



جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

التأثيرات الفسلجية و النسجية لعنصري الكادميوم والرصاص على
بعض أعضاء أسماك

Alburnus mossulensis

رلى سعدالله نجم النعيمي
رسالة ماجستير
علوم الحياة

باشراف
المدرس
الدكتورة امال عبد الاله يونس الخشاب

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنَّ اللَّهَ بِعِلْمِهِ غِيبٌ

السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاللَّهُ بِصِيرٍ

بِمَا نَعْمَلُونَ

شكر وعرفان

إلهي كيف أشكرك وقد انعمت علي بشكري لك ..بعد حمد الله وشكره الذي انعم علي بنعمه التي لا تعد ولا تحصى وافاضني بكرمه الذي لا ينسى ووفقني لإتمام هذه الرسالة ... أتقدم بالشكر والتقدير لمن لها الفضل على اتمام هذه الرسالة أستاذتي ومشرفتي الدكتورة امال عبد الاله الخشاب التي احسنت بتوجيهاتها الرصينة وملاحظاتها العلمية القيمة ورعايتها الفاضلة فجزاها الله عني خير الجزاء .

وإلى عائلتي.. وفاءً للفضل الذي لا يوفى واعترافاً بالعجز عن الشكر.. وإلى مَنْ حَبَّبَ إِلَيَّ العِلْمَ وطيب الخصال والديّ أبي وأمي حفظهما الله، وإلى سندي بعد الله زوجي وإخوتي وبناتي الذين أفاضوا بكل سبل العون حتى بلغ البحث غاية رحلته فسلمهم الله .

ويطيب لي ان أتقدم بوافر امتناني إلى رئاسة جامعة الموصل و عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة بجميع كادرها ابتداءً بعميدها الاستاذ الدكتور قيس اسماعيل المحترم ورئيس قسم علوم الحياة الدكتور محمد سعيد واساتذتها لما قدموه لي من معلومات قيمة على المستويين العلمي والعملية، ومن الوفاء أن أتقدم بالشكر والتقدير الى كافة زملائي لدعمهم لي طوال مدة الدراسة . وايماننا مني بمشاعر الوفاء لاساتذتي الكرام...أتقدم بخالص شكري وتقديري الى الدكتور عبد العزيز يونس الصفاوي والدكتورة ازهار عبد الجبار والدكتور حسين صابر والدكتور طه عبد الوهاب لما قدموه من مساعدة علمية وعملية وملاحظات قيمة ، والدكتور عطاالله فهد والدكتورة سهيلة يعقوب لمساندتهم لي والدكتورة صفاء اسماعيل والدكتورة شمال لدعمهم المعنوي طيلة فترة الدراسة.

واخيراً أدين بالفضل لكل من أسهم وقدم عوناً،سواءً كان رأياً أو نصيحة أو مشورة قوّمت جانباً او عززت موقفاً او تشجيعاً او كلمة طيبة ومعتزفاً بالعجز عن واجب الشكر وعذراً لكل صاحب جهد مخلص فاتني ان اذكر اسمه بنية حسنة وعند الله خير الجزاء والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين والله الموفق.

الباحثة

المستخلص

جمعت اسماك *Alburnus mossulensis* من مياه نهر الخوصر في منطقة الشلالات من منتصف شهر تشرين الاول لعام 2020 والى شهر شباط 2021 ، بلغ معدل اوزانها 1.3غم اما معدل اطوالها فبلغ 4.5 سم.هدفت الدراسة الحالية الى دراسة التأثيرات الفسلجية للكادميوم والرصاص ومزيجيهما في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما. ومن اجل تحقيق اهداف الدراسة ، فقد درست الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات مياه نهر الخوصر (منطقة الشلالات) وتبين ان المعدل العام لدرجة حرارة الماء بلغ 22 م° ، اما معدل التوصيلية الكهربائية فقد تجاوز المحددات العالمية الكهربائية، فقد بلغ(1.228) دسي سمنز/ م. وان تركيز الكادميوم والرصاص ضمن الحدود الطبيعية المقبولة للمواصفات العراقية لحماية الموارد الطبيعية من التلوث وقد بلغت قيمتها(0.005) و (0.0351) ملغم/لتر على التوالي. وان معدل قيمة الرقم الهيدروجيني pH لعينات المياه بلغت (7.7). واطهرت نتائج العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنسيوم ان المياه من النوع العسر جدا،فقد بلغت قيم العسرة (316، 743،427) ملغم/لتر على التوالي.

من أجل اختيار التراكيز المطلوبة للكادميوم والرصاص، فقد اجري اختبار تحديد التركيز المميت الوسطي LC₅₀ لمدة 96 ساعة، والذي بلغ 29.638 ، 57.854 ملغم /لتر على التوالي . وزعت الاسماك في أربع مجاميع تجريبية تضمنت المجموعة الاولى الاسماك المعاملة بالماء منزوع الكلور كمجموعة ضابطة، أما المجموعة الثانية فقد عرضت للتركيز 15 ملغم/ لتر والذي يمثل ما يقارب 1/2LC₅₀ للكادميوم ،أما المجموعة الثالثة، فقد عرضت للتركيز 28 ملغم/ لتر والذي يمثل ما يقارب 1/2LC₅₀ للرصاص، أما المجموعة الرابعة فقد عرضت لمزيج(1/2LC₅₀ للكادميوم+1/2LC₅₀ للرصاص)، واختيرت الفترات(1،4،7،14) يوما.

أسفرت نتائج التراكم الحيوي للكادميوم والرصاص ومزيجهما في الاعضاء (الخياشيم و الدماغ و الاكباد والامعاء والعضلات) ان اعلى معدل للتراكم لوحظ عند المعاملة بالرصاص وحده، والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج ، وأن معدل تراكم المعدين (الكادميوم وحده والرصاص وحده) أكبر من معدل تراكمها في حالة مزجها مع بعضهما البعض ، وان اقصى مستوى للتراكم الحيوي وجد في الأمعاء يليها الخياشيم ثم الكبد فالدماغ واخيرا العضلات . اشارت نتائج دراسة تركيز مضادات الاكسدة غير الانزيمية المتمثلة بالكولوتائيون حدوث انخفاض معنوي في جميع المعاملات وفي جميع الاعضاء مقارنة بمجاميع السيطرة ، وأن أقل

تركيز وجد في الخياشيم والذي اختلف معنويا عن بقية الاعضاء، أما من حيث تاثير المعاملة فان اقل تركيز للكولوتائيون وجد عند المعاملة بالرصاص لوحده. اوضحت نتائج دراسة مضادات الاكسدة الانزيمية المتمثلة بالكاتاليز حدوث انخفاض في مستوى فعالية الكاتاليز في جميع الاعضاء والفترات مقارنة بمجموعة السيطرة، وأن أقل مستوى فعالية للكاتاليز وجد في الغلاصم ، والتي لم تختلف معنويا عن الدماغ، أما بالنسبة للمعاملات فإن أقل مستوى فعالية وجد في معاملة الاسماك بالمزيج والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص. أظهرت مستويات ترنخ الدهون (المالون ثنائي الدهايد) ارتفاعا بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ووجد أعلى ارتفاع معنوي عند معاملة الاسماك بالمزيج والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص، واحتل الدماغ المستوى الاعلى في ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهايد ولم يختلف معنويا عن الكبد .

كشفت نتائج الاختبارات الكيموحيوية حدوث ارتفاع في مستويات فعالية إنزيمات الفوسفاتيز القاعدي في (الكبد والعضلات) مقارنة بمجموعة السيطرة ، و أعلى مستوى فعالية للفوسفاتيز القاعدي وجد في فترة التعريض الاخيرة(14 يوما) ولوحظ اعلى معدل لمستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي في معاملة اعضاء الاسماك بالرصاص والذي اختلف معنويا عن السيطرة ولكنه لم يختلف معنويا عن معاملة المزيج، كما لوحظ حدوث ارتفاع في مستوى فعالية إنزيمي الأنين ترانس أمينيز والاسبارتيت ترانس أمينيز ، وأن أعلى مستوى لفعالية الانزيمين وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء، كما لوحظ أعلى مستوى للانزيمين عند معاملة الاسماك بالرصاص والذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة، لكنه لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج وبالكاديوم وحده. أما بالنسبة لتاثير المعاملات فاتخذ التدرج التالي معاملة الرصاص < معاملة المزيج (كادميوم ورصاص) < معاملة الكاديوم.

اوضحت الدراسة الحالية حدوث ارتفاع في تركيز سكر الكلوكوز بالمقارنة مع مجموعة السيطرة وان اعلى مستوى وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن بقية الاعضاء، اما من حيث تاثير المعاملات فان اعلى تركيز لسكر الكلوكوز وجد عند المعاملة بالرصاص والذي لم يختلف معنويا عن معاملة المزيج ومعاملة الكاديوم .

من ابرز نتائج الفحص المجهرى للشذوذات النووية لخلايا الدم الحمر المعاملة بالكاديوم والرصاص ومزيجهما ظهور خلايا الدم الحمر بشكل دمعة وهرم ومثلث ومغزل وظهور النواة المثلمة والصغيرة والمتبرعمة والكلوية فضلا عن تفجي النواة والسايوتوبلازم وتكثف الكروماتين عند حدود النواة وتجمع خلايا الدم الحمر بشكل نضائد(Rouleaux Formation)، وان ابرز

التغيرات لوحظت في الاسماك المعاملة بالمزيج اذ لوحظ تجزؤ النواة وتحللها فضلا عن تحلل الغشاء البلازمي.

اسفرت نتائج الفحص المجهرى عن حدوث تغيرات مرضية نسجية في غلاصم واكباد الاسماك المعرضة للكادميوم وللرصاص ومزيجهما ، تمثلت في الغلاصم بفرط تنسج ونزف الصفائح الاولية والثانوية وارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة فضلا عن توسف في الخلايا الظهارية وضمورها واحتقان الوعاء الدموي في الصفيحة الاولية . اما ابرز التغيرات النسجية في الكبد تمثلت بتورم بعض الخلايا الكبدية ونزف وتخر وتتكس وتفجى الخلايا الكبدية واحتقان الاوعية الدموية وارتشاح للخلايا الالتهابية احادية النواة .

تَبَيَّنَ المحتويات

الصفحة	العنوان	الفقرة
أ - ت		المستخلص
ث - ح		تَبَيَّنَ المحتويات
خ - ذ		تَبَيَّنَ المختصرات
ر - س		تَبَيَّنَ الجداول
ش - ض		تَبَيَّنَ الاشكال
ط - غ		تَبَيَّنَ الصور
3-1	الفصل الاول : المقدمة	
1	المقدمة	1
3	اهداف الدراسة	1-1
28-4	الفصل الثاني : استعراض المراجع	
4	تلوث المياه	1-2
10	التراكم الاحيائي	2-2
11	الجزور الحرة	3-2
13	مضادات الاكسدة	4-2
18	بيروكسدة الدهون	5-2
20	الاجهاد التاكسدي في الاسماك	6-2
21	المتغيرات البيوكيميائية لبعض الانزيمات المعرضة للكادميوم والرصاص ومزيجيهما	7-2
23	سكر الكلوكوز	8-2
24	تأثيرات الكادميوم والرصاص ومزيجهما على الشذوذات المظهرية لخلايا وانوية الدم الحمر في الاسماك	9-2
25	تأثيرات الكادميوم والرصاص ومزيجهما على نسيج الغلاصم	10-2
27	تأثيرات الكادميوم والرصاص ومزيجهما على نسيج الكبد	11-2
45-29	الفصل الثالث : مواد وطرائق العمل	
29	الاجهزة المختبرية	1-3
30	جمع عينات الأسماك	2-3
30	تجهيز العينات	3-3

الصفحة	العنوان	الفقرة
31	تجهيز المحلول القياسي للكادميوم والرصاص	4-3
31	تقدير متوسط التركيز القاتل LC ₅₀ للكادميوم والرصاص	5-3
32	التصميم التجريبي	6-3
33	القياسات الفيزيوكيميائية لعينات مياه نهر الخوصر (الشلالات)	7-3
34	التراكم الاحيائي لكل من الكادميوم والرصاص ومزيجيهما في انسجة اعضاء الاسماك	8-3
35	تقدير تركيز الكلوتاثايون (مضادات اكسدة غير انزيمية) في انسجة اعضاء الاسماك	9-3
36	تقدير مستوى فعالية انزيم الكاتاليز (مضادات اكسدة انزيمية) في انسجة اعضاء الاسماك	10-3
38	تقدير مستوى فعالية ترنخ الدهون (المالوندايديهايد) في انسجة اعضاء الاسماك	11-3
39	تقدير مستوى فعالية الانزيمات في نسج الاسماك	12-3
42	تقدير تركيز الكلوكوز	13-3
43	دراسة الشذوذات المظهرية لخلايا وانوية الدم الحمر	14-3
43	تحضيرات المقاطع النسجية	15-3
45	التحليل الإحصائي	16-3
79-46	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة	
46	الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات مياه نهر الخوصر (الشلالات)	1-4
47	تحديد متوسط التركيز القاتل LC ₅₀ الكادميوم و للرصاص	2-4
49	التراكم الاحيائي للكادميوم والرصاص ومزيجهما في خياشيم ،ودماغ ،واكباد،وامعاء وعضلات اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) يوما	3-4
55	تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى فعاليات مضادات الاكسدة غير الانزيمية الكلوتاثايون في (خياشيم ودماغ وكبد وامعاء وعضلات) سمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.	4-4
58	تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى فعالية مضاد الاكسدة الانزيمي (الكاتاليز) في انسجة(الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) لسمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.	5-4
61	تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى فعالية بيروكسدة الدهون المألون ثنائي الديهايد في انسجة(الخياشيم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) لسمكة	6-4

الصفحة	العنوان	الفقرة
	<i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما.	
64	القياسات الكيموحيوية لبعض الانزيمات المعرضة للكادميوم والرصاص ومزيجيهما	7-4
69	قياس مستوى الكلوكوز في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> المعرضة للكادميوم والرصاص ومزيجيهما	8-4
72	تأثير تركيز الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على خلايا الدم الحمر في اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما	9-4
75	تأثير تركيز الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على الخياشيم في اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما	10-4
77	تأثير تركيز الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على الكبد في اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما	11-4
81-80	الفصل الخامس: الاستنتاجات و التوصيات	
80	الاستنتاجات	1-5
81	التوصيات	2-5
131-82	المصادر العربية والانكليزية	
82	المصادر العربية	
131-83	المصادر الانكليزية	
A-C	Abstract	

ثَبَّتِ المختصرات

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
ALP	Alkaline phosphatase	الفوسفاتيز القاعدي
ALT	Alanine transaminases	الألانين ترانس أمينيز
AST	Aspartate transaminases	الأسبارتيت ترانس امينيز
BN	Bud Nuclear	النواة المتبرعمة
C	Congestion	احتقان
CAT	Catalase	الكاتاليز CAT
Cd	Cadmium	الكادميوم
CV	Cytoplasm Vacuolization	تفجي الساييتوبلازم
Cv	Central veins	الوريد المركزي
D	Desquamation	توسف الخلايا الظهارية
De	Degeneration	تتكس
DNA	Deoxyribonucleic acid	الحمض النووي الرايبي منقوص الأوكسجين
DS	Dilatation Blood Sinusoids	توسع الجيبانيات الدموية
DTNB	Dithiobis Nitri Benzoic acid	حامض ثنائي ثيونيتروبنزويك
E	Eosin stain	صبغة الايوسين
F	Fusion	التحام الصفائح
FN	Fragmentary Nuclear	النواة المتجزئة
FR	Free Radicals	الجذور الحرة
G6PDH	Glucose-6-phosphate dehydrogenase	الكلوكوز 6 فوسفات نازعة الهيدروجين
GR	Glutathione Reductase	جذر الكلوتاثيون
GSH	Glutathione	الكلوتاثيون
GSSG	Glutathione disulfide	ثاني كبريتيد الكلوتاثيون
He	Hemorrhage	نزف
H	Hematoxylin stain	صبغة الهيماتوكسلين
H ₂ O ₂	Hydrogen peroxide	بيروكسيد الهيدروجين
HC	Hepatic Cell	خلية كبدية

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
HM	Heavy metals	المعادن الثقيلة
HV	Vacuolization Hepatic Cell	تفجي الخلية الكبدية
Inf	Infiltration of leucocyte	ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة
KC	Kupffer Cell	خلايا كوبفر
KN	Kidney Nuclear	النواة الكلوية
LC ₅₀	Lethal Concentration 50	متوسط التركيز القاتل
LN	Lateral Nucleus	النواة الجانبية
MDA	Malondialdehyde	مالون ثنائي الالديهيد
MN	Micronucleus	النواة الصغيرة
MTs	Metallothioneins	ميتالوثاينونين
N	Notched nucleus	النواة المثلمة
Ne	Necrosis	تنخر
NV	Vacuolization Nuclear	تفجي النواة
O ₂ •	Superoxide	الأوكسيد الفائق
OH	Hydroxyl radical	جزر الهيدروكسيل
P	Pyramid Shape cell	خلايا دم هرمية الشكل
Pb	Lead	الرصاص
PL	Primary lamellae	الصفائح الأولية
RF	Rouleaux Formation	خلايا دم بشكل نضائد
RNS	Reactive Nitrogen Species	أنواع النيتروجين الفعالة
ROS	Reactive Oxygen Species	أنواع الأوكسجين الفعالة
S	Sinusoids	الجيبانيات
SC	Sickle Cell	خلايا دم منجلية الشكل
SL	Secondary lamellae	الصفائح الثانوية
SM	Smudge Cell	النواة المعجرة
SOD	Superoxide dismutase	الديسموتيز الفائق
SW	Swelling	تورم

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
T	Triangular Shape	خلايا دم مثلثة الشكل
TBA	Thiobarbituric acid	حامض الثايوباربيتويك
TC	Tear cell	خلايا دم دمعية الشكل
TCA	Trichloroacetic acid	ثلاثي كلورو حامض الخليك
VH	Vacuolization hepatic cell	تفجي الخلايا الكبدية
VN	Vacuolization hepatic nuclear	تفجي النواة الكبدية

تَبَيَّنَ الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
29	المعدات المستخدمة في عمل التجارب.	1-3
I	الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه نهر الخوصر (الشلالات).	1-4
I	العلاقة بين تركيز ثنائي كلوريد الكاديوم ومعدل النفوق لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لمدة (96) ساعة.	2-4
I	الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لثنائي كلوريد الكاديوم لفترة (96) ساعة.	3-4
II	العلاقة بين تركيز ثنائي كلوريد الرصاص ومعدل النفوق لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لمدة (96) ساعة.	4-4
II	الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لثنائي كلوريد الرصاص لفترة (96) ساعة.	5-4
III	التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكاديوم في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	6-4
IV	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	7-4
V	التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) يوم	8-4
VI	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	9-4
VII	التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	10-4
VIII	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	11-4
IX	التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	12-4
X	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	13-4

رقم الصفحة	عنوان الجداول	رقم الجدول
XI	A. معدلات التراكم الاحيائي للمعاملات في بعض اعضاء اسماك <i>mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.	14-4
XII	A. مستوى فعالية الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>mossulensis</i> لمدة (1) يوم	15-4
XIII	A. مستوى فعالية الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>mossulensis</i> لمدة (4) ايام	16-4
XIV	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	17-4
XV	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	18-4
XVI	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم .	19-4
XVII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام .	20-4
XVIII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام .	21-4
XIX	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما.	22-4
XX	مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	23-4
XXI	مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	24-4
XXII	مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	25-4
XXIII	مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	26-4

رقم الصفحة	عنوان الجداول	رقم الجدول
XXIV	مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في كبد سمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) ايام	27-4
XXV	مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في عضلات سمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1 و4 و7 و14) ايام	28-4
XXVI	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم .	29-4
XXVII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام .	30-4
XXVIII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام .	31-4
XXIX	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما	32-4
XXX	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم	33-4
XXXI	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام	34-4
XXXII	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام .	35-4
XXXIII	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما .	36-4
XXXIV	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم .	37-4
XXXV	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام .	38-4
XXXVI	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام .	39-4
XXXVII	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما .	40-4

تَبَيَّنُ الاشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
14	مخطط لاصناف مضادات الأوكسدة	1-2
21	تفاعلات ALT	2-2
22	تفاعلات AST	3-2
36	المنحنى البياني القياسي لتحديد مستوى فعالية عالية فعالية GSH	3-3
XXXVIII	متوسط قيم 96LC50 لاسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لتراكيز من الكادميوم.	1-4
XXXVIII	متوسط قيم 96 LC50 لاسماك <i>A. mossulensis</i> المعرضة لتراكيز من الرصاص.	2-4
XXXIX	التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	3-4
XXXIX	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	4-4
XL	التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) يوم	5-4
XL	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	6-4
XLI	التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	7-4
XLI	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	8-4
XLII	التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	9-4
XLII	التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما.	10-4
XLIII	مقارنة معدلات التراكم الاحيائي لتاثير المعاملات مع مجموعة سيطرتها للفترات (1و4و7و14) يوما	11-4
XLIII	معدلات التراكم الاحيائي للمعاملات في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1و4و7و14) يوما	12-4

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
XLIV	معدل التراكم الاحيائي في بعض اعضاء اسماك <i>A. mossulensis</i> للفترات (1و4و7و14) يوما ولجميع المعاملات	13-4
XLV	مستوى فعالية الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	14-4
XLV	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	15-4
XLVI	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	16-4
XLVI	تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	17-4
XLVII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم .	18-4
XLVII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	19-4
XLVIII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام .	20-4
XLVIII	مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	21-4
XLIX	مستوى فعالية المالوندايديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (1) يوم	22-4
XLIX	مستوى فعالية المالوندايديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (4) ايام	23-4
L	مستوى فعالية المالوندايديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (7) ايام	24-4
L	مستوى فعالية المالوندايديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لمدة (14) يوما	25-4
LI	مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في كبد سمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1و4و7و14) ايام	26-4
LI	مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في عضلات سمكة <i>A. mossulensis</i> للفترات (1و4و7و14) ايام	27-4

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
LII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم .	28-4
LII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام .	29-4
LIII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام	30-4
LIII	مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما .	31-4
LIV	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم .	32-4
LIV	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام .	33-4
LV	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام .	34-4
LV	مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما .	35-4
LVI	مستوى الكلوكوز (ملغم / لتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (1) يوم .	36-4
LVI	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (4) ايام .	37-4
LVII	مستوى الكلوكوز (ملغم / لتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (7) ايام .	38-4
LVII	مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة <i>A. mossulensis</i> لفترة (14) يوما .	39-4

تُبث الصور

رقم الصفحة	العنوان	تسلسل الصورة
30	منطقة جمع اسماك <i>A. mossulensis</i>	1-3
31	سمكة <i>A. mossulensis</i>	2-3
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> مجموعة السيطرة	1-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. Mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم	2-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 1يوم	3-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 1 يوم	4-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 1يوم	5-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم	6-4
LIV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم	7-4
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام	8-4
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام	(9-4)
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام	10-4
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام	11-4
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام	12-4

رقم الصفحة	العنوان	تسلسل الصورة
XLI	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام	13-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام	14-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام	15-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام	16-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام	17-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام	18-4
XLIII	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام	19-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما	20-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما	21-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما	22-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما	23-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما	24-4
LXV	خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما	25-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> (مجموعة السيطرة)	26-4

رقم الصفحة	العنوان	تسلسل الصورة
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم	27-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 1 يوم	28-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم	29-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام	30-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام	31-4
LXVII	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام	32-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام	33-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام	34-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام	35-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما	36-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما	37-4
LXIX	صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما	38-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> مجموعة السيطرة	39-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم	40-4

رقم الصفحة	العنوان	تسلسل الصورة
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصااص فترة 1 يوم	41-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم	42-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام	43-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصااص فترة 4 ايام	44-4
LXXI	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام	45-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام	46-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصااص فترة 7 ايام	47-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام	48-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما	49-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالرصااص فترة 14 يوما	50-4
LXXIII	صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة <i>A. mossulensis</i> المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما	51-4

الفصل الأول
المقدمة

Introduction

الفصل الاول

المقدمة

أصبح التلوث البيئي Environmental pollution بالمعادن الثقيلة Heavy metals (HM) مشكلة متزايدة ومصدر قلق كبير في جميع انحاء العالم بسبب تزايد التلوث من المصادر الصناعية والزراعية والكيميائية والمنزلية والتكنولوجية فضلا عن الظواهر الطبيعية كالتدوير الطبيعي للمعادن على الأرض، وانفجارات البراكين ، والتي بدورها تسبب تلوثا للمياه والتربة والهواء الجوي، إذ تسبب المعادن الثقيلة تأثيرات ضارة على جميع الكائنات الحية اما عن طريق الهواء أو الماء أو الغذاء الملوث بها، اذ ترتبط المعادن بالتراكيب الخلوية والبروتينات وبالتالي تعمل على الاخلال بالوظائف الحيوية الأساسية (Aprile and Bellis, 2020). ان مصطلح المعادن الثقيلة يتضمن نطاقا واسعا لمجموعة المعادن والفلزات ذات كثافة ذرية أعلى من 5 غم/سم³ وتشمل المعادن الثقيلة السامة الاساسية Essential toxic metals والمعادن غير الأساسية Non-essential toxic metal (Engwa et al.,2019). إنَّ الكميات المتزايدة من المعادن الثقيلة في البيئات المائية تتراكم في أجسام الكائنات الحية الموجودة فيها (Arantes et al.,2016) ، وان هذا التراكم النسجي يسبب العديد من الأمراض الخطيرة مثل السرطان cancer، فضلا عن حدوث العديد من التغيرات الفسيولوجية والمرضية النسجية للكائنات الحية (Engwa et al.,2019).

يعد الكاديوم Cadmium أحد المعادن الثقيلة الموجودة في البيئة بشكل طبيعي، تقدر نسبته في قشرة الارض بحوالي (0.1) جزء من المليون. لون معدن الكاديوم النقي ازرق، كما يوجد بشكل مسحوق ابيض اللون (NTP,2016) ، يعتبر الكاديوم مادة سامة تراكمية يتراوح نصف عمره (10 - 33) سنة ويعد النظام الغذائي المصدر الرئيسي للتعرض للكاديوم (Clemens et al.,2013). يحدث التعرض للكاديوم من خلال تناول الطعام أو شرب المياه او استنشاق الهواء او الغبار الملوث به ، مسببا تراكمه في انسجة الجسم (Schaefer et al., 2020)، وبالتالي حدوث الإجهاد التأكسدي Oxidative Stress (Nair et al.,2013).

يعد الرصاص Lead من اكثر المعادن الثقيلة الموجودة في البيئة وتسبب اثاره السامة مشاكل بيئية وصحية بسبب ثباته في البيئة، لونه رمادي مزرق موجود في قشرة الارض وقد أسهمت الأنشطة الصناعية في زيادة كمياته في البيئة. يعتبر الرصاص احد المعادن المسببة للعديد من التأثيرات الضارة على الكائنات الحية وبنفس الوقت ليس له اي دور وظيفي. وتكمن خطورته في سميته العالية ، فضلا عن تراكمه في الخلايا الحية (Tiwari et al.,2013).

تتنوع المصادر المشتركة للرصاص والكاديميوم في الطبيعة بما في ذلك العمليات الطبيعية والبشرية كاحتراق الفحم والزيوت المعدنية ووحيدات معالجة التعدين و السبائك وصناعات الطلاء وبطاريات السيارات (Patra et al.,2007). ان التعرض المشترك لهذين المعدنين السامين قد تكون له سمية خلوية تآزرية Synergistic Cytotoxicity او متضادة Antagonistic Effects ، أن آليات الدفاع الخلوي قد تزداد عند التعرض لتراكيز عالية من مزيج الرصاص والكاديميوم ، ومنها تحفيز تصنيع الميتالوثيونين (Bae et al.,2001).
تتعرض أسماك المياه العذبة الى العديد من الملوثات البشرية ، ويعد الرصاص Pb والكاديميوم Cd اكثرها شيوعا، تتصف هذه المعادن بقدرتها على التأثير على المستوى الخلوي والذي يمكن أن يؤثر على المايتوكونديريا وموت الخلايا المبرمج Apoptosis فضلا عن التأثير على النواقل العصبية (Kovacic,2017) ، مما يتسبب بحدوث الإجهاد التأكسدي Oxidative Stress نتيجة زيادة إنتاج أنواع الاوكسجين الفعالة (Reactive Oxygen Species (ROS) وعدم قدرة مضادات الأكسدة Antioxidants على اكتساح ROS داخل جسم الكائن الحي (Hasan et al.,2017).

إن تلوث المياه هو القضية التي اشغلت الدول في جميع أنحاء العالم. اذ غالبًا ما تتلوث النظم البيئية المائية بمواد سامة مختلفة نتيجة الأنشطة البشرية المسببة للتلوث (Tashla et al.,2018 b). يعد نهر الخوصر من الانهار المحلية الصغيرة الذي لا يتجاوز تصريفها في الاوقات الاعتيادية 11.36 (م³/ثانية)، يوجد في منطقة الشلالات، وبسبب مروره بمناطق زراعية ووجود عدد من مربي الماشية الذين يستخدمون مياهه بسبب عدم وجود مورد مائي بديل وعند مروره بمدينة الموصل تصب فيه مصبات مياه مجاري العديد من المناطق السكنية والصناعية ومن دون أي معالجة ،مما جعل مياهه ملوثة بدرجة عالية (Al-Tayyar and Al-Mandel, 2018).

تعد الأسماك السلسلة النهائية لشبكة الغذاء المائي ومصدر غذائي مهم للإنسان والحيوان ، تستوطن سمكة *Alburnus mossulensis* في حوض نهري دجلة والفرات في العراق وتركيا ، والأحواض المجاورة لها في إيران (Coad, 2010). تغذيتها مختلطة مع سيادة المكونات الحيوانية مثل الحشرات المائية ويرقاتها والقشريات والدايتومات والقواقع والاسماك والنواعم فضلا عن الطحالب والنباتات المائية (محمد واخرون،2016). يتاثر تركيب المجتمع السمكي بعدة عوامل تعكس تواجد وتنوع الأسماك في البيئة المائية ، تعد درجة الحرارة من الخصائص البيئية المؤثرة في النظام البيئي إذ لوحظ تحمل هذا النوع للارتفاع النسبي في درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والملوحة والعسرة ولذلك صنفت هذه الأسماك من الأنواع المتحملة للظروف البيئية الصعبة (حسين واخرون،2015).

1-1 : أهداف الدراسة The Aims of the Study

دراسة تأثير الكاديوم والرصاص ومزيجهما في الاسماك من حيث:

1. التراكم الاحيائي Bioaccumulation في بعض الاعضاء.
2. مستوى مضادات الاكسدة بنوعيتها غير الانزيمية (Glutathion(GSH) والانزيمية Catalase(CAT)).
3. مستوى تنزخ الدهون عن طريق قياس (Malondialdehyde (MDA).
4. مستوى فعالية الانزيمات (Alanine aminotransferase(ALT) ، Aspartate aminotransferase(AST) ، Alkaline phosphatase(ALP)).
5. قياس مستوى سكر الكلوكوز Glucose.
6. الشذوذات المظهرية في انوية وخلايا الدم الحمر .
7. التغيرات المرضية النسجية في الغلاصم والكبد.

الفصل الثاني

استعراض المراجع

Review Of Literature

الفصل الثاني استعراض المراجع

2-1 : تلوث المياه Water Pollution

تعد المعادن الثقيلة من أهم الملوثات البيئية، إذ أدى تقدم الصناعة إلى زيادة انبعاث الملوثات في النظام البيئي. توجد المعادن الثقيلة بمقدار ضئيل في البيئة المائية، إلا أن مستوياتها قد ازدادت بسبب المخلفات الصناعية، والبنية الجيوكيميائية، والأنشطة الزراعية والتعدين. تؤثر جميع مصادر التلوث هذه على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء والرواسب والمكونات البيولوجية إذ يختلف امتصاص وتراكم الملوثات المختلفة باختلاف النظم البيولوجية، يمكن أن يسبب التلوث البيئي التسمم والأمراض وحتى الموت للأسماك، مما يؤثر سلبيًا على جودة وكمية الأسماك (Zeitoun and Mehana, 2014).

تعد المعادن الثقيلة من العناصر الطبيعية في قشرة الأرض، ومن صفاتها الأساسية عدم قدرتها على التحلل كما أن كثافتها أكثر من خمسة أضعاف كثافة الماء. لها تأثيرات سلبية على البيئة عند الإفراط في استخدامها، فضلًا عن تأثيرها على الكائنات الحية بسبب قابليتها على التراكم الحيوي Bioaccumulative. يحتل الكاديوم والرصاص المرتبة الأولى في الأهمية من الناحية الصحية بسبب سميتها العالية، والتي تتسبب في حدوث تلفٍ للعديد من الأعضاء، حتى عند المستويات المنخفضة من التعرض (النعيمي، 2021 ب). يحدث تلوث البيئات المائية بالمعادن الثقيلة من خلال مصادر مختلفة مثل النفايات الصناعية Industrial waste، والنفايات المنزلية السائلة Domestic effluents، والصناعات المعدنية الأخرى، والنفايات الإلكترونية Electronics Waste ومصادر الغلاف الجوي Atmospheric sources، مسببة أمراضًا مختلفة للأسماك. ولأن الأسماك جزء من الاستهلاك البشري، فهي تؤثر بشكل غير مباشر على صحة الإنسان أيضًا. تتأثر السلسلة الغذائية بشكل كبير بإدخال المعادن الثقيلة عن طريق التلوث في المسطحات المائية والأنظمة البيئية المائية (Sonone et al., 2020).

تتراكم المعادن الثقيلة في أنسجة أعضاء الأسماك التي تعيش في المياه الملوثة بها، ويعتمد التراكم على تركيز المعادن، وزمن التعرض، وطريقة امتصاص المعادن، والظروف البيئية (درجة حرارة الماء، ودرجة الحموضة، والصلابة، والملوحة)، فضلًا عن العوامل الداخلية (عمر الأسماك، وعادات التغذية). إن معظم المعادن الثقيلة تتراكم بشكل رئيسي في الكبد Liver والكلية Kidney والخياشيم Gills، في حين وجد أدنى مستوى للتراكم في عضلات الأسماك بالمقارنةً بالأنسجة الأخرى، مسببًا في كثير من الأحيان أضرارًا هيكلية ووظيفية (Jeziarska and Witeska, 2006).

2-1-1: خواص عنصر الكاديوم والرصاص

Cadmium and Lead properties

كلمة الكاديوم مشتقة من الكلمة اللاتينية *cadmia* ومعناها كربونات الخارصين ، وفي اليونانية (*Kadmeia*) . اكتشف الكاديوم من قبل العالم الألماني Friedrich Stromeyer عام 1817 ، العدد الذري له 48 ، كتلته الذرية 112 غرام.مول⁻¹ ، نقطة انصهاره 321 درجة مئوية ، ونقطة غليانه 765 درجة مئوية. عديم الرائحة والطعم وهو شديدة السمية، تشكل أيونات الكاديوم أملاحًا قابلة للذوبان الكاديوم معدن لين، قابل للسحب، فضي مائل للأبيض عدده التاكسدي Cd⁺² في معظم مركباته (النعيمي،2021 أ).

كلمة الرصاص مشتقة من الكلمة اللاتينية *Plumbum* (Boldyrev,2018) وهو معدن معروف منذ القدم لسهولة الحصول عليه من فلزاته، فقد عثر على تماثيل وأدوات مصنوعة منه في قبور المصريين القدماء، كما عثر عليه في آثار تعود إلى الحضارة الإيجية (1400-1100 ق.م) في جنوب اليونان. الرصاص عنصر كيميائي عدده الذري 82 ورمزه الكيميائي Pb كتلته الذرية 207.2 غرام.مول⁻¹ ، درجة انصهاره 327.5 درجة مئوية ، ودرجة غليانه 1740 درجة مئوية(النعيمي،2021 أ) وهو معدن ثقيل أكثر كثافة من معظم المواد الشائعة. الرصاص طري وقابل للطرق وله نقطة انصهار منخفضة نسبيًا عند قطعه حديثًا ، يكون الرصاص فضيًا مع لمسة من اللون الأزرق ، يتحول إلى لون رمادي باهت عند تعرضه للهواء. (Boldyrev,2018) توجد مركبات الرصاص بشكل أساسي في حالات الأكسدة Pb²⁺ أو Pb⁴⁺، وتكون الحالة الأولى أكثر شيوعًا (النعيمي،2021 أ).

2-1-2 : استخدامات الكاديوم والرصاص في الصناعة

Uses of Cadmium and Lead in industry

يستخدم الكاديوم في العديد من الصناعات كالطلاء الكهربائي و أقطاب اللحام والألواح الشمسية والأصباغ الملونة المستخدمة في البلاستيك وفي أنواع مختلفة من الدهانات وفي البلاستيك. نظرًا لقدرته على تقوية النحاس وزيادة مقاومته الميكانيكية في درجات حرارة مرتفعة ، فإنه يدخل في سبائك النحاس والكاديوم ، والتي تُستخدم في مشعات السيارات. يمكن أن يعمل الكاديوم كعنصر إلكتروني في البطاريات القلوية (Nordberg *et al.*,2015).

يستخدم الرصاص في بطاريات الرصاص الحمضية واغطية الاسلاك ،وفي مواد اللحام، والذروع في المفاعلات الذرية، وحاويات تخزين للمواد المشعة، وفي الطلاء والسيراميك، والصناعات الكيميائية والبناء، وحروف الطباعة ، وبنزين الطائرات، و طلاء المنازل والرصاص رباعي الإيثيل tetraethyl lead الموجود في البنزين (Wani *et al.*,2015) .

اما مزيج الكاديوم و الرصاص فيوجد الكاديوم في خامات الرصاص الحاملة للزنك lead-zinc، أو خامات معقدة مثل النحاس ، والرصاص ، والزنك copper-lead-zinc ores (Morrow,2010). كما تُعرف سبائك القصدير والرصاص والبيزموت والكاديوم ، التي تذوب عند 70 م° ، باسم Woods metal وتستخدم في ربط مكونات السيراميك والزجاج بالإطارات المعدنية والهياكل المعدنية (Milne,2005)

2-1-3 : آلية عمل معدني الكاديوم والرصاص في الاسماك

Mechanism of action of Cadmium and Lead in fish

صنفت الوكالة الأمريكية لتسجيل المواد السامة والأمراض الـ Cd في المرتبة السابعة و الـ Pb في المرتبة الثانية في قائمة المواد الخطرة (ATSDR,2019). يدخل الكاديوم الى اجسام الاسماك إمّا بشكل مباشر من خلال التعرض لوسط مائي ملوث به ، أو بشكل غير مباشر من خلال استهلاكها للاغذية الملوثة به (USEPA,2002). في الحالة الاولى يتم امتصاص الكاديوم بشكله الأيوني الحر (Cd^{++}) من الماء عن طريق الخياشيم التي تعتبر نقطة الدخول المباشرة والرئيسية للمعادن الذائبة (Okocha and Adedeji, 2011) عادة ما يتم امتصاص الأيونات من قبل خلايا الكلوريد Chloride cell في الخياشيم بآلية الانتشار السليبي Passive diffusion او النقل بوساطة حامل carrier mediated transport . أن الكاديوم يدخل الخلية من خلال قنوات أيونات الكالسيوم ويتفاعل مع المكونات السيتوبلازمية مثل الإنزيمات الأيضية Metabolic enzymes والميتالوثيونين (Rodríguez *et al.*, 2015). أن التقارب العالي لايون Cd^{2+} لموقع ربط Ca^{2+} في الخياشيم يسهل دخوله من خلال الجانب القمي لخلايا الكلوريد يمكن للكاديوم أيضاً الارتباط بالموقع النشط لـ Ca^{2+} -ATPases الموجودة على الجانب القاعدي لخلية الكلوريد مما يسهل انتقال الكاديوم الأيوني إلى الدورة الدموية (Okocha and Adedeji, 2011). أما الامتصاص غير المباشر فيتم عن طريق الاغذية عندما تتلغ الاسماك الكائنات الحية ذات المستوى الغذائي الأدنى الحاوية على معادن متراكمة بيولوجياً (Li *et al.*,2009) اذ يتم امتصاص المعادن المرتبطة بالمواد العضوية عن طريق الأمعاء اذ يعمل الجهاز الهضمي كطريق رئيسي لامتصاص المعادن في الأسماك ، كما أن جزءاً صغيراً من الكاديوم الموجود بشكله المذاب في الماء قد يتم امتصاصه مباشرة من خلال الجلد أيضاً. وعادة ما يتم امتصاص المعادن المرتبطة بالمواد العضوية في الأمعاء عن طريق الالتقام الخلوي Endocytosis (Sumet and Blust, 2001). بعد الامتصاص ، يتم توزيع الكاديوم في الكائنات الحية عن طريق خلايا الدم الحمر Red Blood Cells (RBCs) أو البروتينات. ترتبط كمية كبيرة من الكاديوم في خلايا الدم الحمراء بالبروتينات عالية الوزن الجزيئي ، في حين ترتبط كمية صغيرة بالهيموغلوبين (Swiergosz-Kowalewska, 2001)

يعد النظام المكون للدم أحد أكثر الأنظمة حساسية للكاديوم والرصاص، ولا يمثل الدم وسيلة النقل فحسب ، بل يمثل أيضًا هدف السمية الحرجة للـ Cd و Pb (Abadin et al., 2007; ATSDR, 2012). ينقل الدم الكاديوم إلى الكبد، إذ يعمل على تحفيز تكوين الميتالوثيونين (MTs) وهو عبارة عن بروتينات ترتبط بالمعادن منخفضة الوزن الجزيئي لها دور مهم في عملية التمثيل الغذائي والحماية من سمية المعادن الثقيلة (Nordberg and Nordberg, 2009). تقوم MTs بنقل وإزالة السموم والارتباط بالـ Cd. بعد الامتصاص يرتبط الكاديوم بالألبومين وينتقل عبر الدم إلى الكبد بعدها يتحرر من الكبد ويدخل الكاديوم المرتبط بـ الميتالوثيونين البلازما ويتضح في الترشيح الكبيبي للكلية إذ يتم إعادة إطلاقه داخل الخلايا بواسطة خلايا الأنابيب الكلوية في هذه المرحلة يتم فصل الكاديوم من مركب MT-Cadmium عن طريق التأثير الليزوزومي Lysosomal ويتم اخراج أيونات Cd^{2+} مع السوائل والتخلص منها في النهاية عن طريق البول (Annabi et al., 2011) يُعتقد أن التأثيرات السامة ناتجة عن الشكل الأيوني الحر للكاديوم ، والذي يسبب سمية حادة ومزمنة في الاعضاء الرئيسية للكائنات المائية عن طريق تعطيلها بالدرجة الأولى لتوازن الكالسيوم والتسبب في أضرار مؤكدة ، إذ يتنافس الكاديوم مع الكالسيوم في مواقع الارتباط في الغشاء الخيشومي ويمنع امتصاص الكالسيوم من الماء عن طريق امتصاص الأيونات في قنوات الكالسيوم المتخصصة الموجودة في خلايا الميتوكوندريا الغنية بالكلوريد، يؤدي هذا التأثير على مواقع الارتباط في الغشاء الخيشومي الى حدوث انسداد حاد في قنوات امتصاص الكالسيوم مما يتسبب في نقص الكالسيوم وتراكم الكاديوم في دم وانسجة الاسماك فضلا عن انخفاض تراكيز الكالسيوم في البلازما (EPA, 2016).

يعد الإجهاد التأكسدي الناجم عن الكاديوم أحد الآليات المسؤولة عن العديد من أمراض الكبد والكلية ، ويحدث تلفا للميتوكوندريا التي تعد من الأهداف الرئيسية للكاديوم ، عن طريق اعتراض سلسلة نقل الإلكترونات في الميتوكوندريا من خلال اعاقه تدفق الإلكترونات عبر المركب III معقد السيتوكروم bc1 complex Cytochrome bc1 complex. كما يمكن أن يؤدي الإنتاج المفرط لـ ROS إلى أكسدة الجزيئات الكبيرة ، وإزالة الاستقطاب من غشاء الميتوكوندريا ، وحدوث طفرة في Mitochondrial DeoxyriboNucleic Acid (mtDNA) ، وموت الخلايا المبرمج . فضلا عن ذلك ، يعطل الكاديوم الفسفرة التأكسدية وبالتالي فانها تنتج طاقة أقل من ثلاثي ادينوسين الفوسفيت Adenosine Triphosphate (ATP) والمزيد من ROS مما يؤدي إلى احداث الضرر التاكسدي للجزيئات المختلفة ، مثل الحمض النووي والإنزيمات والفوسفوليبيدات الغشائية (Genchi et al., 2020).

يدخل الرصاص Pb^{+2} من خلال الخياشيم (بالتنافس مع أيون الكالسيوم Ca^{+2})، ويغير التركيب الشكلي للخياشيم عندما يلتصق بالمخاط (Mobarak and Sharaf, 2011). ثم يدخل الى مجرى الدم ويتراكم في الكبد ليتم استقلابه (ATSDR,2017). يمكن أن يدخل أيضًا من خلال مسار الجهاز الهضمي عن طريق استهلاك نظام غذائي ملوث أو عن طريق الجلد ، مما يتسبب في أضرار جسيمة لأنسجة الاعضاء. نظرًا لتمكن Pb عبور حاجز الدم في الدماغ Blood-brain barrier ، فإنه يظهر درجة عالية من الضرر العصبي (Ju-Wook *et al.*, 2019). أن الرصاص يمكن أن يتراكم بيولوجيًا في أنسجة مختلفة من الأسماك ويمكن أيضًا انتقاله بيولوجيًا مع السلسلة الغذائية (Khan *et al.*, 2020). عندما يدخل الرصاص إلى خلية الدم الحمراء ، يرتبط معظمه بالهيموجلوبين hemoglobin بدلاً من غشاء خلايا الدم الحمراء (Abadin *et al.*, 2007). وبعد الامتصاص يسير في مجرى الدم (OSHA,2017). والسبب الرئيسي لسميته تكمن في اخلاله لوظائف الإنزيمات من خلال الارتباط بمجموعات السلفاهيدريل sulfhydryl groups في العديد من الإنزيمات (Rudolph *et al.*, 2003) أو تقييد وإزاحة المعادن الأخرى التي تعمل كعوامل مساعدة في العديد من التفاعلات الأنزيمية (Dart *et al.*, 2004) تؤدي السمية شبه المميتة للرصاص في الأسماك إلى تأثيرات دموية hematological effects. من المعروف أن الرصاص يسبب الموت المبكر لخلايا الدم الحمر الناضجة وتثبيط تكوين الهيموجلوبين من خلال الانخفاض في نشاط نازعة هيدرات حامض الليفولينك δ -amino levulinic acid dehydratase في خلايا الدم الحمراء مما يؤدي الى حدوث فقر الدم Anemia عند التعرض العالي للرصاص (Fernandez *et al.*, 2015) في أسماك المياه العذبة ، يتم بواسطة الخياشيم تعويض تدفق المياه التناضحية Osmotic water عن طريق إفراز كميات كبيرة من البول المخفف لتعويض الأيونات المفقودة مثل Na^{+} و Cl^{-} (Hinić-Frlog, 2021). بالنظر إلى أن الخياشيم هي المواقع الرئيسية للتنظيم التناضحي والأيوني في الأسماك ، فإن أي تغييرات في شكل الخياشيم قد يؤدي إلى حالة تناضحية وأيونية مضطربة اذ تعرضها لتركيز عالية من الرصاص تؤدي الى نسبة أعلى من الآفات النسيجية المرضية ،كزيادة في الخلايا الظهارية وتضخم وتمدد الأوعية الدموية (Martinez *et al.*, 2004).

2-1-4 : الأسماك كمؤشر بيولوجي للتلوث

fish as bio-indicator of pollution

توفر الاسماك العديد من المزايا المحددة في وصف الخصائص الطبيعية للنظم المائية وفي تقييم التغيرات الحاصلة في البيئات المائية (Lamas *et al.*,2007) ،اذ لديها القدرة على الامتصاص وتركيز المعادن مباشرة من المياه المحيطة أو بشكل غير مباشر من غيرها من الكائنات الحية مثل الأسماك الصغيرة واللافقاريات والنباتات المائية (Polat *et al.*,2015). المعادن الثقيلة قادرة على الإخلال بالآليات الفسيولوجية والكيموحيوية في الأسماك التي تعد من المكونات البيئية الهامة، فضلا عن كونها مصدر مهم للغذاء (Ljubojević *et al.*, 2014).

إنَّ المعادن الثقيلة غير الأساسية مثل Cd و Pb ليس لها وظيفة بيولوجية ، وتزداد سميتها بزيادة تركيزها وهي معروفة بقدرتها على تحفيز الإجهاد التأكسدي عن طريق انواع الأوكسجين الفعالة (Tashla *et al.*, 2018a). ويتجلى التأثير السام للمعادن بشكل تشوهات في الشكل الخارجي أو في التأثير الوظيفي ، أو وفاة الاسماك الأكثر حساسية (Jitar *et al.*, 2014).

2-1-4-1: اسماء *Alburnus mossulensis* السمnan الطويل "Semnan tuyel"

Alburnus mossulensis (Heckel,1843)

Kingdom: Animalia

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Order: Cypriniformes

Family: Cyprinidae

Genus: *Alburnus*

كما ان الاسم *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel,1843) هو من مرادفات النوع اعلاه . تنتشر *A. mossulensis* ، في قارة آسيا ، من حوضي دجلة والفرات الى الأجزاء العليا لدلتا أنهار كاماسيب Gamasiab وكور Kor وماداد Madad وكول Kul في ايران وكذلك في الأنهار التي تتبع من جبال زاكروس وتصب في نهر دجلة أو في حوض الخليج العربي (Yousefian *et al.*,2013). كما تنتشر في نهر كاراسو Karasu وفي بحيرة سد دام كيبان Keban Dam على نهر الفرات وبحيرة فان في تركيا (Sönmez *et al.*,2012). وفي سوريا اما في العراق فتوجد في أنهار دجلة والفرات وديالى والزاب الكبير والصغير وشط العرب وروافده وايضا في البحيرات مثل بحيرة الحبانية والرزازة والثرثار وخزان سد حديثة. من الاسماء الشائعة التي اطلقت عليها سمnan، سيمان، سمnan الطويل، السنك، اللصاف و زوري في الموصل (Coad,

(2010). لون جسم السمكة فضي مائل الى اللون الاحمر البني ، تكون الجهة الظهرية متغيرة اللون اذ يغلب عليها اللون الازرق او البني المحمر او الاسود المزرق أو اللون الأسود. يكون لون الخط الجانبي رصاصي داكن ويكون عرضه مساويا لقطر عين السمكة تقريبا. يبلغ أقصى طول لها حوالي 18 سم، وأقصى وزن لها 62 غم. للسمكة جسم مستطيل الشكل ومضغوط نسبيا ، الفم صغير ومستعرض، الشفاه رقيقة ، الفك السفلي اطول بقليل من الفك العلوي، والحرشف في الجزء الخلفي تحوي على العديد من النقاط السوداء (الرديني واخرون ، 2008). الزعانف الظهرية والشرجية والذنبية يغلب عليها اللون الأسود، تحتوي الزعنفة الذنبية عند قاعدتها بقعة سوداء ، بينما يغلب اللون الاصفر او الاحمر على قاعدة الزعانف الصدرية ،والحوضية والشرجية (Coad, 2010). ان نشاط وشدة التغذية لأسماك السمnan الطويل مستمر على مدار السنة ولكن بقيم متفاوتة بين الأشهر و ان أعلاها تكون في الأشهر الدافئة (محمد واخرون،2016).

ان المتغيرات البيئية تساهم في توزيع وانتشار وتواجد اسماك *A. mossulensis* اذ لوحظ هيمنة الاسماك الصغيرة وذلك لامتلاكها خصائص وظيفية متنوعة تمكنها من البقاء والتواجد في مدى متباين لقيم الرقم الهيدروجيني pH ،درجات الحرارة ،والملوحة (Abdullah,2019)، ومن التكيفات التي ساعدت الاسماك على الانتشار تمتعها بسمع حساس للغاية عبر جهاز Weberian وكذلك انتاج مادة كيميائية منبهة للخطر تحفز الاسماك الأخرى على الاختباء (Coad, 2010).

ان تلوث المياه بالمعادن الثقيلة والذي ارتبط ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة الزراعية والمنزلية والصناعية ادى الى ارتفاع حدة التغيرات الفسلجية والنسجية في أنسجة أسماك *A. mossulensis*. لذلك استخدمت كمؤشر حيوي للتلوث البيئي (Dane and Şişman,2020).

2-2 : التراكم الاحيائي Bioaccumulation

التراكم الحيوي والخصائص السامة للمعادن تعتمد إلى حد كبير على خصائص المعادن وعلى الظروف البيئية التي تتحكم في التوافر البيولوجي لهذه المعادن وأن التراكم الأحيائي والخصائص السامة تتجلى بشكل أكثر وضوحاً في المياه منخفضة القلوية (Moiseenko *et al* (2013). تتراكم المعادن الثقيلة في الأسماك والكائنات المائية الأخرى بطريقتين: التراكم المباشر عن طريق استهلاك المياه والغذاء الملوثين من خلال الجهاز الهضمي اذ يعتبر ذلك تعرضاً مباشراً، اما التراكم غير مباشر فيتم من خلال الأغشية المنفذة Permeable membranes مثل الجلد والخياشيم. يشير مستوى تركيز المعادن الثقيلة في الأسماك وأعضاء الكائنات المائية الأخرى إلى مستوياتها أيضاً في البيئة المحيطة بها. يمكن أن يتجاوز تراكم المعادن الثقيلة في

أعضاء الكائنات المائية أحياناً المستويات البيئية. يحدث التأثير السام عادةً عندما يتجاوز معدل الامتصاص آلية التمثيل الغذائي والتخزين وإزالة السموم (Rajeshkumar and Li 2018) تتمتع الأسماك أيضًا بخصائص التراكم البيولوجي ، إذ يمكن أن يحدث التراكم في الدماغ والكبد والعظام والكلى والمعدة والقلب والعضلات والجلد والفقرات (Zhao *et al.*, 2012). تتصف المعادن الثقيلة مثل الكاديوم (Cd) والرصاص (Pb) بقدرة على الثبات والتضخم الأحيائي biomagnification والتراكم بعد الوصول إلى حد معين في البيئة المائية (Li *et al.*, 2019; Martín *et al.*, 2015). إذ تتراكم المعادن الثقيلة في الأسماك ، و يتم نقلها أخيراً إلى حيوانات أخرى ضمن السلسلة الغذائية وبالتالي ، قد يكون لهذا الاضطراب آثار مميّزة على الكائنات المائية (Vardi and Chenji, 2020). تميل المعادن الثقيلة إلى الارتباط بالبروتينات والإنزيمات والحمض النووي الرايبوسومي منقوص الأوكسجين DNA والعديد من الجزيئات الحيوية الأخرى مما يؤدي إلى تشويه وتدمير تراكيها. ان التغيرات غير الطبيعية في أنشطة الإنزيمات مثل الديسموتيز الفائق (SOD) Superoxide dismutase والكاتاليز CAT والبيروكسيداز (GSHPx) peroxidase ، الكلوثاينون S- ترانسفيراز GSH sulfotransferase (GST) والأوكسيداز oxidase ، إلخ في الكائنات الحية ذات المؤشرات الحيوية تحدث استجابةً للتراكم الأحيائي للمعادن الثقيلة (Javed *et al.*, 2016).

2-3: الجذور الحرة Free Radicals

يمكن تعريف الجذور الحرة Free Radicals (FR) على أنها ذرات أو جزيئات تحتوي على واحد أو أكثر من الإلكترونات غير المزدوجة في مداراتها الذرية أو الجزيئية. بشكل عام ، يعد ما يقرب من 10000-20000 من الجذور الحرة تهاجم كل خلية يوميًا ، ويمكن أن تكون مفيدة (إذ تكون مطلوبة للأداء الفسيولوجي الطبيعي) أو ضارة (مثل إنتاج الإجهاد التأكسدي والمسؤولة عن حدوث أمراض مختلفة . تعد أنواع الأوكسجين الفعالة وأنواع النيتروجين الفعالة و Reactive nitrogen species (RNS) جذور حرة متولدة فسيولوجيًا في الجسم (Qazi and Molvi, 2018).

من أنواع الأوكسجين الفعالة ROS :

Superoxide (O_2^-), Hydrogen peroxide (H_2O_2), Hydroxyl radical (HO), Peroxyl radical (RO_2), Alkoxy radical (RO), Hydroperoxyl radical (HO_2), Singlet oxygen (1O_2), Ozone (O_3)

ومن أنواع النيتروجين الفعالة RNS :

Nitrogen dioxide (NO_2), Nitrous acid (HNO_2), Dinitrogen tetroxide (N_2O_4), Dinitrogen trioxide (N_2O_3) Peroxynitrite (ONOO), Peroxynitrous

acid (ONOOH) ,Alkyl peroxy nitrates (ROONO) Nitronium cation (NO₂⁺) ,Nitryl chloride (NO₂Cl) , Nitric oxide (NO) (Periyasamy *et al.*,2015) تتكون FR بشكل مستمر نتيجة لتفاعلات الأوكسدة والاختزال في الخلايا ، كمنتجات ثانوية لعملية التمثيل الغذائي للأوكسجين أثناء الفسفرة التأكسدية التي تحدث في الميتوكوندريا (Butnariu and Samfira,2012).

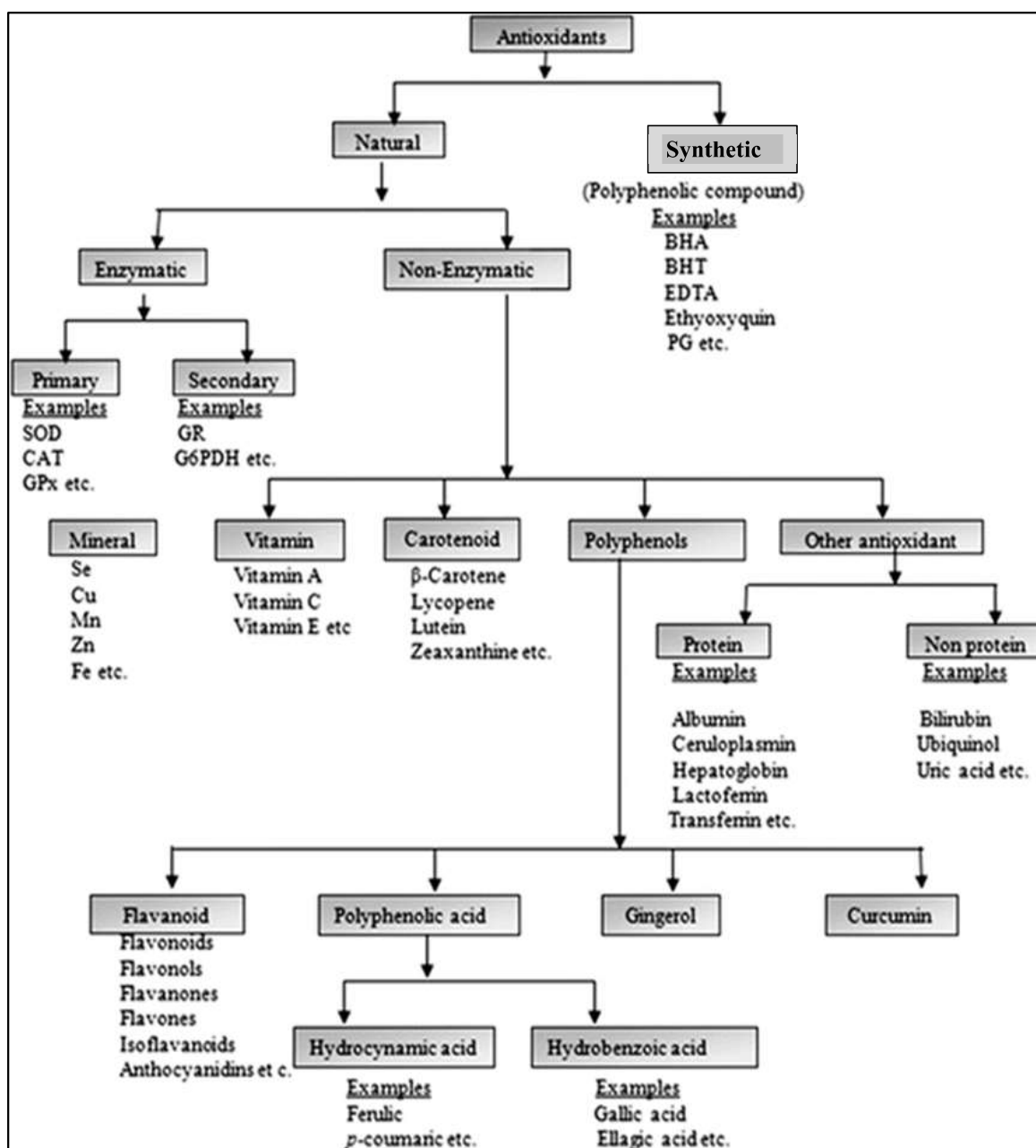
كل خلية موجودة في الجسم تنتج الجذور الحرة وبالتالي تكون معرضة لهجوم هذه الجذور. تغير المركبات البيولوجية المتوفرة في الجسم خصائصها بعد هجوم الجذور الحرة الذي قد يغير الوظيفة الخلوية للجسم ويؤدي إلى موت الخلايا أو الأنسجة المسؤولة عن توليد الأمراض المختلفة، ومن أكثر المركبات البيولوجية حساسية هي الدهون والبروتينات وغيرها (Qazi and Molvi,2018) . اذ يمكن أن يؤدي تأكسد الدهون في أغشية الخلايا إلى إتلاف أغشية الخلايا عن طريق تعطيل السيولة والنفذية. يمكن أن يؤثر بيروكسدة الدهون أيضًا سلبًا على وظيفة البروتينات المرتبطة بالغشاء مثل الإنزيمات والمستقبلات. كما تسبب ضررًا مباشرًا للبروتينات ، اذ تتداخل مع نشاط الإنزيم ووظيفة البروتينات الهيكلية. عندما يتلف غشاء الخلية أو العضية بواسطة الجذور الحرة ، فإنه يفقد خصائصه الوقائية وهذا يعرض صحة الخلية بأكملها للخطر (Sarma *et al.*,2010).

