented by catalase showed a significant decrease in the level of catalase effectiveness. In all organs under study and for all periods when compared to the control group, it became clear that the least significant decrease in the level of catalase was found in (gills, brain, and muscles), as they did not differ significantly from each other. As for the treatments, it was represented by the two concentrations (30 and 20) mg/L. As for the results of the levels of fat rancidity and the formation of malondialdehyde, they showed a significant increase when compared with the control group. The highest significant increase was found in the liver, which differed significantly from the rest of the organs. The results showed that there were significant differences between all experimental groups compared to the control group.

The results of biochemical tests showed a significant increase in the activity of alkaline phosphatase enzymes. The highest significant increase was found in the two concentrations (30) mg/L and (20) mg/L, which did not differ significantly between them. The highest significant increase in the organs was found in the liver, followed by the intestines, then the brain, muscles, and gills. It was also observed that there was an

increase in the activity of the enzymes alanine aminotransferase and aspartate transaminase. It became clear that the highest activity of the two enzymes was found in the liver, which differed significantly from the rest of the organs.

Through the results of microscopic examination of the blood of fish exposed to trivalent chromium, it was observed that there were changes in the shapes of red blood cells and nuclear abnormalities, the first of which was spindle-shaped, pyramidal, spiny, lacrimated, and irregularly shaped cells. It was also noted that ruptures occurred in the cytoplasm of the cells, while the nuclear abnormalities were represented by the appearance of small nuclei. The notched nucleus, the budded nucleus, and the kidney-shaped nucleus, in addition to the condensation of chromatin within the boundaries of some nuclei.

As for the effects of trivalent chromium on the histological structure of the liver and kidney, the results of microscopic examination of liver tissue showed that histopathological changes occurred as a result of exposure to chromium (Cr^{+3}), represented by congestion of blood vessels, necrosis, degeneration, and thickening of nuclei in some liver parenchyma cells, and slight infiltration of inflammatory cells. Mononuclear, as well as the formation of hematoma in high concentrations and for a long period of time. Microscopic examination of the gill tissue showed the occurrence of many pathological changes, represented by complete adhesion between the secondary gill filaments, a shortening of their length, some of their apices acquiring a drumstick shape, the occurrence of vacuolar degeneration of the epithelial cells lining the secondary gill lamellae, their severe degeneration, hyperplasia, and sloughing, as well as the occurrence of hyperplasia of undifferentiated cells between the lamellae. Secondary gill tissue, and

severe bleeding occurred at the tops of the primary gill plate, as well as severe bleeding, vacuolar degeneration, and necrosis of the entire gill tissue, as well as bruising, necrosis of muscle fibers, deposition of fibrin exudate, and congestion of blood vessels.

University of Mosul
College of Education
for Pure Sciences



**Study of some physiological and histological
effects on fish *Alburnus mossulensis* exposed to
chromium**

Asmaa Abdul Wahab Jaafar Hamdi

M.Sc Thesis

Biology

Supervised By

Assistant Professor

Dr.Amal Abdulillah Younis Al-Khashab

2024 A.D

1446 A.H