يمكن أن ينتج عن تراكم المعادن الثقيلة كميات متزايدة من ROS في الأسماك عن طريق توليد الجذور الحرة مثل جذور الهيدروكسيل OH• والأوكسيد الفائق O₂• ، مما يؤدي إلى تحفيز مضادات الأوكسدة الأنزيمية مثل SOD ،CAT ،GST ،Glutathione (GR) و Reductase و GPx وغير الأنزيمية مثل GSH. هذه المواد المضادة للأوكسدة تزيل الجذور الحرة وتوفر الحماية ضد هذا الجانب من سمية الأوكسجين (Kadar *et al.*, 2005) . يحدث الإجهاد التأكسدي عندما يفقد التوازن بين إنتاج أنواع الأوكسجين الفعالة ودفاعات مضادات الأوكسدة ، يمكن أن تكون أنواع الأوكسجين الفعالة سببًا لتلف التراكيب الخلوية ، بما في ذلك الدهون والأغشية والبروتينات والأحماض النووية ، والتي يمكن أن تغير أغشية الخلايا والتراكيب الأخرى مثل البروتينات ، والدهون ، والبروتينات الدهنية ، DNA والتي تؤدي إلى إصابة الاسماك بامراض مختلفة (Pereira *et al.*, 2011).

4-2 : مضادات الاكسدة Antioxidants

يمكن تعريف مضادات الاكسدة بانها جزيئات بتراكيز منخفضة تؤخر أو تمنع أكسدة المادة المتفاعلة (Santos-Sánchez *et al.*,2019) ، او هي مركبات تزيل الأنواع الفعالة ، خاصة تلك المشتقة من الأوكسجين . يعتقد أن التوازن بين الأكسدة ومضادات الأكسدة أمر بالغ الأهمية في الحفاظ على أنظمة بيولوجية صحية. في ظل الظروف الفسيولوجية ، فإن نظام الدفاع لمضادات الأكسدة يسمح بالقضاء على أنواع الأوكسجين الفعالة (Salehi *et al.*,2018). أن تعرض الأسماك للملوثات يؤثر على إنزيمات نظام الدفاع المضاد للأكسدة مثل: (SOD،CAT،GST وGR) (Hegazi *et al.*,2010). وان بعض هذه الانزيمات يمكن أن تشكل مؤشرات بيولوجية جزيئية جيدة للإجهاد التأكسدي ويمكن ان تشير إلى حجم الاستجابة في مجموعة الفقريات المعرضة بشكل مزمن للملوثات ، مثل المعادن وغيرها (Gad and Yacoub , 2009).

يمكن تصنيف مضادات الأكسدة إلى نوعين رئيسيين بناءً على مصدرها ، مضادات الأكسدة الطبيعية والاصطناعية الشكل(1-2)



الشكل (1-2) (مخطط لاصناف مضادات الأكسدة) (Mamta *et al.*,2014)

1- مضادات الأكسدة الطبيعية: Natural Antioxidants

يتم تصنيع مضادات الأكسدة الطبيعية في الجسم من خلال عملية التمثيل الغذائي أو يتم استكمالها من مصادر طبيعية أخرى ، ويعتمد نشاطها بشكل كبير على خصائصها الفيزيائية والكيميائية وآلية عملها وتقسم بدورها الى صنفين اساسيين:
 أ. مضادات الأكسدة الأنزيمية Enzymatic Antioxidants يتم إنتاجها بشكل فريد في الجسم ويمكن تصنيفها إلى :

- مضادات الأكسدة الأولية Primary Antioxidants: تشمل (SOD) ، (CAT) ، (GPx) (Varjovi *et al.*,2015).

- مضادات الأكسدة الثانوية Secondary Antioxidant: تشمل الكلوتاثيون ريديكتيز (GR) والكلوكوز 6 فوسفات نازعة الهيدروجين Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH). يقوم G6PDH بإنتاج Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADPH). ويعد GR ضروريا لإعادة تصنيع الكلوتاثيون المنخفض باستخدام الإنزيم الثانوي NADPH، ويتم الاحتفاظ بـ GSH في الشكل المختزل بواسطة إنزيم GR و يعتبر من أهم مضادات الأكسدة الخلوية (Dore *et al.*,2021).

ب. مضادات الاكسدة غير انزيمية Nonenzymatic Antioxidants

لا توجد في الجسم بشكل طبيعي وإنما يجب استكمالها من أجل التمثيل الغذائي المناسب (Raygani *et al.*,2007). وان مصدرها اما الغذاء او انها تصنع داخل الجسم مثل الكلوتاثيون .ان بعض مضادات الأكسدة غير الأنزيمية المعروفة هي المعادن مثل (المنغنيز Manganese، الزنك Zinc ، الحديد Iron ، النحاس Copper، السيلينيوم Selenium) (Surai,2005). والفيتامينات وتشمل (A، B، C، D، E، K) (Sinbad *et al.*, 2016 ; Shastri *et al.*,2019) والكاروتينات مثل بيتا-كاروتين β -carotene ، و الفا كاروتين α - carotene ، و الليكوبين Lycopene ، و زياكسانثين Zeaxanthin، وميزو زياكسانثين Meso-zeaxanthin و كريبتوكسانثين Cryptoxanthin (Johra *et al.*, 2020) والبوليفينولات مثل (الأحماض الفينولية Phenolic acids ، و الفلافونويد Flavonoids ، و الجنجيرول Gingerol والكرمين Curcumin (Sandrasari *et al.*,2019). ومضادات أكسدة أخرى Other Antioxidants تتضمن البروتينات الملازمة للمعادن الانتقالية مثل الألبومين Albumin، و السيرولوبلازمين Ceruloplasmin، و هيبتوجلوبيين Hepatoglobulin والترانسفيرين Transferrin (Čolak *et al.*,2008) . وكذلك مضادات الأكسدة غير البروتينية مثل البيليروبين Bilirubin، و أحماض البوليك Uric acids ويوبيكوينول Ubiquinol (Aguilar *et al.*,2016)

2-مضادات الأكسدة المصنعة: Synthetic Antioxidants:

هي مركبات مصنعة كيميائياً لا توجد في الطبيعة ويتم إضافتها إلى الطعام كمواد حافظة للمساعدة في منع أكسدة الدهون. وهناك العديد منها. الشكل (1-2) (Atta *et al.*,2017).

2-4-1 : الكلوتاثيون (GSH) Glutathione

الكلوتاثيون هو ثيول Thiol مكون من ثلاث أحماض أمينية. وهو أحد مكونات الحماية الخلوية ضد التأثير السام للمواد الغريبة Xenobiotics والمعادن الثقيلة (Sukhovskaya et al., 2017). في معظم الخلايا ، يوجد الكلوتاثيون بتركيز 1-10 ملي مولار في العصارة الخلوية ، وبتراكيز أقل في العضيات تحت الخلوية ، بما في ذلك النواة و الميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية (Lu, 2013). يؤدي الكلوتاثيون وظائف حيوية داخل الخلية ، اذ لا يعتبر مضاد أكسدة دفاعي فقط ، بل يساهم في الحفاظ على فعاليات الأكسدة والاختزال ، وتنظيم نمو الخلايا وموتها، في استقلاب المغذيات ، وتنظيم وظائف التمثيل الغذائي الخلوي بدءًا من التعبير الجيني ، وتخليق الحمض النووي والبروتين (Aquilano, et al., 2014). يوجد الكلوتاثيون في شكلين: المختزل GSH والمؤكسد ثاني كبريتيد الكلوتاثيون Glutathione Disulfide (GSSG). في ظل الظروف الطبيعية ، يكون الشكل السائد من الكلوتاثيون هو GSH بمقدار 98%. يستخدم الكلوتاثيون كمادة اساس لـ Glutathione Reductase GPX أثناء اختزال H_2O_2 ، لا يعمل الكلوتاثيون مباشرة على الجذور الحرة انما يقطع سلسلة تفاعلاتها (Lu, 2013). تحفز هذه الإنزيمات اختزال H_2O_2 إلى H_2O عن طريق أكسدة GSH إلى GSSG بعد ذلك ، يتم اختزال GSSG مرة أخرى إلى GSH عن طريق عمل اختزال الكلوتاثيون (Matsui et al., 2020).

يتم التصنيع الحيوي لـ GSH في عملية متعددة الخطوات يحدث فيها الجمع بين الأحماض الأمينية الأولية الثلاثة ، السستين Cysteine ، الكلوتامات Glutamate ، والكليسين Glycine ، لتشكيل GSH ثلاثي الببتيد . ويتم تصنيعه فقط في العصارة الخلوية (Saing et al., 2016). يعد GSH مهمًا للغاية، وذلك لدوره في حماية الخلايا لأنه يتغلب بشكل مباشر على جذور الهيدروجين الفعالة ، وجذر الهيدروكسيل وبيروكسيدات الهيدروجين وبيروكسدة الدهون. ينخفض تركيز GSH الخلوية بشكل ملحوظ استجابةً للإجهاد التأكسدي والعديد من الحالات المرضية (Lu, 2000).

يتسبب الإجهاد التأكسدي في تلف مكونات الخلايا عن طريق أنواع الأوكسجين الفعالة الناشئة عن تأثير المعادن الثقيلة. ولتجنب العواقب المرضية نتيجة التفاعل بين الجزيئات البيولوجية وأنواع الأوكسجين الفعالة ، يستخدم الكلوتاثيون من قبل الخلايا لإزالة السموم (Sukhovskaya et al., 2017). يعد الكبد من أهم الأنسجة التي تصنع GSH ، ويقوم بتحريره إلى أنسجة أخرى مثل الخياشيم والدماغ والعضلات والكلية. تعد الخياشيم أكثر الأعضاء المعرضة للمياه الملوثة بالمعادن الثقيلة، والتي بإمكانها اختراق خلاياها الثلاثية الرقيقة، مسببة

انخفاض مستويات الكلوتاثيون فيها ، في حالة الإجهاد التأكسدي الحاد ، تغطي التأثيرات السامة للملوثات على دفاعات مضادات الأكسدة للأسماك (Gul et al.,2004) .

ان المعادن المختلفة لها تأثير مختلف على مستويات نشاط GSH ، عادة ما يعتمد نشاط GSH على انواع الاسماك والأنسجة والمعادن والتركيز المعرضة لها اذ أن محتوى GSH يظهر زيادة ونقصان في أنسجة الاسماك التي تتعرض للمعادن بسبب استجابات الاعضاء التخصصية (Atli and Canli,2008).

اوضحت الدراسة التي اجراها كُُلُّ من Bahnasawy and Elarabany (2019) على كبد وغلصم اسماك *Clarias gariepinus* عند تعريضها لمزيج من $PbCl_2$ و $CdCl_2$ لمدة 60 يوماً، انخفاضاً في مستوى GSH في الغلصم . كما وجد Elarabany وآخرون (2018) تأثير كلوريد الرصاص لمدة 60 يوماً على سمك السلور الأفريقي *C. gariepinus* وظهرت النتائج انخفاض تركيز GSH في مصل الدم بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. درس Eroglu وآخرون (2015) تأثير Cd على استقلاب الكلوتاثيون في كبد أسماك المياه العذبة *Oreochromis niloticus* لمدة 1 و 7 و 14 يوماً ولاحظوا انخفاض مستويات GSH بعد 7 أيام من التعرض.

2-4-2 : إنزيم الكاتاليز (Catalase enzyme(CAT)

الكاتاليز هو إنزيم شائع موجود في جميع الكائنات الحية تقريباً ، وظيفته تحفيز تكسير بيروكسيد الهيدروجين إلى أوكسجين وماء $2H_2O_2 \xrightarrow{CAT} 2H_2O + O_2$ يتم تنظيم استقلاب بيروكسيد الهيدروجين بشكل أساسي بواسطة هذا الإنزيم. يحتوي CAT على أعلى معدل تحول لجميع الإنزيمات اذ يمتلك القدرة على تحلل أكثر من مليون جزيء من بيروكسيد الهيدروجين ، لكل جزيء من الإنزيم (Kaushal et al.,2018) ، وبالتالي يمنع تراكم فقاعات ثاني أوكسيد الكربون في الدم، و بيروكسيد الهيدروجين هو نوع من انواع الأوكسجين الفعالة الذي يمكنه اختراق جميع الأغشية البيولوجية وتعطيل بعض الإنزيمات مباشرة. يعتبر نشاط CAT بمثابة علامة بيولوجية حساسة للإجهاد التأكسدي في الأسماك ، وهو مؤشر حيوي لنظام الدفاع المضاد للأكسدة في الكائنات المائية الملوثة بالمعادن الثقيلة (Mani et al.,2014). أشارت نتائج الدراسة التي اجراها Rehman وآخرون (2021) لتحديد مستوى CAT في الاعضاء المختلفة ومنها كبد وخياشيم ودماع أسماك *O. niloticus* المعرضة لمعدن Pb إلى حدوث انخفاض معنوي في مستوى إنزيم CAT. كما بينت نتائج بحث اجراه Bahnasawy and Elarabany (2019) والذي تم فيه تعريض كبد وغلصم اسماك *C. gariepinus* الى الكادميوم والرصاص ومزيجيهما لمدة 60 يوماً انخفاضاً في مستوى CAT

في الغلاصم المعرضة للكاديوم و الغلاصم والاكباد المعرضة للرصاص والمزيج، كماهدفت دراسة Singh and Ansari (2017) إلى التحقق من التغيرات الناتجة عن الرصاص في نشاط إنزيم مضادات الأكسدة ، الكتاليز CAT ، في دماغ *Danio rerio* وأظهر نشاط CAT في الدماغ انخفاضًا معنويًا بعد 5 ايام من فترة التعريض ، وفي البحث الذي اجراه Ahmed وآخرون (2016) والذي عرض فيه اسماك *Oreochromis niloticus* لمزيج من معدني Cd وPb لوحظ تثبيط إنتاج CAT في الكبد.

5-2 : بيروكسيده الدهون (LPO) Lipid peroxidation

يصيب الإجهاد التأكسدي الخلايا والأنسجة والأعضاء . و أن المستويات العالية من الجذور الحرة أو أنواع الأوكسجين الفعالة يمكن أن تلحق ضررًا مباشرًا بالدهون. إذ تؤدي ROS إلى تفاعل متسلسل يتسبب في تدمير غشاء الخلية. وتتعرض الوظائف الخلوية للخطر بسبب تعطيل الإنزيمات والمستقبلات والبروتينات الناقلة (Madeira,2016) .

ان بيروكسيده الدهون هي آلية مؤكدة للإصابة الخلوية، وتستخدم كمؤشر للإجهاد التأكسدي في الخلايا والأنسجة. تكون البيروكسيديات غير مستقرة وتتحلل لتشكيل سلسلة معقدة من المركبات بما في ذلك مركبات الكربونيل الفعالة وتحدث عندما يكون هناك أكسدة للجذور الحرة في الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة Polyunsaturated fatty acids (El-beltagi and Mohamed,2013).

أكثر أنواع الأوكسجين الفعالة انتشارًا والتي يمكن أن تؤثر بشدة على الدهون هما جذري الهيدروكسيل (HO^{\bullet}) والهيدروبيروكسيل (HO_2^{\bullet}). تسبب جذور الهيدروكسيل ضررًا تأكسديًا للخلايا لأنها تهاجم بشكل غير محدد الجزيئات الحيوية (Tremel and Šmejkal, 2016) اما هيدروبيروكسيل هو عامل مؤكسد أقوى بكثير من جذر الأنيون الفائق -Superoxide anion-radical ويمكن أن يبدأ الأكسدة المتسلسلة للفوسفوليبيدات المتعددة غير المشبعة Polyunsaturated phospholipids، مما يؤدي إلى ضعف وظيفة الغشاء (Browne and Armstrong, 2000).

من المعروف أن بيروكسيد الدهون الغشائية يغير بشكل كبير الخصائص الفيزيائية لطبقات الدهون الثنائية. على وجه الخصوص ، يغير البيروكسيد تفاعلات الدهن - الدهن و نفاذية الغشاء و التدرجات الأيونية و سيولة الغشاء (Catalá and Díaz,2016). ومن المعروف أيضًا أن زيادة تركيز الدهون المؤكسدة في الأغشية الدهنية تسبب انخفاضًا في سيولة الغشاء وبطء الانتشار الجانبي. ان بيروكسيديات الدهون تظهر نواتج سمية إضافية وهذه النواتج تعود للتحلل او الهدم التلقائي. تعتبر نواتج تحلل الأليدهايد والتي تعود لبيروكسيديات الدهون سامة

للخلايا. يعد المألون ثنائي الالديهيد Malondialdehyde (MDA) جزيئات شديدة التفاعل، وهو ثنائي الالديهيد dialdehyde قادر على التفاعل مع الأمينات الأولية Primary amines للبروتينات والحمض النووي DNA لتشكيل جسر رابطة (Gürbüz and Heinonen 2015). مما يؤدي إلى تكون السموم والظفرات . وهو الناتج النهائي لأكسدة الدهون ، له وزن جزيئي منخفض ، و يستخدم كمؤشر حيوي لقياس مستوى الإجهاد التأكسدي في الأنظمة الحية وهو عامل تفاعلي مهم ناتج عن بيروكسيد الأغشية البيولوجية (Ateş et al.,2018).

ان تعرض الاسماك للكادميوم أو الرصاص يؤدي إلى تغيرات كيميائية عن طريق التدخل في نشاط الإنزيمات (Flora et al.,2012) وزيادة بيروكسيده الدهون في العديد من الأعضاء مثل الدماغ والكبد والكلية والخياشيم (Hosseini et al.,2018). تستخدم التغيرات الفسيولوجية في أسماك المياه العذبة على نطاق واسع كمؤشر حيوي لأي عامل إجهاد في البيئة المائية (Elarabany et al.,2017) ، اذ بينت نتائج بحث اجراه Bahnasawy Elarabany and (2019) والذي تم فيه تعريض اسماك *C.gariepinus* لـ $CdCl_2$ و $PbCl_2$ ومزيجيهما لمدة 60 يوما زيادة مستويات MDA معنويا في غلاصم المجموعة المعرضة للرصاص مقارنة بمعاملي الكادميوم والمزيج ، بينما أظهرت مستويات MDA في الكبد ارتفاعات معنوية في معاملة الكادميوم ومعاملة الرصاص ومعاملة المزيج مقارنةً بالمجموعة الضابطة، كما بينت دراسة Banaee وآخرون (2015) ان تعريض اسماك *C. carpio* لـ $CdCl_2$ لمدة 21 يوما ادى الى ارتفاع معنوي في نشاط MDA في العضلات . وافاد Mehrpak وآخرون(2015) في دراستهم ان تعريض اسماك *C. carpio* لـ $CdCl_2$ لمدة 21 يوما ادى الى ارتفاع معنوي في نشاط MDA في الكبد ، وجد Safari (2015) ان تعريض سمكة *Acipenser persicus* لـ $CdCl_2$ للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما ادى الى ارتفاع معنوي في مستوى MDA في الكبد ومن اليوم الاول وحتى نهاية التجربة.

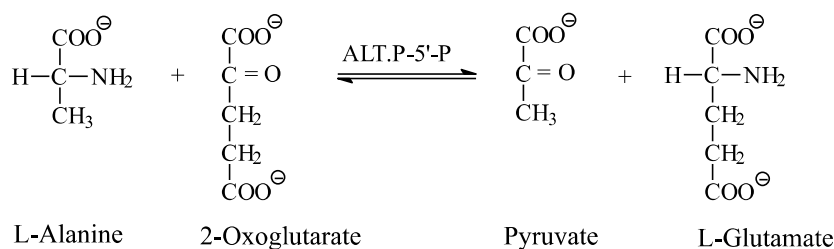
Oxidative Stress in fish

ينتج الإجهاد التأكسدي Oxidative Stress نتيجة لاختلال التوازن بين إنتاج أنواع الأوكسجين الفعالة ROS والدفاعات المضادة للأكسدة مما يؤدي الى زيادة في توليد أنواع الأوكسجين الفعالة (Birnie-Gauvin *et al.*, 2017). وبصرف النظر عن الخصائص المفيدة للأوكسجين في الوظائف الخلوية ، يمكن أن يسبب بعض الأضرار غير المرغوب فيها عن طريق تكوين ROS (Chowdhury and Saikia, 2020). اذ يؤدي الاختزال الجزئي للأوكسجين إلى إنتاج مواد وسيطة تفاعلية مثل O^{-2} ، والأوكسجين المفرد O_2 ، H_2O_2 ، و OH^{\bullet} والتي تعرف بـ ROS (Halliwell and Gutteridge, 2015). يمكن رؤية هذه الأضرار في الأسماك التي تتعرض لضغوط مؤكسدة مختلفة، والتي يمكن نقلها عن طريق مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية التي تؤثر في العمليات البيولوجية المختلفة في الأسماك (Chowdhury and Saikia, 2020). يحدث الإجهاد من مصادر أخرى اذ يمكن أن تسبب التغيرات في درجة الحرارة والأوكسجين والملوحة إجهاداً في ظل الظروف الطبيعية والاصطناعية من خلال إحداث اختلال التوازن بين إنتاج أنواع الأوكسجين الفعالة والتخلص منها. كما ان أيونات المعادن تؤدي إلى تحفيز الإجهاد التأكسدي في الأسماك (Lushchak, 2011)، كما يوجد عوامل إجهاد خاصة بالأسماك ، مثل صيد الأسماك ونقلها والتعامل معها ، وزخم الأسماك ، وسوء التغذية والملوثات. هذه الضغوطات تحفز استجابة الإجهاد التي تعيق الوظائف الفسلجية لأعضاء الأسماك (Harper and Wolf, 2009). أن الأنواع المختلفة من الأسماك لها مستويات مختلفة من تحمل الإجهاد ، أي أن شدته قد تختلف تبعاً للأنواع (Schreck *et al.*, 2001). ولحماية نفسها من أنواع الأوكسجين الفعالة والتي تكون شديدة الضرر ، طورت الاسماك نظاماً إما لمنع أو إصلاح آثار الإجهاد التأكسدي والوقاية تأتي في شكل مضادات الأكسدة (Valko *et al.*, 2007). تتعرض أسماك المياه العذبة للعديد من الملوثات البشرية. أكثرها شيوعاً معدن الكاديوم Cd والرصاص Pb. يمكن أن يكون لهذه الملوثات تأثيرات عديدة على الإجهاد التأكسدي في الخلية السليمة الطبيعية ، قد تتسبب المعادن النشطة وغير النشطة في عمليات الأكسدة والاختزال بزيادة إنتاج أنواع الأوكسجين الفعالة (Kovacik, 2017). اذ تنتج المعادن النشطة في الأكسدة والاختزال (الحديد Fe، النحاس Cu، الكروم Cr، الفناديوم V) أنواع الأوكسجين الفعالة من خلال دورة الأكسدة والاختزال. بينما تعطل المعادن التي لا تحتوي على إمكانات الأكسدة والاختزال (الزئبق Hg، Pb، Cd، النيكل Ni) الدفاعات المضادة للأكسدة، ومضادات الأكسدة والإنزيمات المحتوية على الثيول Thiol-containing بشكل ملموس (Valko *et al.*, 2007) اظهرت دراسة قدمها Giri وآخرون (2021) ان تعريض

اسماك *C. carpio* L. للرصااص لمدة 6 اسابيع احدث الاجهاد التاكسدي في الامعاء، كما لاحظ McRae واخرون (2019) ان تعريض اسماك *Galaxias maculatus* للكادميوم ادى الى زيادة في أنواع الاوكسجين الفعالة. وبينت دراسة Dai واخرون (2012) ان تعريض اسماك *O.niloticus* للرصااص ولمدة 60 يوما سبب الاجهاد التاكسدي . اما دراسة Almeida وآخريين (2009) بينت ان تعريض اسماك *O. niloticus* للكادميوم ولمدة 15 يوما ادى الى الاجهاد التاكسدي في الكبد.

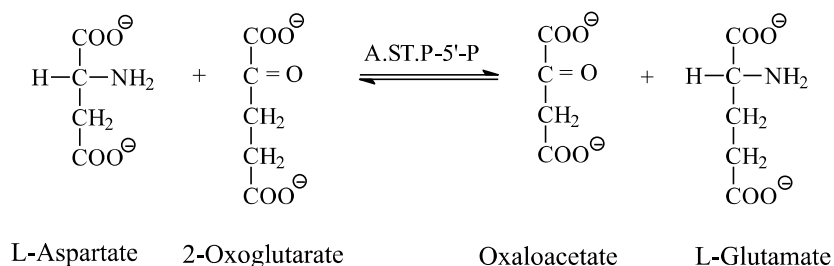
7-2 : المتغيرات البيوكيميائية لبعض الانزيمات المعرضة للكادميوم والرصاص ومزيجيهما Biochemical variables of some enzymes exposed to cadmium, lead and their mixture

تشارك الإنزيمات في العمليات الفسيولوجية اذ تكون بمثابة علامة بيولوجية للتلوث (Tabrez and Ahmad,2011). عندما يحدث أي ضرر في جسم الكائن الحي ، فإن هذه الإنزيمات داخل الخلايا تنضح في الدم، وكلما زادت الإصابة كلما زاد إفراز الإنزيمات. لذلك ، يمكن أن يكون تحليل الإنزيمات داخل الخلايا مثل الفوسفاتيز القاعدي ALP ، والاسبارتيت ترانس امينيز AST ، والالانين ترانس أمينيز ALT بمثابة مؤشر لمقدار التلوث (Javed and Usmani,2019). يحفز الفوسفاتيز القاعدي ALP التحلل المائي لمجموعة متنوعة من استرات حمض الفوسفوريك H_3PO_4 الفسيولوجية وغير الفسيولوجية في وسط قاعدي ويتم توظيف ALP لتقييم سلامة غشاء البلازما والشبكة الإندوبلازمية (Mohamed *et al.*, 2019). يعد الكبد والقنوات الصفراوية مصادر الفوسفاتيز القاعدية. الفوسفاتيز القاعدي يكاد يكون موجود في كل مكان في انسجة الجسم خاصة داخل أغشية الخلايا ويمكن أن يتسرب بسهولة من الخلية بسبب تلف الأنسجة الناجم عن الملوثات (Sabae and Mohamed,2015). يعمل انزيم الانين ترانس امينيز ALT على تحفيز نقل المجموعة الأمينية من الانين الى الفا- كيتوكلوتاريت α -ketoglutarate لتشكيل الكلوتامات والبايروفيت pyruvate ، وحمض ألانين Alanine acid حامض أميني غير أساسي يلعب دوراً رئيسياً في دورة الكلوكوز - ألانين glucose-alanine cycle بين الأنسجة العضلية والكبد الشكل(2-3).



الشكل (2-2) تفاعلات ALT (Burtis and Bruns ,2015)

اما انزيم اسبارتيت ترانس امينيز AST فانه يحفز نقل المجموعة الأمينية من الاسبارتيت Aspartate إلى الفا - كيتوكلوتاريت α -Ketoglutaric لتشكيل الكلوتامات والأوكسالوأسيتات Oxaloacetate، الاسبارتيت ، أنيون الكربوكسيل Carboxylate anion لحمض الأسبارتيك Aspartic acid وهو حامض أميني غير أساسي يشارك في تخليق البروتين وعدة مسارات كيميائية حيوية خلوية أخرى. (Burtis and Bruns ,2015; AL-Ta'ee,2020)



الشكل (2-3) تفاعلات AST (Burtis and Bruns ,2015)

يوجد إنزيم AST و ALT في جميع أنحاء الجسم مثل القلب، والكبد ، والعضلات الهيكلية، والكلية، والبنكرياس، والطحال ، وخلايا الدم الحمر (Burtis and Bruns ,2015) . بينت دراسة Al-Rikabi وآخرون (2021) ان تعرض اسماك *O. niloticus* لـ Cd ادى الى زيادة معنوية في نشاط AST و ALT و ALP في مصلى الدم . و اظهرت نتائج دراسة سليمان (2020) ان تعريض اسماك *Gambusia affinis* لتراكيز من PbCl_2 للفترات (1،4،15،30) يوماً أدت الى حدوث ارتفاع معنوي في مستويات AST و ALT و ALP في غلاصم واكباد وعضلات الاسماك. اما دراسة Mehrpak وآخرين (2015) فاطهرت ان تعريض اسماك *C. carpio* لـ CdCl_2 لمدة 21 يوماً ادى الى ارتفاع معنوي في نشاط ALT وارتفاع في نشاط ALP في الكبد . كما بينت دراسة Heydarnejad وآخرون (2013) ان تعرض اسماك *Oncorhynchus mykiss* الى الكادميوم وللفترات (1 و 15 و 30) يوماً ادى الى زيادة نشاط AST و ALT و ALP في مصلى الدم بزيادة فترة التعرض وزيادة تركيز الكادميوم . كما اجرى Ibrahim and Mahmoud (2005) دراسة على اسماك *Tilapia zillii* و *C.gariepinus* و *Mugil cephalus* وبينت الدراسة ان تراكم الكادميوم والرصاص ادى الى زيادة نشاط إنزيمي ALT و AST في الكبد.

2-8 : سكر الكلوکوز Glucose

يعد الكلوکوز من انواع السخالييا الاحادية البسيطة Monosaccharide من مجموعة السكر السداسي الألديهيAldohexose group . وهو مصدر ضروري للطاقة والكربون لمعظم الفقاريات بما في ذلك الاسماك يتم الحصول على الكلوکوز من الطعام . نظرًا لأن الاسماك غير قادرة على استخدام الكربوهيدرات الغذائية بكفاءة مثل الثدييات ، فهي تستخدم الكلوکوز الناتج عن عمليات استحداث السكرGluconeogenesis وتحلل الكليكوجين Glycogenolysis (Kamalam et al., 2016). تمتلك الأسماك والثدييات آليات للحفاظ على مستوى معين من السكر في الدم ، والتي تتأثر بعوامل متعددة مثل إنتاج الهرمونات والنظام الغذائي (Bartoňková et al., 2016). يتم التحكم في امتصاص الكلوکوز من خلال تدرج تركيز الكلوکوز خارج الخلية إلى الكلوکوز داخل الخلايا وقدرة الكلوکوز على التحرك عبر الغشاء إما عن طريق الانتشار البسيط Simple diffusion أو الميسر Facilitated diffusion. يتم تحديد مستوى الكلوکوز داخل الخلايا والتمثيل الغذائي اللاحق بشكل أساسي من خلال نشاط هيكسوكينيزHexokinase (Driedzic et al., 2013)

يتم تنظيم توازن الكلوکوز بواسطة هرمونات متعددة، الأنسولين هو الهرمون الوحيد الذي يمكن أن يقلل من تركيز الكلوکوز، وبالتالي فإنه يلعب دورًا رئيسيًا في التمثيل الغذائي للكلوکوز (Eames et al., 2010). يمكن أن يؤدي الاضطراب البيئي إلى تباين التمثيل الغذائي للكلوکوز في الأسماك. يسبب الإجهاد ايقاف تحرر الأنسولين وانخفاض خزن الكلوکوز في الخلايا الامر الذي يتسبب حدوث زيادة في مستويات الكلوکوز بالدم . اي أن الإجهاد يساهم في رفع مستويات الكلوکوز في الأسماك ، لذلك يمكن تقييم جودة البيئة المائية من خلال مستويات الكلوکوز (Peraturan, 2001).

ان السمية الحادة للكادميوم والرصاص تؤدي الى تغيرات كبيرة في المكونات البيوكيميائية للأسماك ومنها التغير في مستوى الكلوکوز اذ ان الزيادة في مستوياته تشير إلى استجابة الاسماك للإجهاد والتغيرات في هذه المؤشرات الحيوية هي انعكاس لضعف الأعضاء في الأسماك نتيجة التعرض للمعادن ولذلك يمكن استخدام هذه المؤشرات الحيوية في تقييم السمية البيئية و الإنذار المبكر للتلوث (Sobha et al., 2007; EL-Shafei, 2017).

أظهر البحث الذي اجراه EL-Shafei (2017) ان تعريض اسماك *M. cephalus L* لاسيئات الرصاص لمدة 28 يوما ادى الى ارتفاع في مستوى الكلوکوز في مصل الدم . بينت دراسة Heydarnejad وآخرون (2013) ان تعريض سمكة *O.mykiss* للكادميوم خلال الفترات من 1 و 15 و 30 يومًا ادى الى ارتفاع مستوى الكلوکوز في الدم بعد 15 يومًا من التعريض. وافادت دراسة Sobha وآخرون (2007) ان تعريض اسماك

Catla catla لكلوريد الكاديوم CdCl₂ لمدة 7 ايام اظهر زيادة معنوية في مستوى الكلوكوز في العضلات والخياشيم والكبد بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. كما هدفت دراسة Almeida واخرون (2002) معرفة مستوى الكلوكوز في عضلات اسماك *O. niloticus* وذلك بعد تعريضها لكلوريد الكاديوم لمدة 60 يوما اذ لاحظوا ارتفاع مستوى الكلوكوز في العضلات.

9-2 : تاثيرات الكاديوم والرصاص ومزيجهما على الشذوذات المظهرية لخلايا وانوية الدم الحمر في الاسماك

Effects of cadmium , lead and their mixture on Phenotypic Abnormalities of Red Blood Cells in fish

إنَّ المعادن الثقيلة تتراكم في أعضاء مختلفة من الأسماك وأن تأثيرها يظهر في الدم. يؤدي التعرض للمعادن الثقيلة إلى زيادة أو نقصان في مؤشرات الدم Hematological indices لذلك يمكن أن تكون المعطيات الدموية بمثابة مؤشرات حيوية مناسبة لصحة الأسماك (Javed and Usmani, 2014).

إن شكل خلايا الدم الحمراء للأسماك يعتبر أكثر حساسية لتلوث المياه (Sharma et al., 2007). وهناك عدة اشكال لخلايا الدم الحمر غير الطبيعية مثل الخلايا الشوكية الشكل Acanthocytes (Witeska et al., 2011) والخلايا الدمعية Tear cell والخلايا المنجلية Sickle cells (Kumar et al., 2017) إن التعرض للكاديوم يؤدي إلى زيادة كبيرة في خلايا الدم الحمر غير الطبيعية و تضمنت الحالات الشاذة تكثف الكروماتين Chromatin Condensation عند حدود النواة ، والتشوه النووي Nuclear Malformation ، وتشوه جسم الخلية ، وتكون فجوات في السيتوبلازم Cytoplasm Vacuolation ، وتورم الخلايا وانحلال الدم hemolysis ، وتعد التشوهات النووية هي الأكثر شيوعاً (Witeska et al., 2011) يمتلك الرصاص قوة انجذاب عالية جدا لخلايا الدم الحمر وهو مثبت معروف لنزعة الهيدروجين في (Delta Aminolevulinic Acid (ALA-D) وهو إنزيم يشارك في تركيب الهيم. مما يسبب فقر الدم في الأسماك (Olanike et al., 2008) ان التعرض للرصاص يؤدي الى شذوذ في خلايا الدم الحمر مثل تكون انوية صغيرة مفردة او مزدوجة Single or Double Micronuclei، و نواة مشوهة Deformed Nucleus و نواة غير منتظمة Irregular Nucleus و خلايا مشوهة Deformed Cells ، وخلايا صغيرة Microcyte Cells، ووجود فجوات في السيتوبلازم وخلايا متورمة Swollen cells (Shah et al., 2020).

أظهرت نتائج دراسة سليمان (2020) ان تعريض اسماك *G. affinis* لتراكيز من PbCl₂ تمثلت بظهور تغيرات في انوية خلايا الدم الحمر اذ شملت ظهور النواة المتبرعمة

والمثلثة والكلوية والهرمية والمعجرة، تفجى السايوتوبلازم، الخلايا الدمعية الشكل، الخلايا المنجلية الشكل، خلايا دم حمراء متحللة، النواة الجانبية، النواة الدقيقة مع بروز خيط الكروماتين كما لوحظ استطالة السايوتوبلازم وتحلل الكروماتين. بينت دراسة الخشاب (2017) عند تعريض اسماك *G.holbrooki* لتراكيز من $CdCl_2$ ظهور اشكال غير طبيعية في انوية خلايا الدم الحمر والمتضمنة شكل النواة الهلالي Crescent shape والمثلثي Triangular shape و النواة المثلمة Notched shape والحلقية الشكل Ring shape والمتبرعمة Budding والكلوية الشكل Kidney shape، تكثف الكروماتين عند حافة النواة، والخلايا المعجرة Smudge ceall، والتورم، وظهور النواة الدقيقة وظهور خلايا دم حمر بشكل هرمي pyramid shape وكذلك تفجى السايوتوبلازم، وتجزؤ النواة، والنواة الجانبية Lateral nucleus، وتثلم النواة واستطالتها، وتجزء الغشاء البلازمي Plasma membrane لخلية الدم الحمراء، وفقدان اشكال سليفات خلايا الدم الحمر وتحللها، فضلا عن تفتت الكروماتين .

10-2 : تاثيرات الكاديوم والرصاص ومزيجهما على نسيج الغلاصم

Effects of cadmium , lead and their mixture on gills tissue

تعد الغلاصم من الأعضاء المتعددة الوظائف، اذ تشارك في نقل الأيونات وتبادل الغازات وطرح الفضلات (Singh,2014). تتأثر أنسجة الخياشيم القريبة من البيئة المائية الخارجية بشكل مباشر بالمواد الكيميائية السامة، مما يغير تنظيم عملية التناضح (Raju *et al.*, 2013) كونها على اتصال مباشر بالبيئة المائية، لذا فهي تمثل العضو الهدف للتلوث (Puntoriero *et al.*, 2018). استخدمت التغيرات النسيجية للخياشيم كمؤشر حيوي لتقييم صحة الاسماك (Carvalho *et al.*, 2020). اذ أن التغيرات الشكلية في الغلاصم تحدد درجة التلوث البيئي (Strzyzewska *et al.*,2016). تتراكم المعادن الثقيلة في الغلاصم بسبب التلامس المستمر مع البيئة المائية باعتبارها المكان الرئيسي لدخول وامتصاص المعادن الثقيلة من خلال اسطحها فضلا عن التشعب الشديد لأنسجتها وحركة الماء خلالها (Ruiz-Picos and López-López, 2012).

ان التعرض للكاديوم يؤدي الى حدوث تغيرات نسيجية في الغلاصم اهمها تضخم الخلايا المخاطية Mucus cells Hypertrophy وتضخم الخلايا الظهارية Hypertrophy of Epithelial cells الذي يؤدي إلى اندماج العديد من الصفائح الثانوية فضلا عن حدوث التخرس Necrosis، وفرط تنسج Hyperplasia الصفيحة الاولية مما قد يتسبب في تلفها (Padhy *et al.*,2018).

يعمل الرصاص على احداث تغييرات في الغلاصم تتمثل بتمدد الأوعية الدموية الصفائحي Lamellar aneurysm وحدوث نزيف Hemorrhage في الصفيحة الاولى، وارتشاح الخلايا البيض Leukocytes Infiltration والتحلل الكامل للظهارة الصفائحية ، وإفراز المخاط الزائد بسبب تضخم الخلايا المخاطية ، وحدوث فرط تنسج شديد ، والذي يؤدي إلى تضخم الصفائح الظهارية وتضخم خلايا الكلوريد Hyperplasia of Chloride cells في الصفيحة الثانوية (Sabahelkhier, 2016). تعجر خيوط الغلاصم Clubbed gill filaments ، وانحائها في الصفيحة الثانوية (Shah et al.,2020). كما لوحظ تكوين الفجوات Vacuoles formation في الصفيحة الاولى وانكماش الصفيحة الثانوية Shrinkage of Lamella واندماج أطراف الصفيحة الخيشومية الثانوية (Choudhary et al. ,2019) .

اما التغييرات الرئيسية لغلاصم الأسماك بعد تعرضها لمزيج الكاديوم والرصاص تضمنت تشكل نتوءات Spiking واندماج Fusion الصفائح الثانوية ، وتشكيل خيوط ظهارية على شكل مضرب Club-Shaped في المناطق البينية (Rajeshkumar et al.,2017).

أظهرت نتائج دراسة Hidayati و Soegianto (2020) ان للكاديوم تأثيراً في انسجة الخياشيم في صغار اسماك *Chanos chanos* مسببا تضخم وتوسف الخلايا الظهارية في خياشيم الأسماك المعرضة للكاديوم علاوة على ذلك ، لوحظ حدوث تغيير واضح في الصفائح الثانوية مما أدى إلى حدوث انحلال في ظهارة الطبقة الخارجية وتضخم شديد في الصفائح الثانوية في خياشيم الأسماك . كما بينت دراسة سليمان (2020) ان تعريض اسماك *G. affinis* التراكيز من $PbCl_2$ ادت الى ظهور تغييرات في انسجة الخياشيم تمثلت بتضخم الخلايا المخاطية و فرط تنسج للصفائح الاولى والثانوية واندماج الصفائح الثانوية و تورم الغضروف في الصفائح الاولى وفرط تنسج في الغضروف ونزف في الصفائح الابتدائية والثانوية ،احتقان في الاوعية الدموية و تورم في نهايات الصفائح الثانوية وتخلخل في العضلات وتورمها . بين Rajeshkumar وآخرون (2017) ان تاثير التعرض لخليط من المعادن الثقيلة (Cr و Cd و Pb) في أنسجة الغلاصم لسماك الكارب الشائع *C. carpio* لمدة 7 و 15 و 30 يوماً أدى الى تكوين نتوءات واندماج الصفائح الثانوية ، وتشكيل خيوط ظهارية على شكل مضرب في المناطق بين الخلايا .

11-2 : تأثيرات الكاديوم والرصاص ومزيجهما على نسيج الكبد

Effects of cadmium , lead and their mixture on liver tissue

يستخدم الكبد على نطاق واسع لغرض دراسة العلامات الحيوية من اجل تقييم صحة الأسماك ، لدوره المهم في عمليات إزالة السموم باعتباره أكثر الأعضاء تضرراً بتلوث المياه، فضلاً عن اهميته الفسلجية في تنظيم التمثيل الغذائي ودوره المهم في الدفاعات المضادة للأكسدة (Muñoz *et al.*,2015). ان أي ضرر للكبد يؤدي إلى العديد من الاضطرابات الفسيولوجية مسببا نفوق الأسماك لاحقاً (Pereira *et al.*, 2017).

تتراكم الملوثات في أنسجة الكبد وتصيح الآثار واضحة عندما تصل التراكيز في هذه الأنسجة إلى مستوى العتبة Threshold Leval (Omar *et al.*,2014) ومع ذلك ، فإن هذا التراكم يعتمد على تناولها وتخزينها وإخراجها من الجسم (Abdallah and Morsy, 2013). وهذا يعني أنه من المتوقع أن تتراكم المعادن بمستويات عالية عندما تكون نسبة الامتصاص عالية وانخفاض معدلات التخلص منها في أنسجة الأسماك (Idriss and Ahmad , 2015) . إن أنسجة الكبد في الأسماك المعرضة للعديد من المعادن الثقيلة تحدث فيها تغيرات نسيجية مرضية مختلفة (Rehma *et al.*,2020) . يتسبب الكاديوم والرصاص في حدوث تغيرات نسيجية في الكبد مثل التخر وتغيرات دهنية Fatty change والتهاب الأقفنية الصفراوية وحيدة النواة Mononuclear cholangitis و حدوث نزيف و تخر فضلاً عن ارتشاح الخلايا وحيدة النواة Infiltration mononuclear cell وتكون الفجوات في الساييتوبلازم Cytoplasmic vacuolation والوذمة Oedema وتوسع الجيبانيات Sinusoid dilation (Ghiasi *et al.*, 2017 ,mahboob *et al.*,2020).

كما اشار Rajeshkumar وآخرون (2017) ان تاثير التعرض لخليط من المعادن الأساسية والسامة (Cr و Cd و Pb) على أنسجة الكبد لسمك الكارب الشائع *C. carpio* لمدة 7 و 15 و 30 يوماً ،أحدث تغييرات رئيسية لكبد الأسماك والخلايا الكبدية اذ أظهر تلقاً في الوريد المركزي وتكون عدد كبير من الفجوات .

بينت دراسة El-Sayed وآخرون (2013) عند تعريض إصبغيات البلطي النيل *O. niloticus* لتراكيز من $CdCl_2$ تسبب بتغيرات في أنسجة الكبد تمثلت بفقد النسيج الكبدي بنيته المميزة ، مع زيادة الفجوات في خلايا الكبد. بالإضافة إلى ذلك ، لوحظ حدوث ارتشاح وفير لخلايا الدم الحمراء Eyrthrocytic Infiltration في الجيوب الدموية و لوحظ زيادة في النزف وتكوين الفجوات في خلايا الكبد وارتشاح الكريات البيض الى الجيوب الدموية والنوى المتحللة. وقام كل من Mokhtar و Abd-Elhafeez (2013) باجراء دراسة لمعرفة تأثير التركيز المميت

للرصاص على بعض أعضاء اسماك البلطي tilapia المختارة. اذ بينت نتائج هذا العمل أن الرصاص له آثار ضارة على الكبد في البلطي. فقد أظهر الكبد تنكسًا فجويًا في خلايا الكبد وتوسعًا في الجيوب الكبدية. وكذلك فقدان الاتصال بين الخلايا الكبدية والبنكرياس وظهور نوى موت الخلايا المبرمج Apoptotic Nuclei .

الفصل الثالث

المواد وطرائق

العمل

Materials and Methods

الفصل الثالث

مواد وطرائق العمل Materials and Methods :

1-3 : الاجهزة المختبرية: استخدمت الاجهزة المختبرية المبينة في الجدول (1-3).

الجدول (1-3) الاجهزة المختبرية المستخدمة في الدراسة.

المنشأ	النوع	المعدات المستخدمة	ت
China	138A	Magnifier Lamp(LED) مصباح مكبر	1
China	Maalavya RS Electrical RS-610	Air pump هواء مضخة	2
Gapan	AND GX-400	ميزان كهربائي حساس	3
Korea	Lap Tech LMS-1003	محرك مغناطيسي Hot plate stirrer	4
Germany	Heraeus	Oven فرن كهربائي	5
KOREA	LCI-050EL	الحاضنة Incubator	6
USA	Omni international	جهاز السحق المجانس Ultrasonic Homogenizer	7
Singapore	Oakton	pH Meter جهاز	8
Germany	Labsco	Hot plate مسطح حراري	9
Germany	Beckman coulter TM CAT-367161	جهاز طرد مركزي صغير Microcentrifuge	10
France	Cecll	spectrophotometer جهاز	11
Germany	Julabo SW23	Water Bath الحمام المائي	12
Japan	Shimadzu uv-1800	جهاز مطياف ضوئي uv-visible spectrophotometer	13
Germany	Hettich D-7200Tuttlingen	جهاز طرد مركزي Centrifuge	14
Germany	Slee mainz medical Cut 4062	جهاز قطع دوار Microtome	15

المنشأ	النوع	المعدات المستخدمة	ت
UK	AC:Motor BS.2207SH/08	المرشح Vacuum	16
Italy	Optika	مجهر ضوئي مركب optical microscope	17
China	SCMOS05000KPA 5.0MP 1/2.5"APTINA CMOS USB2.0 DC 5V/200Ma S/N:21030900019	الكاميرا الرقمية Microscope digital camera	18
China	TDS -3	جهاز قياس توصيل كهربائي TDS meter (hold)	19
Australia	GBC 933 plus	جهاز مطياف ذري Absorption spectrophotometer	20
Germany	Analytik jena novAA 350	جهاز المطياف الذري Absorption spectrophotometer	21

2-3: جمع عينات الأسماك Collecting fish samples

جمعت الاسماك المستخدمة في هذه الدراسة من مياه منطقة الشلالات (الخور) شمال مدينة الموصل خلال الفترة من منتصف شهر تشرين الاول والى شهر شباط نهارةً بواسطة شباك يدوية ، اخذت ثلاث عينات من المياه في الفترة نفسها ومن نفس الموقع الذي جمعت منه الاسماك ووضعت في قناني بلاستيكية واجريت عليها الاختبارات اللازمة.



الصورة (1-3) منطقة جمع اسماك *A. mossulensis*

3-3: تجهيز العينات Specimens Preparation

استخدمت شبكة صيد يدوية في عملية جمع الاسماك، ثم نقلت الاسماك الى المختبر بواسطة حوض بلاستيكي وضع فيه ماء من نفس بيئتها المائية، وضعت الاسماك بعد وصولها الى المختبر في حوض زجاجي حاوي على ماء خال من الكلور فضلا عن ماء بيئة الاسماك

الطبيعية ، زودت الاحواض باجهزة تهوية وتركت حوالي اسبوعين لغرض التأقلم ، استعمل الغذاء التجاري الصيني الصنع من نوع Royal Siso Tropical BITS Food الحاوي على وجبة السمك الأبيض ، دقيق القمح ، قشور السمك ، البكتيريا الزرقاء، الليسيثين، زيت السمك ، مسحوق الأعشاب البحرية، خميرة تورولا الجافة فضلا عن الفيتامينات (E,D,C, B,A) تراوحت نسبة بروتين خام 43% كحد أدنى والدهون الخام 6% وألياف الخام 5% كحد أقصى. نظف ماء الحوض اسبوعيا. اخذت اطوال واوزان الاسماك اذ تراوحت معدلات اطوالها واوزانها (4.5) سم و (1.3) غم على التوالي.



الصورة (2-3) سمكة *A. mossulensis*

4-3 : تجهيز المحلول القياسي للكاديوم والرصاص

Prerparation of stock solution of cadmium and lead

جهز المحلول القياسي Stock solution للكاديوم بتركيز 100 ملغم/لتر وذلك بإذابة 0.812 غم من $CdCl_2$ بكمية من الماء المقطر Distille water ومن ثم أكمل الحجم إلى 5000 مل ومنه حضرت التراكيز (10، 20، 40، 60، 80) ملغم/لتر المستخدمة في تجربة تقدير متوسط التركيز القاتل LC_{50} . اما بالنسبة للرصاص فقد اذيب 0.668 غم من $PbCl_2$ في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 5000 مل، للحصول على تركيز 100 ملغم/لتر ومنه حضرت التراكيز (10، 30، 50، 70، 90) ملغم/لتر المستخدمة في تجربة LC_{50} .

5-3 : تقدير متوسط التركيز القاتل LC_{50} للكاديوم والرصاص

Determiation of lethal Concentration 50 of cadmium and lead

تم تحديد التركيز القاتل لنصف العدد من الاسماك خلال فترة التعريض الحاد acute exposure (4 ايام)، وذلك بتعريض الاسماك الى تراكيز الكاديوم (0، 10، 20، 40، 60، 80، 100) ملغم/لتر. وذلك بوضع 10 اسماك في كل حوض ، سجلت عدد الهلاكات

خلال (4 ايام) . كذلك الحال بالنسبة للرصاص اذ استخدمت التراكيز (0، 10، 30، 50، 70، 90، 100) ملغم/لتر خلال فترة التعريض الحاد (4 ايام) . استخدمت في التجارب الحالية LC₅₀ 1/2 للكادميوم و LC₅₀ 1/2 للرصاص و مزيجهما في كافة التجارب قيد الدراسة .

6-3: التصميم التجريبي Experimental Design

قسمت الاسماك الى 4 مجاميع:

المجموعة الأولى: السيطرة Control تتمثل بالاسماك الموجودة في الاحواض الحاوية على ماء منزوع الكلور .

المجموعة الثانية: تتمثل بالاسماك الموجودة في الاحواض الحاوية على محلول مائي للكادميوم بتركيز 15 ملغم/ لتر (1/2 LC₅₀) .

المجموعة الثالثة: تتمثل بالاسماك الموجودة في الاحواض الحاوية على محلول مائي للرصاص بتركيز 28 ملغم/ لتر (1/2 LC₅₀) .

المجموعة الرابعة: تتمثل بالاسماك الموجودة في الاحواض الحاوية على محلول مائي لمزيج كلٍّ من الكادميوم (15 ملغم/لتر) و الرصاص (28 ملغم/لتر) .

شُرحت اسماك جميع المجاميع في الفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما بعد التعريض للمواد ولكافة التجارب ولأجل اجراء التجارب استخدمت سبعة احواض متساوية في الحجم وضع في كل حوض حوالي 25 سمكة متساوية في الحجم. ولغرض ضبط فترات التعريض، فقد وضعت اشرطة لاصقة على جدار الاحواض كتب عليها اسم المادة المؤثرة والمدة الزمنية للتجربة. شُرحت الاسماك باستخدام المشروط وبمساعدة الملاقط المدببة والمعقوفة واستوصلت الاعضاء الداخلية (الدماغ، الغلاصم، الامعاء ، الكبد ، العضلات)، ووضعت الاعضاء بالاوزان المطلوبة كل على حدة في قناني زجاجية صغيرة كتب عليها اسم العضو واسم المادة المؤثرة وفترة التعريض . جففت عينات تجربة التراكم الحيوي وذلك بوضعها في فرن بدرجة 70⁰م لمدة يومين وجمدت عينات التجارب الكيموحيوية لحين اكمال الاوزان المطلوبة بدرجة حرارة 20C⁰ - . ولغرض دراسة الشذوذات المظهرية في انوية وخلايا الدم الحمر ، فقد قطعت الزعنفة الذنبية بواسطة المشروط للحصول على عينات من الدم المحيطي وفرشت على شرائح زجاجية كتبت عليها اسم المادة المعرضة والفترة الزمنية للتعريض، بينما وضعت غلاصم واكباد الاسماك قيد الدراسة في قناني حاوية على الفورمالين بتركيز 10% لغرض دراستها نسيجيا .

7-3 : القياسات الفيزيوكيميائية لعينات مياه نهر الخوصر (الشلالات)

Physiochemical Tests for Water Sample

1-7-3: القياسات الفيزيائية Physical Tests

فحصت درجة حرارة المياه Water Temperature حقلياً باستعمال المحرار الزئبقي اذ غمر الطرف الحاوي على الزئبق لعدة دقائق في الماء وسجلت القراءة بعد ثبوتها بالمقياس المئوي C° وكررت التجربة 3 مرات وباوقات مختلفة.

تم قياس التوصيلية الكهربائية (E.C.) Electrical Conductivity لعينات الماء بواقع ثلاث عينات من عدة مواقع مختبرياً باستعمال جهاز EC-Meter من النوع المحمول، مقاساً بوحدة دسي سمنز/ م ، مع مراعاة تعديل درجة الحرارة الى (25) م° وبحسب المعادلة:

$$EC_{25} = EC_t \times ft$$

ft: معامل التصحيح الحراري.

ECt: التوصيلة الكهربائية (APHA , 2017)

2-7-3: القياسات الكيميائية Chemical Tests

اجريت العديد من القياسات الكيميائية لعينات المياه بالاعتماد على الطرائق القياسية المعتمدة عالمياً (APHA,2017)، قيس الرقم الهيدروجيني pH للعينة في المختبر باستخدام جهاز pH Meter لثلاث عينات من المياه، كما قيست العسرة الكلية Total Hardness وذلك بأخذ (25) مل من عينة المياه وسححت ضد (Na₂EDTA القياسي 0.02N) بإضافة قليلاً من محلول الأمونيا المنظم Ammonia buffer solution لرفع قيمة الرقم الهيدروجيني للعينة الى (10) مع إضافة مقدار مناسب من مسحوق دليل Erichrom Black- (EBT) T وسححت حتى تغير اللون من الأرجواني إلى الأزرق المخضر وسجل الحجم وحسب التركيز كما في المعادلة التالية :

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

V = حجم محلول Na₂EDTA القياسي.

N = عيارية محلول Na₂EDTA .

eq.wt = الوزن المكافئ لـ CaCO₃

اما عسرة الكالسيوم Calcium Hardness فقد قيست بوضع (25) مل من المياه في جفنة خزفية مع رفع قيمة الرقم الهيدروجيني إلى 12 بإضافة قطرات من هيدروكسيد الصوديوم Sodium Hydroxide (1N) اضيف مقدار مناسب من دليل الميروكسايد Ammonium purpurate ثم سحح ضد محلول Na₂EDTA القياسي مع التحريك

بقضيب زجاجي حتى يتغير اللون من الوردي إلى البنفسجي. وحُسب تركيز عسرة الكالسيوم بالمعادلة التالية:

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

=V = حجم محلول Na₂EDTA القياسي.

=N = عيارية محلول Na₂EDTA.

= eq.wt = الوزن المكافئ لـ CaCO₃.

حسبت عسرة المغنيسيوم Magnesium Hardness في المعادلة الآتية:

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

أما قياس تركيز معدني الكاديوم والرصاص في عينة ماء الشلالات فقد هضمت العينات المائية بمحلول الهضم (حامض النتريك). وذلك بأخذ (1) لتر من عينة الماء في بيكر زجاجي والتسخين على مسطح حراري لحين الحصول على (25) مل ثم وضع (10) مل من حامض النتريك وتركت العينة لمدة (24) ساعة مع وضع غطاء " زجاجة ساعة" بعد ذلك سخنت العينة على مسطح حراري ووضع قطع من الخزف لمنع التطاير وقبل الجفاف بقليل حملت العينة وتركت لتبرد واكمل الحجم بالماء المقطر إلى (25) مل ثم رشحت العينة بواسطة المرشح الغشائي (0.20) .

3-8: التراكم الاحيائي لكل من الكاديوم و الرصاص ومزيجيهما في انسجة اعضاء الاسماك Bioaccumulation of cadmium , lead and their mixture in tissues of fish organs

استؤصلت الاعضاء (الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) لغرض هضمها بالاعتماد على طريقة (Warchatowska-Sliwa et al.,2005) وكالاتي:
أخذ (0.05) غم وزن جاف من كل عضو ووضعت في Flasks زجاجية صغيرة الحجم نظيفة وجافة اضيف الى كُليّ منهم (10) مل حامض الكبريتيك و(2) مل من حامض البيروكلوريك، تركت العينات لمدة 48 ساعة مع مراعاة وضع زجاجة ساعة كغطاء للدوارق الزجاجية، وضعت العينات على مسطح حراري في داخل الهود Hood وذلك لسحب الابخرة المتولدة لوحظ تغير لون المحلول من البني الى لون شفاف تركت العينات لكي تبرد، ثم رشحت العينات باستخدام جهاز الترشيح Vacuum واضيف لكل عينة (5) مل ماء مقطر ، وضعت العينات في قناني زجاجية جافة ونظيفة ، استخدم جهاز المطياف الذري لقراءة الإمتصاصية.

3-8-1: الحسابات

بالاعتماد على (Chapman and Partt,1961) ، غيرت الامتصاصية الى وحدات تركيز وذلك عن طريق استخدام معادلات الإنحدار القياسية للكاديوم والرصاص.

3-9: تقدير تركيز الكلوتاثايون (مضادات اكسدة غير انزيمية) في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of the concentration glutathione (non-enzymatic antioxidant) in tissues of fish organs

قدر تركيز GSH بالاعتماد على الطريقة المحورة لالمان (James *et al.*,1982) في انسجة الاعضاء (الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) .

3-9-1: تحضير المحاليل Reagents Preparation

1- حضر محلول ثلاثي كلورو حامض الخليك Trichloroacetic acid (TCA) بتركيز

6 % وذلك بإذابة (3) غرام من هذه المادة في (50) مل من الماء المقطر .

2-حضر محلول المنظم فوسفات الصوديوم (0.2 M) Na_2HPO_4 بإذابة (2.838) غم

في(100) مل من الماء المقطر و تمت معايرة الرقم الهيدروجيني الى (pH=7.4).

3- حضر محلول سترات ثلاثي الصوديوم $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ بإذابة (0.25) غم من هذه المادة

في (25) مل من الماء المقطر . وتم معايرة الرقم الهيدروجيني الى pH=6.2.

4- الكاشف (DTNB) Dithiobis Nitri Benzoic acid حضر انيا بإذابة 0.01 غم

منه في 25 مل من محلول منظم سترات ثلاثي الصوديوم .

3-9-2 : خطوات العمل Working Steps

1- اخذ (0.1) غم من نسيج الاعضاء قيد الدراسة، كلا على انفراد واضيف اليها (1) مل

من محلول (TCA) وضعت العينة في جهاز السحق Ultrasonic Homogenizer

الحاوي على الثلج المجروش ولمدة 60 ثانية شغل الجهاز بسرعة(4000) دورة/دقيقة.

2- نقلت العينات المسحوقة الى جهاز الطرد المركزي بسرعة (xg1008) ولمدة (15)

دقيقة.

3- اخذ (0.5) مل من الراشح لكل عينة ،بينما وضع في انبوبة Blank ماء مقطر

(0.5) مل.

4- اضيف المحلول المنظم فوسفات الصوديوم بمقدار(2) مل لكل عينة ورجت جيدا .

5- اضيف كاشف DTNB لكل عينة بمقدار(0.5) مل .

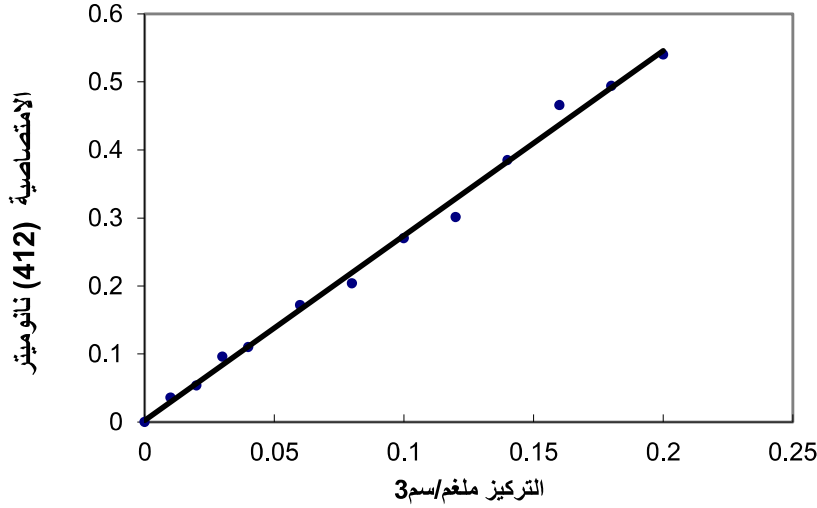
6- تركت العينات لمدة 5 دقائق ولوحت تغير وتدرج في لونها الى اللون الاصفر .

7- استعمال جهاز Spectrophotometer لقياس الامتصاصية لكل عينة عند طول موجي

(412) نانوميتر.

3-9-3: الحسابات

لاجل الحصول على قيم التراكيز النهائية اعتمد المنحنى البياني القياسي GSH ، قدرت نتائج الامتصاصية بالنانومول /غم نسيج



الشكل (1-3) المنحنى البياني القياسي لتحديد مستوى فعالية GSH

10-3 : تقدير مستوى فعالية الكاتاليز (مضادات الاكسدة الانزيمية) في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of activity level of Catalase (enzymatic antioxidants) in tissues of fish organs

1-10-3 : تحضير راشح النسيج

لتحضير الراشح استخدمت الطريقة المتبعة من قبل (Bosco *et al.*, 2007).

1-1-10-3: تحضير المحاليل Reagents Preparation

حضر المحلول الدائري Phosphate buffer (50) ملي مول بمزج (0.870)غم من K_2HPO_4 (0.1M) المذابة في (50) مل من الماء المقطر مع (0.68)غم من KH_2PO_4 (0.1 M) المذابة في (50) مل من الماء المقطر ، تمت معايرة الرقم الهيدروجيني الى (pH=7.0).

3-10-1-2 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ (0.1) غم من النسيج لكل من الاعضاء (الغلاصم ، الدماغ ، الامعاء، الكبد ، العضلات) كلا على انفراد ،اضيف اليها (1) مل من المحلول الدارئ ثم وضعت في جهاز السحق الحاوي على الثلج المجروش لسحق النسيج لمدة 60 ثانية شغل الجهاز بسرعة (1800) دورة/دقيقة.
- 2-نقلت العينات المسحوقة الى جهاز الطرد المركزي المبرد بسرعة (1500 xg) لمدة (15) دقيقة .

3-10-2 : تقدير فعالية إنزيم الكتاليز

Determination of Catalase activity

قدرت فعالية الكتاليز بالاعتماد على طريقة (Aebi,1984) في كل من انسجة الاعضاء (الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) .

3-10-2-1 : تحضير المحاليل Reagents Preparation

- 1- حضر محلول H_2O_2 (30) ملي مول باضافة 0.102 مل من هذه المادة الى كمية قليلة من الماء المقطر ثم اكمل الحجم الى 100 مل.

3-10-2-2 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ (50) مايكروليتر من راشح نسيج كل عينة ووضعت في انابيب اختبار، بينماوضع في انبوبة الكفاء Blank (50) مايكروليتر ماء مقطر.
- 2-اضيف 550 مايكروليتر من المحلول الدارئ Phosphate buffer (50) ملي مول لكل عينة ورجت جيدا.
- 3-اضيف (300) مايكروليتر من H_2O_2 للعينة ورجت جيدا
- 4-اخذت القراءات مرتين لكل عينة باستخدام جهاز المطياف الضوئي Uv- spectrophotometer عند طول موجي (240) نانوميتر حيث اخذت القراءة الثانية بعد دقيقة من القراءة الاولى وقدرت النتائج بالوحدة/ملغم بروتين.

3-10-2-3 : الحسابات

$$\Delta A = L \times C \times \epsilon$$

حيث

ΔA قيمة التغير في الامتصاصية ، L سمك الخلية ، C فهي تمثل قيمة التركيز ، ϵ رمزت لمعامل الكفاءة وقيمته (0.00394).

3-11: تقدير مستوى فعالية ترزخ الدهون (المالون ثنائي الديهايد) في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of Malondialdehyde (MDA) activity level in fish organs

قدر مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد في انسجة الاعضاء (الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء و العضلات) بالاعتماد على طريقة (Volken *et al.* , 2001) وذلك عن طريق التحديد الطيفي لمركب (MDA-TBA) الوردى الذي ينتج بعد تفاعل MDA مع Thiobarbituric acid (TBA) عند درجات الحرارة العالية.

3-11-1 : تحضير المحاليل Reagents Preparation

- 1- حضر المحلول المنظم Na_2HPO_4 فوسفات الصوديوم (0.2 M) بإذابة (2.838) غم في (100) مل من الماء المقطر ، تمت معايرة الرقم الهيدروجيني الى (pH=7.4).
- 2- حضر محلول ثلاثي كلورو حامض الخليك TCA بتركيز 30% وذلك بإذابة (7.5) غرام من هذه المادة في (25) مل من الماء المقطر.
- 3- حضر NaOH (0.1 N) بإذابة (0.2) غم من المادة في (50) مل من الماء المقطر .
- 4- حضر حامض TBA % 0.75 بإذابة (0.38) غم من TBA في (50) مل من (N0.1) NaOH .
- 5- حضر حامض HCl (5M) بإذابة (3.65) مل من HCl بكمية من الماء المقطر وأكمل الحجم إلى (20) مل .

3-11-2 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ مقدار (0.1) غم من عينة نسج الاعضاء كلا على انفراد واضيف اليها (1) مل من المحلول المنظم وتم وضع العينة في جهاز السحق الحاوي على الثلج المجروش لمدة 60 ثانية شغل الجهاز بسرعة (1800) دورة/دقيقة.
- 2- نقلت العينات المسحوقة الى جهاز الطرد المركزي المبرد بسرعة (1500 xg) لمدة (10) دقيقة .
- 3- اخذ (0.5) مل من الراشح لكل عينة ووضع في انابيب الاختبار ووضع في انبوبة الكفاء Blank ماء مقطر (0.5) مل.
- 4- اضيف محلول TBA بمقدار (0.5) مل لكل عينة ورجت جيدا .
- 5- اضيف TCA بمقدار (0.33) مل ورجت جيدا.
- 6- اضيف حامض HCl (5M) لكل عينة بمقدار (0.13) مل ورجت جيدا .

7- وضعت العينات في الحمام المائي بدرجة حرارة (37) م لمدة 10 دقائق ، لوحظ تغير اللون وتدرجه الى الوردي الخافت.

8- وضعت العينات في جهاز الطرد المركزي لمدة 5 دقائق بسرعة (1008 xg) .

9- استخدم جهاز spectrophotometer لقياس الامتصاصية عند طول موجي (532) نانوميتر .

3-11-3: الحسابات

حسب مستوى المالنثنائيالديهيد في انسجة الاعضاء حسب المعادلة التالية ادناه:

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

حيث :

A قيمة الامتصاصية، L تمثل طول المسار الضوئي، E قيمة الامتصاصية المولارية = 1.56×10^5 .

3-12: تقدير فعالية الانزيمات في نسج الاسماك

Determination enzymes activity in fish tissues

3-12-1: تحضير راشح النسيج

استخدم الراشح المحضر في 3-10-1

3-12-2: تقدير فعالية إنزيم الفوسفاتيز القاعدي في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of Alkaline phosphatase Activity (ALP) in tissues of fish organs .

قدرت فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي بالاعتماد على طريقة (Burtis *et al.*, 1999) في

انسجة (الكبد والعضلات) واستعملت عدة التحليل (Kit) المجهزة من قبل شركة Biolabo .

3-12-2-1: المبدأ Principle

يحفز المحلول القلوي الذي يحتوي على إنزيم الفوسفاتيز القاعدي على تحلل المركب p-nitrophenylphosphate في p-nitrophenyl و Phosphate . قيس معدل تكوين p-nitrophenyl في العينة والمنتاسب مع نشاط ALP عند 405 نانوميتر .

3-12-2-2: تحضير المحلول Reagent Preparation

اذيب Vial R2 المادة الاساس الحاوي على p-nitrophenylphosphate في Vial R1 المحلول المنظم الحاوي على Diethanolamine (10mmol/L) وكلوريد المغنيسيوم (1 mol/L, pH 10) Magnesium Chloride (0.5mmol/L) ثم استخدم بعد ذلك.

3-2-12-3 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ (1) مل من R1 واطيف الى انابيب الاختبار.
- 2- اضيف (10) مايكروليتر من الراشح لكل عينة ، ووضعه في انبوبة الكفاء ماء مقطر (10) مايكروليتر ومزجت جيدا ولوحظ تغير في تدرج اللون الى اللون الاصفر الخافت.
- 3- سجلت القراءة الاولى للامتصاصية بعد دقيقة واحدة عند طول موجي (405) نانوميتر وسجل التغير في الامتصاصية مرة اخرى كل دقيقة ، خلال 3 دقائق.

3-2-12-3 : الحسابات

$$IU/L = (\Delta Abs/min) \times 5450$$

ΔAbs : التغير في الامتصاصية

3-12-3 : تقدير فعالية انزيم الناقل امين الانين في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of Alanine aminotransferase (ALT) activity in tissues of fish organs

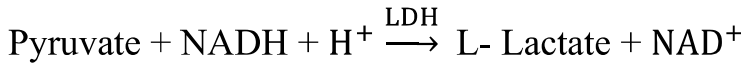
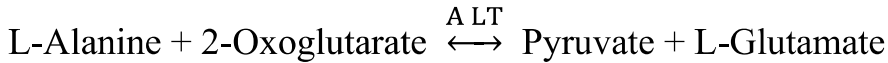
قدرت فعالية الأنزيم الناقل أمين ألانين بالاعتماد على طريقة و Bergmeyer *et al.* (1978, 1986) في انسجة (الغلاصم والكبد والعضلات) باستخدام معدات التحليل (Kit) الجاهزة لشركة Biolabo الفرنسية الصنع.

3-12-3-1 : تحضير المحلول Reagent Preparation

اضيف على محتويات الـ R1 الذي يتكون من (L-Alanine 500mmo/L ، Tris ، NADH 0.18 mmo/L ، LDH \geq U/L1600 ، Oxoglutarate 15 mmo/L ، Buffer 100 mmo/L ، pH (30 °C) 7.5) 10 مل من الماء المقطر ومزج جيدا حتى يذوب تماما وترك لبعض الدقائق ثم استخدم بعد ذلك.

3-12-3-2 : المبدأ Principle

يحدث التفاعل على النحو التالي:



التغير في الامتصاصية يعزى الى تحول NADH إلى NAD⁺ والى نشاط الأنزيم الناقل أمين ألانين في النسيج ، قرأت الامتصاصية عند (340) نانوميتر.

3-12-3-3 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ 1 مل من R 1 ووضعه في انابيب الاختبار.
- 2- اضيف (100) مايكروليتر من الراشح لكل عينة، بينما وضعت في انبوبة الكفاء Blank ماء مقطر (100) مايكروليتر ومزجت جيدا.

3- سجلت قيمة التغير في الامتصاصية خلال الدقائق الثلاث الاولى (بواقع دقيقة بعد كل قراءة).

4-3-12-3 : الحسابات

$$\text{Activity (IU/L)} = \frac{\Delta \text{Abs}}{\text{min}} \times \text{Factor (1746)}$$

$\Delta \text{ Abs/min}$ تمثل التغير في الامتصاصية.

4-12-3 : تقدير فعالية أنزيم الناقل أمين الاسبارتيت في انسجة اعضاء الاسماك

Determination of Aspartate aminotransferase (AST) activity in tissues of fish organs

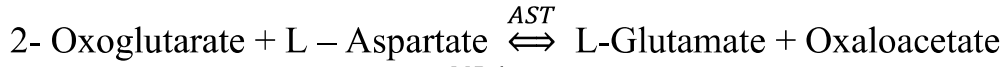
قدرت فعالية الأنزيم الناقل أمين الاسبارتيت بالاعتماد على الطريقة التي تم تحسينها من قبل (Bergmeyer *et al.*,1986) في كل من انسجة (الغلاصم والكبد والعضلات) واستعملت عدة التحليل (Kit) المجهزة من قبل شركة Biolabo

1-4-12-3 : تحضير المحلول Reagent Preparation

اضيف لمحتويات علبة R 1 (10) مل من الماء المقطر ومزج جيدا .

2-4-12-3 : المبدأ Principle

مخطط التفاعل على النحو التالي



قيس التغير في الامتصاصية والمتناسب مع نشاط الأنزيم الناقل أمين الاسبارتيت في الانسجة الحيوانية عند الطول الموجي 340 نانوميتر .

2-4-12-3 : خطوات العمل Working Steps

- 1- وضع (10) مل من R 1 الى انابيب الاختبار .
- 2- اضيف (100) مايكروليتر من الراشح لكل عينة ووضع في انبوبة الكفاء Blank ماء مقطر (100) مايكروليتر ومزجت جيدا .
- 3- سجل التغير في الامتصاصية كل دقيقة ،خلال 3 دقائق من بدأ القياس .

4-4-12-3 : الحسابات

استخدمت المعادلة ادناه لحساب مستوى فعالية AST :

$$\text{Activity (IU/L)} = \Delta \text{ Abs /min} \times \text{Factor(1746)}$$

$\Delta \text{ Abs/min}$ تمثل التغير في الامتصاصية

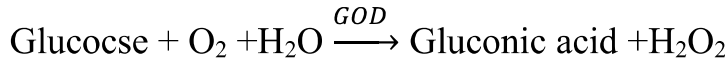
3-13 : تقدير تركيز الكلوكوز

Determination of glucose concentration

قدر تركيز الكلوكوز بالاعتماد على طريقة (Teuscher and Richterich,1971) في
انسجة (الغلاصم والكبد والعضلات) باستخدام معدات التحليل (Kit) (الجاهزة من شركة
Randox الفرنسية.

3-13-1: المبدأ Principle

يتحدد الكلوكوز بعد الاكسدة الانزيمية بوجود الكلوكوز اوكسيداز Glucose Oxidase .
يتفاعل بيروكسيد الهيدروجين المتكون تحت تحفيز Peroxidase مع الفينول Phenol و
4-امينوفينازون 4-aminophenazone لتشكيل صبغة كينونيمين الحمراء البنفسجية - a red
violet quinoneimine كمؤشر كما في المعادلات الاتية :



3-13-2 : تحضير المحلول Reagent Preparation

اضيف محتويات R1a المنظم (Buffer) الحاوي على 0.1mol/l Phosphate Buffer
pH 7.0 و Phenol 11 mmol/l الى محتويات R1b الكاشف (Reagent) الحاوي على
4-aminophenazone 0.77 mmol/l و Lucose oxidase ≥ 1.5 kU/l و
Peroxidase ≥ 1.5 kU/l مع رج المحلول بصورة جيدة.

3-13-3 : خطوات العمل Working Steps

- 1- اخذ 1مل من محلول R1a ووضع في انابيب الاختبار
- 2- اضيف (10) مايكروليتر من الراشح لكل عينة، بينما وضع في انبوبة Standard (10)
مايكروليتر من المحلول القياسي (St.) ورجت جيدا ثم وضعت في حمام مائي بدرجة
حرارة (37م⁰) لمدة عشرة دقائق ولوحت تغير اللون الى اللون الاحمر البنفسجي حسب
تركيز الكلوكوز في العينة.
- 3- اخذت القراءة لكل عينة باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجي
(500) نانوميتر.

3-13-4: الحسابات

$$\text{Glucose concentration (mg/dl)} = \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{standard}}} \times 100$$

3-14: دراسة الشذوذات المظهرية لخلايا وانوية الدم الحمر

Study of Phenotypic Abnormalities of Red Blood Cells and Nuclei

3-14-1: تحضير الصبغة

اذيب (1غم) من صبغة كيمزا Giemsa Stain في (100) مل من الكحول المثيلي و رجت جيدا و وضعت في الحاضنة بدرجة حرارة (37)م° لمدة 24 ساعة ثم رشحت (Brown,1993).

3-14-2: تحضيرات شرائح الدم Preparation of Blood Smear

قطعت السمكة عند منطقة الزعنفة الذنبية واخذ منها قطرة دم وفرشت على شريحة زجاجية نظيفة وجافة وكتب عليها اسم المادة المؤثرة وفترة التعريض وثبتت بالميثانول لمدة 10 دقائق وصبغت بصبغة كيمزا وفق طريقة (Brown,1993).

3-14-3: الفحص والتصوير المجهرى لشرائح الدم

Examination and photography of Blood slides

فحصت شرائح الدم بالمجهر الضوئي المركب وباستخدام العدسة الزيتية Oil lens، وصورت بالة تصوير رقمية Digital camera والمرتبطة بالمجهر ليتم التصوير فيها والمرتبطة بدورها بجهاز الحاسوب من نوع Lenovo .

3-15: تحضيرات المقاطع النسجية

Preparations of histological sections

هيئت المقاطع النسجية لكل من اعضاء الاسماك (الغلاصم والكبد) لملاحظة التغيرات المرضية النسجية الحاصلة فيها حسب طريقة (Suvarna et al.,2019) والمتضمنة:

3-15-1: التشريح Dissection

استوصلت اعضاء الاسماك(الغلاصم والكبد) بعد تشريحها.

3-15-2: التثبيت Fixation

ثبتت النماذج باستخدام الفورمالين بتركيز 10% لمدة 24 ساعة.

3-15-3: الغسل Washing

غسلت النماذج بواسطة ماء الحنفية الجاري لازالة المثبت لمدة 15-20 دقيقة.

3-15-4: الإنكاز Dehydration

سحب الماء من النماذج باستخدام تراكيز متدرجة (30 ، 70 ، 90 ، 100) % من الكحول الأثيلي ولمدة ساعة لكل تركيز .

3-15-5 : الترويق Clearing

روقت النماذج باستخدام الزايلول xylol بواقع 15 دقيقة مع المراقبة.

3-15-6 : التشريب Infiltration

وضعت النماذج في شمع البرافين (درجة ذوبانه 56-60 °م) ووضعت في فرن بدرجة حرارة 60°م بواقع 3 تمريرات ولمدة 30 دقيقة لكل تمريرة.

3-15-7 : الطمر Embedding

طمرت النماذج بواسطة ملقط بعد صب شمع البرافين في قوالب حديدية خاصة على شكل حرف L وتم تمرير ابرة ساخنة حول النموذج للتخلص من الفقاعات التي قد تتشكل حوله ، ثم تركت القوالب لتتصلب.

3-15-8 : التشذيب والتقطيع Trimming and Sectioning

شذبت قوالب الشمع تشذيبا دقيقا من الجوانب باستخدام سكين حادة ثم ثبتت على قالب خشبي لغرض وضعها في جهاز القطع الدوار، اذ قطعت النماذج بسماك 5-7 مايكروميتر للحصول على شريط من المقاطع النسجية المتسلسلة، ثم وضعت الاشرطة في حمام مائي بدرجة 40-45 °م لغرض فرش النسيج، بعد ذلك وضعت على شريحة Slide بعد تعليمها بقلم ماسي Pencil Diamond ثم تركت الشرائح لتجف في درجة حرارة المختبر لمدة 24 ساعة .

3-15-9 : إزالة الشمع Deparaffinization

استخدام الزايلول لازالة شمع البرافين بصورة جيدة وعدم ابقاء أي اثر له في الشرائح لمدة 10 دقائق.

3-15-10 : التلوين Staining

صبغت المقاطع النسجية بالصبغة النسجية العامة وفق ما جاء به (الحاج، 2010). اذ حضرت صبغة الهيماتوكسلين وفق ما جاء به (الحاج، 1998)، اما صبغة الأيوسين فقد حضرت وفق ما جاء به (Gurr,1962) ،لونت الشرائح بحسب الخطوات التالية:

1- مررت الشرائح في سلسلة تنازلية من الكحول الايثيلي (100، 90، 80 ، 70)% ولمدة خمسة دقائق لكل تركيز .

2- وضعت بعد ذلك بالماء المقطر لمدة خمسة دقائق .

3- غمرت الشرائح في صبغة الهيماتوكسلين لمدة سبعة دقائق.

4- غسلت المقاطع بماء الحنفية الجاري ولمدة خمسة دقائق لازالة اثر الصبغة الزائدة .

5- غمرت الشرائح في صبغة الأيوسين نصف دقيقة .

6- مررت بتراكيز تصاعديّة من الكحول الايثيلي(70، 80، 100)% لمدة 5 دقائق لكل تركيز .

7- وضعت الشرائح في الزايلول لترويقها لمدة دقيقتين.

3-15-11: التحميل Mounting

حملت الشرائح الزجاجية بإستعمال الـ (D.P.X) Xylene Plasticizer Disterene وغطيت بالغطاء الزجاجي وتركت لكي تجف.

3-15-12: الفحص والتصوير المجهرى للمقاطع النسجية

Examination and photography of histological sections

فحصت المقاطع النسجية بإستعمال المجهر الضوئي المركب ، وصورت بآلة تصوير رقمية Digital camera والمرتبطة بالمجهر ليتم التصوير فيها والمرتبطة بدورها بجهاز الحاسوب من نوع Lenovo .

3-16: التحليل الإحصائي Statical Analysis

استعمل البرنامج التحليلي Epa probit analysis program ، نسخة 1.5 لتحديد تركيز LC_{50} (Finney,1971) ، كما استعمل البرنامج الاحصائي Graph pad prism 5 لتحليل البيانات احصائيا ، و بإستعمال برنامج ANOVA One Way قورن الوسط الحسابي عن طريق تحليل التباين الخطي Analysis of Variance للمتغيرات في المعايير قيد الدراسة لكل مجموعة على حدة ، بإستخدام اختبار (Tukey) عند مستوى معنوية ($p < 0.05$) للمقارنة بين تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما في الاعضاء قيد الدراسة ضمن فترات التعرض المختلفة ، وقد وضعت الحروف في الجداول للتعبير عن الفروقات المعنوية (Steel and Torrie,1980) ، رسمت المخططات البيانية بإستخدام (2010) Microsoft Excel.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results & Discussion

الفصل الرابع النتائج والمناقشة

1-4 : الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات مياه نهر الخوصر (الشلالات)

Physiochemical properties for Water Al-Khawasr (waterfalls)

يتضح من خلال نتائج الجدول (1-4) ان المعدل العام لدرجة حرارة الماء في موقع الدراسة (22) م° ، وان معدل التوصيلية الكهربائية بلغت (1.228) دسي سيمنز/ م. بلغ تركيز عنصرى الكاديوم والرصاص (0.005) و(0.0351) ملغم/لتر على التوالي. اما معدل قيمة الاس الهيدروجيني pH للعينات المائية فقد بلغت (7.7) ، اما بالنسبة للعسرة الكلية وعسرتي الكالسيوم والمغنيسيوم فقد بلغت قيمتها (743) ، (427) و (316) ملغم/لتر على التوالي.

ان اغلب المعدلات اعلاه تقع ضمن المواصفات العراقية لحماية الموارد الطبيعية والحياة المائية من التلوث رقم (1-25) لعام 1969م (عباوي وحسن، 1990). يعد نهر الخوصر من البيئات المتباينة الحرارة ويرجع سبب ذلك الى التغيرات اليومية في درجات الحرارة (السراج، 2019) . اما بالنسبة للتوصيلية الكهربائية فقد بلغ المعدل (1.228) دسي سيمنز/ م. وبذلك واستنادا الى ما ذكره (NHVRAP,2011) فان مياه نهر الخوصر تجاوزت المحددات العالمية لاستخدام المياه والتي تبلغ (0.835) مايكروسمنز/سم ، ويعزى السبب في ذلك الى طبيعة المطروحات الحاوية على انواع عديدة من الاملاح وبالتالي زيادة تركيز نسبة الاملاح في المياه. وهي تعتبر عالية الملوحة حسب تصنيف مختبر الملوحة الامريكي (عباوي و حسن، 1990) و تطابقت هذه النتائج الى ما توصل اليه (الطيار و منديل ، 2020).

يعد معدل الكاديوم (0.005) ملغم/لتر، ومعدل الرصاص (0.0351) ملغم/لتر ضمن الحدود الطبيعية المقبولة للمواصفات العراقية لحماية الموارد الطبيعية من التلوث وتبلغ (0.005) و(0.05) ملغم/لتر لكل من الكاديوم والرصاص على التوالي (عباوي وحسن، 1990). ربما يعود سبب تواجد هذين العنصرين الثقيلين في مياه نهر الخوصر إلى المطروحات والملوثات التي تطرح من التجمعات السكنية والورش والمعامل الصناعية فضلا عن تصريف مياه الأراضي الزراعية اليه، فالأسمدة المستعملة في الزراعة تحتوي على نسب من العناصر الثقيلة وهي عادة ما تكون سريعة الذوبان في الماء إذ إن الأسمدة العراقية تحتوي على ما يقارب من (15) جزء بالمليون من الكاديوم كما إن المبيدات الزراعية تحتوي على تراكيز عالية من هذه العناصر (المنجي، 2002 : احمد، 2007).

اما معدل الرقم الهيدروجيني pH فقد بلغت (7.7) وهي قريبة من حالة التعادل رغم المطروحات المصروفة الى النهر وذلك لكثرة وجود ايونات البيكاربونات (القاعدية الكلية) التي تسلك سلوك محلول منظم وقد جاءت مطابقة لما توصل اليه (الطيار و منديل ، 2020).وهي

تعتبر من ضمن الحدود الطبيعية للمواصفات العراقية لحماية الموارد الطبيعية من التلوث والتي تتراوح قيمتها بين (6.5- 8.5). في النظم البيئية المائية ، ان للأس الهيدروجيني تأثيراً مباشراً في كيمياء المياه (Manhan, 2004) ويرجع السبب إلى إمكانية تحلل المواد العضوية الموجودة في هذه التصريف والمطروحات الصناعية بوساطة الأحياء المجهرية اللاهوائية، لتنتج غاز كبريتيد الهيدروجين والذي يتأكسد هوائياً الى ثنائي أوكسيد الكبريت والذي بدوره يتحول إلى حامض الكبريتيك (Al-Saffawi and Al-Maathidi, 2017).

بلغت معدلات العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم بدلالة CaCO_3 (743) و (427) و(316) ملغم / لتر (ppm) وعلى التوالي، ان هذه النتائج مقارنة لما توصل اليه (الطيبار و منديل ، 2020) ان نوع المياه العسرة جدا، ربما يعزى ذلك الى ما ينجرف من المياه من مخلفات صناعية وبشرية وزراعية ومياه الصرف الصحي كذلك قد يعزى الى السيول الناقلة للتربة السطحية و ذوبان الصخور الجبسية والكلسية اضافة الى استخدام الاسمدة الفوسفاتية في الاراضي الزراعية (السراج، 2019). كما قد يعود سبب الارتفاع في العسرة الى زيادة تركيز الايونات المسببة للعسرة في مياه الفضلات للمصب والحاوية على ملح الطعام لا سيما الاملاح غير النقية الحاوية على املاح الكالسيوم والمغنيسيوم بوصفها شوائب (طلعت والصفاري، 2018). على الرغم من سلبيات ارتفاع العسرة على النظام البيئي الا ان لها دورا مهما في تقليل سمية العناصر المعدنية الثقيلة (Wood *et al.*, 2012).

4 - 2 : تحديد متوسط التركيز القاتل LC_{50} الكاديوم و للرصاص

Determination of lethal concentration LC_{50} for cadmium and lead

تبين نتائج الجداول (2-4) و(3-4) و(4-4) و(5-4) والشكلان (1-4) و(2-4) ازدياد في معدلات نفوق الاسماك بزيادة التراكيز المستخدمة ، ولم يتم تسجيل اي نفوق في المجموعة الضابطة .وان متوسط قيم التركيزين القاتلين LC_{50} للكاديوم و الرصاص (29.638 ، 57.854) على التوالي.

يعد (LC_{50}) قاعدة اساسية لجميع دراسات السمية البيئية اذ ان التعرف على سمية الملوثات المختلفة وحساسية الكائنات الحية المختلفة لها يعد الخطوة الأولى في تقييم تأثير تلك المواد (Yalsuyi and Vajargah, 2017a,b).

تعتمد سمية المعادن الثقيلة في الكائنات المائية و توازنها على العديد من العوامل التي تحدد تركيزها في البيئة ومدى توافرها في الكائنات الحية المائية مثل الأس الهيدروجيني ،والعسرة ،والاوكسجين ، ودرجة الحرارة (Başyigit and Tekin-Özan, 2013) فضلا عن العوامل المتعلقة بالكائنات الحية كالحجم والعمر والنوع والجنس (Yalsuyi and Vajargah, 2017a)

تعتمد سمية المخاليط المعدنية على الانجذاب الخاص للمعادن، وقوة المواد السامة ، وتراكيز المعادن المذابة ، والنسب وتركيب المحلول الأساسي , (Balistreri and Mebane , 2014).

بينت نتائج الدراسة الحالية ان قيمة ($96LC_{50}$) للكادميوم بلغت (29.638) ملغم/لتر وهي اقل من قيمتها في الرصاص و البالغة (57.854) ملغم/لتر والتي جاءت منظره لما توصل اليه Ubani-Rex وآخرون (2017) اذ قاموا بتعريض اسماك *C.gariepinus* لتراكيز من الكادميوم و الرصاص كل على حدة لمدة 96 ساعة، ووجدوا ان قيمة ($96LC_{50}$) للرصاص (34.48) ملغم /لتر اعلى من قيمتها في الكادميوم والتي بلغت(24.18) ملغم / لتر. كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Shuhaimi-Othman وآخرون (2015) اذ تم تعريض اسماك (*Rasbora sumatrana* (Cyprinidae) واسماك *Poecilia reticulata* (guppy; Poeciliidae) للكادميوم وللرصاص لمدة 96 ساعة ، ووجدوا ان قيمة ($96LC_{50}$) للرصاص (0.63) ملغم/لتر بينما بلغت في نظيرتها للكادميوم (0.10) ملغم / لتر. واتفقت نتائج الدراسة مع ما توصل اليه Bhilave وآخرون (2008) اذ عرضوا اسماك *Cirrhinus mrigala* للرصاص والى الكادميوم ، لمدة 96 ساعة وكانت نتائج ($96LC_{50}$) (21.849 و 0.132) ملغم / لتر، على التوالي . كما توصل Shah and Altindağ (2005) عند تعريض اسماك *Tinca tinca* L. للكادميوم وكذلك الى الرصاص كلا على حدة لمدة 96 ساعة بلغت قيمة ($96LC_{50}$) للرصاص (300.0) بينما بلغت قيمة LC_{50} للكادميوم (6.5) ملغم / لتر. يعزى التركيز العالي للرصاص بالمقارنة مع تركيز الكادميوم إلى مستوى ذوبانية المعادن، اذ يعد الرصاص أقل قابلية للذوبان في الماء بالمقارنة مع الكادميوم، وبسبب ذلك فقد تكون هناك حاجة إلى تراكيز أعلى منه لإحداث تاثير في الاسماك وبالتالي ارتفاع قيم LC_{50} .

3-4 : التراكم الاحيائي للكاديوم والرصاص ومزيجهما في انسجة خياشيم ،ودماغ ،واكباد،وامعاء وعضلات اسماك *A. mossulensis* للفترات (1و4و7و14) يوما

Bioaccumulation of cadmium, lead and their mixture in gills, brain, liver, intestines and muscles of *A. mossulensis* fish for periods (1,4, 7 and 14) days.

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-6) والشكل (4-3) حدوث ارتفاع معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ في مستوى تراكم الكاديوم في الاعضاء قيد الدراسة، ولجميع المعاملات بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ، باستثناء الدماغ المعامل بالمزيج ، وقد بينت النتائج ان اعلى مستوى للتراكم خلال فترة التعريض الاولى (يوم واحد) وجد في مجموعة الاسماك المعرضة للمزيج في الكبد ، اذ بلغ (0.016 ± 0.326) مكغم/غم وزن جاف والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء والمعاملات . اما في مجمل التجربة، فقد وجد ان اعلى معدل لتراكم الكاديوم في الامعاء وان اقل معدل وجد في العضلات واتخذ التدرج التالي (الامعاء < الكبد < الدماغ < الخياشيم < العضلات) ، اما من حيث تاثير المعاملة، فقد لوحظ ان اعلى معدل للتراكم وجد في الاسماك المعاملة بالمزيج.

اما بالنسبة للتراكم الحيوي للرصاص، فيستدل من نتائج الجدول (4-7) والشكل (4-4) حدوث ارتفاع معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ في مستوى تراكمه في جميع الاعضاء قيد الدراسة وجميع المعاملات بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. وقد لوحظ ان اعلى مستوى لتراكم الرصاص في امعاء الاسماك المعرضة لمعاملة الرصاص، اذ بلغ (0.005 ± 0.364) مكغم/غم وزن جاف والذي لم يختلف معنويا عن تراكمه في الكبد المعامل بالمزيج، اذ بلغ (0.14 ± 0.326) مكغم/غم وزن جاف بالمقارنة مع مجموعتي السيطرة . اما في مجمل التجربة ، فقد وجد ان اعلى معدل لتراكم الرصاص في الدماغ والذي لم يختلف معنويا عن مستوى تراكمه في الخياشيم والكبد والامعاء ، بينما لوحظ وجود اقل معدل في العضلات والتي اختلفت معنويا عن باقي الاعضاء، اما من حيث تاثير المعاملة، فقد بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود اختلافات معنوية بين المعاملات وان اعلى معدل للتراكم الحيوي للرصاص وجد في الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده .

يتضح من نتائج الجدول (4-8) والشكل (4-5) وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) في تراكم الكاديوم في اعضاء الاسماك في فترة (4) ايام ولجميع المعاملات مقارنة مع المجموعة الضابطة . وقد بينت النتائج ان اعلى مستوى للتراكم وجد في امعاء الاسماك المعرضة لمزيج عنصري (الكاديوم والرصاص) اذ بلغ (0.13 ± 0.397) مكغم/غم وزن جاف ، والذي لم يختلف معنويا عن خياشيم الاسماك المعرضة

المزيج. كما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي لمجمل التجربة وجود فروقات معنوية بين الاعضاء، وان اعلى معدل لتراكم الكادميوم وجد في الامعاء. اما نتائج تاثير المعاملة فقد اتضح وجود فروقات معنوية بين المعاملات وان اعلى معدل لتراكم الكادميوم وجد في الاسماك المعاملة بمزيج المعندين الثقيلين الكادميوم والرصاص.

اما بالنسبة لتراكم الرصاص في فترة التعريض 4 ايام، فقد اوضحت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (4-9) والشكل (4-6) حدوث ارتفاع معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ لتراكم الرصاص في جميع نتائج المعاملات مقارنة مع مجاميع السيطرة. وقد لوحظ أن أعلى معدل لتراكم الرصاص وجد في الخياشيم المعاملة بالرصاص لوحده اذ بلغ معدل تراكم الرصاص (0.509 ± 0.007) مكغم/غم والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء والمعاملات و لم يختلف معنويا عن الامعاء المعاملة بالرصاص فقط. اما في مجمل التجربة فقد لوحظ وجود اختلافات معنوية بين المعاملات وان اعلى معدل للتراكم وجد في الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده. أما بالنسبة لتاثير الاعضاء فان اعلى تراكم وجد في الخياشيم، وادنى مستوى لتراكم الرصاص لوحظ في العضلات واللذان اختلفا معنويا عن بقية الاعضاء.

اما في فترة التعريض 7 ايام ، لوحظ من خلال نتائج الجدول (4-10) والشكل (4-7) حدوث ارتفاعا معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ لتراكم الكادميوم في جميع المعاملات مقارنة مع مجاميع السيطرة . وقد وجد اعلى معدل لتراكم الكادميوم في امعاء الاسماك المعرضة لمزيج الكادميوم والرصاص اذ بلغ معدله (0.8 ± 0.484) مكغم/غم وزن جاف والذي لم يختلف معنويا عن الخياشيم المعرضة لمزيج الكادميوم والرصاص والذي بلغ معدل تراكم الكادميوم فيها (0.472 ± 0.21) . اما في مجمل التجربة فقد بينت النتائج حدوث اختلاف معنوي بين المعاملات وان اعلى معدل للتراكم في الاسماك المعاملة بالمزيج (كادميوم ورصاص). اما بالنسبة لتاثير الاعضاء فقد لوحظ وجود فروقات معنوية بين الاعضاء وان اعلى تراكم للكادميوم وجد في الامعاء تليها الخياشيم ثم الدماغ والكبد واخيرا العضلات .

اما بالنسبة لتراكم الرصاص ، فيتبين من خلال نتائج التحليل الاحصائي للجدول (4-11) والشكل (4-8) حدوث زيادة معنوية عند مستوى احتمالية $(p < 0.05)$ لتراكم الرصاص في جميع الاعضاء وفي كل المعاملات بمقارنة كل عضو مع مجموعة سيطرته ، وان اعلى معدل للتراكم وجد في الخياشيم المعاملة بالرصاص فقط اذ بلغ معدل التراكم (0.812 ± 0.031) مكغم/غم وزن جاف والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء. اما بالنسبة لمجمل التجربة فقد لوحظ حدوث اختلافات معنوية بين المعاملات وان الاسماك المعاملة بالرصاص

لوحده حصلت على اعلى معدل للتراكم ،اما بالنسبة لتأثير الاعضاء فقد تبين ان اعلى معدل للتراكم وجد في الخياشيم والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء .

اما في فترة التعريض الاخيرة (14) يوما فيستدل من نتائج الجدول (4-12) والشكل (4-9) حدوث ارتفاعا معنويا عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ في جميع المعاملات والاعضاء مقارنة مع مجاميع سيطرتها. اذ شوهد اعلى ارتفاع لتراكم الكاديوم في خياشيم الاسماك المعرضة لمزيج الكاديوم والرصاص، اذ بلغ (0.733 ± 0.04) مكغم/غم والذي لم يختلف معنويا عن كلا من الامعاء والكبد لنفس المجموعة من الاسماك والذي بلغ معدل تراكم الكاديوم فيهما (0.13 ± 0.709) و (0.26 ± 0.702) على التوالي. كما لوحظ في مجمل التجربة وجود فروق معنوية بين المعاملات وان اعلى معدل للتراكم شوهد في الاسماك المعاملة بالمزيج والذي اختلف معنويا عن بقية المعاملات ،اما من حيث تأثير الاعضاء ،فقد لوحظ اعلى معدل لتراكم الكاديوم في الامعاء ،بينما وجد اقل معدل في العضلات ،والذان اختلفا معنويا عن باقي الاعضاء .

اما بالنسبة لتراكم الرصاص ،فيستدل من نتائج الجدول (4-13) والشكل (4-10) حدوث زيادة معنوية عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ لتراكم الرصاص في جميع المعاملات بالمقارنة مع السيطرة ،وقد لوحظ اعلى مستوى لتراكم الرصاص في خياشيم الاسماك المعرضة للرصاص فقط، اذ بلغ معدل التراكم (0.908 ± 0.44) . اما من حيث مجمل التجربة فقد لوحظ وجود اختلافات معنوية في جميع المعاملات وقد تبين من النتائج ان اعلى تراكم للرصاص وجد في الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده، اما من حيث تأثير الاعضاء، فان اعلى تراكم لوحظ في الخياشيم والذي لم يختلف معنويا عن الكبد واقل تراكم للرصاص وجد في العضلات.

كما يستدل من الشكل (4-11) الذي يوضح مقارنة تأثير كل معاملة مع مجموعتها الضابطة لجميع التجارب السابقة ولجميع الفترات (التداخلات الاحصائية) وجود فروقات معنوية بين المعاملات بمعدي الكاديوم والرصاص والمزيج وسيطرتهم ،وان اعلى معدل للتراكم لوحظ عند المعاملة بالرصاص لوحده والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج، ثم المعاملة برصاص المزيج ، ثم المعاملة بالكاديوم لوحده واقلها تأثيرا المعاملة بكاديوم المزيج. كما لوحظ من خلال نتائج الدراسة الحالية للتراكم الحيوي ، ان معدل تراكم الرصاص اعلى من معدل تراكم الكاديوم الشكل (4-11)، بينت النتائج التي تم الحصول عليها من دراسة Mahjoub واخرون (2021) والتي هدفت إلى تقييم درجة التلوث بمعدي الكاديوم (Cd) والرصاص (Pb) في عضلات خمسة أنواع من الأسماك *Esox lucius* و *Sander lucioperca* و *Micropterus salmoides* و *Lepomis macrochirus* و *Scardinius erythrophthalmus* ان تراكم الكاديوم اقل من تراكم الرصاص، وهذه النتائج جاءت متفقة

مع نتائج الدراسة. كما تتفق هذه النتائج مع توصل اليه Filho واخرون (2017) من ان تعريض اسماك *Phalloceros caudimaculatus* للكادميوم والرصاص ادى الى تراكم الرصاص بصورة اعلى من الكادميوم. كما تتسجم مع ما توصلت اليه دراسة Olagunju واخرون (2015) في ان تعريض اسماك *Clarias gariepinus* للكادميوم والرصاص ادى الى تراكم الرصاص بكمية اعلى مقارنة بالكادميوم .

اما عند دراسة تاثير التداخل الثنائي (الفترة والمعاملات) فقد لوحظ حدوث زيادة معنوية في تراكم معدني الرصاص والكادميوم ومزيجهما بازدياد فترات التعريض الجدول (4-14).

تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه سليمان (2020) عند تعريضه اسماك *G.affinis* لكلوريد الرصاص لاحظ حدوث ارتفاع معنوي في تراكم الرصاص في انسجة اعضاء الاسماك (الدماغ، والخياشيم، والكبد، والامعاء والعضلات) مع زيادة فترات التعريض بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ، وجاءت نتائج الخشاب (2017) متفقة مع نتائج الدراسة الحالية، والتي توصلت الى ان تعريض اسماك *G.holbrooki* لكلوريد الكادميوم تسبب بحدوث ارتفاع معنوي في تراكم الكادميوم في كبد وغلاصم وامعاء وعضلات الاسماك فضلا عن حدوث زيادة معنوية في تراكم الكادميوم بزيادة وقت التعريض.

كما يتضح من الجدول (4-14) والشكل (4-12)، أن أعلى معدل للتراكم لوحظ عند المعاملة بالرصاص لوحده، والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج ، إذ ان التأثيرات الخلوية الناتجة من تراكم المعادن في المزيج في انسجة الاسماك تعتمد على تركيز المعدن في المزيج (Stankevičiūtė et al. 2018) وان معدل تراكم المعدنين (الكادميوم والرصاص) عندما يكونان لوحدهما اكبر من معدل تراكمها في حاله مزجها مع بعضهما البعض

جاءت نتائج Elarabany and Bahnasawy (2019) لما توصلت اليه الدراسة اذ عرضت اسماك *C. gariepinus* للكادميوم والرصاص كلا على حدى تارة وممزوجين تارة اخرى، اذ تسبب التعريض لمزيج المعدنين الثقيلين تاثيرات أقل من التعريض الفردي لكلا المعدنين. وربما يرجع السبب الى ان قوة ارتباط الرصاص بالغلاصم اكبر من قوة ارتباط الكادميوم بالغلاصم بسبب تنافس المعدنين على مواقع الارتباط الموجودة في الغلاصم (Winter et al.,2012).

اما من حيث تاثير الاعضاء في عموم تجارب التراكم اعلاه، فقد اظهرت الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية عند مستوى احتمالية $P < 0.05$ بين الاعضاء باستثناء الامعاء والغلاصم لم يلاحظ وجود فرق بينهما ، وان اقصى مستوى لتراكم الكادميوم والرصاص ومزيجهما وجد في الامعاء يليها الخياشيم ثم الكبد فالدماغ واخيرا العضلات الشكل (4-13).

يعتمد تركيز المعادن الثقيلة في جسم الأسماك على عادات التغذية ، والوضع الغذائي، وتوفر الغذاء ،و معدل التمثيل الغذائي للحيوان ، فضلا عن السمية (Maret and MacCoy, 2002) . ربما ترجع الاختلافات في تراكم المعادن في الأعضاء المختلفة إلى اختلافات في الوظائف الكيموحيوية والوظائف الفسيولوجية (Eroglu *et al.*, 2015). يُعزى التراكم الأحيائي للمعادن إلى حد كبير إلى الاختلافات في فترة الامتصاص والتنقية للعديد من المعادن في مختلف أنواع الأسماك (Ikem *et al.*, 2003) ، يتم نقل المعادن بعد امتصاصه عن طريق الدم إلى الكبد ، وتُخزن المعادن هناك أو تُفرز إلى الصفراء ، أو تُرجع مرة أخرى إلى الدم لإخراجها عن طريق الخياشيم والكلية ، أو تُخزن في الأنسجة الدهنية (Onita *et al.*, 2021; Drag-Kozak *et al.*, 2021)

إن التركيز العالي للكاديوم والرصاص في الأمعاء ربما يعود سببه إلى الغذاء إذ تتراكم المعادن الثقيلة في الجهاز الهضمي من خلال تناول الطعام ، ووصول تراكيز كبيره من هذه العناصر عبر الماء (Bolan *et al.*, 2021) كما ان طول الامعاء يلعب دورا في إطالة وقت بقاء الطعام فيها، وذلك يظهر تأثيراً على كمية امتصاص الملوثات فيها (Gerstmeier and Roming, 2003). كما توصلت الدراسة الحالية ، ان اقل معدل للتراكم وجد في العضلات ، وتتسجم مع ما توصل اليه Venkateswarlu and Venkatrayulu (2020) اللذان عرضا اسماك *M. cephalus* للرصاص لمدة 30 يوما ولاحظا حدوث اقل تراكم للرصاص في العضلات كما اظهرت نتائج Sauliutė وآخرون (2020) ان تعريض اسماك *Perca fluviatilis* و *Rutilus rutilus* و *Salmo salar* لمزيج من المعادن (Cr، Ni، Cu،Zn) ، (Cd،Pb) ولمدة 14 يوما، إن أعلى تراكم للمعادن سجلت في الخياشيم والكبد واقله في العضلات. كما بينت نتائج Gandhewar and Zade (2019) ان تعريض اسماك *C. batrachus* (Linn) للكاديوم والرصاص في الفترات 10 و 20 يوماً، أظهر اقل تراكم في العضلات ، كما جاءت نتائج Al-Sawafi وآخرون(2017) متفقة مع نتائج الدراسة الحالية، إذ ان تعريض اسماك *D. rerio* للكاديوم أدى إلى تراكمه في الدماغ مقارنة مع مجموعة السيطرة بينما كان اقل تراكم في العضلات. واتفقت نتائج Zhai وآخرون(2017) مع نتائج الدراسة بان تعريض *O. niloticus* للرصاص أدى اقل مستوى للتراكم في العضلات . كما و تتفق نتائج الدراسة مع ما توصل اليه Yacoub and Gad (2012) إذ قاما بقياس مستوى تراكم الرصاص في خياشيم وامعاء وعضلات اعضاء اسماك *O. niloticus* ولاحظا ان أعلى مستوى وجد في الأمعاء وأقله في العضلات، كما اتفقت النتائج الحالية مع دراسة Patil وآخرون (2011) الذين عرضوا اسماك *C. catla* لكلوريد الكاديوم لمدة 14 يوماً ووجدوا ان أقل مستوى لتراكم الكاديوم وجد في العضلات. فضلا عن ان نتائج الدراسة الحالية اتفقت

مع ما توصل اليه Zhang وآخرون (2007) الذين أجرى دراسة للتحقق من تلوث 19 نوعاً من الأسماك بالكاديوم والرصاص، و أظهرت النتائج أن مستوى تراكيز هذين المعدنين كان أعلى في الأمعاء وأقله في العضلات .

تتعرض الخياشيم للمعادن التي تنقلها المياه بدرجة أكبر من الأعضاء الأخرى ، مما قد يتسبب في زيادة امتصاص وتراكم المعادن في الخياشيم. وتنشط الخياشيم بشكل أساسي في إزالة السموم من الأسماك (Eroglu *et al.*, 2015). تلامس الخياشيم الماء مباشرة. لذلك ، فإن تركيز المعادن في الخياشيم يعكس تركيزها في الماء (Olgunoğlu *et al.*, 2015). إنَّ تعريض الأسماك لكل من الكاديوم والرصاص ينتج عنه تراكم المعدنين في الخياشيم ، فعلى الرغم من أن الخياشيم هي المسار الرئيسي لسمكة معرضة للمياه ، إلا أنها حساسة للغاية لمستويات المعادن الثقيلة المرتفعة والتي تسبب تلف الخياشيم بما في ذلك الفشل في التنظيم التناضحي ، وإعاقة آليات التوازن الحمضي القاعدي والملحي (Ashauer *et al.*, 2002) ومع ارتفاع تركيز المعدن ، تتضرر قناة الامتصاص ، ويتم أخذ أقل كمية من المعدن من الماء ، و تسليم المزيد من المعدن إلى الدم في الدورة الدموية وتوزيعها على الأعضاء الأخرى لتجنب التراكم المفرط في الخياشيم (Kamunde *et al.*, 2002).

ربما يكون الكاديوم قادراً على دخول اجسام الأسماك من خلال الظهارة الخيشومية، من خلال الاخلال بالتوازن الأيوني للنقل عبر قناة Ca في خلايا الكلوريد Chloride cells الغنية بالميتوكوندريا وبشكل أساسي عبر Ca-ATPase ومضخة Na^+ / Ca^{++} (McGeer *et al.*, 2012) كما يعتقد ان سطح خياشيم الأسماك مشحون بشحنة سالبة ، وبالتالي فهو يجهز موقع الربط للمعادن الموجبة الشحنة (Playle, 2004). اما سبب تراكم الرصاص في أنسجة الخياشيم، فربما يعود الى أن أيونات الرصاص في الماء تميل إلى الارتباط بطبقات المخاط الموجودة على سطح الجسم العام ، وتحديدًا على الخياشيم (Tao *et al.*, 2000).

يعد الكبد من الأعضاء الأكثر نشاطاً في التمثيل الغذائي وبالتالي تستهدف المعادن الثقيلة أنسجته النشطة أيضاً ، ويعمل الكبد كموقع تخزين للمعادن الثقيلة ويلعب دوراً مهماً في إزالة السموم والقضاء على الكثير من المواد الضارة من الجسم (Stancheva *et al.*, 2013) . وتمثل التراكيز في الكبد المعادن المخزونة فيه (Bawuro *et al.*, 2018). إذ يقوم الكبد بطرح المعادن عن طريق ربط المعادن بالستيرويدات Steroids الموجودة في الصفراء ؛ ويتم إعادة امتصاص معقد المعدن- الصفراء Bile-Metal Complexes إما عن طريق جدار الأمعاء أو طردها ببراز الأسماك (Zhai *et al.*, 2017). وقد عزا بعض الباحثين سبب التراكم الكبير للمعادن الثقيلة في أنسجة الكبد والخياشيم إلى بروتينات الميتالوثيونين التي يتم تصنيعها في

أنسجة الكبد والخياشيم عند تعرض الأسماك للمعادن الثقيلة وإزالة السموم منها. يُعتقد أن هذه البروتينات تلعب دوراً مهماً في حمايتها من التلف الناتج عن المواد السامة للمعادن الثقيلة (Saeed and Shaker, 2008).

من بين أنسجة الأعضاء التي يتراكم فيها الكاديوم والرصاص (الدماغ)، اذ يمكن أن يجتاز الكاديوم الحاجز الدموي الدماغي (Blood-Brain Barrier(BBB) ويكون تأثيره ساماً للأعصاب (Yokel , 2006) ، ربما يرجع سبب ذلك لاحتواء دماغ الأسماك على مستويات أعلى من الدهون غير المشبعة البيروكسيديية (Uner et al.,2006). اما بالنسبة لتراكم الرصاص في الدماغ ، فان الجهاز العصبي هو أحد الأهداف الرئيسية لسمية (Zhang et al.,2011) Pb وعند التعرض للرصاص لفترات طويلة فان ذلك يسبب فقدان وظيفة الحاجز الدموي الدماغي مما يؤدي إلى استبدال مراكز أيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) في أنسجة المخ (Sanders et al., 2009).

اما بالنسبة للعضلات ، فيرجع سبب قلة تراكم الكاديوم والرصاص فيها ،كونها نسيجاً غير مستهدف لتراكم المعادن ، او بسبب انخفاض مستويات الميتالوثيونين فيها (Yilmaz et al., 2007)، او بسبب قلة ارتباط الكاديوم ببروتينات العضلات (Nowosad et al.,2021) اما بالنسبة للمستوى المنخفض للرصاص في عضلات الأسماك فربما يعزى السبب الى انخفاض معدل ارتباطه بمجموعات الثيول فضلا عن انخفاض قابلية ذوبانه والتي من شأنها تقيد الحركة عبر أغشية الخلايا (Mbabazi and Wasswa, 2010) .

4 - 4 : تأثير الكاديوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى فعاليات مضادات الاكسدة غير الانزيمية الكلوتاثايون في (خياشيم ودماغ وكبد وامعاء وعضلات) سمكة *A. mossulensis* للفترات (1و4 و7و14) يوما.

Effect of cadmium , lead and their mixture on level of non-enzymatic antioxidant activities Glutathione in (gills, brain, liver, intestines and muscles) of *A. Mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) days.

في فترة التعريض يوما واحداً أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في مستوى الكلوتاثايون في أنسجة أعضاء الاسماك قيد الدراسة بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ، فيما عدا العضلات التي لم تختلف معنويا عن مجموعة السيطرة اولاً، وعن مجاميع المعاملات ثانياً. كما لم يلاحظ وجود فرق معنوي في مستوى الكلوتاثايون بين المعاملة بالكاديوم والرصاص في الخياشيم والكبد . لوحظ اقل مستوى للكلوتاثايون في الخياشيم المعاملة بالرصاص، اذ بلغ (12 ± 1288) نانومول/غم والتي لم تختلف معنويا عن نظيرتها المعاملة

بالكاديوم والتي بلغت (1300 ± 10) نانومول/غم . اما في مجمل التجربة ومن حيث تاثير الاعضاء بينت النتائج وجود اختلافات معنوية بين الاعضاء واقل مستوى للكلوتاثيون لوحظ في الخياشيم ، اما من حيث تاثير المعاملات ، فقد اختلفت جميعها معنويا عن مجموعة السيطرة، وان اقل مستوى للكلوتاثيون وجد في الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالكاديوم لوحده وبالمزيج لكلا المعدنين الجدول (4-15) والشكل (4-14) .

اما بالنسبة لفترة (4) ايام فيلاحظ من الجدول (4-16) والشكل (4-15) حدوث انخفاض معنوي عند مستوى احتمالية $p < 0.05$ في مستوى الكلوتاثيون في جميع الاعضاء مقارنة بمجموعة السيطرة، باستثناء العضلات المعاملة بالكاديوم وحده وبالرصاص وحده . كما لوحظ وجود فرق معنوي بين خياشيم الاسماك المعرضة للكاديوم وحده وبالرصاص للمعرضة للرصاص وحده وللمزيج بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. ان اقل مستوى للكلوتاثيون برز في الخياشيم المعاملة بالرصاص وحده ، اذ بلغ تركيزه (13 ± 1054) نانومول/غم . اما بالنسبة لتاثير المعاملات في مجمل التجربة فقد لوحظ اختلاف المعاملات معنويا عن مجموعة السيطرة، وان اقل مستوى للكلوتاثيون لوحظ عند المعاملة بالرصاص والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج. اما من حيث تاثير الاعضاء فقد اختلفت معنوي فيما بينها، وان اقل مستوى للكلوتاثيون وجد في الخياشيم.

اما في فترة التعريض الثالثة (7 ايام) ،فيتبين من خلال النتائج المدونة في الجدول (4-17) والشكل (4-16) حدوث انخفاض معنوي في مستوى الكلوتاثيون في جميع الاعضاء المعاملة بالمقارنة مع السيطرة، وجد اقل مستوى للكلوتاثيون في خياشيم الاسماك المعاملة بمزيج الكاديوم والرصاص والتي بلغت (20 ± 1009) نانومول/غم. اما في مجمل التجربة (التداخل الثنائي بين نوع التعريض والاعضاء) فقد لوحظ اقل مستوى للكلوتاثيون في الخياشيم الذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء ، أما اعلى مستوى فقد لوحظ في الكبد الذي لم يختلف معنويا عن الامعاء. اما من حيث تاثير المعاملات، فقد اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة وان اقل مستوى للكلوتاثيون لوحظ في المزيج الذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص.

اما في فترة التعريض الاخيرة (14 يوما)، فيتضح من خلال نتائج الجدول (4-18) والشكل (4-17) ، حدوث انخفاض معنوي في مستوى الكلوتاثيون مقارنة مع السيطرة في جميع الاعضاء وجميع المعاملات. كما لوحظ وجود اختلاف معنوي بين الاعضاء في جميع المعاملات فيما عدا العضلات لم يلاحظ فيها وجود اختلاف معنوي بين المعاملات .كما يتبين من النتائج ان اقل مستوى للكلوتاثيون في الخياشيم المعاملة بالرصاص فقط اذ بلغ (18 ± 968) نانومول/غم. اما في مجمل التجربة فاطهرت نتائج تاثير الاعضاء ان اقل مستوى

للكلوتاثايون لوحظ في الخياشيم والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء ، بينما في تاثير المعاملات فقد لوحظ وجود اختلافات معنوية بين الاعضاء وان اقل معدل للكلوتاثايون وجد في الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده .

تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما اظهرته نتائج دراسة سليمان (2020) الذي وجد ان تعرض دماغ وغلصم وكبد وعضلات اسماك *G. affinis* لكلوريد الرصاص، للفترات (1،4،15،30) يوما، ادت الى انخفاض في مستويات GSH ،وان اقل مستوى للكلوتاثايون لوحظ في غلصم الاسماك. كما اتفقت مع ما توصل اليه Elarabany and Bahnasawy (2019) اللذان وجدا ان تعرض اكباده وخياشيم اسماك *C. gariepinus* للكادميوم والرصاص ومزيجيهما، ادى الى انخفاض في مستوى الكلوتاثايون في الخياشيم والكبد في الاسماك المعرضة للمعاملة بالرصاص لوحده، كذلك انخفاضه في خياشيم الاسماك المعاملة بالمزيج (الكادميوم والرصاص). كما اتفقت مع دراسة Eroglu وآخرون (2015) الذين وجدوا ان تعريض اسماك *O. niloticus* للكادميوم والرصاص ادى الى انخفاض في مستوى الكلوتاثايون في الكبد. كما تتفق هذه النتائج مع دراسة Farombi وآخرون (2007) التي بينت ان تعرض اكباده وخياشيم اسماك *C. gariepinus* للكادميوم والرصاص ادى الى انخفاض مستوى الكلوتاثايون في خياشيم الاسماك .

الكلوتاثايون هو أحد مضادات الأكسدة الهامة للغاية وله قدرة كبيرة على الارتباط بالجذور الحرة والمعادن الثقيلة المختلفة ، ويحمي الخلايا من آثارها الضارة (Jan et al., 2011). اذ يعمل GSH على حماية الخلية من الضرر التأكسدي لأنه يقترن بمركبات ذات منشأ خارجي وداخلي Exogenous and Endogenous origin (Liu et al., 2009) ، اذ ينظم الكلوتاثيون ثلاثي الببتيد بشكل مباشر أو غير مباشر مخلفات ROS ونواتج تفاعلاتها، فضلا عن ان العديد من الإنزيمات المرتبطة بـ GSH مثل GR و GSHPx و (GST) ، تحمي الأسماك من أنواع الأوكسجين الفعالة اثناء حدوث إجهاد التاكسدي (Srikanth et al., 2013) ، فقد يبدأ الإجهاد التأكسدي من خلال حدوث انخفاض في نظام دفاع مضادات الأكسدة ، ويعكس فقدان GSH في الأسماك قدرة المعادن على اكسدة مجموعة السلفهيدريل Sulfhydryl مما يؤدي إلى تعطيل الإنزيمات المؤكسدة بواسطة الجذور الحرة (Nwani et al., 2015). ان الاختلاف في ايض الكلوتاثايون يعتمد على أنواع المعادن وفترة التعرض لها. فالمعادن تسبب الإجهاد التأكسدي والذي يؤدي الى استجابة ايض الكلوتاثيون بعد فترة قصيرة من التعرض، ثم يبدا الكلوتاثايون بالانخفاض وذلك يعني الاستخدام العالي لهذا الببتيد الثلاثي للتعامل مع الاجهاد التاكسدي. وانخفاض الكلوتاثايون

ربما يعكس حالة التفاقم للمعادن بسبب عدم مقدرة الخلية على الحماية (Srikanth *et al.* 2013; Atli and Canli 2008). قد يعزى سبب الاختلاف في انخفاض مستوى الكلوتاثاينون في الكادميوم والرصاص ومزيجيهما في اعضاء الاسماك قيد الدراسة(الخياشيم والكبد والدماغ والامعاء والعضلات) الى التباين في التراكم الحيوي للمعادن فيها (Farombi *et al.*,2007).

5-4 : تاثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى مضاد فعالية الاكسدة الانزيمي (الكاتاليز) في انسجة(الغلاصم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) لسمكة *A. mossulensis* للفترات (1و4 و7و14) يوما.

Effect of cadmium , lead and their mixture on level of antioxidant enzyme (catalyse) in tissues (gills, brain, liver, intestines and muscles) of *A. Mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

في فترة التعريض الاولى(اليوم الاول من التعريض) التي يبينها الجدول (4-19) والشكل (4-18) اظهرت النتائج حدوث انخفاض في مستوى الكاتاليز في جميع الاعضاء والمعاملات مقارنة بالسيطرة . في الغلاصم لوحظ وجود فرق معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة، فيما عدا معاملة الكادميوم لوحده ، كما لوحظ عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الكادميوم لوحده والرصاص لوحده ومعاملة المزيج .اما في الدماغ والكبد والامعاء والعضلات فبينت نتائجها عدم وجود اختلاف معنوي في جميع معاملاتها مقارنة بالسيطرة فيما عدا امعاء الاسماك المعاملة بالرصاص، والعضلات المعاملة بالمزيج واللذان اختلفتا معنويا عن سيطراتهما. بلغ اقل مستوى للكاتاليز (11 ± 120) وحدة /ملغم بروتين في غلاصم الاسماك المعرضة للمزيج والذي لم يختلف معنويا عن نظيره في الاسماك المعرضة للكادميوم فقط والرصاص لوحده اذ بلغ مستوى الكاتاليز فيهما (9 ± 138) و (15 ± 124) وحدة / ملغم بروتين على التوالي. اما في مجمل التجربة وبالنسبة لتاثير الاعضاء تبين وجود اختلاف معنوي بين جميع الاعضاء فيما عدا بين (الغلاصم والدماغ) و (العضلات والدماغ) فلم يلاحظ وجود فرق معنوي بينهما وان اقل معدل لمستوى الكاتاليز لوحظ في الغلاصم . بينما في تاثير المعاملات ،فان اقل مستوى للكاتاليز لوحظ عند معاملة الاسماك بالمزيج والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالكادميوم لوحده وبالرصاص فقط،بينما اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة .

يظهر الجدول(4-20) والشكل (4-19) في اليوم الرابع من التعريض حدوث انخفاض في مستوى الكاتاليز في جميع الاعضاء والمعاملات مقارنة بالسيطرة ، وان اقل انخفاض معنوي وجد في الغلاصم المعاملة بالمزيج والذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة ،اذ بلغ (11 ± 104) وحدة/ملغم بروتين. كما يتضح عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملة بالكادميوم

لوحده والرصاص فقط في جميع الاعضاء. اما بالنسبة للمعاملة بالمزيج فقد لوحظ اختلافها معنويا عن مجموعة السيطرة في جميع الاعضاء. بالنسبة للتداخل الثنائي (الاعضاء/المعاملة)، فقد لوحظ وجود فرق معنوي بين الاعضاء فيما عدا الدماغ الذي لم يختلف معنويا عن الغلاصم والعضلات، وان اقل مستوى وجد في الغلاصم. اما بالنسبة لتأثير المعاملات لوحظ وجود اختلاف معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة وان اقل معدل للكاتاليز لوحظ في معاملة الاسماك بمزيج الكادميوم والرصاص والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص فقط.

اما في فترة التعريض (7) ايام، فيتضح من الجدول (4-21) والشكل (4-20) حدوث انخفاض معنوي في جميع المعاملات ولجميع الاعضاء مقارنة بسيطرتها، وان ادنى مستوى للكاتاليز بلغ (19 ± 88) وحدة/ملغم بروتين في غلاصم الاسماك المعاملة بالمزيج والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده، كما يتضح عدم وجود فرق معنوي بين المعاملة بالكادميوم لوحده والرصاص لوحده في جميع الاعضاء، فضلا عن عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملة بالمزيج والمعاملة بالرصاص لوحده في كل الاعضاء. اما في مجمل التجربة فقد لوحظ ان ادنى مستوى للكاتاليز عند المعاملة بالمزيج والذي اختلف معنويا عن السيطرة والمعاملة بالكادميوم و لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده، اما من اذ تاثير الاعضاء فان اقل انخفاض لوحظ في الغلاصم والذي لم يختلف معنويا عن الدماغ.

بينت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (4-22) والشكل (4-21) بعد اسبوعين من التعريض وجود انخفاض معنوي في مستوى الكاتاليز لجميع المعاملات ولجميع الاعضاء مقارنة بالسيطرة واقل انخفاض لوحظ في الغلاصم المعاملة بالمزيج وبلغ (11 ± 72) وحدة / ملغم بروتين والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده والتي بلغت (13 ± 95) وحدة / ملغم بروتين. كما لوحظ عدم وجود اختلاف معنوي بين معاملي الرصاص لوحده والمزيج في جميع الاعضاء. اما في مجمل التجربة فلوحظ وجود اختلاف معنوي بين معدلات المعاملات والسيطرة، وان اقل مستوى للكاتاليز لوحظ عند معاملة الاسماك بالمزيج، والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده. اما بالنسبة لتأثير الاعضاء فان اقل مستوى للكاتاليز لوحظ في الغلاصم التي اختلفت معنويا عن جميع الاعضاء باستثناء الدماغ .

اظهرت نتائج Zhao واخرون (2020) ان تعريض اسماك *C. argus* للرصاص ادى الى انخفاض مستوى الكاتاليز في الكبد والخياشيم. وبينت نتائج Arshad واخرون (2018) ان تعريض اسماك *Channa striata* لمزيج من الرصاص والنيكل ادى الى انخفاض مستوى الكاتاليز في الخياشيم والدماغ والكبد والعضلات و كما اتفقت نتائج Singh and Ansari (2017) مع نتائج الدراسة الحالية بان تعريض اسماك *D. rerio* للرصاص ادى الى

انخفاض مستوى الكاتاليز في الدماغ، كما اوضحت نتائج Souid واخرون (2015) ان تعريض اسماك *Sparus aurata* للكادميوم ولفترة 24 ساعة ادى الى انخفاض في مستوى الكاتاليز في الكبد، وظهرت نتائج Raeisi واخرون (2015) ان تعريض اسماك *R.rutilus caspicus* للكادميوم والرصاص ادى الى انخفاض في مستوى الكاتاليز في العضلات. كما اظهرت نتائج Farombi واخرون (2007) الذين عرضوا اسماك *C.gariepinus* للكادميوم والرصاص ولاحظوا انخفاض مستويات الكاتاليز في اكباده وخياشيم الاسماك. كما بينت نتائج Atli واخرون (2006) ان تعريض اسماك *O. niloticus* للكادميوم ادى الى انخفاض مستوى الكاتاليز في الكبد والخياشيم والامعاء والدماغ .

يعمل الكاتاليز على منع الضرر الناجم عن الأوكسدة كونه مضاد اكسدة انزيم (Arellano *et al.*,2005).وان وجوده ضروري للحفاظ على مستوى ROS في الكائنات الحية ويستخدم كمؤشر حيوي للإشارة إلى إنتاج ROS (Wei *et al.*,2011). ان تعطيل CAT يعمل على توليد كمية كبيرة من أنواع الاوكسجين الفعالة وذلك يؤدي الى تحفيز الإجهاد التأكسدي في الكائنات الحية (Lushchak , 2011). يرتبط تثبيط نشاط CAT بربط أيونات المعادن الثقيلة بمجموعات ثيول (SH-) من الانزيم. ونتيجة لذلك يزداد عدد أنواع الاوكسجين الفعالة (Faheem *et al.* 2012). ويعزى تأثير نشاط CAT في أنسجة الجسم المختلفة في وجود الكادميوم لأنه يحل محل الحديد في هذا الإنزيم (Ercal *et al.*,2001) وربما يعود سبب انخفاض نشاط CAT عند التعرض للرصاص إلى تعطيل الإنزيم أو التغيير في تركيب وحدات الإنزيم الفرعية (Wang *et al.*, 2008). وجد أن الكبد هو العضو الأقوى في مواجهة الاجهاد التاكسدي من الأنسجة الأخرى وبينت نتائج الدراسة بانه اظهر اعلى مستوى من نشاط إنزيم مضادات الأوكسدة CAT وقد يكون هذا مرتبطاً بحقيقة أن الكبد هو موقع تفاعلات الأوكسدة المتعددة و توليد الجذور الحرة (Avci *et al.*,2005)و يكون الدماغ سريع التاثر للتلف التأكسدي من خلال الجذور الحرة لاحتوائه على كميات عالية من الدهون غير المشبعة وقد يرجع تثبيط نشاط CAT الى التأثير المباشر للمعادن (Sharaf,2019) Alnahdi and . ان انخفاض نشاط CAT في أعضاء الاسماك (الخياشيم والامعاء والعضلات) نتيجة التعرض للكادميوم والرصاص ومزيجيهما قد يرجع الى زيادة إنتاج بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وتوليد جذور الأوكسيد الفائقة (Iriti and Faoro,2008).

4-6 : تأثير الكاديوم والرصاص ومزيجيهما على مستوى بيروكسدة الدهون المالون ثنائي الدهيد في انسجة(الخياشيم والدماغ والكبد والامعاء والعضلات) لسمكة *A. mossulensis* للفترات (1و4 و7و14) يوما.

Effect of cadmium , lead and their mixtures on level of peroxidation of malondidehyde lipids in tissues (gills, brain, liver, intestines and muscles) of *A. Mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

بينت النتائج في فترة التعريض 1 يوم المدونة في الجدول(4-23) والشكل (4-22) حدوث ارتفاع في مستوى المالون ثنائي الدهيد في كل المعاملات ولجميع الاعضاء مقارنة بالسيطرة ، ولوحظ اعلى مستوى له في دماغ الاسماك المعرضة لمزيج الكاديوم والرصاص، اذ بلغ مستواه (16 ± 245) نانومول/غم ، كما وضحت النتائج عدم وجود اختلاف معنوي بين الاعضاء (الخياشيم والدماغ والعضلات) في جميع المعاملات مقارنة بسيطراتها. في حين لوحظ حدوث ارتفاع معنوي في الكبد والامعاء للأسماك المعاملة بالكاديوم لوحده والرصاص لوحده ومزيجهما بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، اما في مجمل التجربة، بالنسبة لتاثير الاعضاء فتبين ان الخياشيم والعضلات اختلفا معنويا فيما بينها و بين الاعضاء الاخرى، وان اعلى مستوى للمالون ثنائي الدهيد وجد في الدماغ الذي لم يختلف معنويا عن الكبد والامعاء، بينما وجد اعلى تاثير للمعاملة في الاسماك المعاملة بالمزيج والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده.

اما نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الجدول(4 - 24) والشكل (4-23) في فترة 4 ايام فتمثلت في حدوث ارتفاع في مستوى المالون ثنائي الدهيد في كل الاعضاء ولجميع المعاملات بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ، ولوحظ اعلى ارتفاع في ادمغة الاسماك المعاملة بالمزيج ، اذ بلغ (11 ± 267) نانومول/غم ،والذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة، وعن نظيره في الاسماك المعاملة بالكاديوم لوحده. كما بينت النتائج وجود فرق معنوي في جميع الاعضاء المعاملة بالمزيج مقارنة بسيطراتها، ماعدا العضلات التي لم تختلف معنويا في جميع المعاملات. اما في مجمل التجربة من حيث تاثير المعاملة، فقد لوحظ وجود ارتفاع معنوي بين المعاملات بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، وان اعلى معدل للمالون ثنائي الدهيد وجد في معاملة المزيج الذي لم يختلف معنويا عن معاملة الرصاص ، يليه المعاملة بالرصاص التي لم تختلف معنويا عن المعاملة بالكاديوم . اما من حيث تاثير الاعضاء، فقد اتضح ان اعلى مستوى للمالون ثنائي الدهيد وجد في الدماغ الذي لم يختلف معنويا عن الكبد والامعاء، واقل مستوى له وجد في الخياشيم التي اختلفت معنويا عن باقي الاعضاء.

كما تظهر نتائج التحليل الاحصائي الموضحة في الجدول (4-25) والشكل (4-24) خلال فترة التعريض (7) ايام حدوث ارتفاع في مستوى المالون ثنائي الدهيد في جميع

الاعضاء ولكل المعاملات مقارنة بسيطراتها . وان اعلى مستوى للمالون ثنائي الدهايد لوحظ في ادمغة الاسماك المعاملة بمزيج الكادميوم والرصاص، اذ بلغ (17±292) نانومول/ غم والذي اختلف معنويا عن نظائره في الاسماك المعاملة بالكادميوم فقط وعن مجموعة السيطرة. اما في مجمل التجربة فلوحظ وجود اختلاف معنوي بين الاعضاء وان اعلى مستوى لفعالية المالون ثنائي الدهايد وجد في (الدماغ والكبد) ،الذان لم يختلفا معنويا فيما بينهم، بينما اختلفوا معنويا عن باقي الاعضاء(الخياشيم والامعاء والعضلات).اما من حيث تاثير المعاملات فان اعلى مستوى للمالون ثنائي الالدهايد وجد في المعاملة بالمزيج والتي اختلفت معنويا عن مجموعة السيطرة، بينما لم تختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده.

اما في فترة التعريض (14) يوما، نلاحظ من نتائج الجدول (4-26) والشكل (4-25) ، حدوث ارتفاع معنوي في مستوى المالون ثنائي الدهايد بالمقارنة مع مجموعة السيطرة ، ولوحظ اعلى مستوى في اكباده الاسماك المعاملة بمزيج الكادميوم والرصاص، اذ بلغ (26±300) نانومول/ غم، كما لوحظ عدم وجود فرق معنوي بين جميع اعضاء اسماك التي عرضت للكادميوم لوحده، والاسماك التي عرضت للرصاص لوحده(عدا الدماغ). اما في مجمل التجربة فان اعلى تاثير للمعاملات وجد عند المعاملة بالمزيج الذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالرصاص لوحده ، بينما اختلفوا معنويا عن مجموعة السيطرة. اما بالنسبة لتاثير الاعضاء فان اعلى معدل لمستوى المالون ثنائي الدهايد وجد في الدماغ ، واقل معدل وجد في الخياشيم والتي اختلفت معنويا عن باقي الاعضاء .

اظهرت النتائج التي توصل اليها Elarabany and Bahnasawy (2019) والتي جاءت منسجمة مع نتائج الدراسة الحالية، ان تعريض اسماك *C. gariepinus* للكادميوم والرصاص ومزيجيهما ادى الى ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهايد في كبد وخياشيم الاسماك وفي جميع المعاملات . كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Rajeshkumar وآخرون (2017) ، اذ ان تعريض اسماك *C. carpio L.* لمزيج الكادميوم والرصاص وللفترتين 7 و15 يوما، ادى الى ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهايد في خياشيم واكباد وامعاء وعضلات الاسماك.

كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما ذكره Souid وآخرون (2015) ، الذين وجدوا ان تعريض اسماك *Sparus aurata* للرصاص لمدة 24 ساعة ادى الى ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهايد في الكبد، فضلا عن ما توصل اليه Souid وآخرون (2013) ، الذين توصلوا ان تعرض اسماك *Sparus aurata* للكادميوم لمدة يوم واحد ادى الى ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهايد في الكبد. كما بينت دراسة Brucka-Jastrzębska (2010) ان تعريض أنواع

الأسماك *C. carpio* L. و *O. mykiss* و *Acipenser baeri* Brandt. للكاديوم والرصاص أدت الى زيادة مستوى MDA في كبد وعضلات أنواع الأسماك الثلاثة. كما اظهرت نتائج Singh and Ansari (2017) ان تعريض اسماك *D. rerio* للرصاص ادى الى ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهيد في الدماغ .

يعد بيروكسيد الدهون مؤشر للإجهاد التأكسدي الذي يحدث نتيجة للتغيرات في توازن المواد المؤكسدة ومضادات الأكسدة ، ويمكن اعتبار الزيادات في أنواع الاوكسجين الفعالة بمثابة ضرر مؤكسد. يمكن للجذور الحرة و بسبب نشاطها العالي أن تبدأ أكسدة الدهون من خلال التفاعل مع الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في غشاء الخلية وان بيروكسيدها الدهن الناتجة يمكن أن تؤدي إلى تكوين العديد من المنتجات الثانوية ، وخاصة MDA (Ateş *et al* 2018).

ان المعادن الثقيلة (الكاديوم والرصاص) هي المسبب الرئيسي للإجهاد التأكسدي. تشمل التأثيرات الضارة للإجهاد التأكسدي أكسدة البروتينات والحمض النووي وأكسدة الدهون غير المشبعة في أغشية الخلايا. تنتج هذه المواد هيدروبيروكسيدها دهنية غير مستقرة ، تكون منتجاتها ، عند التحلل ، شديدة التفاعل وتهدد سلامة الخلية. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن أن تتحلل هذه المنتجات إلى جذور حرة يمكنها إدامة الدورة المدمرة لتفاعلات سلسلة بيروكسيد الدهون (Brucka-Jastrzębska, 2010; Gaschler and Stockwell, 2017). ربما يرجع سبب ارتفاع مستوى المالون ثنائي الدهيد في اعضاء الاسماك المعرضة للكاديوم والرصاص ومزيجيهما في التجربة الى انخفاض مستوى الكلوتاثيون فيها، اذ يشارك الكلوتاثيون في حماية غشاء الخلية من بيروكسيد الدهون عن طريق تنظيف جذور الأوكسجين (O_2^- , H_2O_2 , OH) تلعب هذه الوظيفة دورًا رئيسيًا في إزالة السموم من أيونات المعادن الثقيلة (Bouzahouane *et al.*, 2018; Chan and Wang, 2018).

7-4 : القياسات الكيموحيوية لبعض الانزيمات المعرضة للكاديوم والرصاص ومزيجيهما
Biochemical measurements of some enzymes exposed to cadmium, lead and their mixtures

4-7-1: مستوى فعالية انزيم الفوسفاتيز القاعدي في كبد وعضلات اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.

Level of alkaline phosphatase enzyme in liver and muscles of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

بينت النتائج في الجدول (4-27) والشكل (4-26) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى انزيم الفوسفاتيز القاعدي لجميع المعاملات ولجميع الفترات في اكباد الاسماك بازياد فترات التعريض باستثناء فترة التعريض الاولى (1 يوم) عند المعاملة بالكادميوم، اذ بلغ مستوى ALP (13 ± 65) وحدة انزيمية، مقارنة بالسيطرة (12 ± 50) وحدة انزيمية. وان اعلى ارتفاع لوحظ في فترة 14 يوما في اكباد الاسماك المعاملة بالرصاص لوحده، اذ بلغ (13 ± 141) وحدة انزيمية والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج. اما في مجمل التجربة، بالنسبة لتاثير الفترة الزمنية فقد لوحظ وجود اقل مستوى للانزيم في فترة التعريض (1 يوم) والذي اختلف معنويا عن بقية الفترات. اما بالنسبة لتاثير المعاملات فيتضح وجود فرق معنوي بين المعاملات بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، وعدم وجود فرق معنوي بين المعاملة بالرصاص لوحده والمعاملة بالمزيج.

اما بالنسبة للعضلات، فقد اوضحت النتائج الاحصائية في الجدول (4-28) والشكل (4-27) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى الفوسفاتيز القاعدي في عضلات السمكة في جميع المعاملات وفي جميع الفترات مقارنة بالسيطرة باستثناء معاملات الفترة الاولى، اذ لم يلاحظ وجود اختلاف معنوي بين جميع المعاملات، فضلا عن عدم اختلافهم معنويا عن مجموعة السيطرة، وان اعلى ارتفاع لوحظ في معاملة عضلات الاسماك بالرصاص في فترة التعريض (14) يوما، اذ بلغت (24 ± 96) وحدة انزيمية و الذي اختلف معنويا بالمقارنة مع مجموعة السيطرة (9 ± 35) وحدة انزيمية، ولم يختلف معنويا عن نظيره المعاملين بالكادميوم فقط وبالمزيج والبالغتين (16 ± 78) و (18 ± 80) وحدة انزيمية، على التوالي. اما في مجمل التجربة، فبالنسبة لتاثير الفترة الزمنية فبينت النتائج ان اعلى مستوى لانزيم الفوسفاتيز القاعدي وجد في فترة التعريض الاخيرة، والتي اختلفت معنويا عن الفترتين الاوليتين بينما لم تختلف معنويا عن فترة التعريض الثالثة. اما بالنسبة لتاثير المعاملة فلوحظ اعلى معدل لمستوى الفوسفاتيز القاعدي وجد في معاملة اعضاء الاسماك بالرصاص والذي اختلف معنويا عن السيطرة ولكنه لم يختلف معنويا عن معاملي الكادميوم لوحده و المزيج.

7-4- 2 : مستوى انزيم الانين ترانس امينيز في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* للفترات (1و4و7و14) يوما.

Alanine transaminase level in some organs of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

توضح نتائج الجدول (4-29) والشكل (4-28) حدوث ارتفاع في مستوى انزيم الانين ترانس امينيز لجميع المعاملات وفي جميع الاعضاء للفترة (1) يوم من التعريض ولوحظ وجود فرق معنوي فقط في العضلات المعاملة بالرصاص والتي بلغت (15 ± 69) وحدة انزيمية مقارنة بالسيطرة والتي بلغت (8 ± 45) وحدة انزيمية والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج والمعاملة بالكاديوم. اما في التجربة عامة ومن حيث تاثير الاعضاء فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي بين الاعضاء وان اعلى مستوى للانزيم وجد في الكبد والذي اختلف معنويا عن الغلاصم والعضلات. اما في تاثير المعاملات فبينت النتائج عدم وجود فرق معنوي بين المعاملات واطهرت معاملة الاسماك بالرصاص اعلى معدل ارتفاع لمستوى ALT .

وفي اليوم الرابع من التعريض بينت النتائج في الجدول (4-30) والشكل (4-29) حدوث ارتفاع في مستوى انزيم الانين ترانس امينيز في جميع المعاملات والاعضاء مقارنة بالسيطرة. في الغلاصم لوحظ وجود فرق معنوي عند معاملة الاسماك بالرصاص لوحده وبالمزيج مقارنة بالسيطرة. في الكبد اختلفت معاملة الكاديوم معنويا عن معاملة الاسماك بالرصاص فقط، اما في العضلات فاطهرت معاملة الرصاص والمزيج اختلافا معنويا عن السيطرة، اما في مجمل التجربة فيتضح من خلال تاثير الاعضاء حدوث اختلاف معنوي بين الاعضاء ، وان اعلى معدل للALT لوحظ في الكبد اما في تاثير المعاملة فاطهرت النتائج اختلافا معنويا لمعاملة الرصاص مع جميع المعاملات باستثناء المزيج واعطت معاملة الرصاص اعلى معدلا بين المعاملات .

اما في اليوم السابع من التعريض فاطهرت النتائج في الجدول (4-31) والشكل (4-30) حدوث ارتفاع في جميع المعاملات وجميع الاعضاء مقارنة بالمجموعة الضابطة. لوحظ في الغلاصم وجود اختلاف معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة ، اما في الكبد فاطهرت معاملي الرصاص والمزيج اختلافا معنويا عن السيطرة واطهر المزيج اختلافا معنويا عن معاملي الكاديوم والرصاص اما في العضلات فبينت النتائج وجود فرق معنوي في معاملي الرصاص والمزيج مقارنة بالسيطرة واطهر المزيج اختلافا معنويا عن السيطرة وعن جميع المعاملات اما في مجمل التجربة فاوضحت النتائج عدم وجود اختلاف معنوي بين معاملي الرصاص والمزيج مقارنة بالسيطرة، وفي تاثير الاعضاء ، لوحظ اقل مستوى للانزيم في الغلاصم الذي اختلف معنويا عن الكبد والعضلات.

وبعد مضي 14 يوما بينت نتائج الجدول (4-32) والشكل (4-31) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى ALT في جميع المعاملات وجميع الاعضاء بالمقارنة مع مجموعة السيطرة وان اعلى مستوى لانزيم ALT لوحظ في اكباد الاسماك المعاملة بالرصاص فقط، اذ بلغ (129±20) وحدة انزيمية، والذي لم يختلف معنويا عن معاملة المزيج. كما اوضحت النتائج عدم وجود فروقات معنوية بين الاعضاء في جميع المعاملات. اما في مجمل التجربة وبالنسبة لتاثير المعاملات فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي لجميع المعاملات مقارنة بالسيطرة وان اعلى مستوى للانزيم في وجد الكبد الذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء. اما بالنسبة لتاثير المعاملات، فقد لوحظ عدم اختلاف المزيج معنويا عن معاملة الاسماك بالكادميوم فقط والرصاص فقط، بينما اختلف معنويا عن السيطرة، بينما اختلف المعاملات الثلاثة عن مجموعة السيطرة.

4-7-3 : مستوى انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.

Level of Aspartate transaminase enzyme (enzyme unit) in some organs of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

اوضحت النتائج في اليوم الاول من التعريض في الجدول (4-33) والشكل (4-32) حدوث ارتفاع في مستوى انزيم اسبارتيت ترانس امينيز في جميع المعاملات والاعضاء مقارنة بالسيطرة. وبلغ اعلى مستوى AST في الكبد المعامل بالرصاص وبلغ (61±8) وحدة انزيمية والذي اختلف معنويا عن مجموعة السيطرة. في العضلات اظهرت معاملة المزيج اختلافا معنويا عن السيطرة. اما في مجمل التجربة وفي تاثير المعاملات لم يلاحظ وجود اختلاف معنوي بين المعاملات جميعها من جهة و بالمقارنة مع السيطرة من جهة اخرى. اما بالنسبة لتاثير الاعضاء فان اعلى معدل لمستوى للانزيم وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن الغلاصم والعضلات اللذان لم يتضح وجود اختلافا معنويا بينهما.

في اليوم الرابع من التجربة، بينت قراءات الجدول (4-34) والشكل (4-33) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى AST في جميع الاعضاء والمعاملات مقارنة بالسيطرة (ماعدا العضلات المعاملة بالكادميوم لوحده). اما في مجمل التجربة فبينت النتائج وجود فرق معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة وان اعلى تاثير وجد في معاملة الرصاص الذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالكادميوم لوحده، وعن المعاملة بالمزيج. بينما في تاثير الاعضاء فقد لوحظ اعلى مستوى للانزيم في الكبد الذي اختلف معنويا عن الغلاصم والعضلات و اللذان لم يختلفا معنويا فيما بينهما.

من خلال قراءة بيانات الجدول (4-35) والشكل (4-34) في اليوم السابع من التجربة لوحظ حصول ارتفاع معنوي في مستوى AST في جميع المعاملات وجميع الاعضاء مقارنة بالسيطرة. بينت النتائج عدم وجود اختلاف معنوي بين المعاملات في جميع الاعضاء. اظهر الكبد المعامل بالرصاص اعلى ارتفاع معنوي في مستوى AST بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، اذ بلغ (7±99) وحدة انزيمية والذي لم يختلف معنويا عن نظيره المعامل بالمزيج، في مجمل التجربة لوحظ في تاثير الاعضاء، وجود فرق معنوي بين مستويات ال AST في الاعضاء، وان اعلى مستوى للانزيم وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء. اما في تاثير المعاملات اظهرت النتائج وجود فرق معنوي بين جميع المعاملات مقارنة بالسيطرة، ولم تظهر معاملة الكادميوم والرصاص اختلافا معنويا عن المعاملة بالمزيج وان اعلى تاثير شوهد في معاملة الاسماك بالرصاص.

في الجدول (4-36) والشكل (4-35) والذي يمثل نتائج فترة 14 يوما من تعريض الاسماك للمعاملات لوحظ حدوث ارتفاع معنوي في جميع المعاملات ولجميع الاعضاء مقارنة بالسيطرة، وان اعلى ارتفاع في مستوى الAST وجد في الكبد المعامل بالرصاص، اذ بلغ (12±116) وحدة انزيمية، والذي لم يختلف معنويا عن نظيره المعامل بمزيج الكادميوم والرصاص (18±111) وحدة انزيمية. وقد لوحظ عدم وجود اختلافات معنوية بين المعاملات في الغلاصم والعضلات. في مجمل التجربة، بالنسبة لتاثير المعاملة فقد لوحظ وجود اختلاف معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة، واختلافا معنويا فيما بين المعاملات، وان المستوى الاعلى لانزيم AST وجد في المعاملة بالرصاص. اما بالنسبة لتاثير الاعضاء فقد لوحظ اعلى مستوى للانزيم في الكبد الذي اختلف معنويا عن الغلاصم والعضلات.

تنسجم نتائج الدراسة الحالية مع ما توصلت اليه دراسة سليمان (2020) وهو ان تعريض غلاصم واكباد وعضلات اسماك *G. affinis* لتراكيز من $PbCl_2$ وللفترات 1، 4، 15، 30 يوما ادت لحدوث ارتفاع معنوي في مستويات AST و ALT و ALP. كما بينت دراسة الخشاب (2017) عند تعريض اسماك *G. holbrooki* لتراكيز من $CdCl_2$ ادت الى ارتفاع مستوى ALP في غلاصم واكباد وعضلات الاسماك. كما بينت نتائج Mohammed واخرين (2017)، ان تراكم الكادميوم والرصاص في اسماك *Siganus rivulatus* ادى الى ارتفاع مستوى AST و ALT في الكبد. كما بين Banee واخرون (2015) ان تعريض اسماك *C. carpio* للكادميوم ادى الى ارتفاع في مستوى AST في العضلات. كما اظهرت نتائج Udotong (2015)، ان تعريض اسماك *T. guinensis* للرصاص ادى الى ارتفاع في مستوى ALP، و ALT، و AST في الكبد. كما بينت Mary واخرون (2015) ان تعريض

اسماك *Ctenopharyngodon Idella* للرصاص لمدة (24, 48, 72, 96) ساعة ادى الى ارتفاع مستوى ALP في الكبد والغلاصم و العضلات. كما تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما وجده Shalaby (2000) ان تعريض اسماك *C. carpio* للكادميوم لمدة 7 ايام ادى الى ارتفاع في مستوى AST في الكبد والعضلات فضلا عن ارتفاع مستوى ALT في الكبد.

يتم تحفيز جميع التفاعلات الكيميائية في الخلايا عن طريق الإنزيم وإن دخول مواد غريبة في الخلية بشكل عام يؤدي الى اضطراب وظائف الإنزيم. تعتبر أنشطة الإنزيمات مؤشرات كيميائية حيوية حساسة قبل حدوث التأثيرات الخطرة في الأسماك، اذ تم استخدام التغييرات في أنشطة الإنزيمات في الأسماك كمؤشرات للتسمم وتلوث المياه (Kim et al.,2008)

تكشف الدراسات التي أجريت على الأسماك المعرضة للمعادن الثقيلة أن التفاعلات بين هذه المواد السامة والأنظمة البيولوجية يمكن أن تؤدي إلى اضطرابات كيموحيوية (Carvalho and Fernandes,2019). وقد يؤدي التعرض للكادميوم والرصاص إلى تغيرات كيموحيوية في أنسجة الأسماك المختلفة (Islam et al., 2019 a). تعتبر إنزيمات ALP ، و ALT ، و AST مؤشرات مهمة للتحقق من صحة الكائن الحي (Mohiseni et al.,2016). تحفز ناقلات الأمين التفاعلات الكيميائية في الخلايا التي يتم فيها نقل مجموعة الأمين من جزيء مانح إلى جزيء مستقبل. هذه الإنزيمات هي أحماض أمينية أساسية تشكل جزءاً أساسياً من أنسجة الجسم، ولهم دوراً مهماً في استقلاب الكربوهيدرات والبروتينات (Burtis and Ashwood,2001). هذه الانزيمات مهمة لاستقلاب الأحماض الأمينية والبروتينات في أنسجة الأسماك (Savari et al.,2010).

أظهرت نتائج الدراسة الحالية حدوث ارتفاع معنوي في مستوى الفوسفاتيز القاعدي في الكبد والعضلات كما اظهرت الدراسة حدوث ارتفاع في نشاط انزيمي AST و ALT في غلاصم وكبد وعضلات الاسماك بمرور الوقت مع التعرض للكادميوم والرصاص ومزيجيهما وربما يرجع السبب في ذلك أن الزيادة في نشاط الانزيمات قد تكون مرتبطة بتلف الأنسجة (Bernet et al.,2001) او نتيجة حدوث اضرار في الكبد استجابة للتراكم الأحيائي للمعادن الثقيلة (Khan et al.,2020). اظهرت العديد من الدراسات أن المعادن الثقيلة تسبب زيادة في مستويات الانزيمات اعتمادا على المادة السامة ونوع السمك ونوعية المياه وفترة التعرض (Monteiro et al., 2005).

يعد الكبد والقنوات الصفراوية هي مصادر الفوسفاتيز القلوي، ويعد ALP هو أحد الاختبارات لتقييم الركود الصفراوي (Sabae and Mohamed, 2015). لوحظت تغيرات في نشاط الفوسفاتيز القلوي في أنسجة وأعضاء الأسماك المعرضة للسموم اذ يزداد نشاطه عند

التعرض لتراكيز عالية من الكاديوم والرصاص، كنوع من تقليل السمية (Rajamanickam and Muthuswamy,2008) . يتم إطلاق إنزيمات AST و ALT و ALP في حالة اضطرابات الكبد الحادة والمزمنة إذ إن هذه الإنزيمات هي المؤشرات الحيوية للضرر الكبدي الحاد وبالتالي يمكن أن تكون بمثابة أداة تشخيصية لتقييم تلف خلايا الكبد (Coppo et al.,2016). ان المواد السامة في المياه ومن ضمنها المعادن الثقيلة تعرض الاسماك للاجهاد وتؤدي الى حدوث خلل في وظائف الكبد و انزيماته، وبشكل عام فإن ارتفاع أو تثبيط انزيمات ALT وAST و ALP يستخدم لتقييم الحالة الصحية للكبد والتغيرات التي تحيط بالاسماك (Dorcias and Solomon, 2014). ان زيادة نشاط AST و ALT الناتج عن التعرض للرصاص يعد كمؤشر حاسم لتلف الكبد الناتج عن تخزين العالي للرصاص فيه. تحدث سمية الرصاص والكاديوم عن طريق تفاعلها مع البروتين ،والارتباط العالي للبروتينات بالمعادن مثل ارتباط الرصاص والكاديوم بالبروتين . يمكن أن تتدخل الميتالوثيونين في التفاعل بين الرصاص والكاديوم والإنزيم (Genchi et al.,2020; Wong et al.,2017).

وجدت الدراسة ازدياداً في نشاط الإنزيم ALP في خياشيم الاسماك وهذه الزيادة ربما تكون مرتبطة مع التغيرات المرضية في الأنسجة والخلايا (Talas et al., 2012) اما في العضلات فان سبب ارتفاع مستوى انزيم AST على الأرجح ، لحاجة الأسماك للطاقة أثناء الإجهاد. وأنه ربما يتم توفير الطاقة من خلال الأحماض الأمينية (Gabriel et al., 2012). ان النشاط المتزايد لـ AST هو ربما استجابة فسيولوجية للتعامل مع الآثار السامة للكاديوم اذ يتم استخدام الأحماض الأمينية في عملية الأكسدة أو عملية تحلل الكليكوجين في الخلايا لتوفير الطاقة. يعكس نشاط ALT حدوث تغيرٍ في كتلة الشبكة الإندوبلازمية (Banaee et al., 2011) ومن المعروف أيضاً أنه يوجد في غشاء الخلية وقد يشارك في أنشطة التمثيل الغذائي (De Silva et al.,2002) . قد تشير زيادة مستوى ALT إلى زيادة في النقل الأيضي مما قد يؤدي في النهاية إلى تحول في التكوين الحيوي ومسار استقلاب الطاقة للكائن المعرض (Gagnetten and Paggi,2009) .

4-8 : مستوى الكلوكوز في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* المعرضة للكاديوم والرصاص ومزيجيهما

Glucose level in some organs of *A. mossulensis* fish exposed to cadmium, lead and their mixtures.

بعد مضي 24 ساعة من التعرض للمعاملات بينت النتائج في الجدول (4-37) والشكل (4-36) حدوث ارتفاع في مستوى الكلوكوز في المعاملات والاعضاء جميعها مقارنة بالسيطرة. لوحظ اعلى مستوى للكلوكوز في الكبد المعامل بالرصاص ،اذ بلغ (24 ± 127) ملغم /

ديسيلتر، والذي اختلف معنويا عن نظيره في معاملة الكادميوم ومجموعة السيطرة، بينما لم يختلف معنويا عن نظيره في مجموعة الاسماك المعاملة بمزيج الكادميوم والرصاص. اما في مجمل التجربة فقد اختلفت الاعضاء معنويا فيما بينها باستثناء العضلات لم تظهر فرقا معنويا عن الامعاء وان اعلى معدل لسكر الكلوكوز وجد في الكبد الذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء، بينما في تاثير المعاملة فقد اختلفت معاملتي الرصاص والمزيج معنويا عن السيطرة وان اعلى معدل لمستوى الكلوكوز لوحظ في معاملة الرصاص والتي اختلفت معنويا بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، لكنها لم تختلف معنويا بالمقارنة مع المعاملة بمزيج المعدين الثقيلين الكادميوم والرصاص .

واظهرت النتائج في اليوم الرابع والتي يبينها الجدول(4-38) والشكل(4-37) حدوث ارتفاع في مستوى الكلوكوز لكل المعاملات ولكل الاعضاء مقارنة بالسيطرة . لوحظ في الكبد والامعاء حدوث ارتفاعا معنويا بالمقارنة مع مجموعة السيطرة في جميع المعاملات، بلغ اعلى مستوى لسكر الكلوكوز(165 ± 17) ملغم /ديسيلتر في الاسماك المعاملة بالرصاص فقط. والذي اختلف معنويا عن باقي الاعضاء. اما في مجمل التجربة وفي تاثير الاعضاء اظهرت القراءات وجود فرق معنوي بين الاعضاء جميعها باستثناء العضلات اذ لم تختلف معنويا عن الامعاء وان اعلى تاثير لوحظ في الكبد. بينما في تاثير المعاملات فاطهرت البيانات وجود اختلاف معنوي بين المعاملات مقارنة بالسيطرة وان اعلى تاثير وجد في معاملة الاعضاء بالرصاص لوحده، والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالكادميوم لوحده والمعاملة بالمزيج .

بعد مرور اسبوع من التجربة اوضحت النتائج في الجدول (4-39) والشكل (4-38) حدوث ارتفاع في مستوى سكر الكلوكوز في جميع الاعضاء والمعاملات مقارنة بسيطرتها. اذ تبين وجود ارتفاع معنوي في مستوى السكر في الاعضاء المعاملة بالرصاص لوحده وبالمزيج بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، كما لوحظ وجود ارتفاع معنوي في الكبد المعامل بالكادميوم لوحده بالمقارنة مع مجموعة السيطرة، وان اعلى معدل لارتفاع نسبة سكر الكلوكوز وجد في الكبد المعامل بالرصاص لوحده، والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج، اذ بلغ(211±18) (ملغم / ديسيلتر). اما بالنسبة لتاثير المعاملات في التجربة عامة فاطهرت جميع المعاملات فرقا معنويا مع السيطرة واعلى معدل لمستوى سكر الكلوكوز وجد في معاملة الرصاص والذي لم يختلف معنويا عن المعاملة بالكادميوم لوحده وبالمزيج. اما في تاثير الاعضاء لوحظ وجود اختلاف معنوي بين جميع الاعضاء باستثناء العضلات التي لم تختلف معنويا عن الامعاء وان اعلى معدل لمستوى سكر الكلوكوز وجد في كبد الاسماك.

اما بعد مضي اسبوعين من التجربة فلوحظ في النتائج التي بينها الجدول(4-40) والشكل(4-39) حدوث ارتفاع معنوي في مستوى سكر الكلوكوز في جميع المعاملات والاعضاء بالمقارنة مع سيطراتها باستثناء الامعاء المعاملة بالكادميوم، اذ لم تظهر فرقا معنويا بالمقارنة مع السيطرة. اظهر مستوى الكلوكوز في الكبد المعامل بالرصاص اعلى تركيز اذ بلغ (28 ± 215) (ملغم / ديسيلتر) ولم يختلف معنويا عن نظيره المعامل بالمزيج. اما في مجمل التجربة فبينت النتائج ان الكبد الاكثر تاثرا من بين الاعضاء ولوحظ وجود اختلافات معنوية فيما بين الاعضاء جميعها فيما عدا الامعاء لم تختلف معنويا عن العضلات، وإنَّ أعلى مستوى لسكر الكلوكوز وجد في الكبد . اما في تاثير المعاملات فقد اظهرت نتائج القراءات ان معاملة الرصاص هي الاكثر تاثيرا بين المعاملات لم تختلف معنويا عن المعاملة بالمزيج وعن المعاملة بالكادميوم .

اظهر البحث الذي اجراه EL-Shafei (2017) ان تعريض اسماك *M. cephalus* L للرصاصة لمدة 28 يوما ادى الى ارتفاع في مستوى الكلوكوز في مصل الدم . كما بينت دراسة Kim and Kang (2015) ان تعريض اسماك *Sebastes schlegelii* لمدة اسبوعين ادت الى ارتفاع مستوى الكلوكوز في الدم . وافادت دراسة Sobha واخرين (2007) ان تعريض اسماك *C. catla* لكلوريد الكادميوم $CdCl_2$ لمدة 7 ايام اظهر زيادة معنوية في مستوى الكلوكوز في العضلات والخياشيم والكبد بالمقارنة مع مجموعة السيطرة. كما هدفت دراسة Almeida واخرون (2002) تقدير مستوى سكر الكلوكوز في عضلات اسماك *O. niloticus* وذلك بعد تعريضها لكلوريد الكادميوم لمدة 60 يوما اذ لاحظوا ارتفاع مستوى الكلوكوز في العضلات. استعمل مستوى الكلوكوز بوصفه أحد المستويات المهمة للإجهاد في الأسماك (Arya,2014)، يشارك كبد الاسماك في تنظيم توازن الكلوكوز (Klover and Mooney,2004)، يدخل الكلوكوز الغذائي إلى الكبد ويمر عبر الحاجز الخلوي باستخدام ناقل الكلوكوز 2 (Glucose Transporter 2) ثم يتم تقويضه من خلال مسار تحلل الكلوكوز لتوفير ATP ، أو تخزينه ككليكوجين أو تحويله إلى دهون إذا كانت زائدة (Kamalam et al., 2012). كما تعتبر العضلات البيضاء ، والتي هي أكبر أنسجة في الأسماك ، مهمة لاستخدام الكلوكوز في الاسماك (Hemre et al., 2002)

إنَّ الكلوكوز الغذائي لا يعد فقط مصدراً للطاقة ، لكنه أيضاً أحد الوسائط الأيضية الرئيسية التي يمكن أن تؤثر أيضاً على استقلاب مركبات أخرى مهمة بيولوجياً (Polakof et al., 2012). اذ يمكن أن يؤدي إلى تعزيز تكوين الدهون حتى عند المستويات المنخفضة ، و زيادة في الأحماض الدهنية غير المشبعة طويلة السلسلة Long Chain Poly

Unsaturated Fatty Acids(LC-PUFA) التي تحفز تخليق الحمض الدهني إيكوسابيننتاينيك (EPA) و الحمض الدهني دوكوساهيكسانويك (DHA) (Kamalam *et al.* 2013) وتنظيم استقلاب الطاقة في الميتوكوندريا (Panserat *et al.*, 2017).

في الدراسة الحالية أظهر محتوى الكلوكوز في العضلات والخياشيم والكبد والامعاء زيادة نتيجة التعرض للكادميوم والرصاص ومزيجيهما . ان زيادة مستوى الكلوكوز في هذه الدراسة دلالة على الإجهاد نتيجة التعرض للكادميوم والرصاص والمزيج (Sobha *et al.*, 2007; EL-Shafei, 2017) اذ يسبب اجهاد المعادن الثقيلة تغيرات في استقلاب الكربوهيدرات (Javed and Usmani, 2015) أن الكادميوم يؤثر على عملية التمثيل الغذائي للكربوهيدرات والتي تسبب ارتفاع مستوى سكر الكلوكوز عن طريق تحفيز عملية تحلل الكليكوجين في انسجة الأسماك. لتحمل حالة الإجهاد عن طريق زيادة مستوى الكلوكوكورتيكويد Glucocorticoids المنتشر والكاتيكولامينات Catecholamines المنبثقة من أنسجة الغدة الكظرية (Gluszak *et al.*, 2007). قد تكون حالة ارتفاع السكر أيضاً بسبب الانخفاض في نشاط بعض الإنزيمات مثل فسفوفركتوكيناز Phosphofructokinase، نازعة هيدروجين اللاكتات Lactate Dehydrogenase وسيترات كيناز Citrate Kinase التي تقلل من المعدل تحلل السكر في الأنسجة أو بسبب زيادة معدل تكوين السكر (Kumar *et al.*, 2011).

4-9: تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على خلايا الدم الحمر في اسماك *A. mossulensis* للفترات (1و4 و7 و14) يوما

Effect of cadmium and lead and their mixtures on red blood cells in *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day

اظهرت النتائج من خلال الفحص المجهرى حدوث تغيرات في شكل خلايا الدم المحيطي عند تعريض الاسماك للكادميوم والرصاص ومزيجيهما بالمقارنة مع مجموعة السيطرة والتي ظهرت فيها خلايا الدم الحمر بشكل بيضوي ذات نواة مركزية بيضوية الشكل الصورة(4-1). في فترة التعريض الاولى ،ومن خلال تعريض الاسماك للكادميوم ظهرت تغيرات في اشكال خلايا الدم الحمر، تمثلت باتخاذها شكل الدمعة (Tear Cell (TC) ، فضلا عن حدوث تغيرات في اشكال الانوية تمثلت بالنواة المثلمة Notched nucleus والنواة الصغيرة Micronucleus (MN) الصورتين (4-2 و4-3). تمثلت التغيرات في اشكال خلايا الدم الحمر عند معاملة الاسماك بالرصاص، ظهور الخلايا بشكل منجلي (Sickle Cell (SC) ، اما التغيرات في شكل النواة فتمثل بالنواة الصغيرة والمثلثة ،كما لوحظ تفجى السايوبلازم Cytoplasm Vacuolization(CV) (4-4 و4-5). اما في الاسماك المعرضة لمزيج الكادميوم والرصاص

فتمثلت التغيرات بوجود خلايا دم هرمية الشكل (P) Pyramid Shape (P) ووجود النواة المتجزئة Fragmentary Nuclear(FN) والنواة المتبرعمة Bud Nuclear(BN) والنواة الصغيرة وتفجى النواة Vacuolization Nuclear وتفجى الساييتوبلازم وظهور خلايا الدم الحمر بشكل نضائد (RF) Rouleaux Formation ، الصورتان (4-6 و 4-7).

اما في فترة التعريض الثانية (بعد 4 ايام) فتمثلت التغيرات التي حدثت على الاسماك المعرضة للكادميوم وجود خلايا الدم الحمر بنواة المتبرعمة Nuclear Bud ونواة الصغيرة والنواة المثلمة فضلا عن تكون الفجوات في الساييتوبلازم Cytoplasm vacuoles الصورتان (4-8 و 4-9). اما معاملة الاسماك بالرصاص فتسببت في ظهور بعض خلايا الدم بالشكل المنجلي، وظهور النواة الكلوية الشكل Kidney Nuclear shape(KN) والنواة المثلمة والنواة الجانبية Lateral Nucleus(LN) والنواة الصغيرة فضلا عن تحلل بعض الانوية وتفجى الساييتوبلازم في العديد من خلايا الدم الصورتين (4-10 و 4-11). بينما بينت معاملة الاسماك بالمزيج وجود خلايا الدم المثلمة الشكل Triangular Shape(Tr) وخلايا بشكل دمعة ولوحظ وجود النواة الكلوية والنواة المتجزئة كما لوحظ تكثف الكروماتين عند حدود النواة وتفجى النواة و الساييتوبلازم الصورتان (4-12 و 4-13).

بعد مضي اسبوع من التعريض للمعاملات ادى التعرض للكادميوم الى تراص بعض خلايا الدم الحمر بشكل نضائد وظهور البعض الاخر بشكل هرمي كما لوحظ زيادة تفجى الساييتوبلازم، اما التغيرات النووية فتمثلت بظهور النواة المتجزئة والمتبرعمة الصورة (4-14) والصورة (4-15). اما عند معاملة الاسماك بالرصاص فتمثلت التغيرات بتفجى الساييتوبلازم وتكثف الكروماتين عند حدود النواة وتحلل الانوية فضلا عن ظهور النواة الكلوية الشكل الصورتان (4-16 و 4-17). واحداثت معاملة المزيج العديد من التأثيرات والتي اظهرتها الصورتان (4-18 و 4-19) تمثلت بتفجى الانوية في جميع الخلايا وتحللها وظهور النواة الصغيرة فضلا عن التغيرات في شكل الخلايا والمتمثلة باتخاذ البعض منها الشكل الكلوي والهرمي وشكل الدمعة وتراص البعض الاخر بشكل نضائد .

في فترة التعريض الاخيرة ، فقد اظهرت نتائج تعريض الاسماك للكادميوم والتي اوضحتها الصورتان (4-20 و 4-21) ظهور الخلايا بشكل هرمية وظهور بعض التغيرات في شكل الانوية والتي تتمثل بظهور الشكل الكلوي والنواة الصغيرة والنواة المثلمة فضلا عن تفجى النواة. اما عند تعريض الاسماك للمعاملة بالرصاص فاوضحت نتائج الصورتين (4-22 و 4-23) وجود الخلايا المعجرة Smudge Cell(SM) والخلايا المنجلية وتحلل كامل للانوية وعدم انتظام في اشكال خلايا الدم. بينما الاسماك التي تعرضت للمزيج فقد لوحظت فيها

التغيرات التالية تحلل كامل للنواة والغشاء البلازمي ووجود النواة الصغيرة وحدوث تقجي في الساييتوبلازم وكذلك وجود النواة المتجزئة الصورتان (4-24 و 4-25).

بينت نتائج Sauliutė وآخرون (2020) ان تعريض اسماك *P. fluviatilis* و *R. rutilus* و *S. salar* لمزيج من المعادن Cd، Pb، Cr، Ni، Cu، Zn ولمدة 14 يوما ادى الى تكوين النواة الصغيرة والنواة المتجزئة والنواة المتبرعمة .

بينت نتائج Shah (2017) أن تعريض أسماك *Labeo rohita* لتراكيز مختلفة من الكاديوم لمدة 15 يوم ادى الى تلف غشاء الخلية والنواة. كما اشار Kumar وآخرون (2017) ان تعريض اسماك *C. batrachus* للكاديوم لمدة 16 يوما ادى الى تكوين خلايا دم دمعية الشكل وخلايا منجلية وخلايا دم متجزئة الانوية فضلا عن التغيرات في شكل النوية. بينما ادى التعرض للرصاص الى تكوين الخلايا الدمعية الشكل وتحلل بعض خلايا الدم الحمر وتراص البعض الاخر منها . وظهرت نتائج Çiftçi وآخرون (2015) ان تعريض اسماك *O. niloticus* للرصاص للفترتين (7 و 15) يوما ادى الى تغيرات في مواقع انوية خلايا الدم الحمر . كما جاءت نتائج بحث Witeska وآخرون (2011) مشابهه لما توصلت اليه الدراسة في ان تعريض اسماك الكارب الشائع للكاديوم ادى الى حدوث تغيرات في شكل خلايا الدم الحمر للأسماك وشملت الحالات الشاذة تكثف الكروماتين عند حدود النواة ، وتغير شكل خلية الدم الحمراء وانحلالها ، وتقجي السيتوبلازم. اما Witeska وآخرون (2010) فبين ان تعريض اسماك *C. carpio* L. للرصاص لمدة 16 يوما ادى الى حدوث تغيرات في اشكال خلايا الدم الحمراء وتكثف الكروماتين عند حدود النواة. وظهرت دراسة Witeska (2004) ان تعريض اسماك الكارب الشائع للكاديوم والرصاص خلال الفترات (24 و 48 و 96) ساعة حدوث تغيرات في شكل خلايا الدم اكثرها شيوعاً تكثف الكروماتين عند حدود النواة ، وتقجي السيتوبلازم ، والتغير في شكل الخلايا .

كريات الدم الحمراء في الأسماك ذات شكل بيضوي بنواة بيضوية وبأحجام مختلفة (102-800) ميلي لتر وعمرها بين (13-500 يوم). تعد الكلية القريبة من الراس head kidney الموقع الرئيسي لتكوين خلايا الدم الحمر في الأسماك ، ويمكن استخدام شكل خلايا الدم الحمر كمؤشر حيوي للسمية (Witeska , 2013) . ان المواد السامة الموجودة في الماء تدخل الدم ، وبالتالي ، فإن خلايا الدم هي الأهداف الأولى للسمية مباشرة بعد الظهارة الخيشومية في الاسماك أن خلايا الدم ، وخاصة خلايا الدم الحمر ، حساسة للعوامل السامة التي تنقلها المياه (Witeska , 2004) . ان التشوهات الخلوية والنوية في خلايا الدم الحمر تحدث نتيجة الإجهاد الناتج عن التلوث الخارجي (Islam et al.,2019 b; Shahjahan et al.,2018).

لذلك يعد الدم من أهم محددات الإجهاد الفسيولوجي (Salam et al.,2015). أن المعادن الثقيلة يمكن أن تسبب التغيرات الشكلية في كريات الدم الحمراء ، و في النواة أو السيتوبلازم (Orun and Talas , 2008). تسبب الكاديوم والرصاص ومزيجيهما في احداث تغيرات شكلية في انوية خلايا الدم الحمر ، وتكثف في مادة الكروماتين، هذه التغيرات ربما يرجع السبب لتأثير المعدنين على تنظيم التناضح ، وعلى نفاذية الغشاء أو تحفيز آليات التغذية الراجعة تحت تأثير المعدنين (Witeska et al.,2010) ، او بسبب زيادة بيروكسيده الدهون في غشاء الخلية (Bai et al.,2014 ; Ghaffar et al.,2015).وربما يرجع السبب في تغيير شكل الخلايا الى تلف غشاء الخلية ونفاذية الأيونات و امتصاص الخلايا للمواد السامة (Sadiqul et al.,2016).

4-10: تأثير الكاديوم والرصاص ومزيجيهما على الخياشيم في اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و 4 و 7 و 14) يوما

Effect of cadmium , lead and their mixture on gills of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day.

من خلال الفحص المجهرى وجد حدوث تغيرات في شكل الخياشيم عند تعريض الاسماك للكاديوم والرصاص ومزيجيهما مقارنة بالسيطرة بالصورة (4-26) . والتي اظهرت فيها القوس الخيشوم Gill arch الطبيعي لاسماك *A. mossulensis* وهو عبارة عن هيكل عظمي منحنى تنبعث منه صفوف مزدوجة من الصفائح أو الخيوط الأولية المزدوجة. تحتوي كل من هذه الصفائح الأولية (Primary Lamellae(PL) على سلسلة من الصفائح الثانوية Secondary Lamellae(SL) الموجودة بشكل عمودي على الصفائح الأولية. يُغطى القوس الخيشومي بنسيج البشرة Epidermal Tissue ولكن في الصفائح الأولية تكون الظهارة أكثر سمكاً وتحتوي عادةً على العديد من الخلايا المخاطية Mucous Cells يوجد أسفل الظهارة عادةً مجموعة من الأنسجة للمفاوية Lymphoid Tissue . الصفيحة الأولية مغطاة بظهارة مخاطية قد تحتوي بداخلها خلايا كلوريد Chloride Cells ،تكون خلايا الكلوريد هذه أكثر عددًا في الجزء القاعدي (القريب) من الصفائح وتوجد الخلايا الكأسية Goblet Cells مبعثرة بين الخلايا الظهارية الحرفية Squamous Epithelial Cells للصفائح الخيشومية ، وكذلك في المنطقة القاعدية من الصفائح.

حدثت تغيرات شكلية في خياشيم الاسماك بعد مضي 24 ساعة من المعاملة بالكاديوم اذ لوحظ وجود فرط تنسج ونزف في الصفيحات الثانوية صورة (4-27). اما تعريض الاسماك للرصاص والتي بينتها الصورة (4-28) ادى الى حدوث تغيرات تضمنت حدوث فرط تنسج ونزف في الصفائح الثانوية وعدم وضوح الصفيحة الاولية .بينما التعرض للمزيج والذي بينتها

الصورة (4-29) ادى الى حدوث نزف في الصفحة الاولى والصفحة الثانية كما ادى الى حدوث ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة.

اما في فترة 4 ايام وعند تعريض الاسماك للكادميوم ف لوحظ ازدياد في فرط التنسج والتحام الصفائح الثانوية وازدياد في النزف في الصفائح الثانوية الصورة(4-30) اما عند تعريض الاسماك للرصاص فقد لوحظ حدوث فرط تنسج ونزف في الصفائح الاولية والثانوية ،الصورة (4-31) بينما في معاملة المزيج نلاحظ ان الخلايا الغضروفية غير منتظمة في الحجم كما ادى التعرض الى حدوث توسف Desquamation في الخلايا الظهارية وضمورها وحدث نزيف في الصفحة الثانية والصفحة الاولية الصورة(4-32).

بينما في فترة التعريض 7 ايام فان التعرض لمعاملة الكادميوم والذي بينته الصورة (4-33) ادى الى حدوث ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة ونزف وفرط تنسج في الصفائح الاولية والصفائح الثانوية. بينت الصورة (4-34) والتي اظهرت تعرض الاسماك لمعاملة الرصاص حدوث احتقان في الوعاء الدموي وتوسف الخلايا الظهارية في الصفحة الثانية .اما المزيج وفي الصورة (4-35) فحدث نزف في الصفحة الاولية والثانوية وفرط تنسج في الصفائح الثانوية .

وفي نهاية التجربة وبعد مضي اسبوعان وعند تعرض الاسماك لمعاملة الكادميوم اظهرت الصورة (4-36) حدوث احتقان Congestion في الوعاء الدموي في الصفحة الاولية ونزف في الصفحة الثانوية . ولوحظ عند التعرض للرصاص حدوث احتقان في الوعاء الدموي ووجود نزف في الصفائح الاولية والثانوية وانفصال الخلايا الظهارية (4-37). اما التعرض للمزيج فأدى الى حدوث فرط تنسج ونزف في الصفائح الثانوية والاولية وتوسف في الخلايا الظهارية وضمورها(4-38).

اظهرت دراسة Onita وآخرون (2021) ان تراكم الكادميوم والرصاص في اسماك *Barbus barbuis* و *Squalius cephalus* و *Chondrostoma nasus* ادى الى حدوث تغيرات في الخياشيم مثل توسف الخلايا الظهارية واندماج في الصفائح الثانوية وفرط تنسج في الصفائح الثانوية.

اما دراسة Mustafa (2020) والتي بينت ان تراكم المعادن الثقيلة (الرصاص والكادميوم) في انسجة أسماك *L. xanthopterus* ادت الى حدوث تغيرات نسجية في الخياشيم كحدوث احتقان في الاوعية الدموية وفرط تنسج الصفائح الثانوية وتوسف الخلايا الظهارية .

كما بينت دراسة Zaghoul وآخرون (2020) ان تراكم الكادميوم والرصاص في اسماك *C.gariepinus* ادى الى حدوث توسف الخلايا الظهارية للخياشيم واندماج في الصفائح الثانوية. واظهرت نتائج Rajeshkumar وآخرون (2017) ان تعريض اسماك *C. carpio* لمزيج من المعادن الثقيلة (Cr و Cd و Pb) لمدة 7 و 15 يوماً ادى الى حدوث تغيرات في

الخياشيم اذ لوحظ حدوث اندماج في الصفائح الثانوية ، وفرط تنسج في الصفائح الثانوية وتوسف الخلايا الظهارية . واجرى Abalaka (2015) بحثا على اسماك *Auchenoglanis occidentalis* ولاحظ ان تراكم الكاديوم والرصاص في الخياشيم ادى الى حدوث تغيرات نسجية اهمها توسف الخلايا الظهارية وحدث نزيف في الصفيحة الثانوية واندماج الصفائح الثانوية.

إن تراكم المعادن الثقيلة (الكاديوم والرصاص) في الاسماك يمكن أن يحدث تلفا وتغيرات في أنسجة الخياشيم (Sangur et al.,2021) وقد تكون هذه التغيرات رد فعل لدخول المواد السامة أو استجابة تكيفية لمنع دخول الملوثات من خلال سطح الخياشيم (Camargo and Martinez, 2007). ان اندماج الصفائح الثانوية وتوسف الخلايا الظهارية تعتبر من آليات الدفاع وذلك بسبب زيادة المسافة بين البيئة الخارجية والدم وبالتالي تشكل حاجز لمنع دخول الملوثات . يحدث توسف الظهارة زيادة المسافة بين الماء والدم مما يؤدي الى ضعف امتصاص الأوكسجين (Flores-Lopes and Thomaz , 2011) اما احتقان الدم ربما يرجع سببه الى زيادة تدفق الدم داخل الصفائح (Martinez et al., 2004). أن احتقان الدم في الاسماك يمكن أن يؤثر على الدورة الدموية ، مما يسبب مشاكل في الجهاز التنفسي (Bhagwant and Elahee, 2002). ان اندماج الخلايا في الصفيحة الثانوية يحدث بسبب الانقسام الخلوي غير الطبيعي (Lujic et al.,2013) ويمكن أن يؤدي فرط التنسج إلى انخفاض كبير في المساحة السطحية للتنفس في الخياشيم. كما أنه يعطل تدفق الدم للخياشيم ، ويغير من عملية التمثيل الغذائي وقد يسبب وفيات الأسماك (Purwanti et al.,2019).

4-11: تأثير الكاديوم والرصاص ومزيجيهما على الكبد في اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما

Effect of cadmium , lead and their mixture on liver of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) day

اوضحت نتائج الصبغ النسجي ان الكبد مؤلف من خلايا متعددة الأضلاع ، مع نوى كروية مركزية ذات نوية داكنة اللون وسائتوبلازم متجانس. الخلايا الكبدية مفصولة عن بعضها البعض بواسطة أشباه الجيوب الدموية (الجيبانيات) Sinusoids التي تعطي مظهرا شبيها بالحبال وتتوزع بشكل غير منتظم بين خلايا الكبد . الوريد الكبدى يتلقى الدم من الوريد البابى الكبدى والشريان الكبدى عبر الجيبانيات إلى الأوردة المركزية (Central Veins(CV) ، واحتوائه على خلايا حاوية على الفجوات الصورة(4-39).

بعد مضي يوم واحد من التجربة لوحظت بعض التغيرات في نسيج الكبد للاسماك المعرضة للكاديوم التي بينتها الصورة (4-40) اذ لوحظ حدوث تورم Swelling بعض الخلايا الكبدية فضلا عن حدوث نزف طفيف. اما الاسماك المعاملة بالرصاص فبينت الصورة (4-4)

41) حدوث تنكس Degeneration الخلايا الكبدية اما معاملة الاسماك بالمزيج فادى الى حدوث تفجى الخلايا الكبدية Vacuolization hepatic cell وحدث نزف وتخر للخلايا الكبدية Necrosis (Ne) (4-42). في اليوم الرابع من التجربة وبعد تعرض الاسماك للكادميوم الصورة(4-43) نلاحظ تضيق الجيبانيات الدموية Blood Sinusoids وتخرالخلايا الكبدية . عند التعرض لمعاملة الرصاص الصورة(4-44) نلاحظ توسع الجيبانيات وتفجى وتخر الخلايا الكبدية ، بينما في معاملة المزيج نلاحظ حدوث تنكس وتخر شديد للخلايا الكبدية (4-45). عند تعريض الاسماك لمدة 7 ايام للكادميوم الصورة (4-46) حدث احتقان للاوعية الدموية وارتشاح طفيف للخلايا الالتهابية احادية النواة وتخر الخلايا الكبدية، اما تعريض الاسماك للرصاص ادى الى توسع في الجيبانيات الدموية وظهور الخلايا الالتهابية احادية النواة وحدث نزف للخلايا الكبدية الصورة (4-47) اما تعريض الاسماك للمزيج الصورة (4-48) ادى الى احتقان الاوعية الدموية وتخر شبه تام للخلايا الكبدية. بعد مرور أسبوعين من تعريض الاسماك للكادميوم الصورة(4-49) ،حدث نزف شديد وتنكس في الخلايا الكبدية اما معاملة الاسماك بالرصاص الصورة (4-50) حدث تخر شديد للخلايا الكبدية ، وارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة واطهرت الصورة (4-51) خلايا الكبد المعاملة بالمزيج وقد تتخرت بالكامل .

توصلت الدراسة التي أجراها Onita وآخرون (2021) والتي جاءت نتائجها منققة مع ما توصلت اليه نتائج الدراسة الحالية الا وهي ان تعريض اسماك *B. barbuis* و *S. cephalus* و *C.nasus* للكادميوم والرصاص ادى الى حدوث تغيرات نسيجية في انواع الاسماك اعلاه تمثلت بتفجى خلايا الكبد وتوسع في الجيبانيات . كما اجرى Mustafa (2020) دراسة اظهرت ان تراكم المعادن الثقيلة (الرصاص والكادميوم) في أسماك *L. xanthopterus* ادت الى تغييرات نسيجية في الكبد تمثلت باحتقان في الدم وتنكس الخلايا الكبدية وارتشاح الخلايا وتفجى السايوبلازم وهذه النتائج تعتبر مشابهة لما توصلت اليه الدراسة الحالية ، فضلا عن دراسة Thabet وآخريين (2019) التي اشارت إلى أن تراكم الكادميوم والرصاص في كبد الاسماك *O.niloticus* ادى الى حدوث تغيرات نسيجية فيه تمثلت بتنكس وتفجى الخلايا الكبدية واحتقان الجيبانيات وزيادة في عدد خلايا كوفر البلعمية. كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Phoonaploy وآخرون (2019) التي هدفت الى معرفة التغيرات النسيجية المرضية لأكباد اسماك *C. striata* المعرضة للكادميوم والرصاص ، ووجد حدوث تفجى الخلايا وتنكس النواة. كما بينت نتائج Kaur وآخريين (2018) ان تراكم الكادميوم والرصاص في اسماك *L. rohita* احدث العديد من الآفات الكبدية ومنها تفجى السايوبلازم و تخر حاد للخلايا الكبدية وارتشاح الكريات البيض . واطهرت دراسة Mohamed وآخرون (2016) ان تراكم الكادميوم في اسماك *Variola louti* ادى الى فقدان التنظيم الطبيعي للكبد وارتشاح الخلايا الالتهابية وتورم الخلايا

كبدية. وعززت نتائج دراسة Rajeshkumar واخرين (2017) النتائج التي توصلت اليها الدراسة الحالية، فقد بينت ان تعريض اسماك *C. carpio* لمزيج من المعادن الثقيلة (Cr و Cd و Pb) لمدة 7 و 15 يوماً ادى الى حدوث تغيرات في نسيج الكبد وتفجى الساييتوبلازم وحدوث نخر وتفجى وفقدان البنية الطبيعية للنسيج الكبدي. اوضحت نتائج البحث الذي اجراه Dane and Şişman (2015) ان تراكم الكاديوم والرصاص في اسماك *Capoeta capoeta* ادى الى تغيرات نسجية في كبد الأسماك تمثلت بتوسع الجيبانيات وتفجى خلايا الكبد وتورم الخلايا الكبدية واحتقان الوريد المركزي وتخر في خلايا الكبد وهذه النتائج تطابقت مع نتائج الدراسة.

يعد الكبد هو العضو الأساسي والأكثر حساسية لتراكم المواد السامة ، ويلعب دوراً مهماً في تخزين المواد السامة و إزالة السموم وإعادة توزيعها ويعتمد تراكم المعادن الثقيلة في كبد الاسماك على مدة التعرض وتركيز كل معدن (Al-Asgah *et al.*, 2015) يعمل تراكم المعادن الثقيلة (الكاديوم والرصاص ومزيجيهما) في الاسماك على احداث تلفا وتغيرات في أنسجة الكبد (Sangur *et al.*,2021; Rajeshkumar *et al.*,2017). كما ان تعرض نسيج الكبد للمعادن الثقيلة يؤدي الى حدوث نزف (Abalaka, 2015). ان تنكس جدار خلايا الكبد ، وارتشاح الكريات البيض يشير إلى زيادة الالتهاب Inflammation وتليف Fibrosis الأنسجة الكبدية (Koca *et al.*, 2008). ان تورم الخلايا هو تغيير مبكر يحدث في معظم أنواع إصابات الكبد والتي قد تكون مقدمة لتغيرات أكثر فعالية (Hinton *et al.*, 2001). بسبب الإجهاد التأكسدي تفجى الخلايا الكبدية وزيادة المساحات الجيبية (Mishra and Mohanty 2009) ولكون الكبد مركز إزالة السموم من الجسم يتلقى المعادن الثقيلة بسرعة وبشكل متكرر وبالتالي يعاني من زيادة التدفق في الشرايين مما يؤدي إلى توسع الجيبانيات (Nobuyoshi *et al.*, 2005). قد يكون سبب التفجى ،الترسب المفرط للدهون بسبب التعرض للسموم (Bogiswariy *et al.* 2008).

الفصل الخامس

الاستنتاجات

والتوصيات

Conclusions

and

Recommendations

1-5 : الاستنتاجات Conclusion

نستنتج من نتائج الدراسة الحالية ان تعريض الاسماك للكادميوم والرصاص ومزيجيهما ادى الى:

1. حدوث تأثيرات سمية خلوية .
2. زيادة نفوق الاسماك بازياد فترات التعريض والتراكيز المستخدمة وان معدل التركيز المميت الوسطي للرصاص اعلى من نظيره للكادميوم .
3. زيادة معدل التراكم الاحيائي في الاسماك بازياد فترات التعريض واتخذ التدرج الاتي في الاعضاء : الامعاء < الخياشيم < الكبد < الدماغ < العضلات ، وان اعلى معدل للتراكم وجد عند المعاملة بالرصاص والذي لم يختلف معنويا عن المزيج ووجد اقل معدل للتراكم في الكادميوم.
4. انخفاض مستوى مضادات الاكسدة غير الانزيمية (الكلوتاثايون) والانزيمية (الكاتاليز) وان اقل مستوى وجد في الخياشيم.
5. ارتفاع مستوى المألون ثنائي الديهايد مقارنة بالسيطرة وان اعلى مستوى له وجد في الدماغ والذي لم يختلف معنويا عن الكبد، اما تاثير المعاملات، فقد وجد اعلى ارتفاع معنوي في معاملة المزيج والتي لم تختلف معنويا عن معاملة بالرصاص .
6. ارتفاع في مستوى انزيم الفوسفاتيز القاعدي ، وان اعلى مستوى وجد في معاملة الرصاص والتي لم تختلف معنويا عن معاملة المزيج.
7. حدوث ارتفاع في مستوى انزيمي الاسبارتيت ترانس امينيز والانين ترانس امينيز وسكر الكلوكوز في المعاملات والاعضاء قيد الدراسة مقارنة بسيطراتها ، ولم تختلف المعاملات الثلاثة عن بعضهما معنويا.
8. تغير في اشكال وانوية خلايا الدم الحمر .
9. تغيرات مرضية نسيجية في غلاصم وكبد الاسماك قيد الدراسة.

2-5 : التوصيات Recommendation

توصي الدراسة الحالية بالتالي:

1. اجراء دراسات تشمل تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على انواع اخرى من الاسماك.
2. دراسة تأثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على اكثر من نوع من الاسماك وملاحظة السمية فيها .
3. استخدام انواع اخرى من المعادن الثقيلة ودراسة تاثيراتها على اسماك *A. mossulensis* .
4. استخدام مزيج مكون من 3 معادن ثقيلة او اكثر ودراسة تاثيراتها على اسماك *A. mossulensis* .
5. استخدام تراكيز اقل من نصف التركيز المميت الوسطي للمعادن الثقيلة ولفترات زمنية اطول.
6. قياس فعالية انواع اخرى من مضادات الاكسدة .
7. دراسة دقيقة لتاثير المعادن الثقيلة على المستوى الجزيئي .
8. دراسة تاثير الكادميوم والرصاص ومزيجيهما على انزيمات الدماغ وعلى وظائف الكلى .
9. دراسة التغيرات المرضية النسجية لبقية اعضاء الاسماك.
10. استخدام الصبغات النسجية الكيميائية لدراسة التغيرات النسجية في اعضاء جسم السمكة.

المصادر

References

اولاً: المصادر العربية

- احمد، فلاح محمد(2007) . دراسة جيوكيميائية وهيدروكيميائية لمياه وترسبات نهر دجلة ومقارنتها مع مياه وترسبات أحواض التصفية ضمن مدينة الموصل. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل ص ٩٠
- الحاج، حميد احمد(1998). التحضيرات المجهرية الضوئية (التقانات المجهرية) الاسس النظرية والتطبيقات)،مركز الكتب الاردني ، عمان الاردن:331 صفحة
- الحاج، حميد احمد(2010) . التحضيرات المجهرية اشلضوائية - التقانات المجهرية ، الطبعة الاولى،قسم العلوم الحياتية ، مركز الكتب الاردنية ، الجامعة الاردنية ،عمان الاردن 167-176.
- حسين ،صادق علي و عبد الله، عبد العزيز محمود و عبد الله، سجاد عبد الغني (2015). بيئة و تركيبية الأسماك في الجزء الجنوبي من نهر الفرات ، مجلة البصرة للعلوم الزراعية، المجلد 28 (1)،(82-94)
- الخشاب ، امال عبد الاله يونس (2017)التاثيرات الفسلجية والمرضية النسجية في بعض اعضاء اسماك البعوض *Gambusia holbruki* المعرضة لكوريد الكادميوم .اطروحة دكتوراه، منشورة، كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة الموصل.
- الرديني عبد المطلب جاسم ، رضا نهلة محمد ، هاني سامر عدنان (2008) : اطلس اسماك المياه العذبة العراقية ، وزارة البيئة العراق .
- السراج، إيمان سامي ياسين (2019). دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمصب نهر الخوصر و تأثيرها على نوعية مياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل، قسم علوم الحياة ، كلية العلوم، جامعة الموصل، مجلة علوم الرافدين، المجلد 88 ، (3) : 77-89 ، 8109 .
- سليمان، امامة قاسم فتحي (2020) دراسة التاثيرات الكيموحيوية والمرضية النسجية لثنائي كلوريد الرصاص في بعض اعضاء اسماك البعوض *Gambusia affinis*/كلية التربية للعلوم الصرفة/جامعة الموصل /رسالة ماجستيرفي علوم الحياة
- طلعت، ريم اياد و الصفاوي ،عبدالعزیز یونس (2018) .الاثر البيئي لمطروحات مصب قره سراي على نوعية مياه نهر دجلة في مدينة الموصل/ العراق ، عدد خاص بالمؤتمر العلمي الثالث لعلوم الحياة، قسم علوم البيئة/ كلية علوم البيئة وتقاناتها/جامعة الموصل قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم الصرفة/جامعة الموصل ،مجلة علوم الرافدين، المجلد 27 (4)181-192 .

الطيّار، طه احمد و منديل ،فتحي عبدالله (2020). دراسة لمنولوجية على مياه نهر الخوصر في مدينة الموصل، مركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوّث / جامعة الموصل. عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد حسن سليمان (1990). الهندسة العملية للبيئة- فحوصات الماء. دار الحكمة للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 269 صفحة. محمد ،عبدالرزاق محمود وعوفي، ليلي عبود و جاسم باسم محمد (2016). طبيعة غذاء أسماك السمّان الطويل (*Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) في الجزء الجنوبي لنهر الفرات العراق ،مجلة البصرة للعلوم الزراعية، المجلد (29) 2 ، 587 - 593.

المنجي، ديارى علي محمد (2002). دراسة كيميائية وبيئية للمياه الجوفية في مدينة السلبيمانية وضواحيها.رسالة ماجستير غير منشورة كلية العلوم، جامعة بغداد. النعيمي ، سعدالله نجم (2021).تسمم الانسان بالعناصر الثقيلة. دار الكتب العلمية ،بيروت- لبنان سلسلة النعيمي العلمية(18) ، ص 30-31 (أ). النعيمي ، سعدالله نجم (2021).تلوث بيئة الانسان بالمعادن الثقيلة وطرق المعالجة. دار الكتب العلمية ،بيروت-لبنان سلسلة النعيمي العلمية(17) ، (ب).

ثانيا المصادر الاجنبية

- Abadin, H.; Ashizawa, A.; Stevens, Y.-W.; Lladós, F.; Diamond, G.; Sage, G.; Citra, M.; Quinones, A.; Bosch, S.J. and Swarts, S.G.(2007). Toxicological Profile for Lead; **The United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Atlanta, GA, USA**; p. 582.
- Abalaka S. E. (2015). Heavy metals bioaccumulation and histopathological changes in *Auchenoglanis occidentalis* fish from Tiga dam, Nigeria. **Journal of environmental health science and engineering**, 13, 67. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0222-y>.
- Abdallah, M.A.M.and Morsy ,F.A.E. (2013). Persistent organochlorine pollutants and metals residues in sediment and freshwater fish species cultured in a shallow lagoon, **Egypt. Environ Technol** 34: 2389-2399; doi: 10.1080/09593330.2013.770561.
- Abdullah, A. H. J. (2019). Fish Assemblage and Impact of Oscillation Between Drowning and Drought on Fish Size-Spectrum in the Al-Chibyaish Marsh, Southern Iraq. **Iraqi Journal of Science**; 60(1),18-28. <https://ijs.uobaghdad.edu.iq/index.php/eijs/article/view/610>.
- Adriano, D.C.(2001). trace elements in terrestrial environments biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. 2nd ed. . Newyork: Springer-Verlag; pp. 264 .
- Aebi,H.(1984).Catalase in vitro.Method Enzymol.105:121-126.
- Aguilar ,T. A. F.; Navarro, B. C. H. and Pérez, J. A. M. (2016). Endogenous Antioxidants: A Review of their Role in Oxidative Stress.chapter 1 ,p.1-18. DOI: 10.5772/65715.

- Ahmed ,T .; Abdullah, S. ; Abbas, K. ;. Zia, M. A. ; Nazish, N. ; Shah, S. Z. H. and Naqvi, S. M. A. (2016). Purification and partial characterization of liver catalase from control and Pb+Cd metal mixture stressed *Oreochromis niloticus* **Pak. J. Agri. Sci.**; Vol. 53(2), 431-437; ISSN (Print) 0552-9034, ISSN (Online) 2076-0906; DOI: 10.21162/PAKJAS/16.3256.
- Al-Asghar, N. A.; Abdel-Warith, A.-W. A.; Younis, E.-S. M., and Allam, H. Y. (2015). Haematological and biochemical parameters and tissue accumulations of cadmium in *Oreochromis niloticus* exposed to various concentrations of cadmium chloride. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 22, 543–550.
- Almeida , J. A. ; Barreto , R. E. ; Novelli , E. L. B. ; Castro, F. J. and Moron S. E.,(2009). Oxidative stress biomarkers and aggressive behavior in fish exposed to aquatic cadmium contamination; **Neotropical Ichthyology**, 7(1):103-108 .
- Almeida, J. A.; Diniz, Y. S.; Marques, S. F.; Faine, L. A.; Ribas, B. O.; Burneiko, R. C. and Novelli, E. L. (2002). The use of the oxidative stress responses as biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to in vivo cadmium contamination. **Environment international**, 27(8), 673–679.
- Alnahdi, H. S. and Sharaf, I. A. (2019). Possible prophylactic effect of omega-3 fatty acids on cadmium-induced neurotoxicity in rats' brains. **Environmental science and pollution research international**; 26(30), 31254–31262. [https://doi.org/ 10.1007/s11356-019-06259-8](https://doi.org/10.1007/s11356-019-06259-8)
- Al-Rikabi, Z. G. K.; Al-Saffar, M. A.; Abbas, A. H.(2021). The Accumulative Effect of Heavy Metals on Liver and Kidney Functions; **Medico-legal Update**, Vol. 21, No. 1 1114-1119.

- Al-Saffawi, A. Y. T. and Al-Maathidi, A. T. H. (2017). The quality evaluation of Wady Eqab wastewater in north of Mosul city for Irrigation. **Tikrit J. of pure science**. 22(12): 12-20.
- Al-sawafi, A. G. A.; Wang, L. and Yan, Y. (2017). Cadmium accumulation and Its Histological effect on Brain and Skeletal Muscle of zebrafish. **Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases** Vol.2 No.1:2; ISSN 2473-6457; DOI: 10.21767/2473-6457.100017.
- AL-Taree, R. T. I. (2020). Preparation of silver Nanoparticles of Apigenin and Catechin plant extracts and their antioxidants effect in experimental animals.; College of Education for pure science/university of Mosul/Ph.D. Thesis in Biochemistry. p45-46.
- Al-Tayyar, T. A. and Al-Mandel, F. A. (2018). Limnological Study of Al- Khosar River in Mosul city; **Environment Research Center/ Mosul University**.
- Annabi, A.; Messaoudi, I. ; Kerkeni, A. and Said, K. (2011). Cadmium accumulation and histological lesion in mosquitofish (*Gambusia affinis*) tissues following acute and chronic exposure. **Int. J. Environ. Res.**, 5: 745-756.
- APHA, AWWA and WCPE (2017). **Standard method for examination of water and waste water**, American public Health Association, 23RD ed., Washington DC, USA.
- Aprile, A. and Bellis, L. D. (2020). Heavy Metals Accumulation, Toxicity and Detoxification in Plants. **Int. J. Mol.Sci.**, 21(11): 4103 – 4108. <https://doi.org/10.3390/ijms21114103>.

- Aquilano, K.; Baldelli, S.; and Ciriolo, M. R. (2014). Glutathione: new roles in redox signaling for an old antioxidant. **Frontiers in pharmacology**, 5, 196. <https://doi.org/10.3389/fphar.2014.00196>.
- Arantes, F. P.; Savassi, L. A.; Santos, H. B. G.; Marcos V.T. 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. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, 88 (1):137-147. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140434>.
- Arellano, J.M.; Blasco, J.; Ortiz, J.B.; Capeta-Da Silva, D.; Navarro, A. Sanchez-Del Pin, M.J. and Ashraj, W.(2005). Accumulation of heavy metal in kidney and heart tissues of Epinephelus microdon fish from the Arabian Gulf. **Environ. Monit. Assess.**; 101: 311-316
- Arshad, R.; Abdullah, S. ; Naz, H. and Abbas, K.(2018). Catalase activity as a bio-indicator of lead+nickel toxicity in carnivorous fish, Channa striata. **B. Life and Environmental Sciences** 55 (2): 37–43.
- Arya, A. (2014). Evaluation of biochemical and histochemical changes following the combined treatment of mercury and cadmium in a fresh water cat fish, Clarias batrachus (Linn.). **International J. Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**. 6(10): 356-358.
- Ashauer, R.; Albert, C.; Augustine, S.; Cedergreen, N.; Charles, S.; Ducrot, V.; Focks, A.; Gabsi, F.; Gergs, A.; Goussen, B.; Jager, T.; Kramer, N.I.; Nyman, A.-M.; Poulsen, V.; Reichenberger, S.; Schaefer, R.B.; Van den Brink, P.J.; Veltman, K.; Kamunde, C.; Clayton, C. and Wood, C.M.,(2002). Waterborne vs. dietary copper uptake in rainbow trout and the

effects of previous waterborne copper exposure. **American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology** , R69-R78.

Ateş, M.; Sahilli, Y. Ç. and Korkmaz, V. (2018). Determination of the Level of Malondialdehyde Forming as a Result of Oxidative Stress Function in Fish International **Journal of Science and Research (IJSR)** 7(4)133-136 ;ISSN (Online): 2319-7064 DOI: 10.21275/ART20181249.

Atli, G. and Canli, M. (2008). Responses of metallothionein and reduced glutathione in a freshwater fish *Oreochromis niloticus* following metal exposures”. **Environ Toxicol Pharm** 25:33–38.

Atli, G.; Alptekin, O.; Tükel, S. and Canli, M. (2006). Response of catalase activity to Ag⁺, Cd²⁺, Cr⁶⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺ in five tissues of freshwater fish *Oreochromis niloticus*. **Comparative biochemistry and physiology. Toxicology and pharmacology** ; CBP, 143(2), 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.02.003>.

ATSDR (2012). Agency for Toxic Substances and Disease Registry Toxicological Profile for Cadmium; The United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Atlanta, GA, USA,; pp. 1–487

ATSDR. (2017). Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) Lead Toxicity. Environmental Health and Medicine Education, (: WB2832) https://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/docs/csemlead_toxicity_508.pdf.

ATSDR.(2019). Substance Priority List|ATSDR. Available online: <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html#2019spl>.

- Atta E. M.; Mohamed N. H. and Abdelgawad A. A. M. (2017). ANTIOXIDANTS: AN OVERVIEW ON THE NATURAL AND SYNTHETIC TYPES **Journal of European Chemical Bulletin** ; 6(8), 365-375 DOI: 10.17628/ecb.2017.6.365-375.
- Avci, A.;Kaçmaz, M.and Durak, İ.(2005). Peroxidation in muscle and liver tissues from fish in a contaminated river due to a petroleum refinery industry. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 6, 101–105.
- Bae, D. S.; Gennings, C.; Carter, W. H.; Yang, R. S. H. and Campaign, J. A.(2001). Toxicological interactions among arsenic, cadmium, chromium, and lead in human keratinocytes; **Journal of Toxicological Sciences**, vol. 63, no. 1, pp. 132–142. doi.org /10. 1093/toxsci/63.1.132 .
- Bai, M.M. ; Divya, K. ; Haseena, B.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 :238.
- Baki, M.A.; Hossain, M.M.; Akter, J.; Quraishi, S.B.; Shojib, M.F.H.; Ullah, A.K.M.A.and Khan, M.F. (2018). Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. **Ecotoxicol Environ Saf**; 159: 153- 163.
- Balistreri, L.S.and Mebane, C.A. (2014). Predicting the toxicity of metal mixtures. **Sci. Total Environ.** 466- 467: 788-799.
- Banaee ,M.; Mehrpak, M. ; Haghi, B. N. and Noori, A. (2015). Amelioration of cadmium-induced changes in biochemical parameters of the muscle of Common Carp (*Cyprinus carpio*) by Vitamin C and Chitosan; **International Journal of Aquatic Biology** 2(6): 362-371 ISSN: 2322-5270; P-ISSN: 2383-0956.

- Banaee, M.; Sureda, A.; Mirvaghefi, A.R.; Ahmadi, K. (2011). Effects of diazinon on biochemical parameters of blood in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**; 99: 1-6.
- Bartoňková, J. ; Hyršl, P. and Vojtek ,L. (2016). Glucose determination in fish plasma by two different moderate methods; **ACTA VET. BRNO**, 85: 349-353; doi:10.2754/avb201685040349.
- Başığit, B. and Tekin-Özan, S. (2013). Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment, and Tissues of Pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake Related to Physico-Chemical Parameters, Fish Size, and Seasons. **Polish Journal of Environmental Studies**, 22(3), 633-644.
- Bawuro, A. A., Voegborlo, R. B., and Adimado, A. A. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria. **Journal of Environmental and Public Health**; 2018, 1854892. <https://doi.org/10.1155/2018/1854892>.
- Bergmeyer, H.U.; Harder, M. and Rej, R. (1986). IFCC Method for L-Alanine aminotransferase; **J. Clin. Chem. Clin. Biochem.** Vol.24, pp. 481-495.
- Bergmeyer, H.U.; Scheibe, P.; Wahlefeld, A.W. (1978). Optimization of methods for aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase. **J. Clin Chem.** (1):58-73. PMID: 22409.
- Bernet, D.; Schmidt, H.; Wahli, T., and Burkhardt-Holm, P. (2001). Effluent from a sewage treatment works causes changes in serum chemistry of brown trout(*Salmo trutta L.*).**Ecotoxicology and environmental safety**, 48(2), 140–147. <https://doi.org/10.1006/eesa.2000.2012>.

- Bhagwant, S. and Elahee, K. (2002). Pathologic gill lesions in two edible lagoon fish species, *Mulloidichthys flavolineatus* and *Mugil cephalus*, from the Bay of Poudre d'Or, Mauritius. **Journal Marine Science**, 1(1), 35–42.
- Bhilave, M. P. ; Muley, D. V. and Deshpande, V. Y. (2008). Biochemical changes in the fish *cirrhinus mrigala* after acute and chronic exposure of heavy metals ; **Nature Environment and Pollution Technology**; Vol. 7 No.1 pp. 65-71.
- Birnie-Gauvin, K.; Costantini, D.; Cooke, S. J. and Willmore, W. G. (2017). A comparative and evolutionary approach to oxidative stress in fish: A review. *Fish and Fisheries*, 18(5), 928-942. <https://doi.org/10.1111/faf.12215>.
- Bogiswariy, S.; Jegathambigai, R. and Marimuthu, K. (2008). Effect of acute exposure of cadmium chloride in the morphology of the liver and kidney of mice. **In Proceedings of the international conference on environmental research and technology (ICERT)**, pp. 28-30.
- Bolan, S.; Seshadri, B.; Keely, S.; Kunhikrishnan, A.; Bruce, J.; Grainge, I.; Talley, N. J., and Naidu, R. (2021). Bioavailability of arsenic, cadmium, lead and mercury as measured by intestinal permeability. **Scientific reports**, 11(1), 14675. [https:// doi. Org / 10.1038/s41598-021-94174-9](https://doi.org/10.1038/s41598-021-94174-9).
- Boldyrev M. (2018). Lead: properties, history, and applications; **WikiJournal of Science** 1 (2):7 doi:10 .15347/ WJS / 2018.007, ISSN 2470-6345.
- Bosco, G.; Yang, Z. J.; Nandi, J.; Wang, J.; Chen, C., and Camporesi, E. M. (2007). Effects of hyperbaric oxygen on glucose, lactate, glycerol and anti-oxidant enzymes in the skeletal muscle of rats

during ischaemia and reperfusion. **Clinical and experimental pharmacology and physiology**, 34(1-2), 70–76. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2007.04548.x>

- Bouzahouane, H.; Barour, C.; Sleimi, N. and Ouali, K. (2018). Multi-biomarkers approach to the assessment of the southeastern Mediterranean Sea health status: preliminary study on *Stramonita haemastoma* used as a bioindicator for metal contamination . **Chemosphere** 207, 725–741. doi: 10.1016 / j.chemosphere.2018.05.118.
- Brown, A.B. (1993). Hematology: Principles and Procedures; **Lea and Febiger, Philadelphia**; Sixth Edition; p101.
- Browne, R. W.and Armstrong, D. (2000). HPLC analysis of lipid-derived polyunsaturated fatty acid peroxidation products in oxidatively modified human plasma. **Clinical chemistry**, 46(6 Pt 1), 829–836.
- Brucka-Jastrzębska ,E. (2010). The Effect of Aquatic Cadmium and Lead Pollution on Lipid Peroxidation and Superoxide Dismutase Activity in Freshwater Fish. **Polish Journal of Environmental Studies**, 19(6), 1139-1150.
- Burtis, C.A. and Ashwood, E.R. (2001). **Tietz fundamentals of clinical chemistry**. 5 th ed. W.B. Saunders. Philadelphia. pp. 655-657.
- Burtis,C.A. ;Ashwood,E.R.and Saunders,W.B. (1999).**Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics**; 3th Ed.p676-684 et p.1429-1431.
- Burtis,C.A. and Bruns , D. E. (2015).Liver Enzyme Activity of Tilapia zillii and Mugil capito Collected Seasonally from Qarun Lake, Egypt.**Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics**; 7th Ed.p322-326.

- Butnariu, M. and Samfira, I. (2012). Free Radicals and Oxidative Stress; **Journal of Bioequivalence and Bioavailability**; Volume 4(3); ISSN:0975-0851; doi:10.4172/jbb.10000e13.
- Camargo, M. and Martinez, R., (2007). Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotrop. Ichthyol.*, 5:327-336.
- Carvalho, T. L. A. d. B. ; Nascimento, A. A. d. ; Gonçalves, C. F. d. S.; Santos, M. A. J. d. and Sales, A. (2020) .Assessing the histological changes in fish gills as environmental bioindicators in Paraty and Sepetiba bays in Rio de Janeiro, Brazil **Latin American Journal of Aquatic Research**, 48(4):590 -601 ;DOI: 10.3856/vol48-issue4-fulltext-2351.
- Carvalho, C., D. S. and Fernandes, M. N. (2019). Effects of copper toxicity at different pH and temperatures on the in vitro enzyme activity in blood and liver of fish, *Prochilodus lineatus*. **Molecular biology reports**, 46(5), 4933–4942. <https://doi.org/10.1007/s11033-019-04944-y>.
- Catalá, A., and Díaz, M. (2016). Editorial: Impact of Lipid Peroxidation on the Physiology and Pathophysiology of Cell Membranes. **Frontiers in physiology**; 7, 423. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00423>.
- Chan, C. Y. and Wang, W. X. (2018). Seasonal and spatial variations of biomarker responses of rock oysters in a coastal environment influenced by large estuary input. **Environ. Pollut.** 242, 1253–1265. doi: 10.1016/j.envpol.2018.08.013.
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1961). Methods of analysis for soil, plant and water. Univ. of Calif. Div Agric Sci.

- Choudhary, L.; Vyas, T.; Chauhan, N.R.S.; Madhavi, B.H.O.I, Yadav, G.K. and Bharadwaj, S. (2019). Histopathological changes due to lead toxicity in gills of *P. ticto* (hem). **Int. Res. J. of Science and Engineering**, 7 (4): 92-95.
- Chowdhury, S. and Saikia, S. K. (2020). Oxidative Stress in Fish: A Review *J. Sci. Res.* 12 (1), 145-160 doi: <http://dx.doi.org/10.3329/jsr.v12i1.41716>.
- Çiftçi, N. ; Karayakar, F. ; Ay, Ö. ; Cıçık, B. and Erdem, C. (2015). Effects of copper and lead on some hematological parameters of *Oreochromis niloticus* ; **Fresenius Environmental Bulletin** 24 (9) 2771- 2775.
- Clemens, S. ; Aarts, M.G.M. ; Thomine, S. and Verbruggen, N. (2013). Plant science: The key to preventing slow cadmium poisoning. **Journal of Trends in Plant Science**, 18(2): 92– 99.
- Coad, B. W. (2010). Freshwater fishes of Iraq; First published Bulgaria; pp.96-99.
- Čolak, E.; Dimitrijević-Srećković, V. ; Djordjević, P. B. ; Stanković, S. ; Glišić, B. ; Srećković, B.; Majkić-Singh, N. (2008). Biomarkers of enzymatic and non-enzymatic antioxidative defense in type 2 diabetes mellitus – comparative analysis ; **Journal of Biochemia Medica**; Volume : 18; Issue: 1; Pages: 42 – 51; DOI : 10.11613/BM.2008.006.
- Coppo, J. A.; Mussart, N. B. and Fioranelli, S. A. (2016). Physiological variation of enzymatic activities in blood of bullfrog, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802). *Rev. Vet.* 12, 22–27.
- Dai, W.; Liu, S.; Fu, L.; Du, H. and Xu, Z. (2012). Lead (Pb) accumulation, oxidative stress and DNA damage induced by dietary Pb in tilapia (*Oreochromis niloticus*); *Aquaculture Research* Volume 43, Issue 2 Pages 208-214 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02817.x>.

- Dane, H. and Şişman, T. (2020) . Effects of heavy metal pollution on hepatosomatic index and vital organ histology in *Alburnus mossulensis* from Karasu River; **Turk J Vet Anim Sci** 44: 607-617 ;doi:10.3906/vet-1904-50.
- Dane, H., and Şişman, T. (2015). Histopathological changes in gill and liver of *Capoeta capoeta* living in the Karasu River, Erzurum. **Environmental toxicology**, 30(8), 904–917. <https://doi.org/10.1002/tox.21965>.
- Dart, R. C.; Hurlbut, K. M.; Boyer-Hassen, L. V. (2004). "Lead". In Dart, R. C. (ed.). **Medical Toxicology** (3rd ed.). Lippincott Williams and Wilkins. p. 1426. ISBN 978-0-7817-2845-4.
- De Silva, P.M.C.S.; Kirby, J. and Samoyowarhhen, L.A.(2002). Low concentrates of lorsban in water result in far reaching behavioural and histological effects in early life stages in guppy. **Ecotoxicology and Environmental Safety**.; 53: 248 - 254.
- Dorcas, I.K. And Solomon R.J. (2014). Calculation Of Liver Function Test In *Clarias Gariepinus* Collected From Three Commercial Fish Ponds. **Nature and Science**, 12(10).
- Dore, M. P.; Parodi, G.; Portoghese, M.; and Pes, G. M. (2021). The Controversial Role of Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase Deficiency on Cardiovascular Disease: A Narrative Review. **Oxidative medicine and cellular longevity**, 2021, 5529256. <https://doi.org/10.1155/2021/5529256>.
- Drag-Kozak, E.; Łuszczek-Trojnar , E. ; Socha , M. and Bojarski, B.(2021). Effects of melatonin on cadmium accumulation and haematological parameters in cadmium intoxicated Prussian carp (*Carassius gibelio* B.) **Ann. Anim. Sci.**, 21 (3) 899–923; DOI: 10.2478/aoas-2020-0105.

- Driedzic, W.R.; Clow, K.A. and Short, C.E. (2013). Glucose uptake and metabolism by red blood cells from fish with different extracellular glucose levels. **J Exp Biol** 216: 437-446.
- Eames, S. C.; Philipson, L. H.; Prince, V. E., and Kinkel, M. D. (2010). Blood sugar measurement in zebrafish reveals dynamics of glucose homeostasis; **Zebrafish**; 7(2), 205–213. [https:// doi.org / 10.1089/zeb.2009.0640](https://doi.org/10.1089/zeb.2009.0640)
- Elarabany, N.; Bahnasawy, M.; Edrees G, Alkazagli R.(2017). Effects of salinity on some haematological and biochemical parameters in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Agri Forest Fish.* ;6:200–205. ; doi: 10.11648/j.aff.20170606.13 ISSN:2328-563X (Print); ISSN:2328-5648 (Online).
- Elarabany, N. and Bahnasawy, M. (2019). Comparative and Interactive Biochemical Effects of Sub-Lethal Concentrations of Cadmium and Lead on Some Tissues of the African Catfish (*Clarias gariepinus*) **Toxicological Research**;35:249–255; doi.org/10.5487/TR.2019.35.3.249.
- Elarabany, N.; Alfakheri, M.; Bahnasawy, M. (2018). Effects of lead on some oxidative stress of the African catfish, *Clarias gariepinus*. **Journal of Egyptian Academic Society for Environmental Development. D, Environmental Studies**, 19(1), 171-175. doi: 10.21608/jades.2018.62581.
- EL-beltagi, H. S. and Mohamed, H. I. (2013). Reactive Oxygen Species, Lipid Peroxidation and Antioxidative Defense Mechanism **Journal of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca** 41(1):44-57 ; DOI: 10.15835/nbha4118929.
- El-Sayed M. Y.; Abdel-Wahab A.A.; Al-Asgah, N. A.; Ebaid, H. and Mubarak, M.(2013). Histological Changes in the Liver and Intestine of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Exposed to Sublethal Concentrations of Cadmium ; **Pakistan J. Zool.**, vol. 45(3), pp. 833-841.

- EL-Shafei, H. M. (2017). Alterations in the Leucocytes and Serum Biochemistry in Grey Mullet (*mugil cephalus* L.) Fingerlings Exposed to Sub Lethal Doses of Lead for Different Exposure Periods. **Int J biotech and bioeng.** 3:6, 165-170. DOI: 10.25141/2475-3432-2017-6.0159.
- Engwa, G. A.; Ferdinand, P. U .; Nwalo, F. N .and Unachukwu, M. N. (2019).chapter 4, p.1-23 , In: Ozgur Karcioğlu, Banu Arslan (eds.) **Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans.** London, SW7 2QJ, UK DOI: 10.5772/intechopen.82511.
- EPA **Environmental Protection Agency**(2016). AQUATIC LIFE AMBIENT WATER QUALITY CRITERIA CADMIUM .
- Ercal, N.; Orhan, H.G. and Burns, N.A.,(2001). Toxic metals and oxidative stress part I, mechanisms involved in metal induced oxidative damage. **Curr. Top. med. Chem.**; 1: 529-539.
- Eroglu, A.; Dogan, Z.; Kanak, E.G.; Atli, G.; Canli, M. (2015). Effects of heavy metals (Cd, Cu, Cr, Pb, Zn) on fish glutathione metabolism. **Environmental Science and Pollution Research** 22(5), 3229–3237. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2972-y>.
- Faheem, M.; Sulehria, A.Q.K. ; Tariq, M.; Khadija, I. ; Fiaz, A. and Saeed, M. (2012). Effect of sub-lethal dose of cadmium chloride on biochemical profile and catalase activity in fresh water fish *Oreochromis niloticus*. **Biologia Pak.** 58:73-78.
- Farombi, E. O.; Adelowo, O. A. and Ajimoko, Y. R. (2007). "Biomarkers of Oxidative Stress and Heavy Metal Levels as Indicators of Environmental Pollution in African Cat Fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River" **International Journal of Environmental Research and Public Health** 4, no. 2: 158-165. <https://doi.org/10.3390/ijerph2007040011>.

- Fernandez, B.; Martínez-Gómez,C.and Benedicto,J. (2015). Delta – aminolevulinic acid dehydratase activaty (ALA-D) in red mullet (*Mullus barbatus*) from Mediterranean waters as biomarker of lead exposure. **Ecotoxicol. Environ. saf.**, 115: 209-216.
- Filho, P.J. S. ; Caldas, J. S. ; Rosa, N. N. d. and Pereira, F. O. P. (2017). Toxicity test and Cd, Cr, Pb and Zn bioaccumulation in *Phalloceros caudimaculatus*, **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, 4:3, 206-211, DOI: 10.1016/ j. ejbas. 2017.06.001
- Finney,D.J.(1971).**Probit analysis**.3d ed . Cambridge Univ. Press , Cambridge..UK.p.333.
- Flora, G., Gupta, D., and Tiwari, A. (2012). Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdisciplinary toxicology*, 5(2), 47–58. <https://doi.org/10.2478/v10102-012-0009-2>.
- Flores-Lopes, F. and Thomaz, A. (2011). Histopathologic alterations observed in fish gills as a tool in environmental monitoring. **Brazilian Journal of Biology**, 71(1), 179–188. <https://doi.org/10.1590/ S1519-69842011000100026>.
- Gabriel, U.U.; Akinrotimi, O.A.and Ariweriokuma, V.S.(2012). Changes in metabolic enzymes activities in selected organs and tissues of *Clarias gariepinus* exposed to cypermethrim. **Journal of Chemical Engineering**; 1(1), 25 – 30.
- Gad, N. S. and Yacoub, A. M. (2009). Antioxidant defense agents and physiological responses of fish to pollution of Rosetta Branch of the River Nile, Egypt. **Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.**, 13(4): 109- 128.

- Gagnetten, A.M. and Paggi, J.C. (2009). Effect of Heavy metal contamination (Cr Cu, Pb Cd) and eutrophication on zooplankton in the lower Salado River Basin (Argentina). **Water, Air, and soil Pollution**; 198, 317 - 334.
- Gandhewar, S. S. and Zade, S. B. (2019). Bioaccumulation of some heavy metals in the fish, *Clarias batrachus* (Linn); **Life Science Informatics Publications** 5(2)1083- 1091 ; DOI: 10.26479/2019.0502.81.
- Gaschler, M. M. and Stockwell, B. R. (2017). Lipid peroxidation in cell death. **Biochemical and biophysical research communications**, 482(3),419–425. [https:// doi.org /10.1016 /j.bbrc .2016.10.086](https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.10.086).
- Genchi, G.; Sinicropi, M. S., Lauria, G.; Carocci, A. and Catalano, A.(2020) . The Effects of Cadmium Toxicity; **International Journal of Environmental Research and Public Health**; 17(11):3782; doi:10.3390/ijerph17113782.
- Gerstmeier, R. and Roming, T. (2003). **Die Süßwasserfische Europas**. Frankh-Kosmos Verlag, Stuttgart (**German**).
- Ghaffar, A. ; Riaz, H. ; Ahrar, K. and Abbas, R.Z. (2015) . Hemato-biochemical and genetic damage caused by triazophos in freshwater fish *Labeo rohita*, **Int. J. Agric. Biol.** 17 :637- 642.
- Ghiasi , F.; Mirzargar, S. S. and Ashrafihellan, J. (2017). Histological Effects of Cadmium on Hepatopancreas and Gill in *Cyprinus carpio*; Iranian; **Journal of Toxicology**; Volume 11, No 5.
- Giel-Pietraszuk, M.; Hybza, K.; Chełchowska, M.and Barciszewski, J.(2012). Mechanisms of lead toxicity; **Adv. Cell Biol.**;(39) 17–248.

- Giri, S. S.; Kim, M. J.; Kim, S. G.; Kim, S. W.; Kang, J. W.; Kwon, J.; Lee, S. B.; Jung, W. J.; Sukumaran, V., and Park, S. C. (2021). Role of dietary curcumin against waterborne lead toxicity in common carp *Cyprinus carpio*. **Ecotoxicology and environmental safety**, 219, 112318. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112318>.
- Gluszak, L.; Miron, Dios, S.; Mores, B.; Simoes, R.; Schetinger, M.; Morch, V. and Loro, V. (2007). Acute effect of glyphosate herbicide on metabolic and enzymatic parameters of Silver Catfish, *Rhambia quelen*; **Comp. Biochem. Physiol. Toxicol. Pharmacol** 146(4), 519–524. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.06.004>.
- Gu, B. G.; Liang, W.; Yang, T. Z.; Hu, Z. J. and Shen, H. D. (2019). Metallothionein, hemocyte status and superoxide dismutase/aspartate aminotransferase activity are sensitive biomarkers of cadmium stress in *Onchidium reevesii*. **Aquat. Toxicol.** 215:105284. doi: 10.1016/j.aquatox.2019.105284.
- Gul, S.; Belge-Kurutas, E.; Yildiz, E.; Sahan, A. and Doran, F. (2004). Pollution correlated modifications of liver antioxidant systems and histopathology of fish (Cyprinidae) living in Seyhan Dam Lake, **Turkey. Environ Int.**, 30, 605-9.
- Gürbüz, G., and Heinonen, M. (2015). LC-MS investigations on interactions between isolated β -lactoglobulin peptides and lipid oxidation product malondialdehyde. **Food chemistry**, 175: 300–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.154>.
- Gurr, E. (1962). Staining animal tissue, practical and theoretical.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. (2015). Free Radicals in Biology and Medicine, 5th edition. 977 Clarendon Press, Oxford.

- Harper, C. and Wolf, J. C. (2009). Morphologic Effects of the Stress Response in Fish; **ILAR Journal**, Volume 50, Pages 387–396, Issue 4; <https://doi.org/10.1093/ilar.50.4.387>.
- Hasan, M. W. ; Rajak, R. and Jat, D. (2017). Oxidative Stress and Antioxidants. **International Journal of Advanced Research and Review** 2(9): 110-119.
- Hegazi, M. M.; Attia, Z. I. and Ashour, O. A. (2010). Oxidative stress and antioxidant enzymes in liver and white muscle of Nile tilapia juveniles in chronic ammonia exposure. **Aquat. Toxicol.**; 99(2): 118-125.
- Hemre, G.; Mommsen, T. P. and Krogdahl, Å (2002). Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquacult. Nutr.**; 8, 175–194. doi: 10.1046/j.1365-2095.2002.00200.x.
- Heydarnejad, M.S.; Khosravian-Hemamai, M. and Nematollahi, A. (2013). Effects of cadmium at sub-lethal concentration on growth and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Irish Veterinary Journal** 66: 11. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-66-11>.
- Hidayati, D. and Soegianto, A. (2020). Toxicity of CD and CU to Milk fish (*Chanos Chanos*): considerations of osmoregulation and histological CHANGES in gills; **Poll Res.** 39 (4) : 1116-1121; ISSN 0257–8050.
- Hinić-Frlog, S. (2021). **Introductory Animal Physiology** 4.1. Osmoregulation in Animals Living in Aquatic Environment; University of Toronto Mississauga ;Libre Texts;Chapter4; P 59.
- Hinton, D.E.; Segner, H. and Braunbeck, T. (2001) .Toxic responses of the liver. In: Schlenk D, Bensen WH (eds) Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts; Taylor and Francis, London 1: 224-268.

- Hosseini, M.; Naderi, M.; Gholami, S. and Hadipour, M. (2018). Toxic metals in the muscle and liver of five main commercially-important fishes from the Persian Gulf, Southern Iran. **Caspian J Environ Sci**; 16:191–198.
- Ibrahim, S. A. and Mahmoud, S. A. (2005). Effect of heavy metals accumulation on enzyme activity and histology in liver of some Nile fish in Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, 9(1), 203-219.
- Idriss, A.A. and Ahmad, A.K. (2015). Heavy metal concentrations in fishes from Juru River, estimation of the health risk. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 94: 204- 208.
- Ikem, A.; Egiebor, N. O. and Nyavor, K. (2003). Trace elements in water, fish and sediments from Tuskegee lake, Southeastern USA. **Water Air Soil Pollut.** 149: 51-75.
- Iriti, M. and Faoro, F. (2008). Oxidative Stress, the Paradigm of Ozone Toxicity in Plants and Animals. **Water Air Soil Poll**; 187: 285-301.
- Islam, A.; Hossain, M.M.; Rahim, M.M.; Hasan, M.M.; Hassan, M.T.; Begum, M.; Ahmed, Z. (2019). Assessment of heavy metals concentration in water and Tengra fish (*Mystus vittatus*) of Surma River in Sylhet region of Bangladesh. **Arch. Agri. Environ. Sci.** ;4:151–156.(a).
- Islam, S.M.M. ; Rahman, M.A. ; Nahar, S. ; Uddin, M.H. ; Haque, M.M. and Shahjahan, M. (2019) . Acute toxicity of an organophosphate insecticide sumithion to striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. **Toxicol. Rep.** (6)957-962 (b).
- James, R.C.; Goodman, D.R. and Harbison, R.D. (1982). Hepatic and Hepatotoxicity, changes induced by selected macrotics. **J. Pharmacol. Therapy.**, 221:708-714.

- Jan, A.; Ali, A. and Haq,Q.(2011). Glutathione as an antioxidant in inorganic mercury induced nephrotoxicity. **J Post-grad Med.** ;57:72–77. doi: 10.4103/0022-3859.74298.
- Javed M., and Usmani, N.(2014). Impact of Heavy Metal Toxicity on Hematology and Glycogen Status of Fish: A Review c. **Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.** ISSN 0369-8211;DOI 10.1007/s40011-014-0404-x.
- Javed, M., and Usmani, N. (2015). Stress response of biomolecules (carbohydrate, protein and lipid profiles) in fish *Channa punctatus* inhabiting river polluted by Thermal Power Plant effluent. **Saudi journal of biological sciences**, 22(2), 237–242 ;[https:// doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.09.021](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.09.021).
- Javed, M.; Ahmad, I.; Usmani, N. and Ahmad, M. (2016). Bioaccumulation, oxidative stress and genotoxicity in fish (*Channa punctatus*) exposed to a thermal power plant effluent. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 127, 163–169.
- Javed, M.and Usmani, N. (2019). An Overview of the Adverse Effects of Heavy Metal Contamination on Fish Health. **Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.** 89: 389–403 <https://doi.org/10.1007/s40011-017-0875-7>.
- Jezierska, B. and Witeska, M. (2006). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. In: Twardowska I., Allen H.E., Häggblom M.M., Stefaniak S. (eds) Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation. NATO Science Series, 69: 107-114; **ISBN978-1-4020-4726-8** Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4728-2_6.
- Jitar, O.; Teodosiu, C.; Oros, A.; Plavan, G. and Nicoara, M. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in marine organisms from the Romanian sector of the Black Sea. **New Biotechnology**; 9: 1871-6784.

- Johra ,F. T.; Bepari ,A. K. ; Bristy, A. T. and Reza, H. M. (2020). A Mechanistic Review of β -Carotene, Lutein, and Zeaxanthin in Eye Health and Disease; **Journal of Antioxidants**,(90) 1046; doi:10.3390/antiox9111046.
- Ju-Wook L, Choi H, Hwang, Kang UK, Kang YJ, Kim KI and Kim JH (2019). Toxic effects of lead exposure on bioaccumulation, oxidative stress, neurotoxicity, and immune responses in fish: A review. **Environ Toxicol Pharmacol.** 68:101-108. doi: 10.1016/j. etap.2019.03.010.
- Kadar, E.; Bettencourt, R.; Costa, V.; Santos, R. S.; Lobo-Da-Cunha, A. and Dando, P. (2005). Experimentally induced endosymbiont loss and reacquirement in the hydrothermal vent bivalve *Bathymodiolus azoricus*. **J Exp Mar Biol Ecol.**, 318: 99–110.
- Kamalam, B. S.; Medale, F.; Kaushik, S.; Polakof, S.; Skiba-Cassy, S. and Panserat, S. (2012). Regulation of metabolism by dietary carbohydrates in two lines of rainbow trout divergently selected for muscle fat content. **J. Exp. Biol.** 215, 2567–2578. doi: 10.1242/jeb.070581.
- Kamalam, B.S.; Medale, F. and Panserat, S. (2016). Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. **Aquaculture**; doi:10.1016/j.aquaculture.2016.02.007.
- Kamalam, B. S.; Médale, F.; Larroquet, L.; Corraze, G. and Panserat, S. (2013). Metabolism and fatty acid profile in fat and lean rainbow trout lines fed with vegetable oil: effect of carbohydrates. **PLoS one**, 8(10), e76570. [https:// doi.org /10.1371/journal.pone.0076570](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076570).

- Kamunde, C.; Clayton, C. and Wood, C.M.(2002). Waterborne vs. dietary copper uptake in rainbow trout and the effects of previous waterborne copper exposure. **American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology**; 283(1): R69-R78. doi.org/ 10.1152 /ajpregu . 00016.2002
- Kaur, S. ; Khera, K. S. and Kondal, J. K. (2018). Heavy metal induced histopathological alterations in liver, muscle and kidney of freshwater cyprinid, *Labeo rohita* (Hamilton) ; **Journal of Entomology and Zoology Studies**; 6(2): 2137-2144.
- Kaushal, J. ; Mehandia, S. ; Singh, G. Raina, A. and Arya S.K. (2018). Catalase enzyme: Application in bioremediation and food industry; 16:192-199 ;**Journal of Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**.DOI: 10.1016 /j.bcab . 2018 . 07.035.
- Khan, M.S.; Javed, M.; Rehman, M.T.; Urooj, M. and Ahmad, M.I. (2020). Heavy metal pollution and risk assessment by the battery of toxicity tests. **Sci Rep**, vol 10, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73468-4>.
- Kim, J. H., & Kang, J. C. (2015). The lead accumulation and hematological findings in juvenile rock fish *Sebastes schlegelii* exposed to the dietary lead (II) concentrations. **Ecotoxicology and environmental safety**; 115: 33–39. doi.org/ 10.1016 /j.ecoenv.2015.02.009.
- Kim, S. G.; Park, D. K.; Jang, S. W.; Lee, J. S.; Kim, S. S. and Chung, M. H. (2008). Effects of dietary benzo[a]pyrene on growth and hematological parameters in juvenile rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). **Bulletin of environmental contamination and toxicology**; 81(5):470–474.[https:// doi.org/10.1007/s00128-008-9499-1](https://doi.org/10.1007/s00128-008-9499-1).

- Klover, P. J. and Mooney, R. A. (2004). Hepatocytes: critical for glucose homeostasis. **Int. J. Biochem. Cell Biol.** 36: 753–758. doi: 10.1016/j.biocel.2003.10.002.
- Koca, S.; Koca, Y.B.; Yildiz, S. and Gürcü, B. (2008). Genotoxic and histopathological effects of water pollution on two fish species, (*Barbus capito pectoralis* and *Chondrostoma nasus*) in the Büyük Menderes River, **Turkey. J. Biol. Trace Elem. Res.**, 122: 276–291.
- Kovacik ,A. (2017). Oxidative Stress in Fish induced by Environmental Pollutants, **International Journal of Animal Science and Biotechnologies**, 50 (1):121-125 .
- Kumar, M. ; Kumar, D. and Kumar, R. (2017). Effect of heavy metals cadmium, lead and copper on the blood characteristics of fresh water catfish *Clarias batrachus* (Linn.). *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 4(1): 129-134. DOI:[http:// dx.doi.org/ 10.22192 /ijarbs .2017.04.01.014](http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2017.04.01.014).
- Kumar, P.; Palanivel, S.; Mathan, R. and Sarasu. (2011). Sublethal effects of chromium on some biochemical profiles of the fresh water teleost, *cyprinus carpio*. 2(1): 295-300.
- Lamas, S.; Fernández, J.A.; Aboal, J.R. and Carballeira, A. (2007) .Testing the use of juvenile *Salmo trutta* L. as biomonitors of heavy metal pollution in freshwater. *Chemosphere* 67: 221-228.
- Li, H.; Mai K.; Ai, Q. ; Zhang, C. and Zhang, L. (2009). Effects of dietary squid viscera meal on growth and cadmium accumulation in tissues of large yellow croaker, ***Pseudosciaena crocea* R. Front. Agric. China**, 3: 78-83

- Li, J.; Sun, C.; Zhang, L.; Ding, J.; Jiang, F.; Wang, Z.; Wang, Z. and Fu, L. (2019). Current distribution characteristics of trace elements in the coral-reef systems of Xisha Islands. **Mar Pollut Bull.**122(1-2):464-496; doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110737.
- Liu, J.; Qu, W.; Kadiiska, M.B., (2009). Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis. **Toxicology and applied pharmacology** 238, 209-214.
- Ljubojević, D.; Ćirković, M.; Novakov, N., Puvača, N.; Aleksić, N.; Lujic, J. AND Jovanović, R. (2014). Comparison of meat quality of tench, *Tinca tinca*, reared in extensive and semi-intensive culture systems. **Journal of Applied Ichthyology**; 30: 50-57.
- Lu ,S.C. (2013). Glutathione synthesis. **Biochim Biophys Acta.**;1830(5):3143-53. doi: 10.1016/j.bbagen.2012.09.008.
- Lu, S.C. (2000) .Regulation of glutathione synthesis. **Curr Top Cell Regul** 36:95–116.
- Lujic, J.; Marinović, Z.; Miljanović, B.(2013). Histological analysis of fish gills as an indicator of water pollution in the Tamiš river. **Acta Agriculturae Serbica**, 18(36): 133–14.
- Lushchak V. I. (2011). Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. **Aquatic toxicology (Amsterdam, Netherlands)** , 101(1): 13–30. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.10.006>.
- Madeira, D. (2016). Effects of ocean warming throughout the life cycle of *Sparus aurata*: a physiological and proteomic approach. Faculty of Science and Technology of the University of Nova de Lisbon.
- Mahboob, S.; Al-Ghanim , K. A.; Al-Balawi,H.F. ;Al-Misned, F. and Ahmed, Z.(2020). Toxicological effects of heavy metals on histological alterations in various organs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from freshwater reservoir; **Journal of King Saud University - Science**; 329(1): 970-973.

- Mahjoub , M. ; Fadlaoui, S. ; El Maadoudi, M. and Smiri , Y. (2021). Mercury, Lead, and Cadmium in the Muscles of Five Fish Species from the Mechraa[^]-Hammadi Dam in Morocco and Health Risks for Their Consumers. **Journal of Toxicology**. Volume 2021, Article ID 8865869, 10 pages ;doi.org/10.1155/2021/8865869.
- Mamta, P.; Misra, K. ; Dhillon, G. S. ; Brar, S. K. and Verma, M. (2014). Antioxidants;; **Journal of Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals**. p 117-138 DOI: 10.1007/978-1-4614-8005-1_6
- Manhan, S.E. (2004). "Environmental chemistry". 8th ed., CRC press, Washington DC. USA. 781.
- Mani, R. ; Meena, B.; Valiviltan , K. and Suresh, A.(2014). Glutathione-Stronsferase and catalase activity in different tissue of marine catfish Arius Arius on exposure to Cadmium ; **International Journal of Pharma and Pharmacology Sciences**, 6(1):326-332.
- Maret, T.R. and MacCoy, D.E. (2002). Fish assemblages and environmental variables associated with hard-rock mining in the Coeur d'Alene River basin, Idaho. **Trans Am Fish Soc**; 131:865-884.
- Martín, R. J.A.; Arana, D. C.;Ramos-Miras, J.J.; Gil, C.; Boluda, R. (2015). Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution. **Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)**.;196:156-63. doi: 10.1016/j.envpol.2014.10.014. PMID: 25463709.
- Martinez, C. B.;Nagae, M. Y.; Zaia, C. T. and Zaia, D. A. (2004). Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish Prochilodus lineatus. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, 64(4), 797–807. [https:// doi.org / 10.1590/s1519-69842004000500009](https://doi.org/10.1590/s1519-69842004000500009).

- Mary, S. C. H.; Bhuvanewari, D. and Anandan. R. (2015). Biochemical and histopathological studies on lead nitrate induced toxicity in fresh water fish grass carp (*Ctenopharyngodon Idella*); **European Journal of Experimental Biology**; 5(11):24-30.
- Matsui, R.; Ferran, B.; Oh, A.; Croteau, D.; Shao, D.; Han, J.; Pimentel, D.R. and Bachschmid, M.M. (2020). Redox Regulation via Glutaredoxin-1 and Protein S-Glutathionylation; **Antioxid and Redox Signal**; 32(10):677-700; doi.org/ 10.1089/ars.2019.7963.
- Mbabazi ,J. and Wasswa, J. (2010). Contamination by heavy metals in silver fish (*Rastreneobola argentea*) caught from Lakes Kyoga and Victoria, Uganda **Int. J. Environ. Stud.**, 67 , pp. 543-556
- McGeer, J. C.; Niyogi S., and Smith, S. (2012). 3 – Cadmium. **Fish Physiology** ;Part B, 31:25-184; DOI: 10.1016/S1546-5098(11)31025-4.
- McRae, N. K.; Gaw, S.; Brooks, B. W. and Glover, C. N. (2019). Oxidative stress in the galaxiid fish, *Galaxias maculatus*, exposed to binary waterborne mixtures of the pro-oxidant cadmium and the anti-oxidant diclofenac. **Environmental pollution** (Barking, Essex : 1987), 247, 638–646. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.073>.
- Mehrpak , M. ; Banaee, M. ; Haghi , B. N. and Noori, A.(2015). Protective Effects of Vitamin C and Chitosan against Cadmium-Induced Oxidative Stress in the Liver of Common Carp (*Cyprinus carpio*) **Iranian Journal of Toxicology**; 9(30): 1360-1367.
- Milne, G. W. A. (2005). Gardner's Commercially Important Chemicals: Synonyms, Trade Names, and Properties. John Wiley and Sons. ISBN 978-0-471-73661-5.

- 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). **The Science of the total environment**, 407(18):5031–5038. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.05.042>.
- Mobarak, Y.M.S. and Sharaf, M.M. (2011). Lead acetate –induced histopathological changes in in the gills and digestive system of Silver Sailfin Molly (*Poecilia latipinna*) **Int. J. Zool. Res.** Vol 7, issue 1, pp 1-18. DOI 10.3923/ijzr.2011.1.18.
- Mohamed, A. S.; Gad, N. S. and El Desoky, M. A.(2019). Liver Enzyme Activity of *Tilapia zillii* and *Mugil capito* Collected Seasonally from Qarun Lake, Egypt. **Fish Aqua J** 10: 265. doi:10.4172/2150-3508.1000265.
- Mohamed, S. A. ; Elshal , M. F. ; Kumosani, T. A. ; Mal, A. O. ; Ahmed , Y. M. ; Almulaiky , Y. Q. ; Asseri , A. H. and Zamzami, M. A. (2016) .Heavy Metal Accumulation is Associated with Molecular and Pathological Perturbations in Liver of *Variola louti* from the Jeddah Coast of Red Sea; **Int. J. Environ. Res. Public Health** ; 13(3):342-353; doi:10.3390/ijerph13030342.
- Mohammed, S. Y ; Omer F. Idris , Sabahelkhier M.K , Abd El-Halim , M.I. Musa ,A .M.(2017). Hepatic Enzymes and Tissues Responses of Rabbit Fish (*Siganus rivulatus*) against Heavy metals Pb and Cd at Red Sea Coast, Sudan; Red sea university **Journal of Basic and Applied Science** ; 2 (1)425-442 ; ISSN: 1858 -7690 (Online) ISSN: 1858 -7658 (Print).
- Mohiseni, M.; Asayesh, S.; Shafiee Bazarnoie, S.; Mohseni, F.;Moradi, N.; Matouri, M. ;Mirzaee,N. (2016). Biochemical alteration induced by cadmium and lead in common carp via an experimental food chain. **Iranian Journal of Toxicology**;10(4):25-32.

- Moiseenko, T. I.; Skjelkvale, B. L. and Gashkina, N. A. (2013). Water chemistry in small lakes along a transect from boreal to arid ecoregions in European Russia: effects of air pollution and climate change **Appl.Geochem.** 28 :69–79; doi.org/10.1016 /j.apgeochem . 2012.10.019.
- Mokhtar ,D. M. and Abd-Elhafeez, H. H. (2013). Histological Changes in Selected Organs of *Oreochromis niloticus* Exposed to Doses of Lead Acetate; **J. Life Sci. Biomed.** 3(3): 256-263; ISSN 2251-9939.
- Monteiro, S. M.; Mancera, J. M.; Fontainhas-Fernandes, A. and Sousa, M. (2005). Copper induced alterations of biochemical parameters in the gill and plasma of *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology**, 141(4), 375-383.
- Morrow,H. (2010). Cadmium and Cadmium Alloys; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology ISBN : 9780471238966 ;DOI: 10.1002/0471238961.
- Muñoz, L. ;Weber, P.; Dressler, V. ;Baldisserotto, B. and Vigliano ,F.A.(2015). Histopathological biomarkers in juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to a sublethal lead concentration **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, 113 : 241-247.
- Murtala , B.A. ; Abdul ,W. O. and Akinyemi, A. A.(2012). Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Hydrocynus forskahlii*, *Hyperopisus bebe occidentalis* and *Clarias gariepinus*) Organs in Downstream Ogun Coastal Water, **Nigeria Journal of Agricultural Science**; 4(11); 1916-9752 E-ISSN 1916-9760 doi:10.5539/jas.v4n11p51 .
- Mustafa, S. A. (2020).Histopathology and heavy metal bioaccumulation in some tissues of *Luciobarbus xanthopterus* collected from Tigris River of Baghdad, Iraq; **Egyptian Journal of Aquatic Research** 46 123-129 ; ttps://doi.org/ 10.1016/ j.ejar .2020.01.004.

- Nair ,A. R.; DeGheselle, O.; Smeets, K.; Kerkhove, E. V. and Cuypers, A. (2013). Cadmium-induced pathologiesreR: Where is the oxidative balance lost (or not)? **International Journal of Molecular Sciences**, 14(3): 6116– 6143. doi:10. 3390/ijms14036116.
- NHVRAP (New Hampshire Volunteer River Assessment Program), (2011). "Interpreting VRAP Water Quality Monitoring Parameters Chemical Parameters". UK.
- Nobuyoshi, O.; Hisaya, N.; Kazuo, I.; Saori, N.; Yoshinoro, I.; Makoto, O. and Isao, O. (2005). Telangiectatic focal nodular hyperplasia of the liver in the perinatal period: **Case report. Pediatr. Dev. Pathol.** 8: 581-586.
- Nordberg ,G.F.; Fowler , B.A. and Nordberg M.(2015). **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4th Edition; ISBN: 978-0-12-398292-6 (Volume I); Academic Press;Page: 670.
- Nordberg, M. and Nordberg, G.F. (2009). Metallothioneins: Historical development and overview. **Met Ions Life Sci**; 5: 1-29.
- Nowosad, J., Kucharczyk, D., Szmyt, M., Łuczynska, J., Tamás, M., and Horváth, L. (2021). Changes in Cadmium Concentration in Muscles, Ovaries, and Eggs of Silver European Eel (*Anguilla anguilla*) during Maturation under Controlled Conditions. **Animals : an open access journal from MDPI**, 11(4), 1027. <https://doi.org/10.3390/ani11041027>.
- NTP National Toxicology Program. (2016). Report on carcinogens: Cadmium . U.S. Department of Human Services, National of Institutes of Health.

- Nwani, C.D.; Ekwueme, H.I.; Ejere, V.C.; Onyeke, C.C.; Chukwuka, C.O.; Onas, P.S. and Nwadinigwe, A.O. (2015). Physiological effects of paraquat in juvenile African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **J. Coast. Life Med.** 3(1):35-43.
- Okocha, R.C. and Adedeji, O.B. (2011) Overview of Cadmium Toxicity in Fish, *Journal of Applied Sciences Research*, 7(7): 1195-1207, 2011. ISSN 1819-544X.
- Olagunju, T.E.; Adeboye T.A.; Kachi J.B. and Opasola O.A. (2015). The Relationship between Exposure Period, Body Size and Bioconcentration of Heavy Metals in *Clarias gariepinus*, **International Journal of Aquaculture**, 5(28): 1-5.
- Olanike, K.; Funmilola, A.; Olufemi B., and Olajide, O. (2008). Acute toxicity and blood profile of adult *Clarias gariepinus* exposed to lead nitrate; **The Internet Journal of Hematology**; vol. 4/2, p.1.
- Olgunoğlu, M. P. ; Artar, E. and Olgunoğlu, İ. A. (2015). Comparison of Heavy Metal Levels in Muscle and Gills of Four Benthic Fish Species from the Northeastern Mediterranean Sea **Polish Journal of Environmental Studies** 24(4):1743-1748; DOI: 10.15244/pjoes/38972.
- Omar, W.A.; Saleh, Y.S. and Marie, M.A.S. (2014). Integrating multiple fish biomarkers and risk assessment as indicators of metal pollution along the Red Sea coast of Hodeida, Yemen Republic. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*; 110: 221-231.
- Onita B.; Albu, P.; Herman, H.; Balta, C.; Lazar, V.; Fulop, A.; Baranyai, E.; Harangi, S.; Keki, S.; Nagy, L.; et al. (2021). Correlation between Heavy Metal-Induced Histopathological Changes and Trophic Interactions between Different Fish Species. **Appl. Sci.**; 11, 3760. <https://doi.org/10.3390/app11093760>.

- Orun, I. and Talas, Z.S. (2008). Antioxidative Role of Sodium Selenite against The Toxic Effect of Heavy Metals (Cd²⁺, Cr³⁺) on some Biochemical and Hematological Parameters in Blood of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). **Fresenius Environmental Bulletin** ; 17 (9A): 1242-1246.
- OSHA Occupational Safety and Health Administration. (2017). "Substance data sheet for occupational exposure to lead". www.osha.gov. 133–145.
- Padhy, G. ; Mishra, C. and Barik, B. P. (2018). Histological alterations in gill tissues of anabas testiduneus on exposure to heavy metal CdCl₂ ;**Life Science Informatics Publications**; 4(6) :328; DOI: 10.26479/2018.0406.25.
- Panserat, S., Marandel, L., Geurden, I., Veron, V., Dias, K., Plagnes-Juan, E., et al. (2017). Muscle catabolic capacities and global hepatic epigenome are modified in juvenile rainbow trout fed different vitamin levels at first feeding. **Aquaculture** 468: 515–
- Patil, P.M.; Durugkar, N.J. ; Kakolkar P.P. and Chaudhari P.D. (2011). Bioaccumulation of Cadmium Chloride in the Fresh Water Fish *Cattle-Cattle* .**Research J. Pharm. and Tech.** 4 (1): 121-123.
- Patra, R. C.; Swarup, D.; Naresh, R.; Kumar, P.; Nandi, D.; Shekhar, P. ; Roy, S.; Ali, S. L. (2007) .Tail hair as an indicator of environmental exposure of cows to lead and cadmium in different industrial areas; **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 66(1) : 127–131. doi: 10.1016/j.ecoenv.2006.01.005.
- Peraturan Pemerintah. (2001). Pengelolaan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air Jakarta; No. 82
- Pereira, C. D. S.; Martins-Dias, M. L.; Zanette, J.; Cesar, A.; Choueri, R. J.; Abessa, D. M. S.; Catharino, M. G. M.; Vasconcellos, M. B. A.; Bainy, A. C. D.; Sousa, E. C. P. and DelValls, T. A. (2011). Integrated biomarker responses as environmental status descriptors of a coastal zone (Sao Paulo, Brazil). **Ecotoxicology and environmental safety**; 74(5): 1257-1264.

- Pereira, E. ; Silvaes, R.R. ; Flores, E.E.I.; Rodrigues, K.L. Ramos, I.P. ; Silva, I. J. d. ; Machado, M. P.; Miranda, R. A. ;Pazos-Moura, C. C.; Gonçalves-de-Albuquerque, C. F.; Faria-Neto, H. C. d. C. ;Tibiriça, E. and Daliry ,A. (2017) .Hepatic microvascular dysfunction and increased advanced glycation end products are components of non-alcoholic fatty liver disease **PLoS One**, 12 (6) ;doi.org/ 10.1371/journal. pone. 0179654.
- Periyasamy, L.; Phaniendra, A. ; Jestadi, D. B.; (2015). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases **Ind J Clin Biochem** 30(1):11–26 DOI 10.1007/s12291-014-0446-0.
- Phoonaploy, U.; Tengjaroenkul, B. and Neeratanaphan, L. (2019). Effects of electronic waste on cytogenetic and physiological changes in snakehead fish (*Channa striata*). **Environmental monitoring and assessment**, 191(6): 363. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7509-x>
- Playle, R.C. (2004). Using multiple metal-gill binding models and the toxic unit concept to help reconcile multiple-metal toxicity results. **Aquat Toxicol**;67:359–70.
- Polakof, S.; Panserat, S.; Soengas, J. L., and Moon, T. W. (2012). Glucose metabolism in fish: a review. **J. Comp. Physiol. Biol.** 182: 1015–1045. doi: 10. 1007/s00360-012-0658-7.
- Polat, F.; Akın, Ş.; Yıldırım, A.and Dal, T. (2015). The effects of point pollutantsoriginated heavy metals (lead, copper, iron, and cadmium) on fish living in Yeşilirmak River; **Turkey. Toxicol. Ind. Health**; 1-12.

- Puntoriero, M.L.; Cirelli,A.F.;and Volpedo, A.V.(2018). Histopathological Changes in Liver and Gills of *Odontesthes bonariensis* Inhabiting a Lake with High Concentrations of Arsenic and Fluoride (Chasicó lake, Buenos Aires Province). **Rev. Int. Contam. Ambien.**, 34 (1): 69-77. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.01.06.
- Purwanti, I.; Arroisi, W.; Rahardja, B. and Sulmartiwi, L., (2019). Bioaccumulation and histopathological effect on the gills and liver of silver barb (*Barbonymus gonionotus*) exposed to the heavy metal nickel. IOP Conf. Ser. **Earth Environ. Sci.**, 236: 012-098. [https:// doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012098](https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012098).
- Qazi M. A. and Molvi K. I.(2018). Free Radicals and their Management ; **American Journal of Pharmacy and Health** ; Volume 6, Issue 04 ISSN: 2321–3647.
- Raeisi, S.; Alishahi, A.R.; Shaban-Pour, B.; Ojagh, S.M.; Sharifi-Rad, J. and Iriti, M. (2015).Nutritional Composition and Antioxidant Activity of Vobla-roach (*Rutilus rutilus caspicus*) Muscle Tissue Exposed to Heavy Metals ; **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**; 4 (2): 83-90.
- Rajamanickam, V. and Muthuswamy, N. (2008). Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus Carpio L.*);**Mj. Int. J. Sci. Tech.** 2(01), 192-200; ISSN 1905-7873.
- Rajeshkumar, S.; Liu, Y.; Ma, J.; Duan, H. Y.and Li, X. (2017). Effects of exposure to multiple heavy metals on biochemical and histopathological alterations in common carp, *Cyprinus carpio L.*; **Fish Shellfish Immunol**;70:461-472. doi: 10.1016/j.fsi.2017.08.013.

- Rajeshkumar, S. and Li, X. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. **Toxicol Reports** 5: 288-295. DOI: 10.1016/ j.toxrep . 2018.01.007.
- Raju, K. V. ; Somashekar, R. K. and Prakash, K. L. (2013) .Metal concentration in fresh water fish organs; **Open Journal of Metal**, vol. 3, no. 2, pp. 23–28.
- Raygani, V.; Rahimi, Z.; Zahraie M, Noroozian M and Pourmotabbed A. (2007). Enzymatic and nonenzymatic antioxidant defense in Alzheimer's disease. **Acta Med Iran** 45(4):271–276.
- Rehma, T.; Naz, S.; Hussain, R.; Chatha, A.M.M.;Ahmad, F.; Yamin, A.; Akram, R.; Naz, H. and Shaheen, A. (2020). Exposure to heavy metals causes histopathological changes and alters antioxidant enzymes in fresh water fish (*Oreochromis niloticus*). **Asian J. Agric. Biol.** x(x): x-x. DOI: doi.org/10.35495/ajab.2020.03.143.
- Rehman, T.; Naz, S.; Hussain, R. Chatha, A.M.M.; Ahmad, F. Yamin, A.; Akram, R.; Naz, H. and Shaheen, A. (2021). Exposure to heavy metals causes histopathological changes and alters antioxidant enzymes in fresh water fish (*Oreochromis niloticus*). **Asian J. Agric. Biol.** 2021(1). DOI: https://doi.org/10.35495/ajab.2020.03.143.
- Rudolph, A. M.; Rudolph, C. D.; Hostetter, M. K.; et al. (2003). "Lead". Rudolph's Pediatrics (21st ed.). McGraw-Hill Professional. p. 369. ISBN 978-0-8385-8285-5.
- Ruiz-Picos, R. and López-López, E. (2012) . Gill and liver histopathology in *Goodea atripinnis* Jordan, related to oxidative stress in Yuriria lake, Mexico; **International Journal of Morphology**, vol. 30, no. 3, pp. 1139–1149.

- Rodríguez, J.Z.; Gallegoríos, S.E. and Ramírez Botero, M .(2015). Content of Hg, Cd, Pb and As in fish species: A review. *Vitae, Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas alimentarias*. ISSN 0121-4004 / ISSNe 2145-2660.; **Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia**. 22 (2) 148-159. [http://dx .doi .org/10.17533/udea.vitae. v22n2a09](http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a09).
- Sabae, Z.S.and Mohamed, A.S. (2015). Effect of Environmental Pollution on the Health of Tilapia spp. from Lake Qarun. **Global Veterinaria** 14: 304-328.
- Sabahelkhier, M. k. (2016). Effect of Some Heavy Metal on Histological Structural of Gills and Liver of Rabbit Fish (*Siganus rivulatus*) from Two Sites Along Red Sea Coast, SUDAN. **International Journal of Advanced Research** ; 4(3) 1040-1050; ISSN 2320-5407 .
- Sadiqul, I.M. ; Ferdous, Z. ; Nannu, M.T.A. ; Mostakim, G.M. and Rahman. M.K. (2016) . Acute exposure to a quinalphos containing insecticide (convoy) causes genetic damage and nuclear changes in peripheral erythrocytes of silver barb, *Barbonymus gonionotus*, **Environmental pollution** (Barking, Essex : (1987), 219: 949–956. [https://doi.org / 10. 1016 /j . envpol.2016.09.066](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.066).
- Saeed, S.M. and Shaker, I.M., (2008). Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* in the Northern Delta Lakes. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture; Cairo. Egypt.

- Safari, R. (2015). Toxic effects of Cadmium on antioxidant defense systems and lipid peroxidation in *Acipenser persicus* (Borodin, 1897) **International Journal of Aquatic Biology** 3(6): 425-432 ISSN: 2322-5270; P-ISSN: 2383-0956 .
- Saing, T.; Lagman, M.; Castrillion, J.; Gitierrez, E.; Guilford, F. and Venketaraman, V. (2016). Analysis of glutathione level in the brain tissue samples from HIV-1 positive individuals and subjects with Alzheimer's disease and its implication in the pathophysiology of the disease processes. **BBA Clin.**;6:38–44.
- Salam, M.A. ; Shahjahan, M. ; Sharmin, S. ; Haque, F. and Rahman, M.K. (2015) . Effects of sub-lethal doses of an organophosphorus insecticide sumithion on some hematological parameters in common carp, *Cyprinus carpio*; **Pak. J. Zool.**; 47: 1487-1491.
- Salehi, B. ; Martorell , M.; Arbiser, J. L.; Sureda , A.; Martins , N. ; Maurya , P. K.; Sharifi-Rad , M.; Kumar, P. and Sharifi-Rad ,J.(2018). Antioxidants: Positive or Negative Actors?; **Biomolecules**; (8) 124; doi:10.3390/biom8040124.
- Sanders, T.; Liu, Y.; Buchner, V. and Tchounwou, P. B. (2009). Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review. **Reviews on environmental health**, 24(1): 15–45. <https://doi.org/10.1515/reveh.2009.24.1.15>.
- Sandrasari, D. A.; Sabariman, M. and Azni, I. N.(2019). Determination of potential level of Indonesian rhizomes as an antioxidant based on phenolic compound and antioxidant activity **Journal of Earth and Environmental Science**; (383) 012017; doi:10.1088/1755-1315/383/1/012017.

- Sangur, K.; Leiwakabessy, F.; Tuaputty, H.; Tuwankotta, L. V.; Samloy, S. V.; Ratila, C.; Salakory, O. B.; Matulesy, C. and Rumahlatu, D. (2021). Mudskipper as an Indicator Species for Lead, Cadmium and Cuprum Heavy Metal Pollution in the Mangrove, Ambon, Indonesia. **Journal of Ecological Engineering**, 22(4), 1-19. <https://doi.org/10.12911/22998993/134077>.
- Santos-Sánchez, N. F.; Salas-Coronado, R.; Villanueva-Cañongo C., and Hernández-Carlos, B. (2019). Chapters 2: Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism; ISBN: 978-1-78923-920-1; DOI: 10.5772/intechopen.85270.
- Sarma, A. D.; Mallick, A. R. and Ghosh, A. K. (2010). Free Radicals and Their Role in Different Clinical Conditions: An Overview; **International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR)** 1(3):185-192.
- Sauliutė, G.; Markuckas, A. and Stankevičiūtė, M. (2020). Response patterns of biomarkers in omnivorous and carnivorous fish species exposed to multicomponent metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) mixture. Part III. **Ecotoxicology (London, England)**, 29(3): 258–274. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02170-y>.
- Savari, A.; Hedayati, A.; Safahieh, A. and Movahedinia, A. (2010). Determination of some enzymatic indices of yellowfin sea bream (*Acanthopagrus latus*) in Mahshahr Creeks (North West of Persian Gulf). **World**; 2(6):475-480.
- Schaefer, H. R.; Dennis S. and Suzanne, F. (2020). Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure. **Journal of Food Science**, 85(2): 1750-3841 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14997>.

- Schreck, C. B.; Contreras-Sanchez, W. and Fitzpatrick, M. S. (2001). Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. **Fitzpatrick, Aquaculture** 197 : 3-24 ; doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50005-9.
- Shah, A. I. (2017). Assessment of cadmium toxicity on the red blood cells of aquatic life. **Int. J. Adv. Res.** 5(1), 685-688; ISSN: 2320-5407; DOI: 10.21474/IJAR01/2799.
- Shah, N. ; Khan , A. ; Ali, R. ; Marimuthu, K. ; Uddin, M. N. ; Rizwan, M. ; Rahman, K. U. ; Alam, M. ; Adnan, M. ; Muhammad; Jawad, S. M. ; Hussain, S. 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** Volume 2020; 16 pages; doi.org/10.1155/2020/6185231 .
- Shah, S. L. and Altındağ, A. (2005) .Effects of Heavy Metal Accumulation on the 96-h LC50 Values in Tench *Tinca tinca* L., 1758 ;**Turk J Vet Anim Sci** 29 : 139-144.
- Shahjahan, M.; Uddin, M.H.; Bain, V. and Haque, M.M. (2018). Increased water temperature altered hemato-biochemical parameters and structure of peripheral erythrocytes in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*, **Fish Physiol. Biochem.** 44 1309-1318.
- Shalaby , A. M. (2000). Sublethal effects of heavy metals copper, cadmium and zinc alone or in combinations on enzymes activities of common carp *Cyprinus carpio* L. A; **Egypt- J. Aquat Bioi and Fisk**, VoL 4, No.2: 229-246; ISSN1110-6131.
- Sharma, K. P.; Sharma, S.; Sharma, S.; Singh, P. K .; Kumar, S.; Grover, R. and Sharma, P. K.(2007) .A comparative study on characterization of textile wastewaters (untreated and treated) toxicity by chemical and biological tests. **Chemosphere**.;69(1):48-54.doi:0.1016/j.chemosphere.2007. 04 .086. Epub 2007 Jun 20. PMID: 17583772.

- Shastri , A.; Srivastava , R.; Jyoti, B.; Gupta, M. (2016).The Antioxidants-Scavengers of Free Radicals for Immunity Boosting and Human Health/ Overall Well Being **International Journal of Contemporary Medical Research** 3 (10): 77.83 ; ISSN (Online): 2393-915X; (Print): 2454-7379.
- Shuhaimi-Othman, M.; Yakub, N.; Ramle, N. A. and Abas, A. (2015). Comparative toxicity of eight metals on freshwater fish. **Toxicology and industrial health**, 31(9): 773–782. <https://doi.org/10.1177/0748233712472519>
- Sinbad ,O. O. ; Folorunsho, A. A.; Olabisi, O. L. ; Ayoola, O. A. ; Temitope, E. J. (2019). Vitamins as Antioxidants; **J Food Sci Nutr Res**; 2 (3): 214-235 ; DOI: 10.26502/jfsnr.2642-11000021.
- Singh , C. B. and Ansari, B. A. (2017). Biochemical Markers of Oxidative Stress in Brain of Zebrafish Danio rerio Exposed to Different Heavy Metals Lead and Cobalt **Int. J. Life. Sci. Scienti. Res.**, 3(6):1484-1494 ;DOI: 10.21276/ ijlsr .2017.3.6.10.
- Singh, R.N. (2014). Effects of dimethoate (EC 30%) on gill morphology, oxygen consumption and serum electrolyte levels of common carp, *Cyprinus Carpio* (Linn). ; **Internatonal Journal of Environmental Science Research** 2(6): 192-198; DOI:10.12983/ijrsres-2014-p0192-0198.
- Sobha, K.; Poornima, A.;Harini, P. and Veeraiah, K. (2007). A study on biochemical changes in the fresh water fish, *Catla catla* (Hamilton) exposed to the heavy metal toxicant cadmium chloride. **Kathm Univ J Sci Eng Tech**;3(2):1-11.

- Sönmez, A.Y.;Hisar, O.and Yanık, T. (2012). Determination of heavy metal pollution in Karasu River and classification of water quality. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**; 43 (1): 69- 77 (in Turkish with an abstract in English).
- Sonone , S. S.; Jadhav, S. ; Sankhla, M. S. and Kumar, R.(2020). Water Contamination by Heavy Metals and their Toxic Effect on Aquaculture and Human Health through Food Chain **Letters in Applied NanoBioScience** 10 (2) : 2148 – 2166 DOI : 10.33263/LIANBS102.21482166.
- Souid, G., Souayed, N., Yaktiti, F., and Maaroufi, K. (2015). Lead accumulation pattern and molecular biomarkers of oxidative stress in seabream (*Sparus aurata*) under short-term metal treatment. **Drug and chemical toxicology**, 38(1), 98–105. [https://doi.org/ 10. 3109/ 01480545.2014.917091](https://doi.org/10.3109/01480545.2014.917091)
- Souid, G., Souayed, N., Yaktiti, F., and Maaroufi, K. (2013). Effect of acute cadmium exposure on metal accumulation and oxidative stress biomarkers of *Sparus aurata*. **Ecotoxicology and environmental safety**, 89, 1–7. [https://doi.org /10.1016 / j.ecoenv.2012.12.015](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.12.015).
- Srikanth, K.; Pereira, E.; Duarte, A.C. and Ahmad, I. (2013). Glutathione and its dependent enzymes’ modulatory responses to toxic metals and metalloids in fish—a review”. **Environmental science and pollution research international**, 20(4): 2133–2149. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1459-y>.
- Stancheva, M.; Makedonski, L. and Petrova, E. (2013). Determination of heavy metals (Pb, Cd, As and Hg) in Black Sea grey mullet (*mugil cephalus*). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, 19(1), 30–34.

- Stankevičiūtė, M.; Sauliūtė, G.; Makaras, T.; Markuckas, A.; Virbickas, T. and Baršienė, J. (2018). Responses of biomarkers in Atlantic salmon (*Salmo salar*) following exposure to environmentally relevant concentrations of complex metal mixture (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd). **Part II. Ecotoxicology** 27(8):1069–1086. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1960-2>.
- Steel, R.G. and Torri, J.H. (1980). **Principle and procedures of statistics**. 2nd ed., McGraw-Hill Company, Inc. London. p.38-41.
- Strzyzewska, E. ; Szarek, J. and Babinska, I. (2016). Morphologic evaluation of the gills as a tool in the diagnostics of pathological conditions in fish and pollution in the aquatic environment: a review **Veterinarni Medicina**, 61, 2016 (3): 123–132 doi: 10.17221/8763-VETMED.
- Sukhovskaya, I.V.; Borvinskaya, E.V.; Smirnov, L.P. and Kochneva, A. A. (2017). Role of glutathione in functioning of the system of antioxidant protection in fish (review). **Inland Water Biol** 10, 97–102. <https://doi.org/10.1134/S1995082917010187>.
- Sumet, H.D. and Blust, R. (2001). Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. **Ecotoxicol. Environm. Saf.**, 48(30): 255-262.
- Surai, P. F. (2005). Minerals and anti-oxidants In book: RE-defining Mineral Nutrition Publisher: Nottingham University Press Editors: Taylor-Pickard F.A. and Tucker L.A. Project: Vitagenes in poultry and animal production (pp.147-177).

- Suvarna, S. K.; Layton, C. and Bancroft, J. D. (2019). Bancroft's theory and practice of histological techniques. 8 th. Elsevier.
- Swiergosz-Kowalewska, R. (2001). Cadmium distribution and toxicity in tissues of small rodents. **Microsc. Res. Tech.** 55, 208–222. doi: 10.1002/jemt.1171.
- Tabrez, S. and Ahmad, M. (2011). Components of antioxidative system in *Allium cepa* as the toxicity monitor of trichloroethylene (TCE); **Toxicological and Environmental Chemistry** , 93:1, 73-84, DOI: 10.1080/02772248.2010.498375.
- Talas, Z., S. Dundar, S., P. ; Fuat Gulhan, M.; Orun, I. and Kakoolaki, S.(2012). Effects of propolis on some blood parameters and enzymes in carp exposed to arsenic. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**; 11(2), 405- 414.
- Tao, S.; Li, H.; Liu, C.F. and Lam, K.C.(2000). Fish uptake of inorganic and mucus complexes of lead. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 46, 174-180.
- Tashla, T., Prodanovic, R., Boskovic, J., Žuža, M.; Soleša, D., Ljubojević, D. and Puvača, N. (2018). Persistent organic pollutants and heavy metals and the importance of fish as a bio-indicator of environmental pollution. *Concepts of Dairy and Veterinary Sciences*, 2(2): 168-170.(a)
- Tashla, T.; Žuža, M.; Kenjveš ,T.; Prodanović, R.; Soleša, D.; Bursić ,V.; Petrović, A.; Pelić, D. L.; Bošković, J. and Puvača, N. (2018). Fish as an important Bio-indicator of Environmental Pollution With Persistent Organic Pollutants and Heavy Metals **Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management**. 1(1): 52-56 .DOI: 10.32474/CDVS.2018.01.000131. (b)

- Teuscher, A. and Richterich, P. (1971). Schweiz Med. Wschr.; 101: 345 – 390.
- Thabet, I. A. ; Tawadrous, W. E. and Samy, A. M. (2019). Pollution induced change of liver of *Oreochromis niloticus*: metals accumulation and histopathological response; **World Journal of Advanced Research and Reviews**; 02(02): 025–035 DOI:10.30574/wjarr.2019.2.2.0020 .
- Tiwari, S.; Tripathi I. P. and Tiwari Hl. (2013). Effects of Lead on Environment . **International Journal of Emerging Research in Management and Technology** , 2(6): 1-5.
- Treml, J., and Šmejkal, K. (2016). Flavonoids as Potent Scavengers of Hydroxyl Radicals. **Comprehensive reviews in food science and food safety**; 15(4): 720–738. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12204>.
- Ubani-Rex, O. A.; Saliu, J. K. and Bello, T. H. (2017). Biochemical Effects of the Toxic Interaction of Copper, Lead and Cadmium on *Clarias gariepinus*. **Journal of health and pollution**, 7(16): 38–48. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-7.16.38>.
- Udotong, J.I. R. (2015). Assessment of Diagnostic Enzymes as Indices of Heavy Metal Pollution in Tilapia Fish; **International Scholarly and Scientific Research and Innovation** 9(6):670-674; ISNI:0000000091950263.
- Uner, N. ; Oruc, E.O. ; Sevgiler, Y. ; Sahin, N. ; Durmaz, H. and Usta, D. (2006). Effects of diazinon on acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation in the brain of *Oreochromis niloticus*, **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 21: 241–245.
- USEPA.(2002). Summary of biological assessment programs and biocriteria development for states, tribes, territories and interstate omissions: Streams and wadeable rivers. EPA 822-R-02-048, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC., USA.

- Valko, M.; Morris, H., and Cronin, M. T. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. **Current medicinal chemistry**, 12(10), 1161–1208. <https://doi.org/10.2174/0929867053764635>.
- Valko, M.; Leibfritz, D.; Moncol, J.; Cronin, M.T.D.; Mazur, M. and Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology** 39; 44-84.
- Vardi, V. and Chenji, V. (2020). Bioaccumulation of heavy metals in edible marine fish from coastal areas of Nellore, Andhra Pradesh, **India. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**; 10(01); 18–24.
- Varjovi, M. B.; Valizadeh, M. ; and Bandehagh, A. (2015). Primary Antioxidant Enzymes and Their Important Role in Oxidative Stress in Plants and Mammalian; 7(1): 148-154; **Biological Forum – An International Journal**; ISSN No. (Print): 0975-1130 ISSN No. (Online): 2249-3239.
- Venkateswarlu, V. and Venkatrayulu, C. (2020). Bioaccumulation of heavy metal lead (Pb) in different tissues of brackish water fish *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758); **Journal of Applied Biology and Biotechnology** 8(02); 1-5 ;DOI: 10.7324 / JABB . 2020 . 80201.
- Volken, E.; Nurperi, G. and Ahmet, B. (2001). "N-acetyl cysteine reduces cerebral lipid peroxidation in a rat model of infantile hydrocephalus". **J. Neurol. Sci.**, Issue 1 302-1310.
- Wang, C.-R.; Wang, X.-R.; Tian, Y.; Yu, H.-X. ; Gu, X.-Y. ; Du, W.-C. and Zhou, H. (2008). Oxidative stress, defense response, and early biomarkers for lead-contaminated soil in *Vicia faba* seedlings. **Environ Toxicol Chem** 27:970–977.

- Wani, A.L.; Ara, A. and Usmani, J.A.(2015). Lead toxicity: A review. **Int. Toxicol.**;(8) 55–64.
- Warchatowska-Sliwa,E.;Niklin' kab,M.;Go'rlichc,A.;Michailovad,P.and Pyzac,E.(2005).Heavy metal accumulation,heat shock protein expression and cytogenetic changes in *Tetrix tenuicornis*(L.) (Tetrigidae,Orthoptera) from **polluted** areas. **Environmental pollution.**,133:373-381. Doi:10. 1016/ j. envpol .2004.05.013.
- Wei, X. J.; Hu, T. J.; Chen, J. R. and Wei, Y. Y. (2011). Inhibitory effect of carboxymethylpachymaran on cyclophosphamide-induced oxidative stress in mice. **International journal of biological macromolecules**, 49(4) 801–805. [https://doi.org/ 10. 1016 /j. ijbiomac.2011.07.017](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.07.017).
- Winter, A. R. ; Playle, R. C. ; Dixon , D. G. ; Borgmann , U. and Wilkie, M. P. (2012) . Interactions of Pb and Cd mixtures in the presence or absence of natural organic matter with the fish gill; **Ecotoxicology and Environmental Safety**(83) 16-24.
- Witeska , M. (2004). The effect of toxic chemicals on blood cell morphology in fish ; **Fresenius Environmental Bulletin** 13(12):1379-1384.
- Witeska , M. (2013) . Erythrocytes in teleost fishes: a review; **Zoology and Ecology**,1-7 ; DOI: 10.1080/21658005.2013.846963
- Witeska, M. ; Kondera, E. and Zdunek, K. (2011) The Effects of Cadmium on Common Carp Erythrocyte Morphology **Polish Journal of Environmental Studies**, 20(3): 783-788.
- Witeska, M.; Kondera, E.; Szymanska, M. and Ostrysz., M. (2010). Hematological Changes in Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) after Short-Term Lead (Pb) Exposure, **Polish. J. of Environ. Stud.**, 19(4): 825-831.

- Wong, D. L., Merrifield-MacRae, M. E., and Stillman, M. J. (2017). Lead(II) Binding in Metallothioneins. **Metal ions in life sciences**, 17,/books/9783110434330/9783110434330-009/783110434330-009.xml.
<https://doi.org/10.1515/9783110434330-009>
- Wood, C. M.; Farrell, A. P. and Brauner, C. J. (2012) . **Homeostasis and Toxicology of non-Essential Metals**; Chaptur3, Volume 31, Part A, P.126-168; William S. Hoar and David J. Randall;1thed; Elsevier BV; ISSN: 1546-5098; [https:// doi.org/10.1016/S1546-5098\(11\)31025-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(11)31025-4) .
- Wu, M.; Xu, H.; Shen, Y.; Qiu, W. and Yang, M. (2011). Oxidative stress in zebrafish embryos induced by short-term exposure to bisphenol A, nonylphenol, and their mixture. **Environ. Toxicol. and Chem.**, 30: 2335-2341.
- Yacoub, A.M. and Gad, N. S. (2012). Accumulation of some heavy metals and biochemical alterations in muscles of *Oreochromis niloticus* from the River Nile in Upper Egypt. **International journal of enviornmenta science and engineering (IJESE)** 3: 1- 10; ISSN 2156-7549.
- Yalsuyi, A.M.and Vajargah, M.F. (2017). Recent advance on aspect of fisheries: a review. **J coast Life med.**; 5: 141-148.(a)
- Yalsuyi, A.M.and Vajargah, M.F.(2017).Acute toxicity of silver nanoparticles in roach (*Rutilus rutilus*) and goldfish (*Carassius auratus*). **Environ Treat Tech.**; 5: 1-4.(b)
- Yilmaz, F.; Ozodemir, N.; Demirakand, A. and Tuna, A.L. (2007). Heavy metal level in two fish species ; **Leusciuscephalus and Lepomisgibbosus**; **Food Chemistry**, 100: 830-835;[http:// dx.doi.org/ 10.1016/ j. foodchem .2005 .09.020](http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.020)

- Yokel, R. A. (2006). Blood-brain barrier flux of aluminum, manganese, iron and other metals suspected to contribute to metal-induced neurodegeneration. **Journal of Alzheimer's disease** : JAD, 10(2-3), 223–253. <https://doi.org/10.3233/jad-2006-102-309>.
- Yousefian, M.; Keshavarz, K. and Kafshkari, Y.Y. (2013). Principal components analysis of *Alburnus mossulensis* morphology, **Iran. Int. J. Plant, Anim. Environ. Sci.**; 3(1): 16-165.
- Zaghloul, K.H.; Mohamed, H.A.; Abdullatef, A.M. and Khalil, M.W. (2020). Genotoxic and Histopathological Effects of Water Pollution on *Clarias gariepinus* Fish at Fayoum Governorate, Egypt. **Natural Resources**, 11: 499- 519. <https://doi.org/10.4236/nr.2020.1111029>.
- Zeitoun ,M. M. and Mehana, E.E.(2014). Impact of Water Pollution with Heavy Metals on Fish Health: Overview and Updates ; **Global Veterinaria** 12 (2): 219-231, ISSN 1992-6197 DOI: 10.5829/idosi.gv.2014.12.02.82219.
- Zhai, Q. ; Wang, H.; Tian, F.; Zhao, J.; Zhang, H. and Chen, W. (2017). Dietary *Lactobacillus plantarum* supplementation decreases tissue lead accumulation and alleviates lead toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) **Aquaculture Research**; 48(9) : 5094-5103 ; doi:10.1111/are.13326.
- Zhang, J.; Peterson, S.M.; Weber, G.J.; Zhu, X.; Zheng , W. and Freeman, J.L. (2011). Decreased axonal density and altered expression profiles of axonal guidance genes underlying lead (Pb) neurodevelopmental toxicity at early embryonic stages in the zebrafish. **Neurotoxicology and Teratology** 33, 715-720.

- Zhang, Z.; He, L.; Li, J., and Wu, Z. (2007). Analysis of Heavy Metals of Muscle and Intestine Tissue in Fish - in Banan Section of Chongqing from Three Gorges Reservoir, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16, 949-958.
- Zhao, L., Zheng, Y. G., Feng, Y. H., Li, M. Y., Wang, G. Q., and Ma, Y. F. (2020). Toxic effects of waterborne lead (Pb) on bioaccumulation, serum biochemistry, oxidative stress and heat shock protein-related genes expression in *Channa argus*. *Chemosphere*(261), 127714. [https:// doi.org / 10. 1016/ j. chemosphere.2020.127714](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127714)
- Zhao, S.; Feng, C., Quan, W.;Chen, X.; Niu, J.and Shen, Z. (2012).Role of living environments in the accumulation characteristics of heavy metals in fishes and crabs in the Yangtze River Estuary;. *Mar Pollut Bull.*;64(6):1163-71. doi: 10.1016 /j . marpolbul.2012.03.023.

الملاحق

Appendix

الجدول (1-4) الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه نهر الخوصر (الشلالات).

عسرة المغنيسيوم ملغم/لتر	عسرة الكالسيوم ملغم/لتر	العسرة الكلية ملغم/لتر	pH	Pb ملغم/لتر	Cd ملغم/لتر	EC ₂₅ دسي سمنز/م	درجة الحرارة °C	موقع العينة
316	427	743	7.7	0.0351	0.005	1.228	22	الشلالات (الخوصر)

الجدول (2-4) العلاقة بين تركيز ثنائي كلوريد الكاديوم ومعدل النفوق لأسماك *A. mossulensis* المعرضة لمدة (96) ساعة.

النفوق المقدر	النفوق المتوقع	النفوق في المقياس الحيوي	عدد الاسماك النافقة	عدد الاسماك المعرضة	تركيز ثنائي كلوريد الكاديوم (ملغم/لتر)
0.0212	0.0000	0.0000	0	10	10
0.2692	0.4000	0.4000	4	10	20
0.7879	0.6000	0.6000	6	10	40
0.9481	1.0000	1.0000	10	10	60
0.9866	1.0000	1.0000	10	10	80
0.9962	1.0000	1.0000	10	10	100

الجدول (3-4) الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك *A. mossulensis* المعرضة لثنائي كلوريد الكاديوم لفترة (96) ساعة.

الحد الاعلى للتركيز	الحد الادنى للتركيز	التركيز	القاتل (1-99)
13.350	3.232	8.646	LC ₁
17.175	5.648	12.074	LC ₅
19.733	7.572	14.4 27	LC ₁₀
21.737	9.201	16. 270	LC ₁₅
34.672	19.780	29.638	LC ₅₀
67.160	35.015	44.933	LC ₈₅
80.683	39.012	50.671	LC ₉₀
106.949	45.332	60.546	LC ₉₅
184.832	58.973	84.551	LC ₉₉

الجدول (4-4) العلاقة بين تركيز ثنائي كلوريد الرصاص ومعدل النفوق لأسماك *A. mossulensis* المعرضة لمدة (96) ساعة.

النفوق المقدر	النفوق المتوقع	النفوق في المقياس الحيوي	عدد الاسماك النافقة	عدد الاسماك المعرضة	تركيز ثنائي كلوريد الرصاص (ملغم/لتر)
0.0149	0.0000	0.0000	0	10	10
0.2083	0.3000	0.3000	3	10	30
0.4284	0.4000	0.4000	4	10	50
0.5932	0.5000	0.5000	5	10	70
0.7077	0.6000	0.6000	6	10	90
0.7508	0.9000	0.9000	9	10	100

الجدول (4-5) يوضح الحدود العليا والدنيا والتركيز المميت (LC1-99) لأسماك *A. mossulensis* المعرضة لثنائي كلوريد الرصاص لفترة (96) ساعة.

الحد الاعلى للتركيز	الحد الادنى للتركيز	التركيز	التركيز القاتل (1-99)
18.104	0.800	8.824	LC ₁
26.212	2.703	15.306	LC ₅
32.121	5.143	20.531	LC ₁₀
37.020	7.901	25.032	LC ₁₅
81.202	40.294	57.854	LC ₅₀
399.350	91.654	133.714	LC ₈₅
612.623	105.784	163.026	LC ₉₀
1164.132	129.784	218.675	LC ₉₅
3929.443	188.095	379.328	LC ₉₉

الجدول (4-6) التراكم الاحيائي (مايكروغرام/غم) وزن جاف للكادميوم في بعض اعضاء اسماك
A. mossulensis لمدة (1) يوم

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.02256 A	0.006± 0.0094 iq	0.003±0.0104 Mq	0.01± 0.0103 im	0.003±0.071 e	0.02± 0.0117 a	السيطرة
0.1614 B	0.034± 0. 147 bfro	0.056± 0.249 Dn	0.1± 0.156 j	0.007±0.123 bf	0.11±0. 132 b	الكادميوم
0.0934 C	0.003± 0.088 ces	0.014± 0. 137 Bfo	0.009 ±0.092 k	0.005±0.068 cegs	0.007±0.082 ce	كادميوم المزيج
0.2774 D	0.018± 0.239 tn	0.056± 0.272 P	0.016±0.326 l	0.075± 0.283 hp	0.071± 0.267 d	المزيج
	0.1208 E	0.1671 D	0.1460 C	0.1362 B	0.1231 A	تأثير الاعضاء

- المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-7) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك
A. mossulensis لمدة (1) يوم

المعاملات	الاعضاء	الغلاصم	الدماغ	الكبد	الأمعاء	العضلات	تأثير المعاملات
0.0368 A	0.03±0.0137 aqim	0.009±0.0204 aem	0.008±0.0130 aim	0.005±0.091 ae	0.001±0.0461 a		السيطرة
0.2966 B	0.04± 0.310 r	0.005± 0.364 n	0.06± 0.204 jg	0.003± 0.277 dfg	0.04±0.328 b		الرصاص
0.184 C	0.028± 0.151 csh	0.011± 0.135 os	0.07± 0.234 kg	0.043± 0.215 G	0.06± 0.185 c		رصاص المزيج
0.2774 D	0.06± 0.239 tk	0.05± 0.272 dfp	0.14± 0.326 lnr	0.067± 0.283 dhfp	0.045± 0.267 dt		المزيج (كادميوم ورصاص)
	.01784 ED	0.1978 ABD	0.1942 CD	0.2165 ABC	0.2065 A		تأثير الاعضاء

- المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-8) التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *mossulensis* لمدة (4) يوم

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.02256 A	0.006± 0.0094 iq	0.003±0.0104 mq	0.01± 0.0103 im	0.003±0.071 e	0.02± 0.0117 a	السيطرة
0.1812 B	0.23± 0.158 brfj	0.09±.0270 n	0.12±0.158 jb	0.21±0.169 jf	0.14 ±0.151 b	الكادميوم
0.10984 B	0.034±0.098 ks	0.008±0.169 ofj	0.028±0.0977 k	0.063±0.0825 g	0.007±0.102 c	كادميوم المزيج
0.3468 C	0.11±0.264 tn	0.13±0.397 dp	0.19±0.364 l	0.24±0.322 h	0.19±0.387 d	المزيج (كادميوم و رصاص)
	0.1323 E	0.2116 D	0.1575 C	0.1611 AB	0.1629 A	تأثير الأعضاء

- المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-9) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك

A. mossulensis لمدة (4) ايام

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.0368 A	0.03±0.0137 aqim	0.009±0.0204 aem	0.008±0.0130 aim	0.005±0.0091 ae	0.001±0.0461 a	السيطرة
0.4126 B	0.036±0.447 dr	0.17±0.500 bn	0.14±0.320 hj	0.032±0.287 f	0.007±0.509 b	الرصاص
0.2372 C	0.09±0.166 s	0.057±0.228 ogkt	0.18±0.267 ck	0.074±0.240 gk	0.05±0.285 c	رصاص المزيج
0.3468 D	0.25±0.264 tcgk	0.08±0.397 dpl	0.14±0.364 dlj	0.29 ±0.322 hl	0.009±0.387 d	المزيج
	0.222 E	0.286 D	0.241 BC	0.235 B	0.306 A	تأثير الأعضاء

- المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى فعالية احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-10) التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك

A. mossulensis لمدة (7) ايام

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.02256 A	0.006±0.0094 qi	0.003±0.0104 mq	0.01±0.0103 im	0.003±0.071 e	0.02±0.0117 a	السيطرة
0.2064 B	0.007±0.150 rbj	0.09±3.070 n	0.04±0.163 bj	0.006±0.190 f	0.015±0.159 b	الكاديوم
0.129 C	0.045±0.097 s	0.16±0.240 o	0.05±.0115 k	0.34±0.090 g	0.02±.0103 c	كاديوم المزيج
0.4366 D	0.06±0.437 t	0.8±0.484 dp	0.07±0.419 l	0.24±0.371 h	0.21±0.472 d	المزيج (كاديوم ورصاص)
	0.1733 E	0.2761 D	0.1768 C	.01805 B	0.1864 A	تأثير الأعضاء

- المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.
- الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى فعالية احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-11) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك

A. mossulensis لمدة (7) ايام

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.0368 A	0.03±0.0137 qaim	0.009±0.0204 aem	0.008±0.0130 aim	0.005±.0091 ae	0.001±0.0461 a	السيطرة
0.6134 B	0.18±0.465 dr	0.38±0.558 nj	0.26±0.566 j	0.05±0.666 f	0.031±0.812 b	الرصاص
0.3076 C	0.022±0.340 sk	0.006±0.244 o	0.07±0.304 k	0.09±0.281 g	0.04±0.369 c	رصاص المزيج
0.4366 D	0.012±0.437 t	0.09±0.484 p	0.07±0.419 i	0.04±0.371 h	0.006±0.472 d	المزيج (كادميوم ورصاص)
	0.3139 E	0.3266 DE	0.3255 CE	0.3522 CDB	0.42477 A	تأثير الاعضاء

• المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

• حسب اختبار Tukey.

• الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-12) التراكم الاحيائي للكادميوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك

A. mossulensis لمدة (14) يوما

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الغلاصم	الاعضاء المعاملات
0.02256 A	0.006±0.0094 iq	0.003±0.0104 mq	0.01±0.0103 im	0.003±0.071 e	0.02±0.0117 a	السيطرة
0.2232 AB	0.23±0.167 br	0.2±.0377 n	0.13±0.194 bj	0.008±0.197 cbf	0.024±0.181 b	الكادميوم
0.1572 C	0.009±.0101 s	0.055±.0245 o	0.012±0.169 ck	0.007±.0110 g	0.07±0.161 bc	كادميوم المزيج
0.6102 D	0.02±0.400 t	0.13±0.709 pld	0.26±0.702 ld	0.57±0.507 ht	0.04±0.733 d	المزيج (كادميوم ورصاص)
	0.1786 E	0.3353 D	0.2688 ABC	0.2212 AB	0.2314 A	تأثير الأعضاء

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-13) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك

A. mossulensis لمدة (14) يوما

تأثير المعاملات	العضلات	الأمعاء	الكبد	الدماغ	الخياشيم	الإعضاء المعاملات
0.0368 A	0.03±0.0137 aimq	0.009±0.0204 aem	0.008±0.0130 am	0.005±.0091 ae	0.001±0.0461 a	السيطرة
0.7202 B	0.046±0.577 rkn	0.08±0.569 nk	0.47±0.812 jb	0.57±0.735 f	0.44±0.908 b	الرصاص
0.453 C	0.06±0.299 sg	0.035±0.464 ot	0.45±0.533 ck	0.3±0.397 g	0.16±0.572 c	رصاص المزيج
0.6102 D	0.2±0.400 t	0.47±0.709 pl	0.51±0.702 l	0.25±0.507 h	0.07±0.733 d	المزيج (كادميوم ورصاص)
	0.3224 E	0.4406 D	0.515 C	0.4325 DB	0.5647 AC	تأثير الاعضاء

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4-14) معدلات التراكم الاحيائي للمعاملات في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما.

المعاملات	الفترة	يوم (1)	ايام (4)	ايام (7)	يوما (14)
الكاديوم	A	0.1614	0.1812	0.2064	0.2232 P
كاديوم المزيج	B	0.0934	0.1098	0.129	0.1572 Q
الرصاص	C	0.2966	0.4126	0.6134	0.7202 R
رصاص المزيج	D	0.184	0.2372	0.3076	0.453 S
المزيج	E	0.2774	0.3468	0.4366	0.6102 TM

الجدول (4-15) مستوى فعالية الكلوتاثاينون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (1) يوم

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
1341 A	22±1346 d	12±1288 c	10±1300 bc	10±1430 a	الغلاصم
1940 B	26±1806 h	13±1924 g	24±2003 f	17±2026 e	الدماغ
3279 C	12±3248 ljk	25±3241 kj	10±3266 j	14±3361 l	الكبد
2259 D	12±2218 p	18±2141 o	23±2293 n	15±2385 m	الامعاء
1964 E	29±1960 qrt	29±1958 qst	12±1962 qrst	18±1976 q	العضلات
	2116 CD	2110 C	2165 BC	2236 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-16) مستوى فعالية الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (4) ايام

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
1192 A	16±1106 d	13±1054 c	18±1178 b	10±1430 a	الغلاصم
1877 B	22±1785 h	15±1801 gf	10±1895 f	17±2026 e	الدماغ
3108 C	19±3007 lk	15±3000 k	17±3064 jk	14±3361 i	الكبد
2179 D	25±2130 np	20±2042 o	27±2159 no	15±2385 m	الامعاء
1944 E	19±1919 rst	13±1930 qr	30±1950 qrs	18±1976 q	العضلات
	1989 D	1965 CD	2049 B	2236 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-17) تركيز الكلوتاتايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (7) ايام

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
1137 A	20±1009 d	20±1023 c	19±1085 bc	10±1430 a	الغلاصم
1817 B	12±1644 h	18±1740 g	13±1859 f	17±2026 e	الدماغ
2378 C	20±1909 l	16±2045 k	11±2195 j	14±3361 i	الكبد
2135 CD	16±2016 p	14±2005 o	19±2134 n	15±2385 m	الامعاء
1910 E	21±1865 rst	17±1898 r	12±1900 rs	18±1976 q	العضلات
	1689 D	1742 BCD	1835 B	2236 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-18) تركيز الكلوتاتايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (14) يوما

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديميوم	السيطرة	الاعضاء المعاملات
1075 A	12±897 d	18±896 b	14±1078 c	10±1430 a	الغلاصم
1464 B	12±1004 h	20±1030 f	30±1797 g	17±2026 e	الدماغ
1638 C	11±984 l	17±989 j	16±1216 k	14±3361 i	الكبد
1869 D	16±2006 p	14±978 n	18±2105 o	15±2385 m	الامعاء
1858 DE	13±1816 rst	16±1814 r	12±1824 rs	18±1976 q	العضلات
	1341 D	1141 C	1604 B	2236 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 19) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (1) يوم .

تأثير الاعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين (1 يوم)				الاعضاء
	المزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	
134 A	11±120 dbc	15±124 cb	9±138 ba	6.0±152 ae	الغلاصم
151 BA	25 ±145 a-h	7±140 a-g	9±153 fea	15 ±164 me	الدماغ
259 C	11±245 i-l	12±251 kij	14±263 ij	9±276 i	الكبد
199 D	13±185 m-s	14±190 on	9±200 nm	13±220 ml	الامعاء
159 BE	10±143 trabcd	9.01±154 sqrtabcd	18 ±161 rqaefh	11 ±176 q	العضلات
	168 D	172 ABCD	183 ABCD	198 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4 - 20) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) ايام .

تأثير الاعضاء	CAT وحدة / ملغم بروتين 4 ايام				الاعضاء
	المزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	
126 A	11±104 dc	22±116 bc	9±132 bfa	6.0±152 ae	الغلاصم
142 BA	13 ±126 hdcg	18±135 gc	13 ±143 fegh	15 ±164 e	الدماغ
252 C	16±233 lk	18±241 kjl	12±258 jl	9±276 i	الكبد
177 D	24 ± 145 p efgh	15±163 oef	22±181 no	13±220 ml	الامعاء
152 EB	11±130 tsfgh	9±144 sfgh	8±158 rftsqo	11 ±176 q	العضلات
	148 D	160 CD	174 BC	198 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 21) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) ايام .

تأثير الاعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين 7 ايام				الاعضاء
	المزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	
117 A	19±88 d	12±102 cd	15±127 bcd	6.0±152 ae	الغلاصم
126 BA	6±94 hd	13±115 ghd	20±130 fgha	15 ±164 e	الدماغ
232 CB	17±200 l	14±212 kjl	20±239 j	9±276 i	الكبد
170 D	11±140 p	18±152 op	25±168 nop	13±220 ml	الامعاء
144 EB	19±125 tb	16±131 stb	13±145 rstf	11 ±176 aq	العضلات
	129 DC	142 C	162 BC	198 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 22) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوما.

تأثير الاعضاء	CAT وحدة/ملغم بروتين 14يوما				الاعضاء
	المزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	
106 A	11±72 d	13±95 cd	9±106 cb	6±152 a	الغلاصم
113 AB	6±85 hg	11±93 gf	9±111 fc	15±164 ea	الدماغ
214 C	14±180 lk	7±199 k	15±202 jlk	9±276 i	الكبد
164 D	14±133 p	19±147 op	16±154 nop	13±220 m	الامعاء
141 DE	17±115 tf	9±125 stfp	16±137 rstop	11 ±186 eq	العضلات
	117 DC	132 CB	142 B	200 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4-23) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (1) يوم

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
131 A	5±145 abcd	15±131 ab	10±120 abc	25±127 a	الغلاصم
233 B	16±245 efgh	5±240 ef	10±225 efg	11±221 e	الدماغ
217 BC	9±233 jkl	8±228 k	7±210 jk	16±195 i	الكبد
205 CBD	11±225 nop	14±215 n	12±203 on	19±175 m	الامعاء
192 E	12±206 qrst	17±198 qr	7±180 qrs	13±183 q	العضلات
	211 CD	202 C	188 AB	180 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-24) مستوى فعالية المألونثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (4) ايام

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	الاعضاء المعاملة
144 A	18±162 bd	14±156 c	11±132 abc	25±127 a	الغلاصم
245 B	11±267 hf	8±255 efg	12±238 ef	11±221 e	الدماغ
231 BC	13±254 lkj	24±248 j	16±225 kj	16±195 i	الكبد
221 CBD	16±247 pon	19±235 n	9±228 on	19±175 m	الامعاء
209 DE	23±229 qrst	14±225 qr	20±200 qrs	13±183 q	العضلات
	232 D	224 DC	205 BC	180 A	تأثير المعاملة

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-25) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (7) ايام

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	الاعضاء المعاملات
156 A	16±180 cd	9±172 c	14±146 ab	25±127 a	الغلاصم
262 B	17±292 hg	8±284 g	14±249 ef	11±221 e	الدماغ
239 BC	25±270 kgl	13±251 k	19±239 j	16±195 i	الكبد
235 CD	23±274 pgf	24±249 nf	26±240 onf	19±175 md	الامعاء
221 E	14±240 te	18±233 rtsn	16±227 sen	13±183 qmd	العضلات
	251 BD	238 CD	220 BC	180 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى فعالية احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

فعالية احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4-26) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة

A. mossulensis لمدة (14) يوما

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
181 A	16±249 d	17±187 b	21±160 bc	25±127 a	الغلاصم
272 B	15±299 dhgp	22±298 g	19±268 fd	11±221 ae	الدماغ
253 C	26±300 Jlhp	27±269 jk	23±246 kf	16±195 i	الكبد
250 CD	20±290 noph	14±278 nfo	11±257 nof	19±175 bmi	الامعاء
230 E	17±256 strf	10±243 r	19±239 rs	13±183 qe	العضلات
	279 CD	255 C	234 BC	180 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 27) مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في كبد سمكة

A. mossulensis للفترات (1و4و7و14)ايام

المعاملات الفترات	السيطرة	الكادميوم	الرصاص	المزيج	تأثير الفترة الزمنية
1 يوم	12±50 a	13±65 abcd	10 ±88 cdf	17±75 jc	70 A
4 ايام	12±50 a	16±73 c	12± 129 kg	17±112 ek	91 B
7 ايام	12±50 a	20±82 d	17±133 hgi	11±127 lhm	98 BC
14 يوم	12±50 a	18±96 e	13± 141 igh	15±130 mhl	104 CBD
تأثير المعاملات	50 A	79 B	123 C	111 CD	

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى فعالية احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4-28) مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في عضلات سمكة

A. mossulensis للفترات (1و4و7و14)ايام

تأثير الفترة الزمنية	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	المعاملات الفترات
45 A	22±48 a-f	17±55 a-h	10± 42 a-e	9±35 a	1 يوم
55 AB	17±61 efhijklg	13±68 cef	14±54 e	9±35 a	4 ايام
64 ABCD	13±73 ghijklj	15±77 efghjklmi	23±69 efgijkh	9±35 a	7 ايام
72 D	18±80 ghijkljm	24±96 lk	16±78 k	9±35 a	14 يوم
	66 DCB	74 CB	61 B	35 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 29) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء

سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
33 A	2±35 abd	6±38 abcd	4±31 ab	2±27 a	الغلاصم
75 B	10±78 e-h	11±85 efg	9±72 ef	5±66 e	الكبد
57 C	13±61 i-l	15±69 jk	12±54 lj	8±45 bcdi	العضلات
	58 ABCD	64 AC	52 ACB	46 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 30) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
40 A	12±44 d	5±49 dbc	3±38 ab	2±27 a	الغلاصم
82 B	17±85 e-h	10±99 hg	8±77 efk	5±66 ejl	الكبد
62 C	9±68 Jkl	18±74 jkfe	14±59 ij	8±45 bcdi	العضلات
	66 ABCD	74 C	58 AB	46 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 31) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديموم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
45 A	9±52 bcdeij	6±58 bce	7±43 b	2±27 a	الغلاصم
83 CB	7±88 fgklh	7±95 fg	12±82 ef	5±66 e	الكبد
65 C	8±73 jkl	11±78 jk	17±64 ij	8±45 i	العضلات
	71 D	77 CD	63 BA	46 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 32) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	الاعضاء المعاملات
56 A	12±67 bcde	9±72 ce	10±59 cbe	2±27 a	الغلاصم
102 B	15±118 h	20±129 g	7±94 cf	5±66 e	الكبد
69 AC	10±77 bcdejl	14±83 cdelk	16±70 cdbj	8±45 iebe	العضلات
	87 D	95 CD	74 BD	46 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 33) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
17 A	1±18 acd	5±22 c	4± 16 abcd	2±12 a	الغلاصم
51 B	3±55 e-h	8±61 g	6±48 ef	11±40 e	الكبد
28 CA	2±29 l	5±33 ijkl	3±26 ijkl	9±23 icd	العضلات
	34 ABCD	39 ABC	30 AB	25 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 34) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
30 A	3±39 bcd	6±44 c	4±26 b	2±12 a	الغلاصم
64 B	8±72 gfh	4±81 g	9±64 f	11±40 e	الكبد
35 CA	6±35 jkl	8±49 jk	4±31 ij	9±23 i	العضلات
	49 BCD	58 DBC	40 CDB	25 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 35) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
38 A	6±47 bcd	9±61 c	4±33 b	2±12 a	الغلاصم
74 B	6±84 ghf	7±99 g	10±72 f	11±40 e	الكبد
45 AC	8±51 kjl	11±60 k	7±44 j	9±23 i	العضلات
	61 DCB	73 C	50 B	25 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 36) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .

تأثير الاعضاء	المزيج	الرصاص	الكاديوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
44 A	8±55 d	5±69 c	6±40 b	2±12 a	الغلاصم
88 B	18±111 hg	12±116 g	4±84 f	11±40 e	الكبد
55 C	17±67 l	13±78 k	10±51 j	9±23 i	العضلات
	78 D	88 C	58 B	25 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4 - 37) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .

تأثير الاعضاء	مزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
23 A	7±22 bcd	3±31 bc	4±20 ab	2±18 a	الغلاصم
105 B	10±111 gfh	24±127 g	27±96 ef	22±84 e	الكبد
83 C	7±79 ei-l	16±98 jk	20±86 eij	13±70 ei	الامعاء
72 CD	8±74 mnop	11±78 nmpo	7±70 cmn	9±65 liocdm	العضلات
	72 BCD	84 BC	68 AB	59 A	تأثير المعاملات

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

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

حسب اختبار Tukey.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى

احتمالية ($P < 0.05$).

الجدول (4- 38) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام

تأثير الاعضاء	مزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
23 A	6±23 a-d	8±29 abc	6±20 ab	2±18 a	الغلاصم
131 B	23±141 h	17±165 g	13±132 f	22±84 e	الكبد
92 C	15±99 ejl	26±107 mk	14±90 ej	13±70 ei	الامعاء
75 CD	8±79 pmno	10±84 om	21±72 nmo	9±65 min	العضلات
	86 CBD	96 BC	79 B	59 A	تأثير المعاملة

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

الجدول (4- 39) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام

تأثير الاعضاء	مزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
30 A	5±32 bcd	7±40 bc	4±28 ab	2±18 a	الغلاصم
167 B	16±197 gh	18±211 g	23±174 F	22±84 e	الكبد
96 C	10±104 jkl	17±110 jk	11±98 eij	13±70 ei	الامعاء
80 CD	20±84 eijnop	3±89 eijno	5±81 ein	9±65 eim	العضلات
	104 DC	113 CDB	95 B	59 A	تأثير المعاملة

المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

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

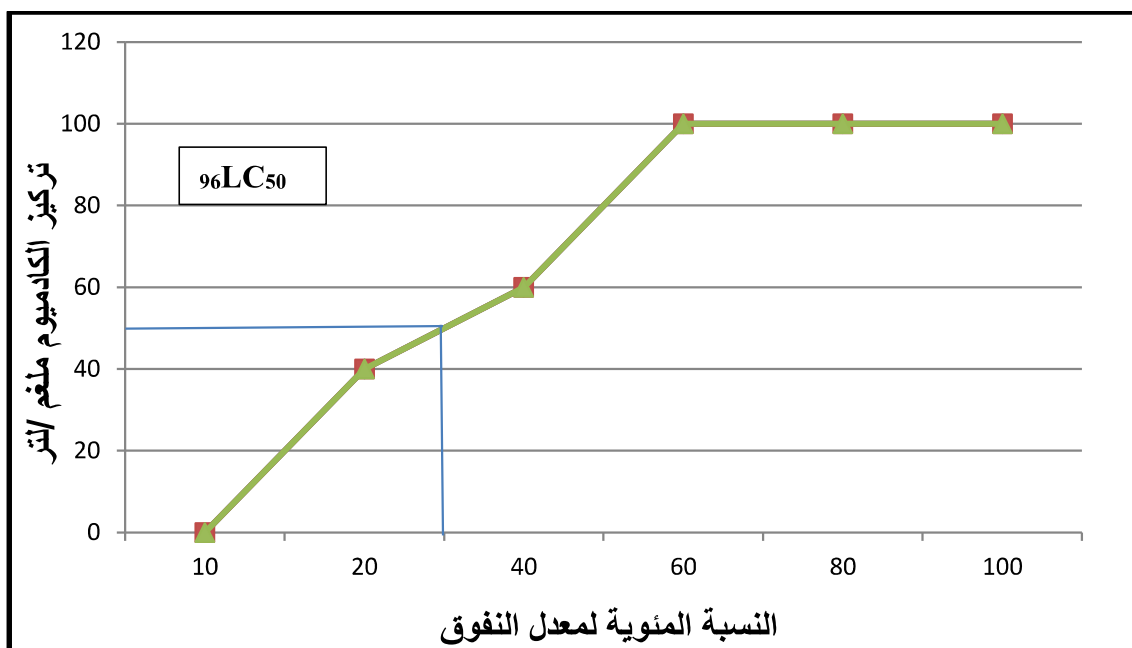
الجدول (4- 40) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .

تأثير الاعضاء	مزيج	رصاص	كادميوم	السيطرة	المعاملات الاعضاء
32 A	8±35 bcd	6±45 bc	9±30 b	2±18 a	الغلاصم
170 B	25±203 gh	28±215 g	27±179 f	22±84 ie	الكبد
94 C	19±103 ljk	24±114 k	20±89 ji	13±70 i	الامعاء
87 CD	16±94 nop	16±99 on	20±90 jn	9±65 im	العضلات
	109 DBC	118 BC	97 B	59 A	تأثير المعاملة

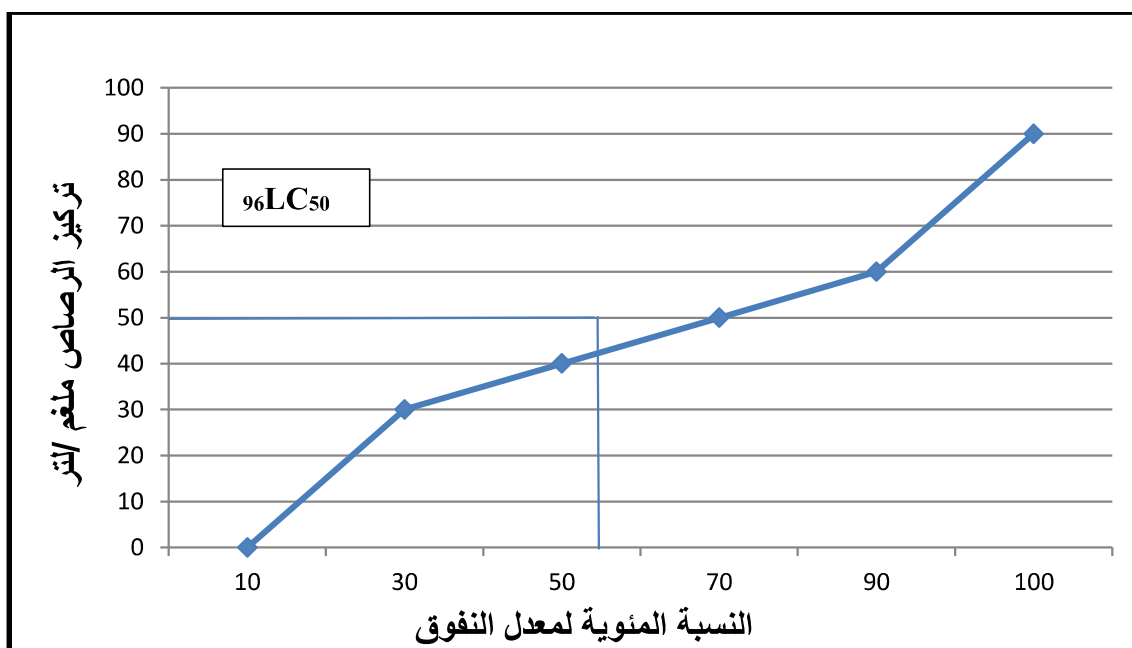
المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة صغيرة تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$) حسب اختبار Tukey.

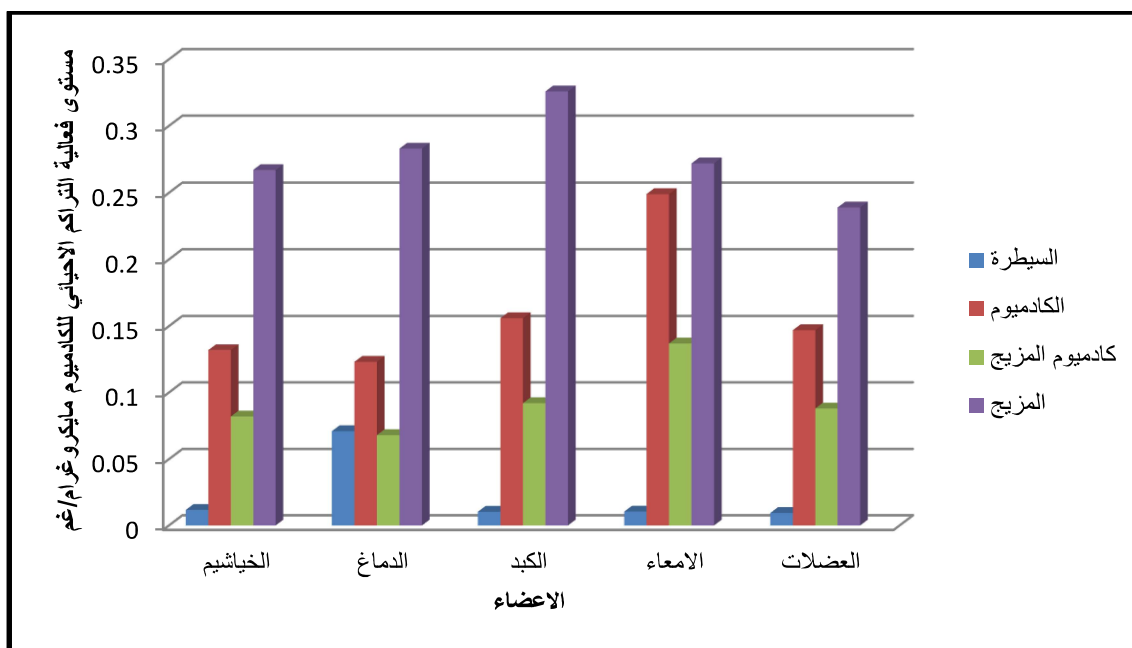
الأرقام المتبوعة باحرف مختلفة كبيرة تدل على وجود فرق معنوي (في مجمل التجربة) عند مستوى احتمالية ($P < 0.05$).



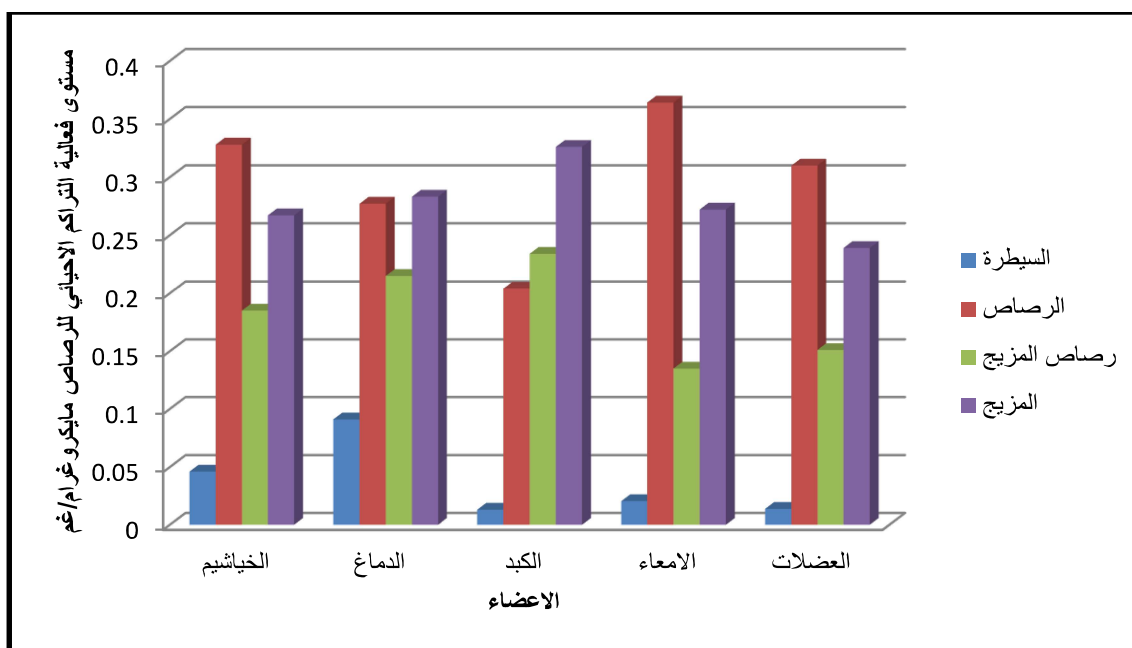
الشكل (1-4): متوسط قيم $96LC_{50}$ لاسماك *A. mossulensis* المعرضة لتراكيز من الكاديوم.



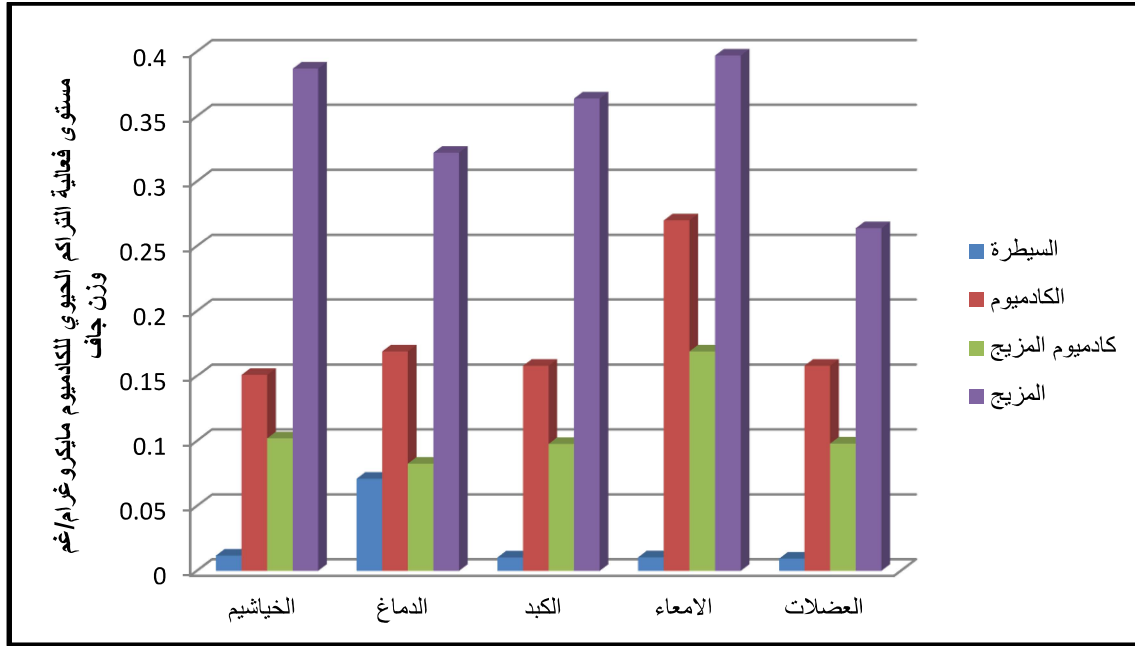
الشكل (2-4): متوسط قيم $96 LC_{50}$ لاسماك *A. mossulensis* المعرضة لتراكيز من الرصاص.



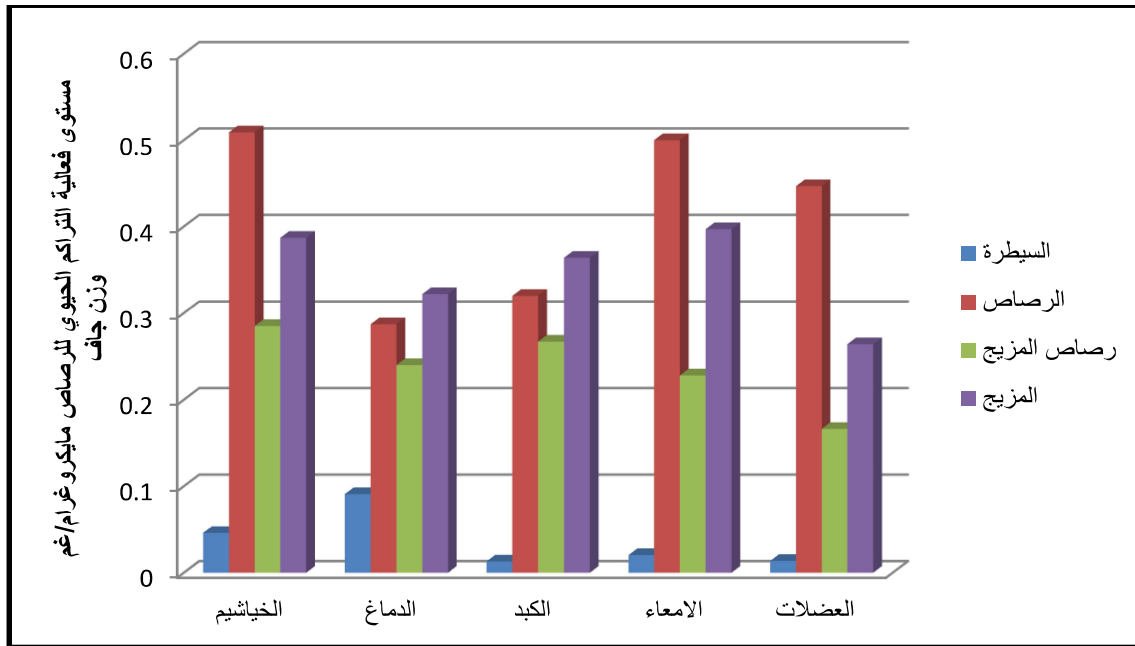
الشكل (3-4) التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (1) يوم



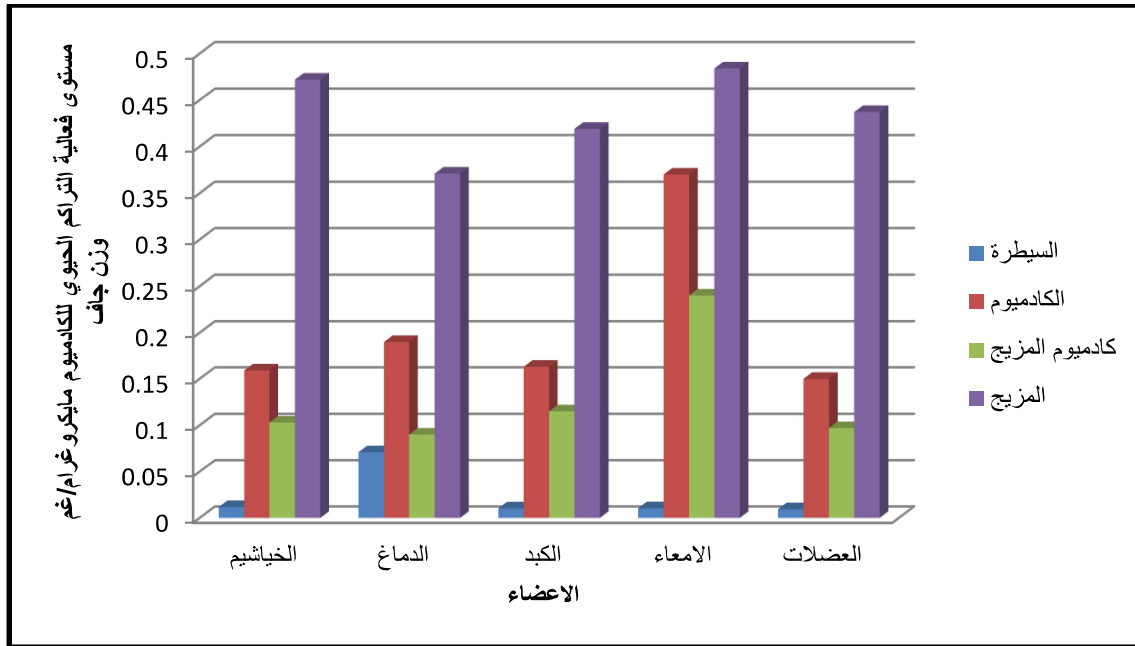
الشكل (4-4) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (1) يوم



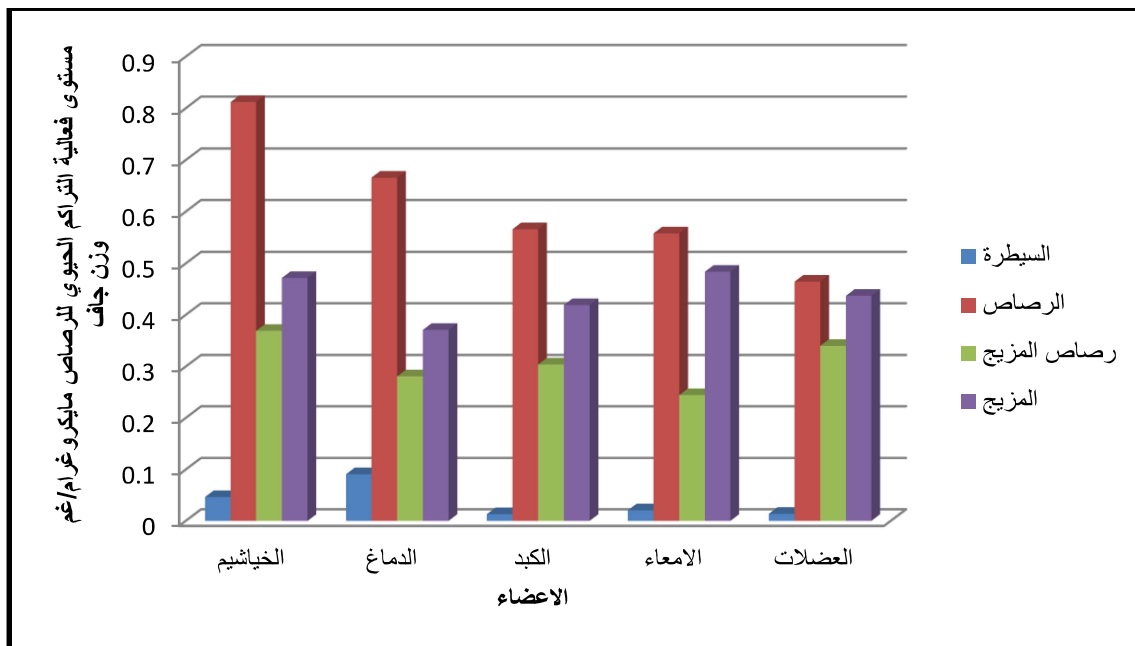
الشكل (4-5) التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (4) يوم



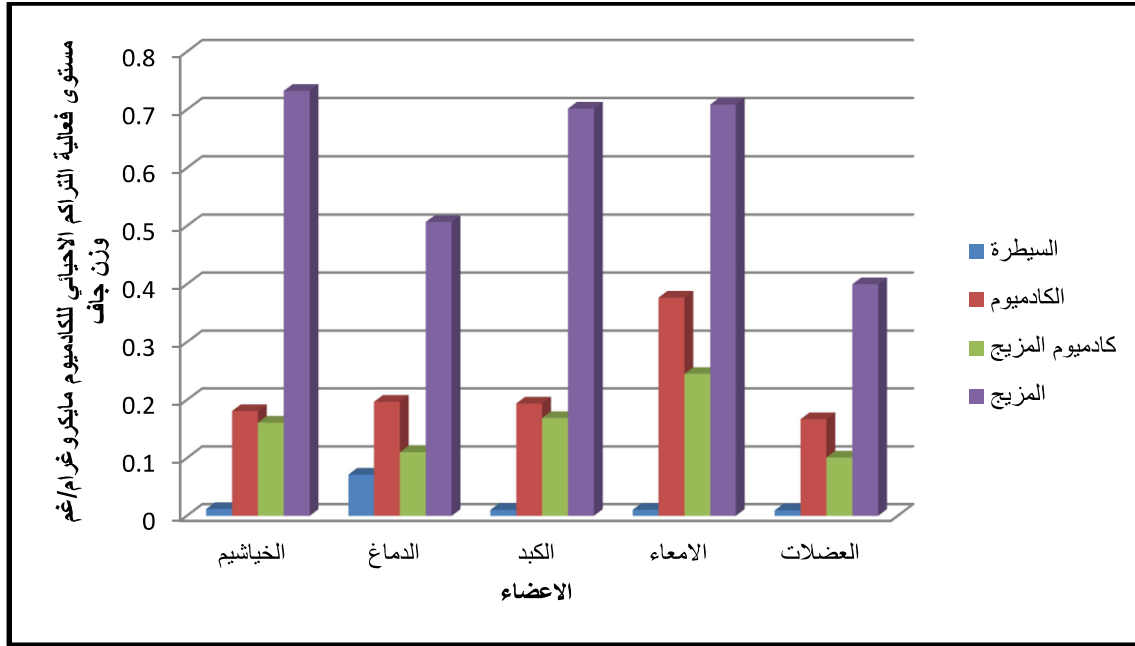
الشكل (4-6) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (4) ايام



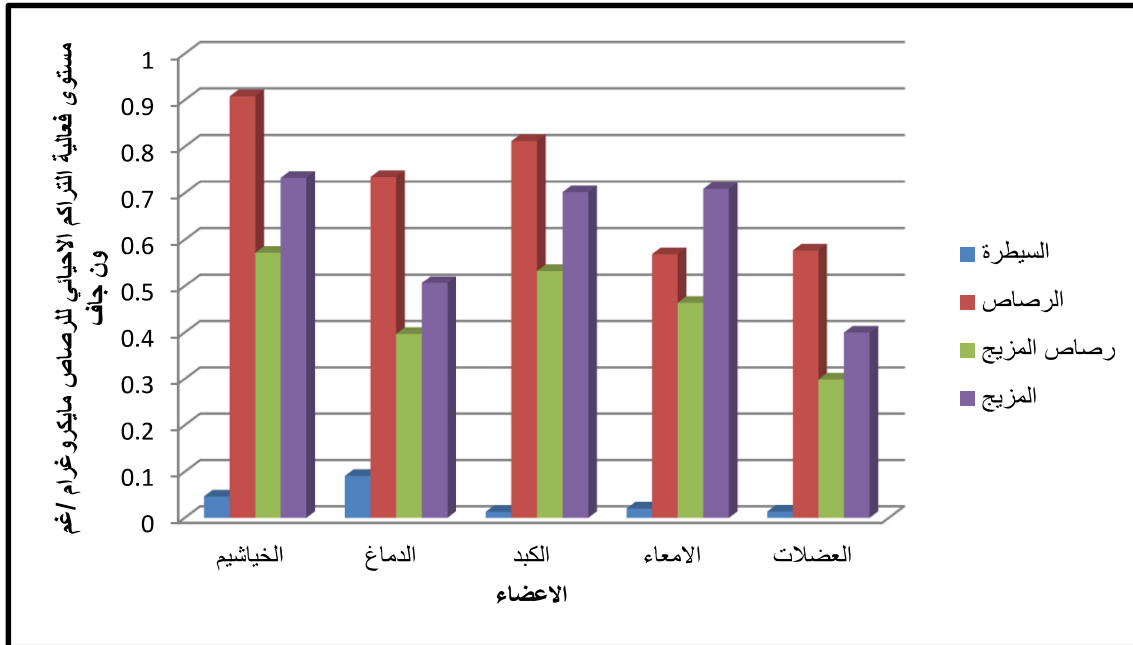
الشكل (4-7) التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (7) ايام



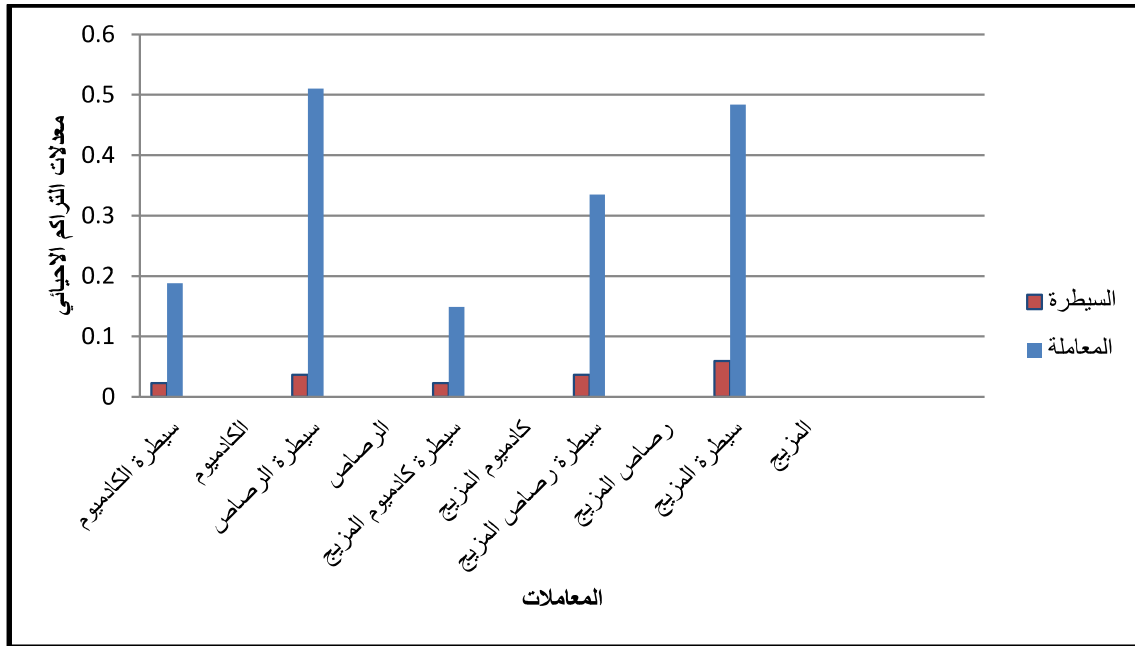
الشكل (4-8) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (7) ايام



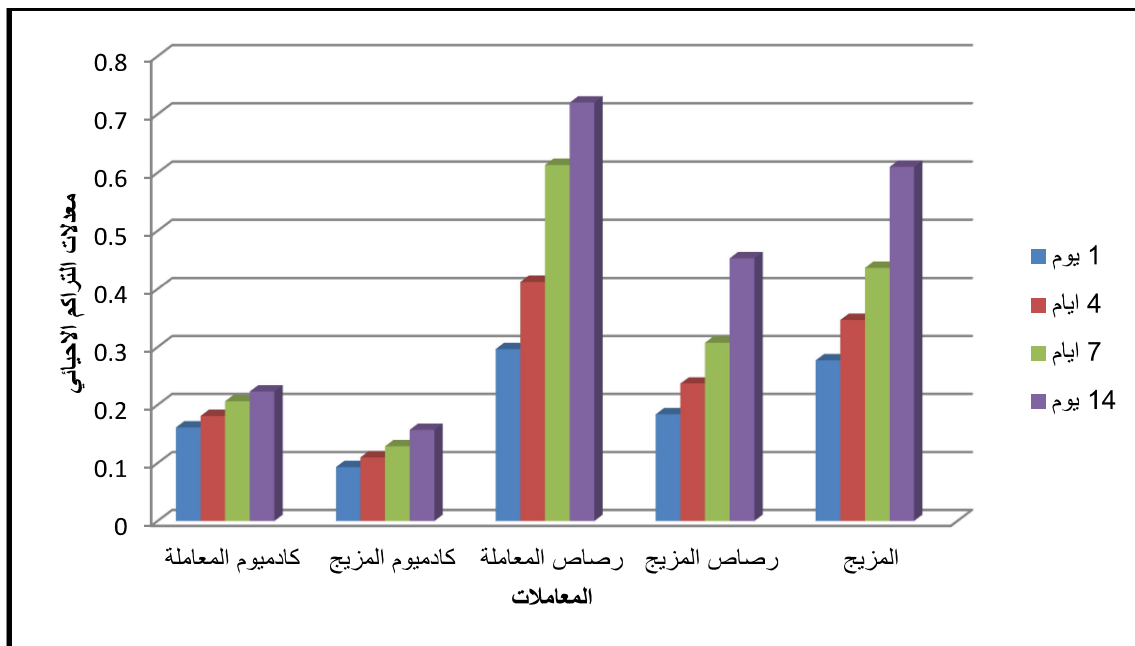
الشكل (4-9) التراكم الاحيائي للكاديوم (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (14) يوما



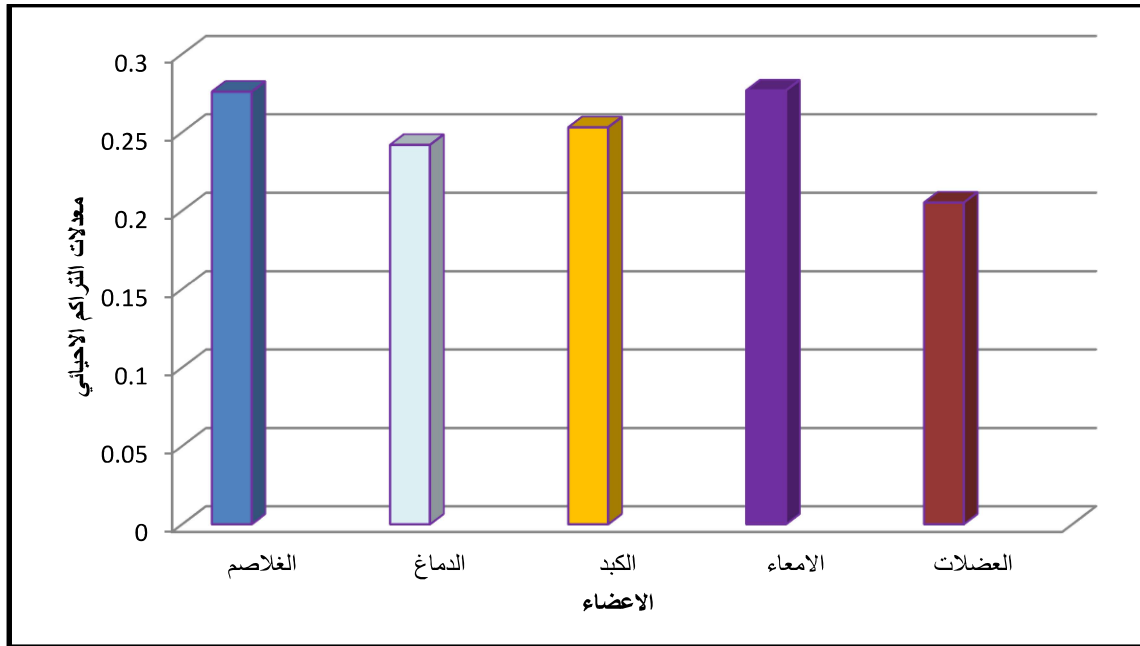
الشكل (4-10) التراكم الاحيائي للرصاص (مايكروغرام/غم) وزن جاف في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* لمدة (14) يوما.



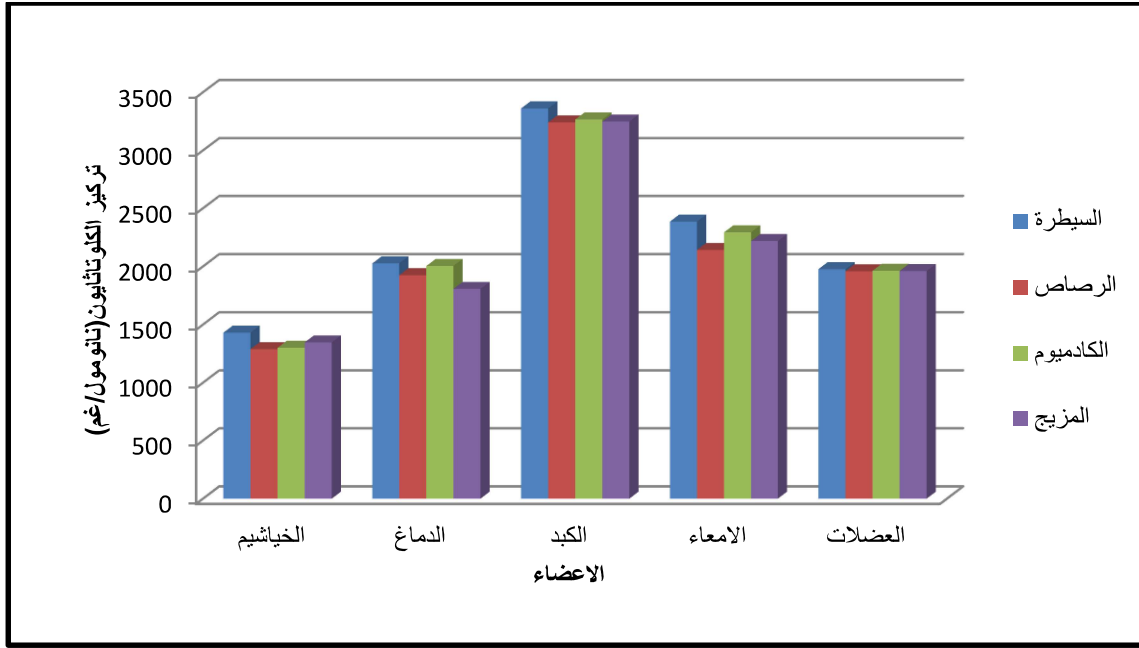
الشكل (4-11) مقارنة معدلات التراكم الاحيائي لتاثير المعاملات مع مجموعة سيطرتها للفترات (1 و4 و7 و14) يوما



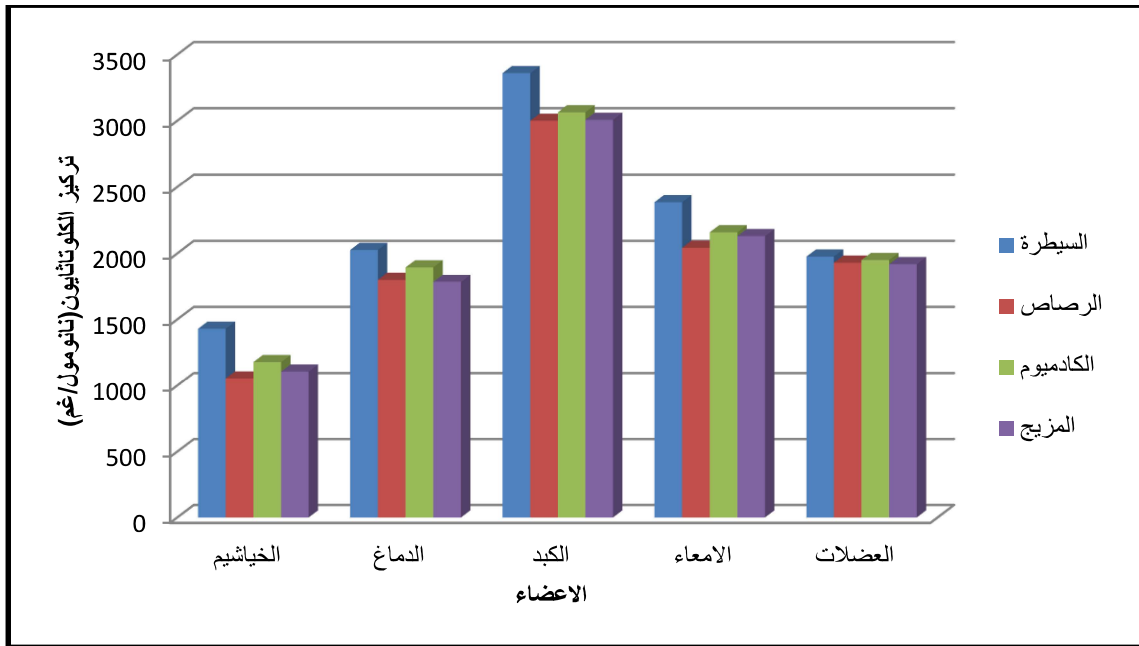
الشكل (4-12) معدلات التراكم الاحيائي للمعاملات في بعض اعضاء اسماك *mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما



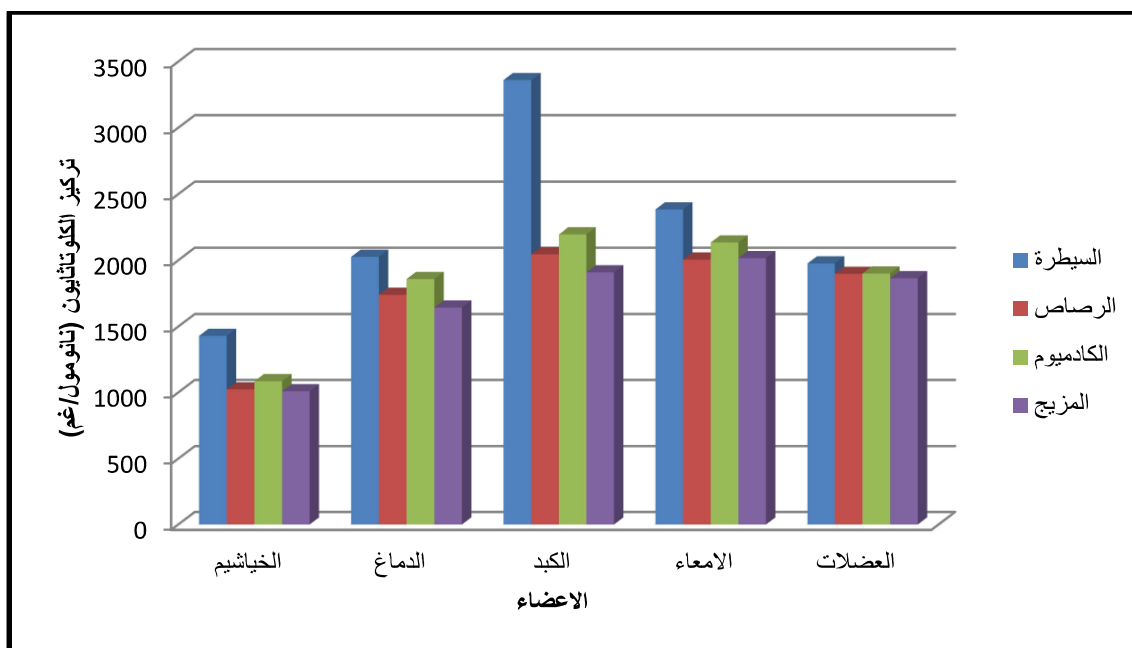
الشكل (4-13) يبين معدل التراكم الاحيائي في بعض اعضاء اسماك *A. mossulensis* للفترات (1 و4 و7 و14) يوما ولجميع المعاملات



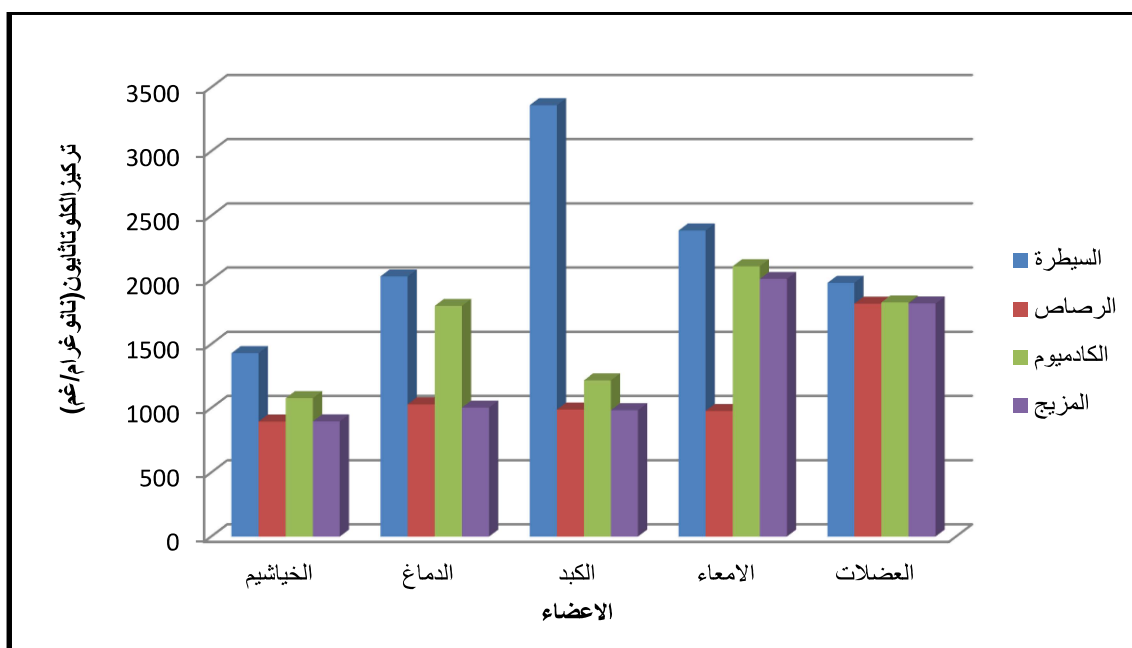
الشكل (4-14) مستوى فعالية الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (1) يوم



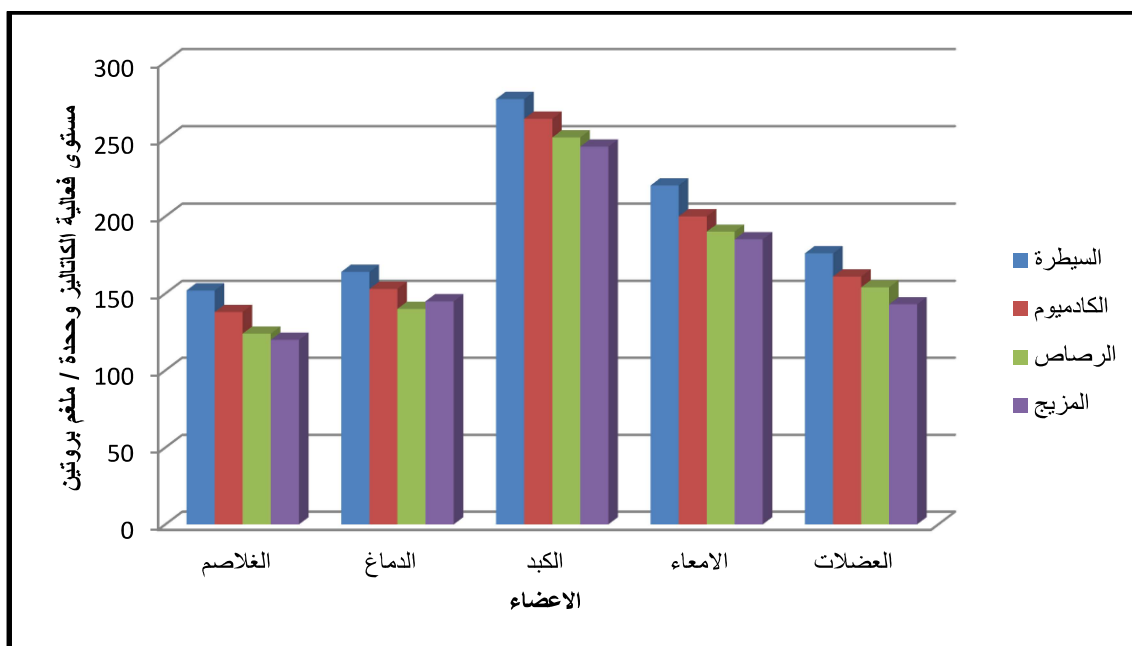
الشكل (4-15) تركيز الكلوتاثايون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) ايام



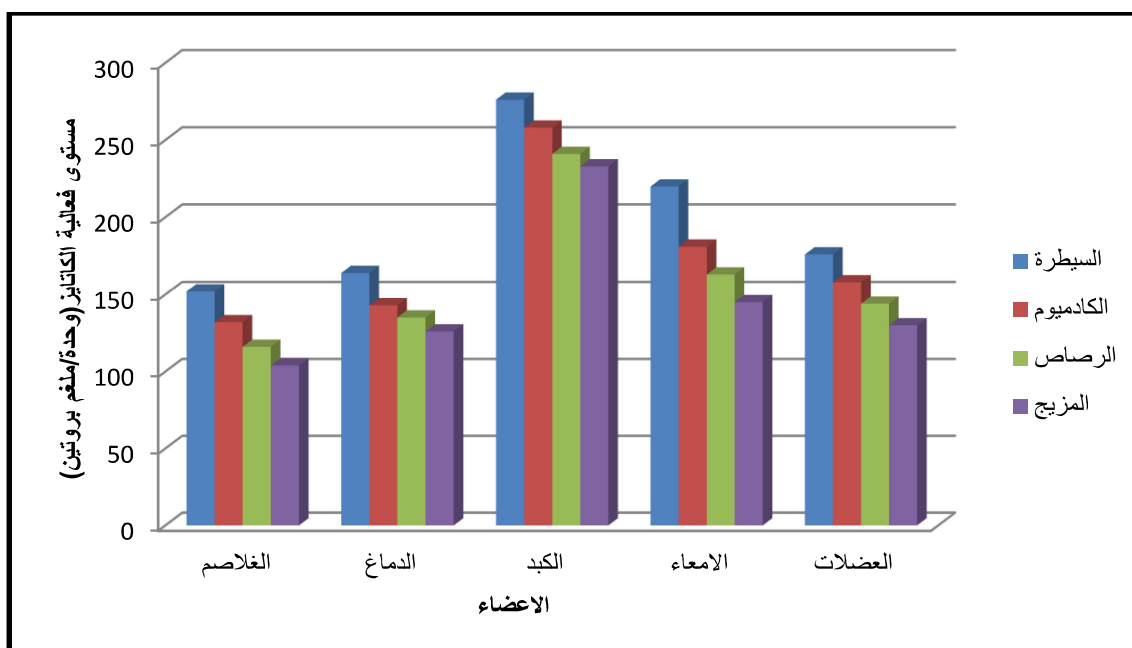
الشكل (4-16) تركيز الكلونازيبون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) ايام



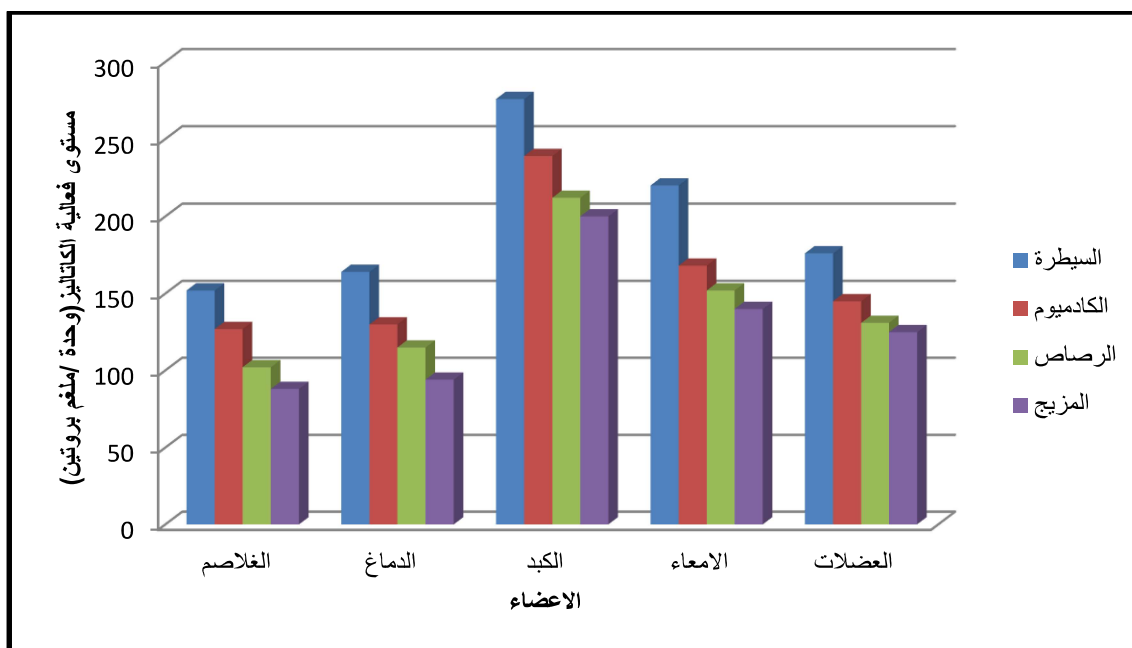
الشكل (4-17) تركيز الكلونازيبون (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوما



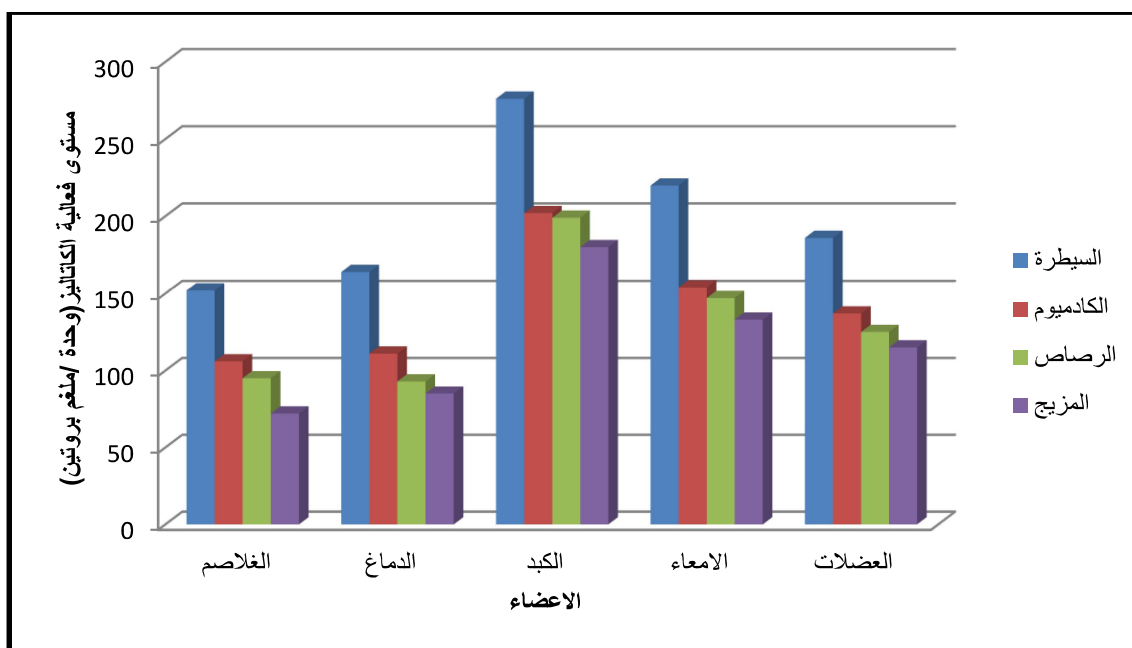
الشكل (4- 18) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (1) يوم .



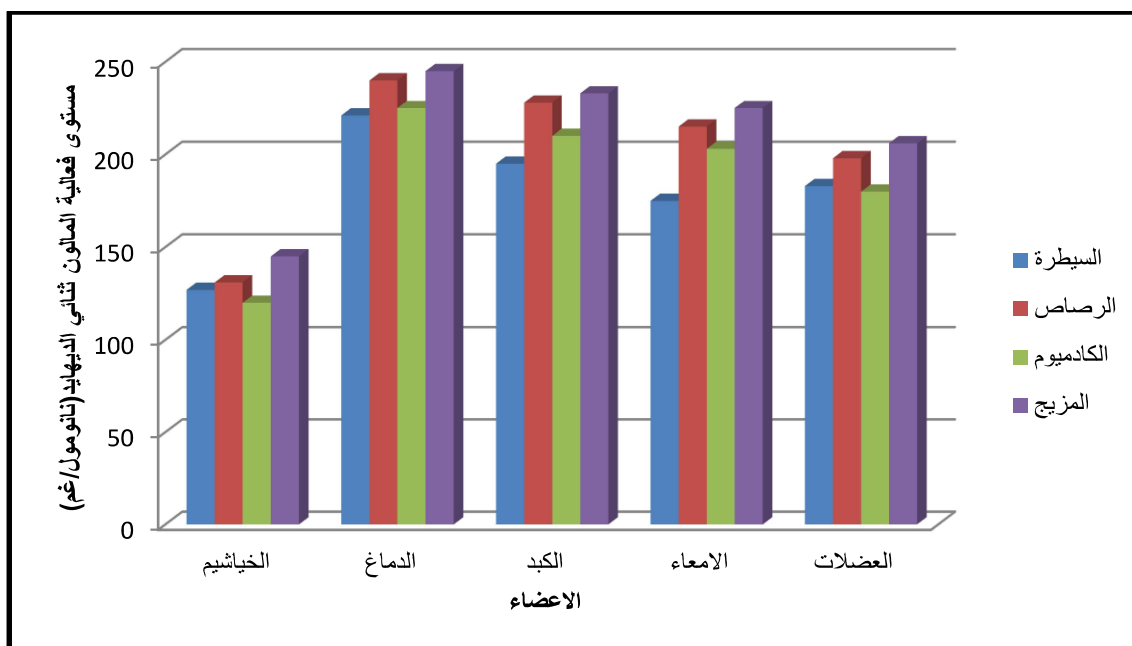
الشكل (4 - 19) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) ايام



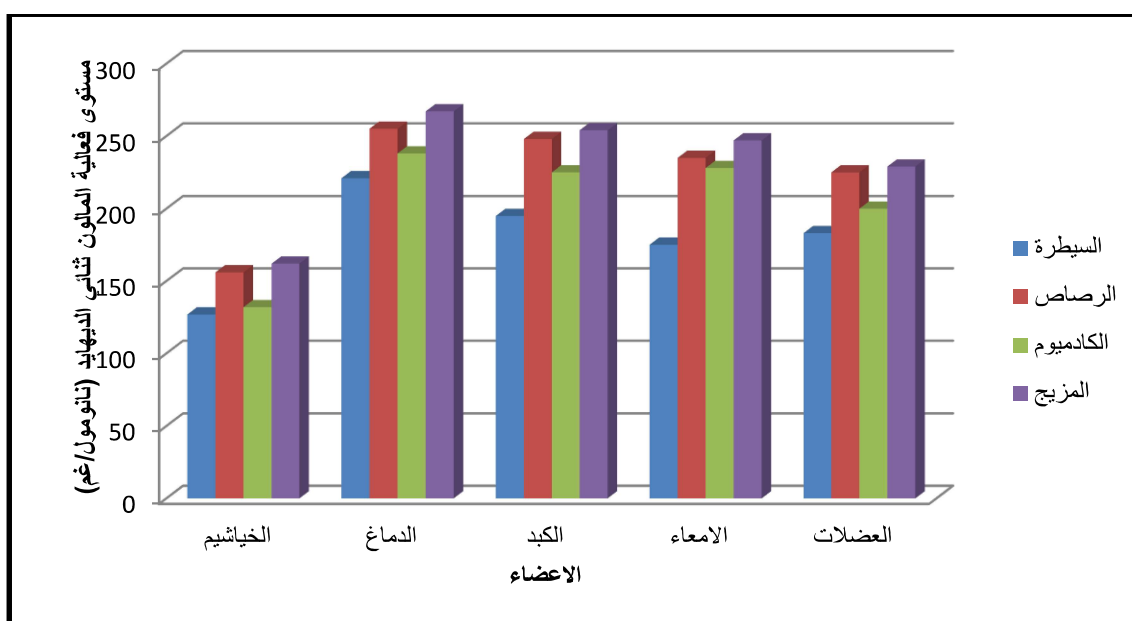
الشكل (4- 20) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) ايام .



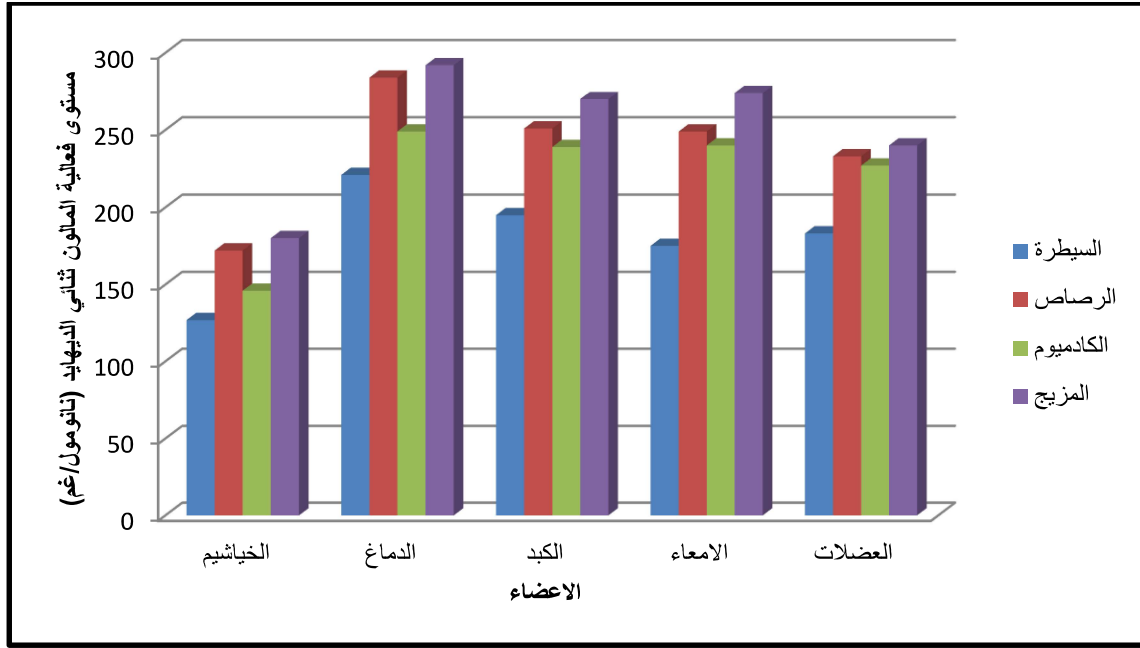
الشكل (4- 21) مستوى فعالية الكاتاليز (وحدة / ملغم بروتين) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوما



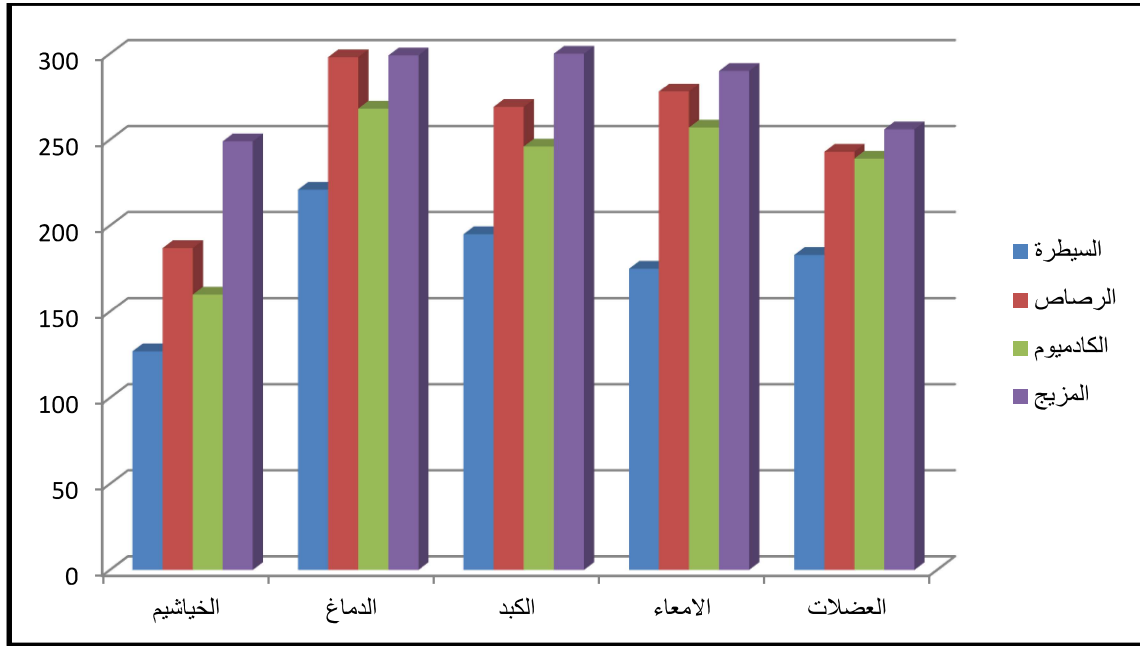
الشكل (4-22) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (1) يوم



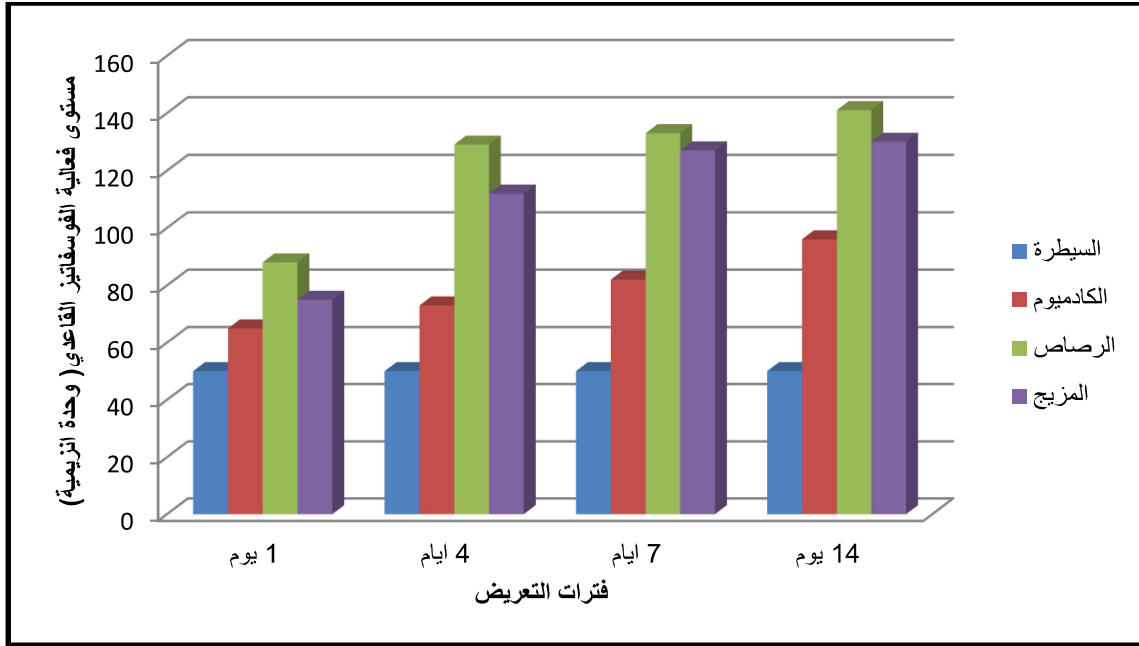
الشكل (4-23) مستوى فعالية المألون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (4) ايام



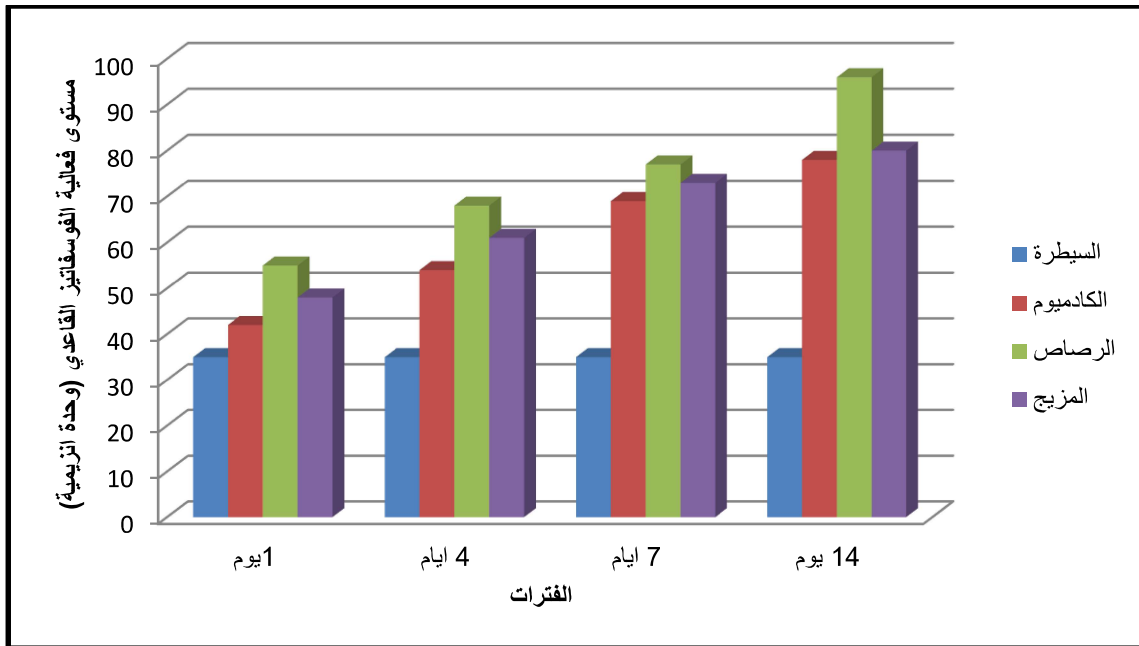
الشكل (4-24) مستوى فعالية المالوندايديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (7) ايام



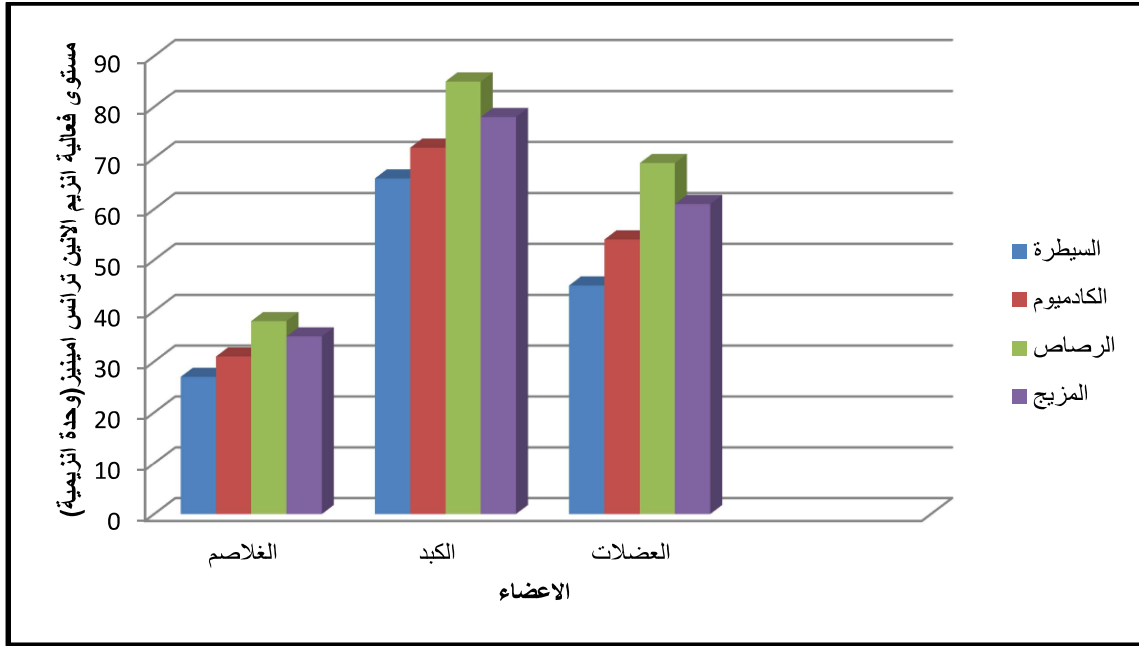
الشكل (4-25) مستوى فعالية المالون ثنائي الديهايد (نانومول/غم) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لمدة (14) يوما



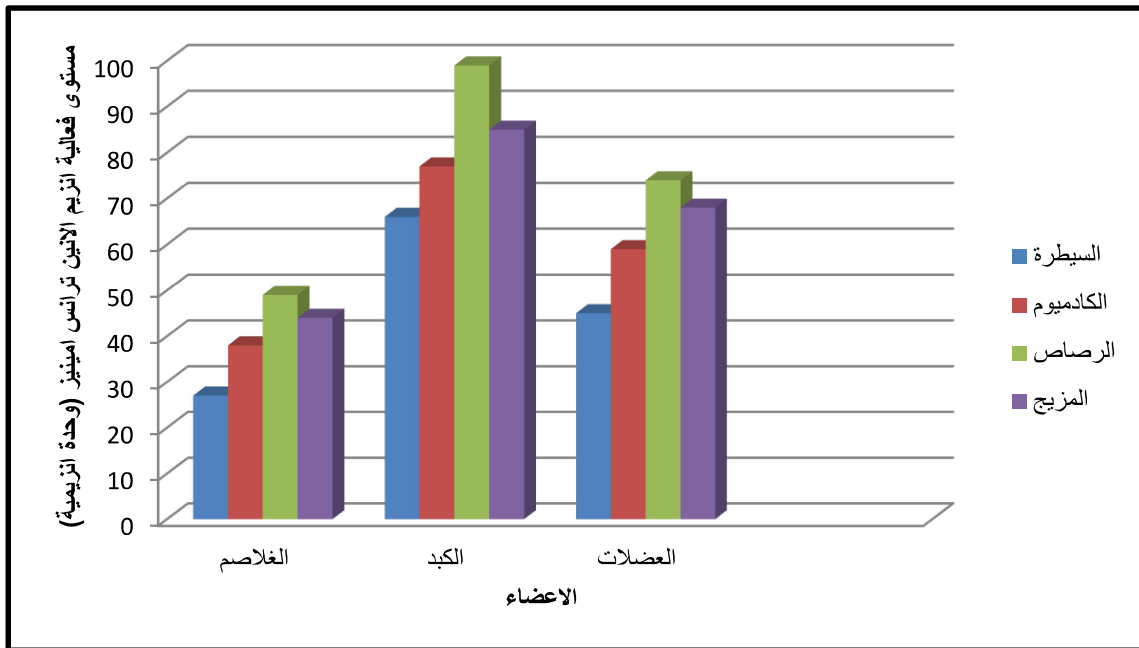
الشكل (4- 26) مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في كبد سمكة *A. mossulensis* للفترات (1و4و7و14)ايام



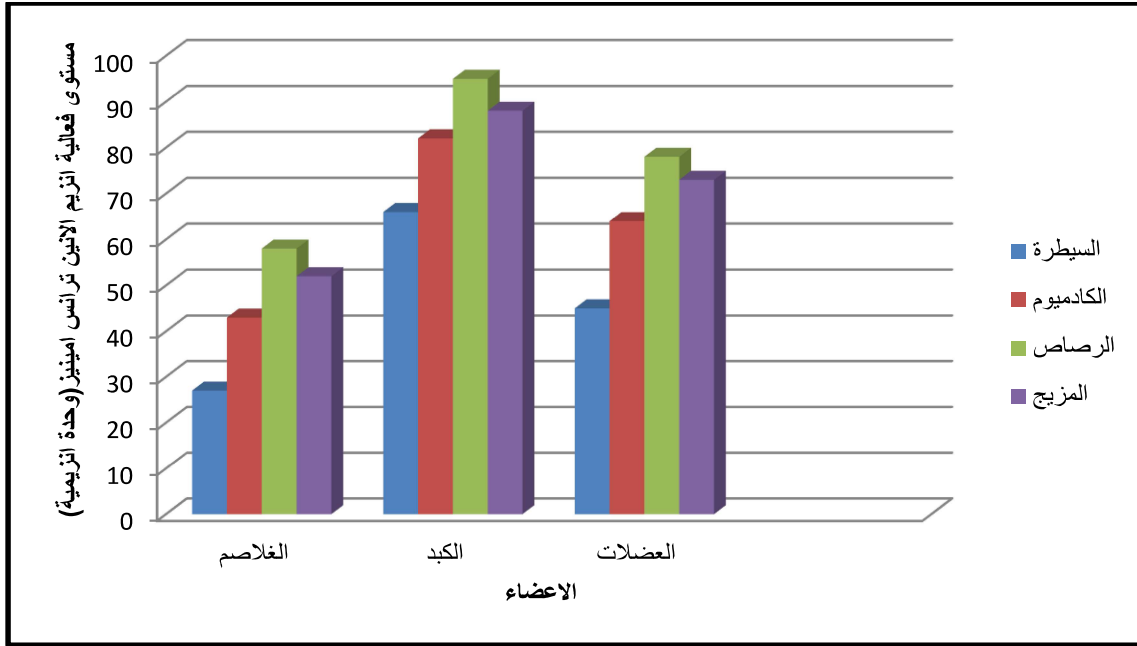
الشكل (4- 27) مستوى فعالية الفوسفاتيز القاعدي (وحدة انزيمية) في عضلات سمكة *A. mossulensis* للفترات (1و4و7و14)ايام



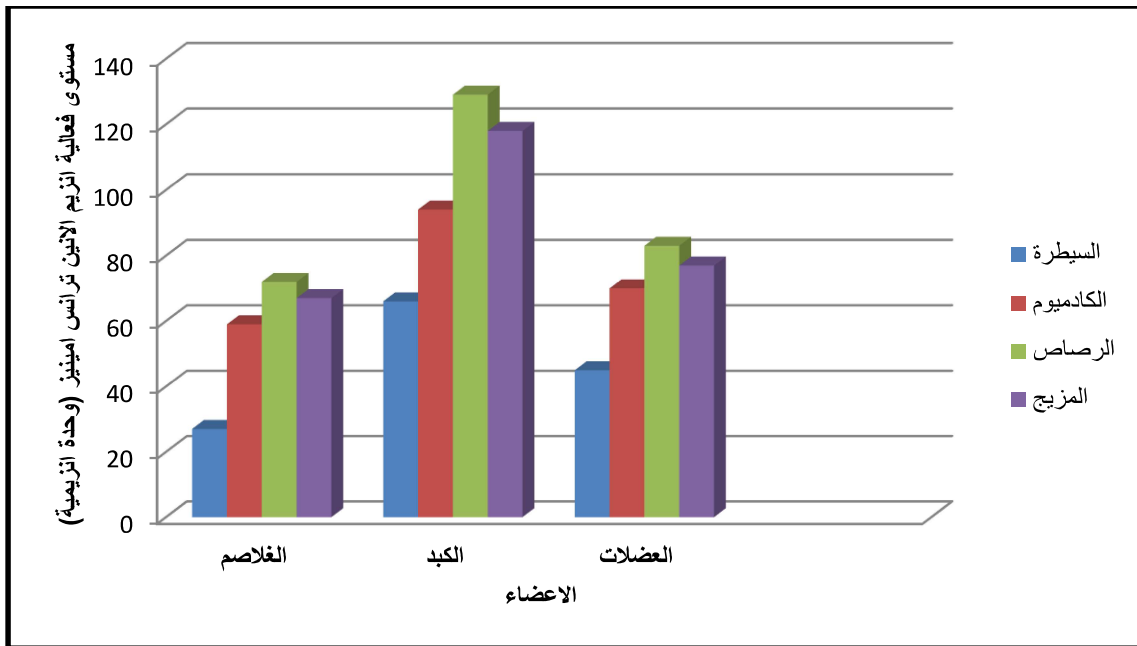
الشكل (4- 28) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض
 اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .



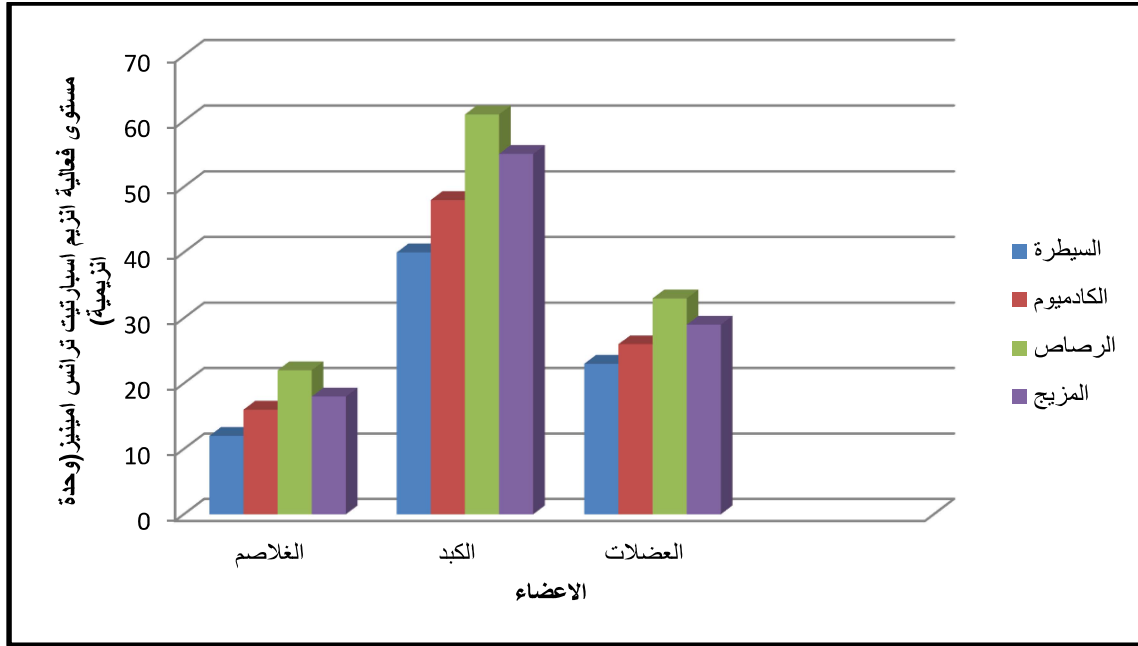
الشكل (4- 29) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض
 اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام .



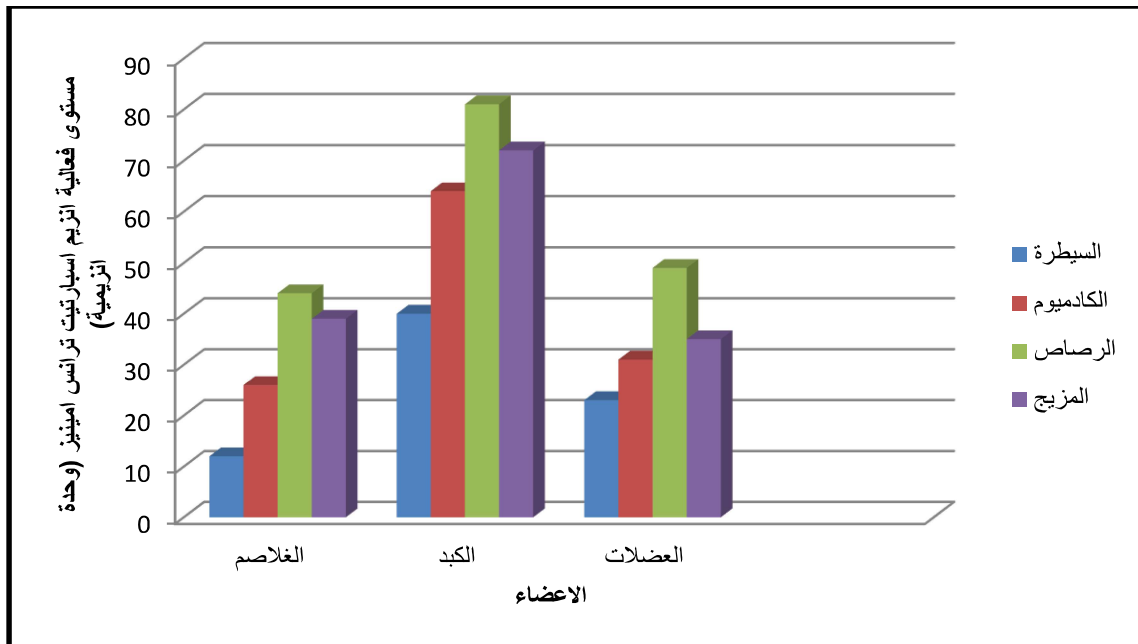
الشكل (4- 30) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام



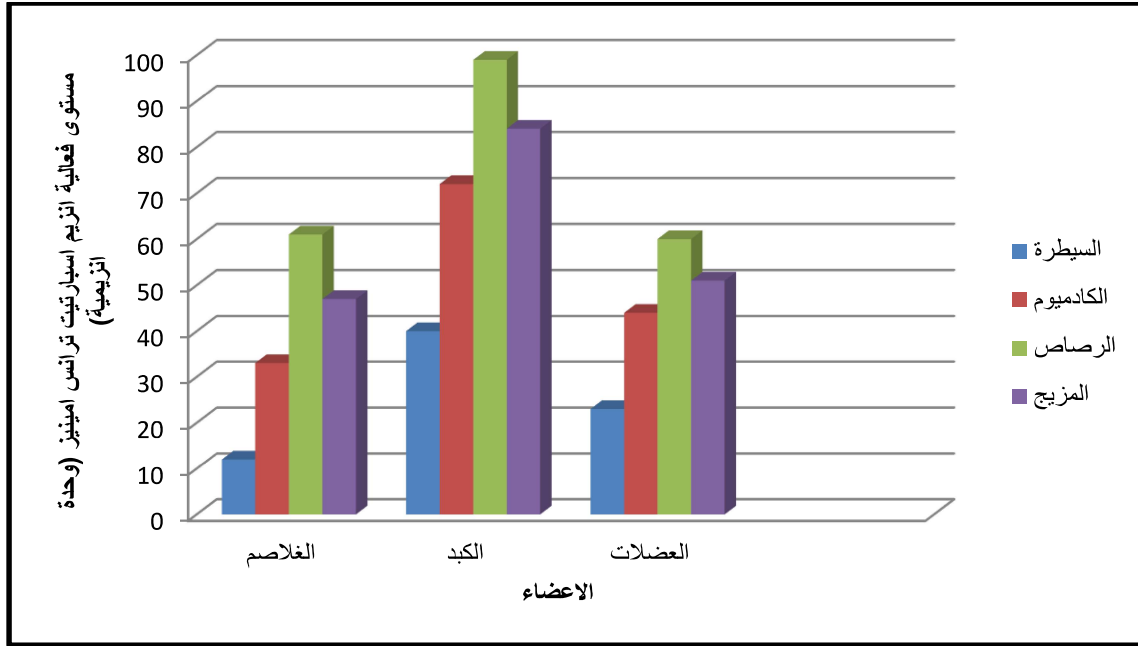
الشكل (4- 31) مستوى فعالية انزيم الانين ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .



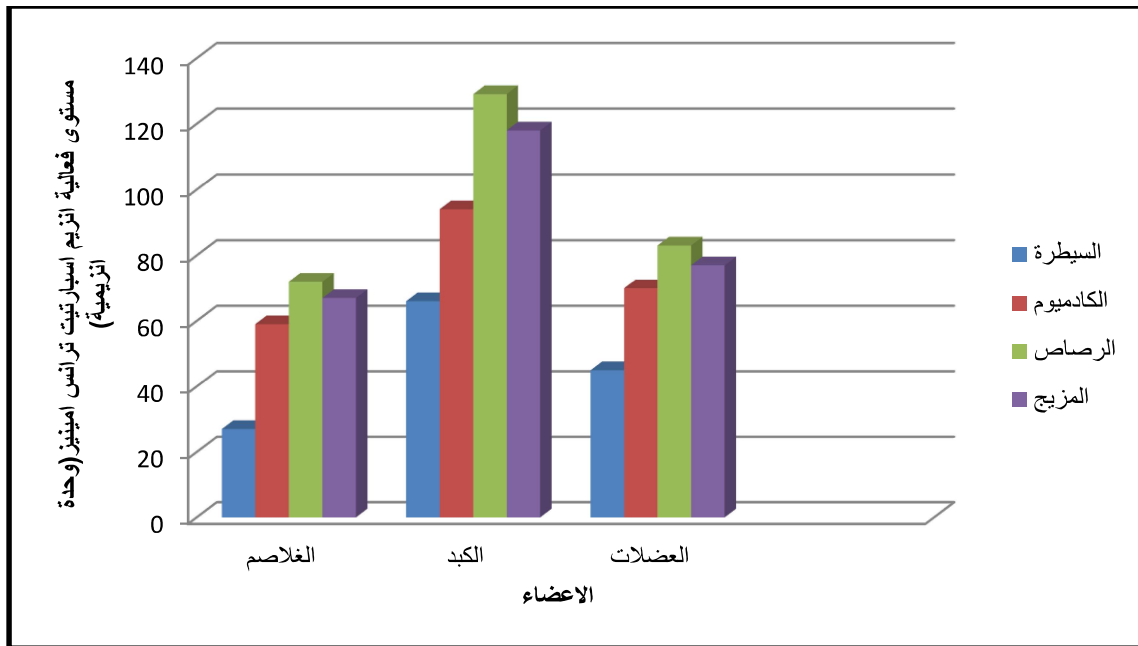
الشكل (4- 32) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .



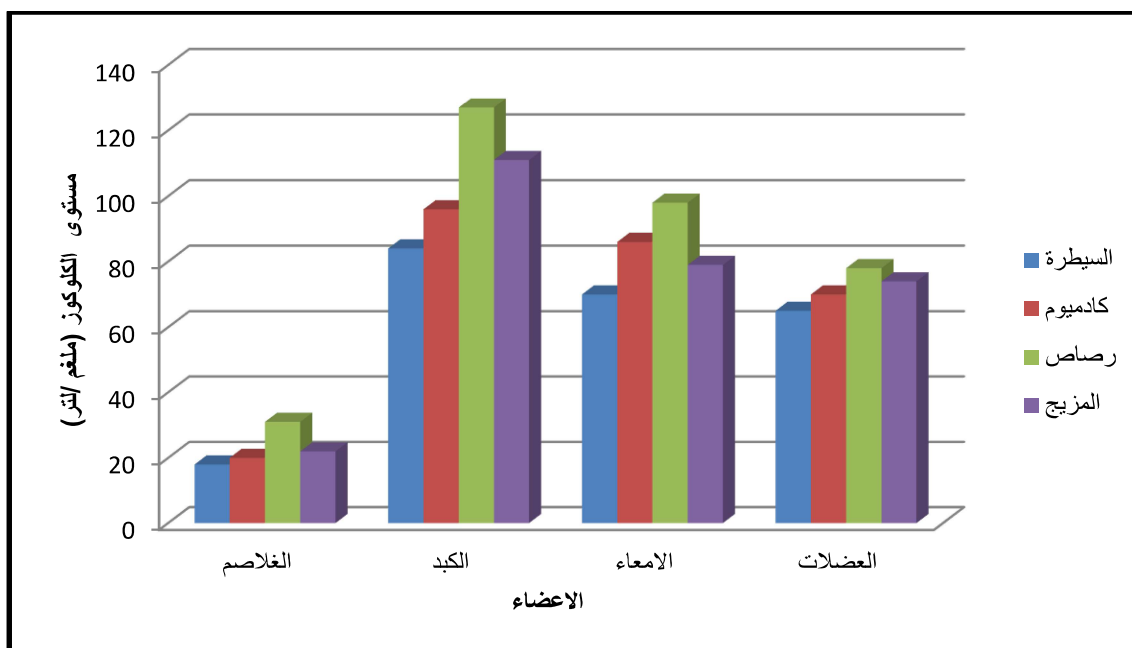
الشكل (4- 33) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام .



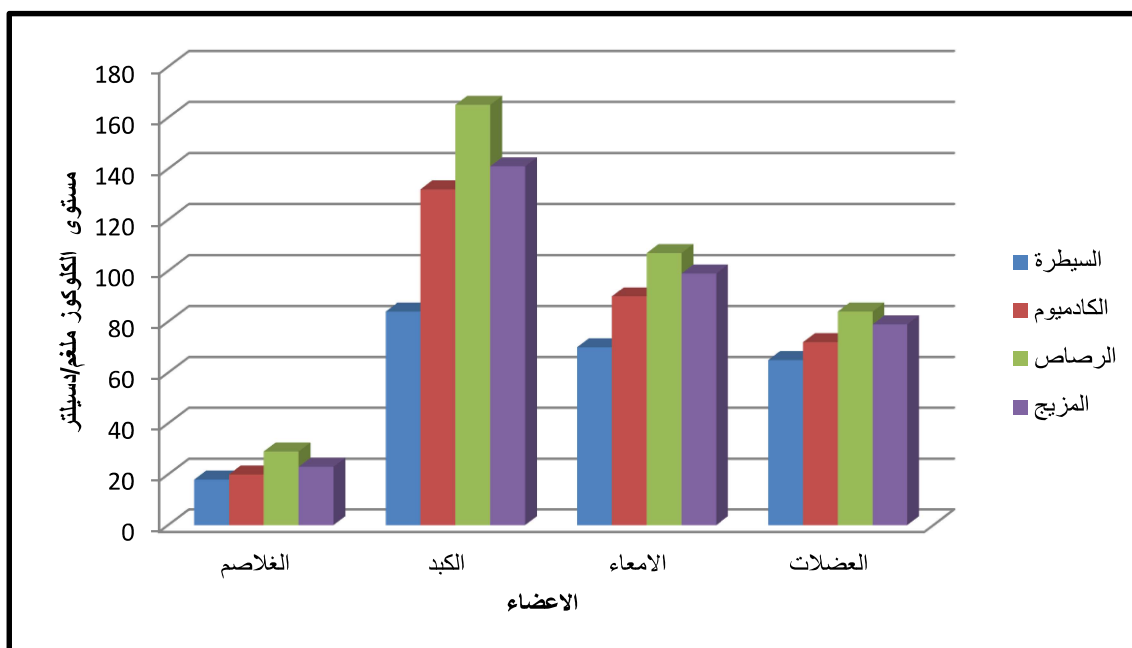
الشكل (4 - 34) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام .



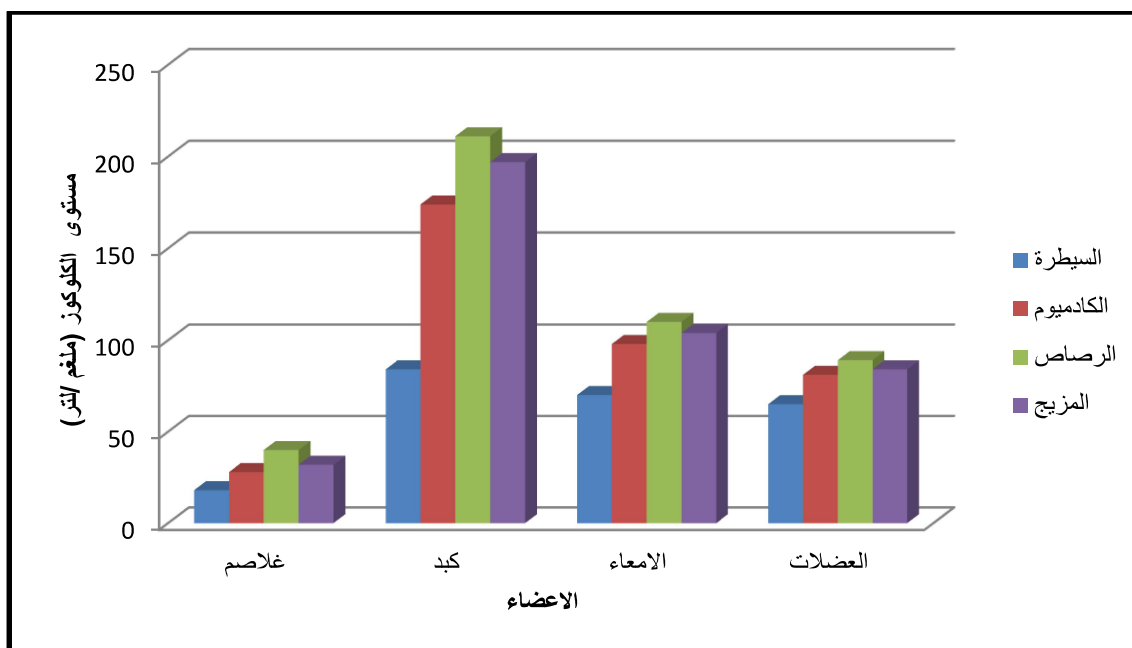
الشكل (4 - 35) مستوى فعالية انزيم اسبارتيت ترانس امينيز (وحدة انزيمية) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .



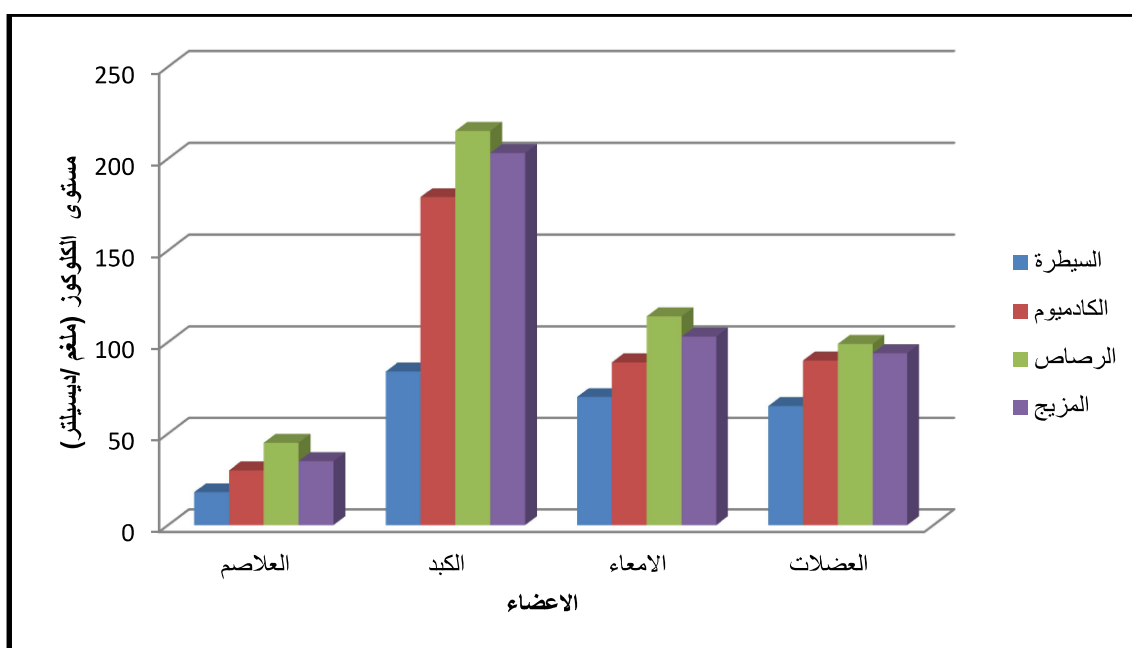
الشكل (4-36) مستوى الكلوكوز (ملغم / لتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (1) يوم .



الشكل (4-37) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (4) ايام .



الشكل (4- 38) مستوى الكلوكوز (ملغم / لتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (7) ايام .



الشكل (4- 39) مستوى الكلوكوز (ملغم / ديسيلتر) في بعض اعضاء سمكة *A. mossulensis* لفترة (14) يوما .

الصورة(1-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* (مجموعة السيطرة) تظهر خلايا الدم الحمر بشكل بيضوي تحوي نواة مركزية بيضوية . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(2-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم تظهر خلايا الدم الحمر بشكل دمعة(TC). ملون جمزا. x1000 .

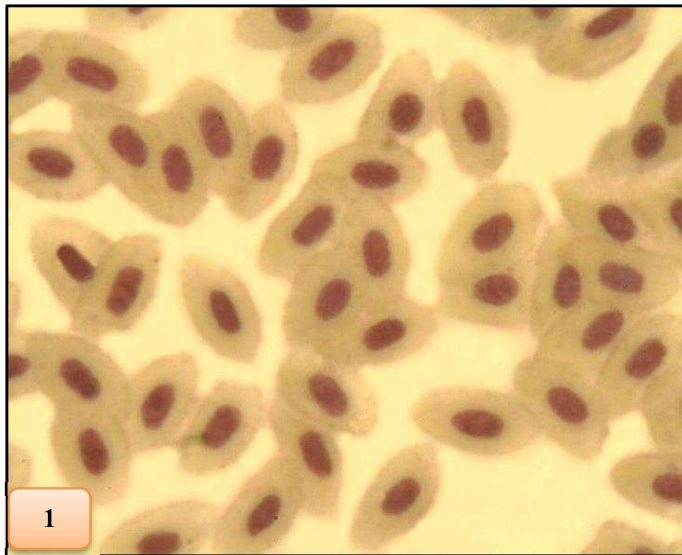
الصورة(3-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 1يوم تظهر خلايا الدم الحمر بشكل دمعة (TC) وتبين النواة الصغيرة (MN)،النواة المثلمة (N). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 1 يوم تظهر خلايا الدم الحمر بشكل منجلي (SC) ،النواة الصغيرة (MN) وتفجى النواة (VN) ،تفجى الساييتوبلازم (CV) . ملون جمزا. x1000 .

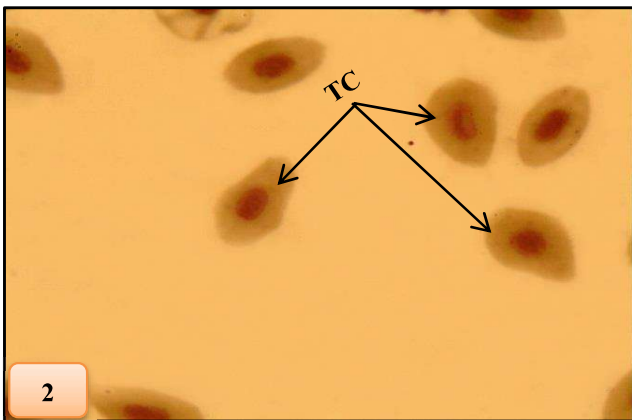
الصورة(5-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 1يوم تظهر خلايا الدم بشكل منجلي (SC) ، النواة الصغيرة (MN) ، تفجى الساييتوبلازم (CV) . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(6-4): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم تظهر النواة المتبرعمة (BN) ، النواة المتجزئة (FN) ، تفجى النواة (NV). ملون جمزا. x1000 .

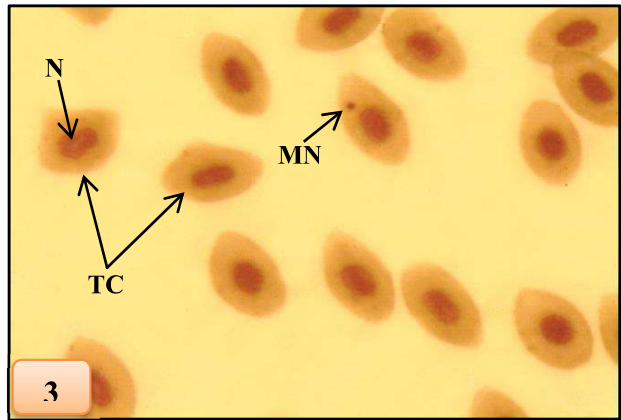
الصورة(7-4):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم تظهر خلايا الدم بشكل هرمي (P) ، النواة الصغيرة (MN) ، النواة المتجزئة (FN)، تفجى النواة (NV) ، تفجى الساييتوبلازم (CV) ،تكثف الكروماتين عند حدود النواة (سهم اصفر عريض) ترتيب خلايا الدم الحمر بشكل نضائد(RF) . ملون جمزا. x1000 .



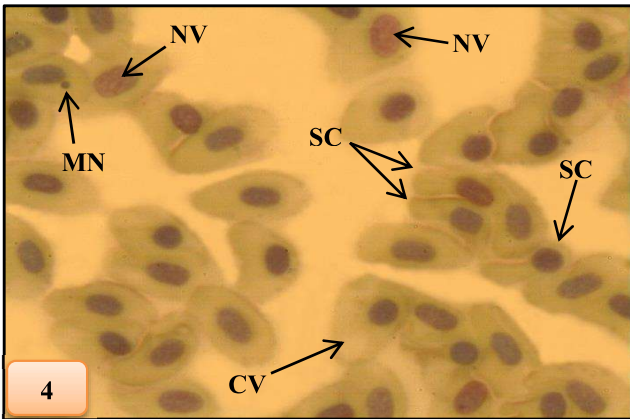
1



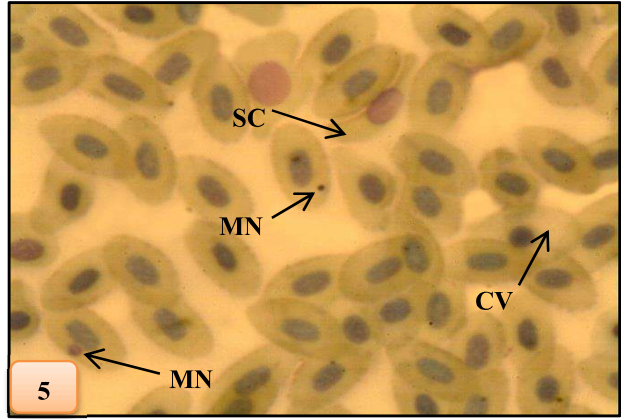
2



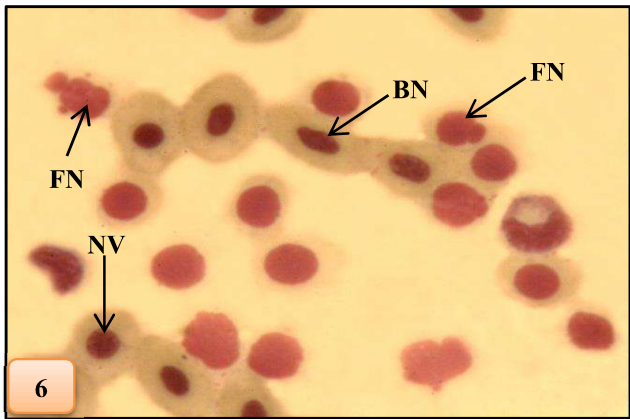
3



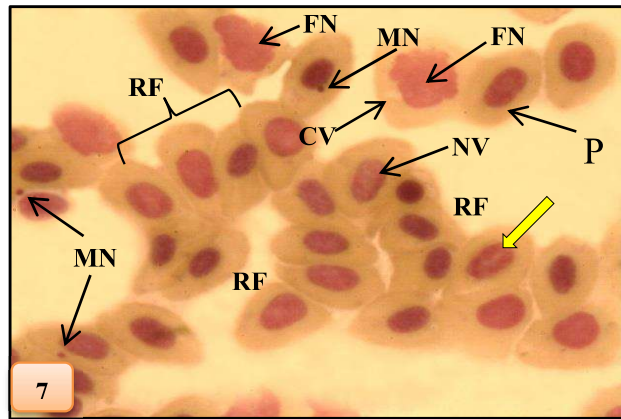
4



5



6



7

الصورة(4-8):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام تظهر النواة المثلمة (N)، تفجي الساييتوبلازم (CV) . ملون جمزا. x1000 .

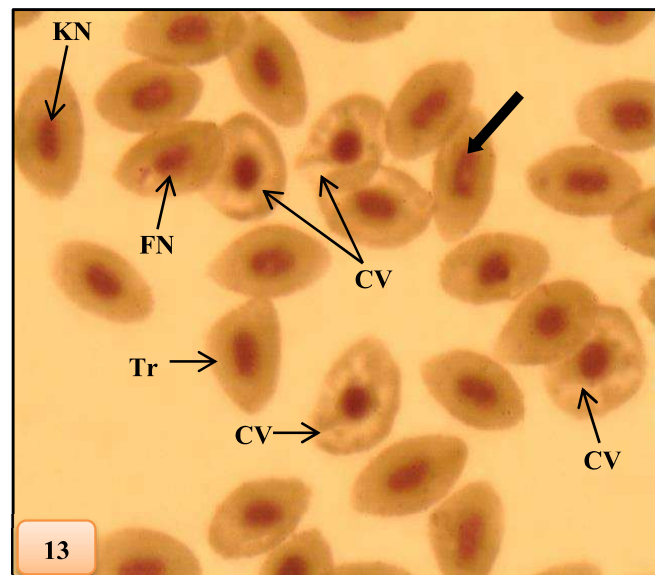
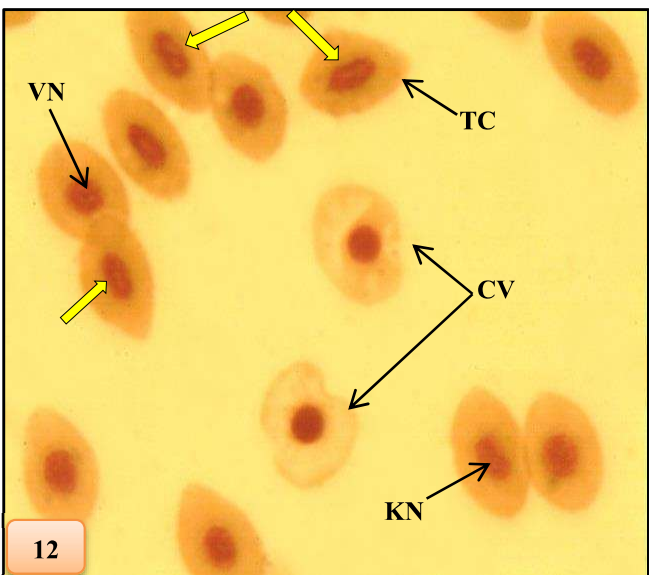
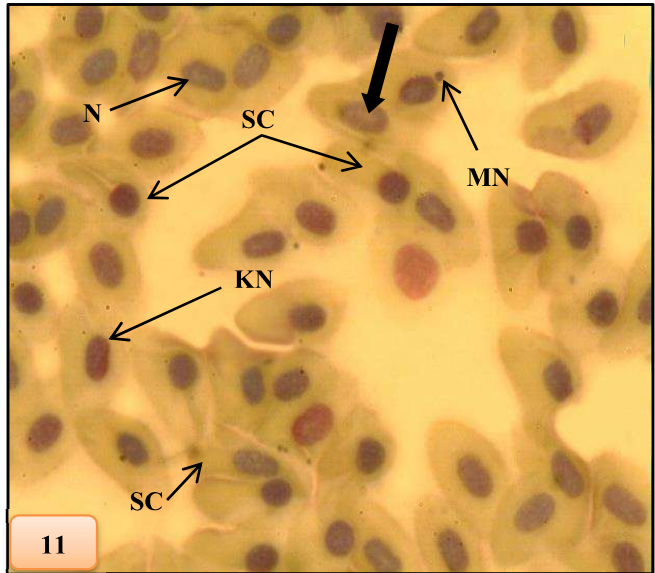
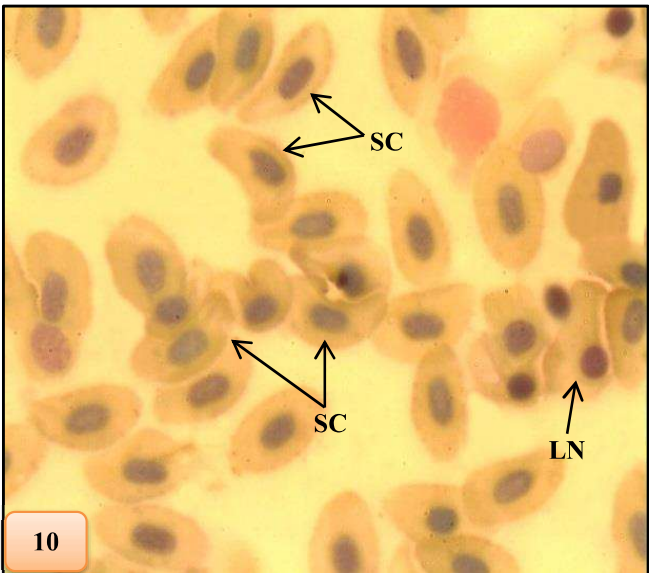
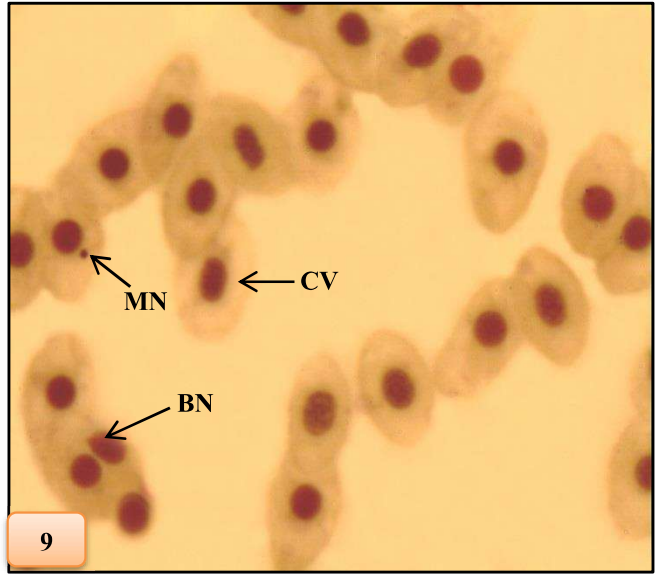
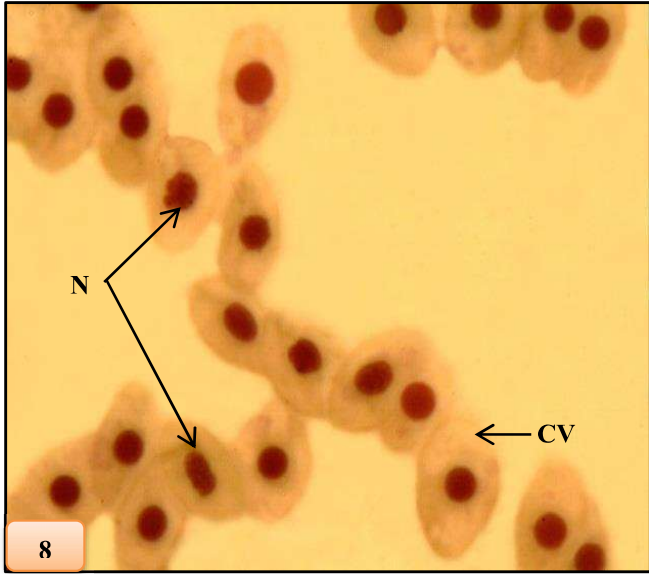
الصورة(4-9):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام تظهر النواة المتبرعمة (BN) ، النواة الصغيرة (MN) ، تفجي الساييتوبلازم (CV) . ملون جمزا . x1000 .

الصورة (4-10):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام تظهر خلايا دم حمر منجلية الشكل (SC) ، نواة جانبية (LN). ملون جمزا . x1000 .

الصورة (4-11) : خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام تظهر خلايا الدم الحمر منجلية الشكل (SC) ، النواة الكلوية الشكل (KN) النواة الصغيرة MN، النواة المثلمة (N) وتحلل النواة (سهم اسود عريض). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-12):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام تظهر خلايا الدم الحمر بشكل دمعة (TC) ، النواة الكلوية (KN)، تفجي النواة (VN) تكثف الكروماتين عند حدود النواة (سهم اصفر عريض) ، تفجي الساييتوبلازم (CV) . ملون جمزا . x1000 .

الصورة(4-13):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام تظهر خلايا الدم الحمر المثلمة الشكل (Tr) ، النواة المتجزئة (FN) ، النواة الكلوية (KN) ، تفجي الساييتوبلازم (CV)، تحلل الانوية(سهم اسود عريض) . ملون جمزا. x1000 .



الصورة(4-14):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام تظهر ترتيب خلايا الدم الحمر بشكل نضائد (RF) ، النواة المتجزئة (FN) ، تفجي السايوبلازم (CV). ملون جمزا. x1000 .

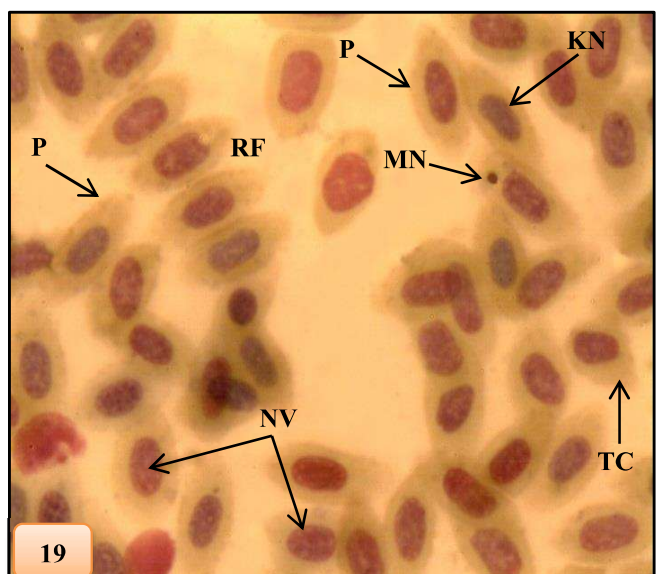
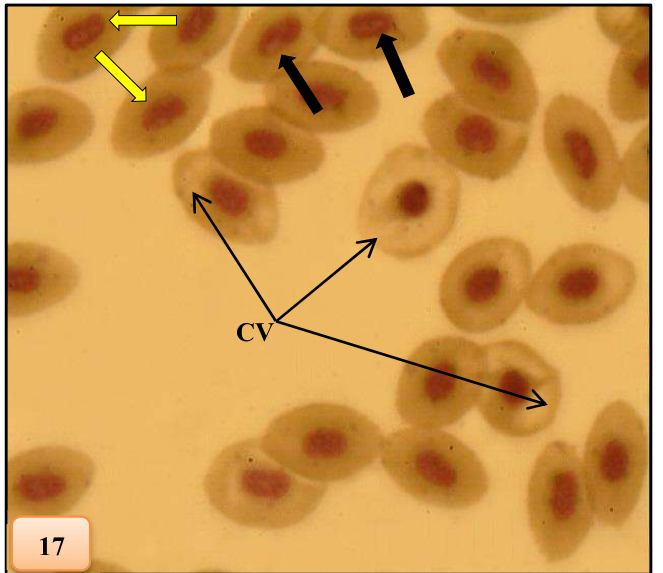
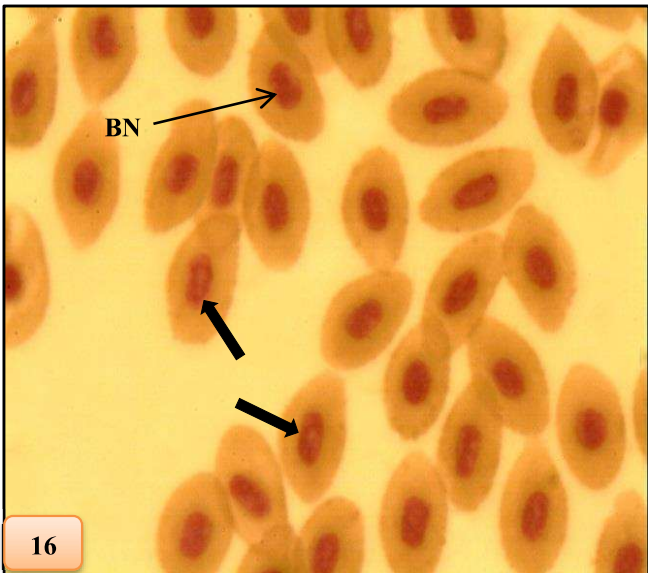
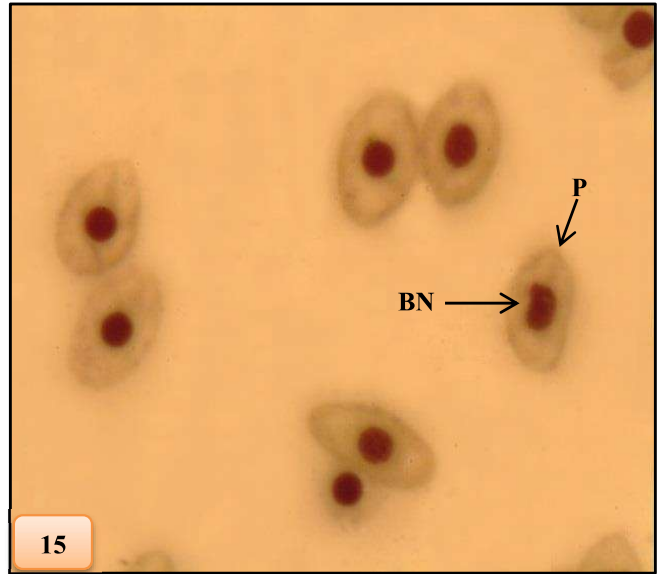
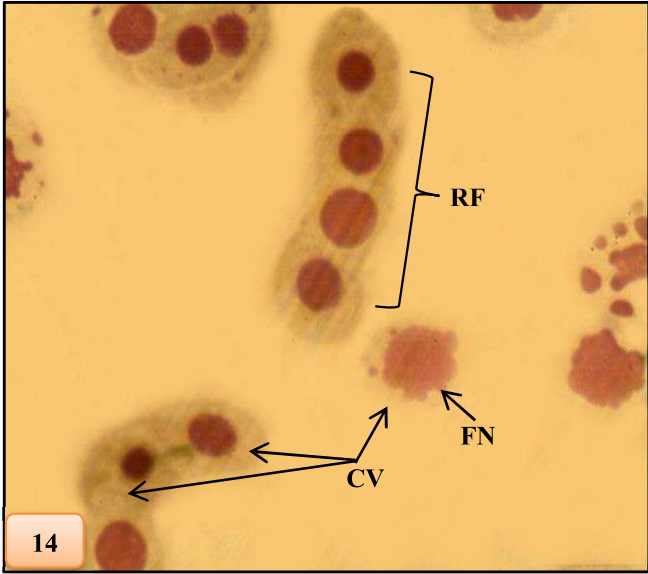
الصورة(4-15):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام تظهر خلايا الدم الحمر هرمية الشكل (P) ، النواة المتبرعمة (BN) ، تفجي السايوبلازم (CV) . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-16):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام تظهر تحلل الانوية (سهم اسود عريض)، والنواة المتبرعمة (BN). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-17):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام تظهر تفجي السايوبلازم (CV) ، تكثف الكروماتين عند حدود النواة (سهم اصفر عريض) ، تحلل الانوية(سهم اسود عريض) . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-18):خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام تظهر خلايا الدم الحمر بشكل هرمي (P) ، تفجي النواة (VN) ، تحلل الانوية (سهم اسود عريض) . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-19): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام تظهر خلايا الدم الحمر بشكل هرمي (P) ، خلايا دم دمعية الشكل (TC) ، نواة صغيرة (MN) ، نواة كلوية (KN) ، تجمع خلايا الدم بشكل نضائد (RF) ، تفجي الانوية (NV) . ملون جمزا. x1000 .



الصورة(4-20): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما تظهر خلايا الدم الحمر هرمية الشكل (P)، تفجى النواة (NV). ملون جمزا. x1000 .

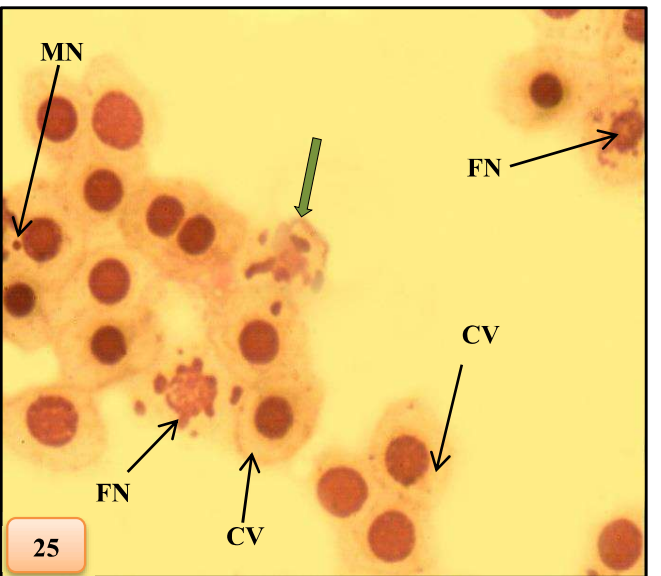
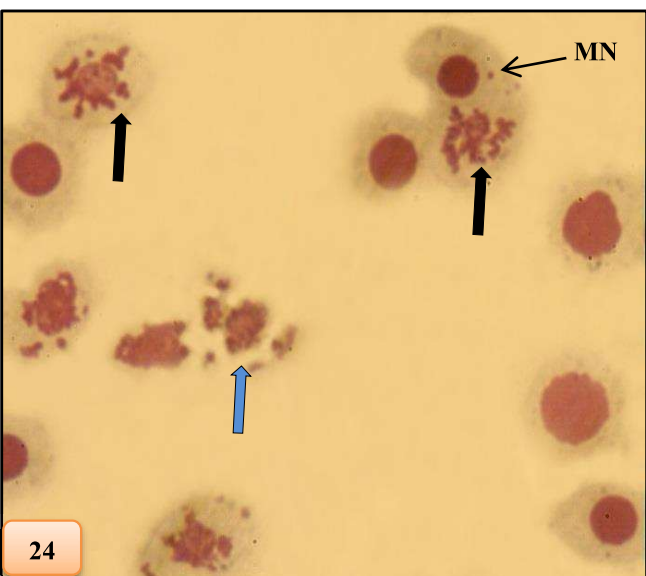
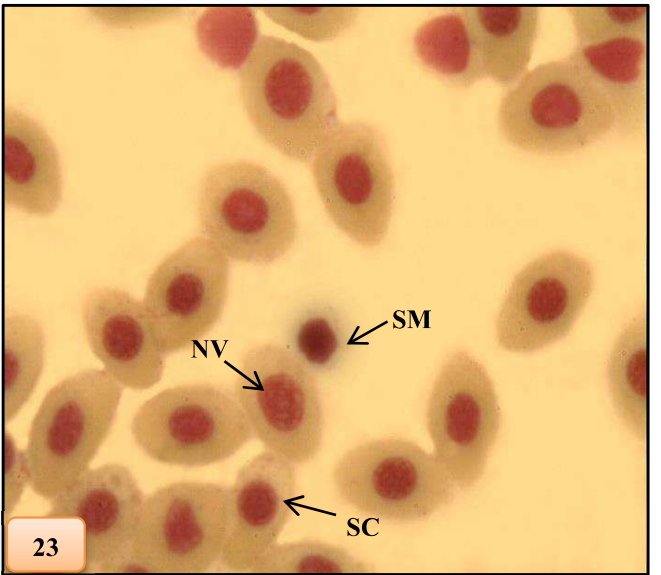
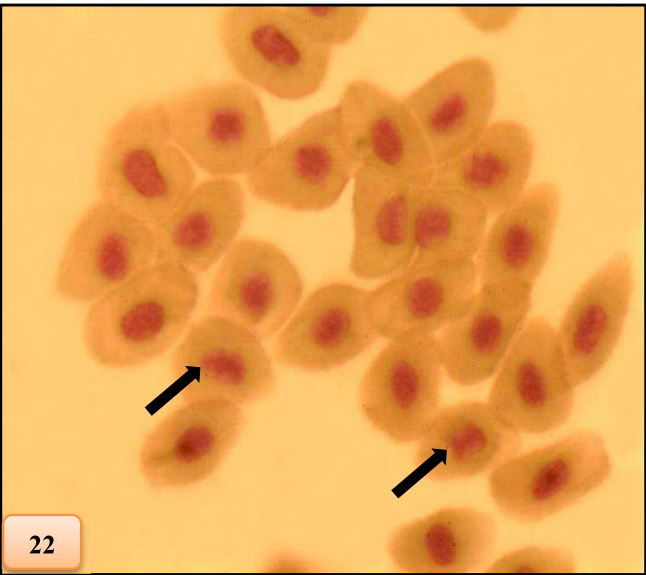
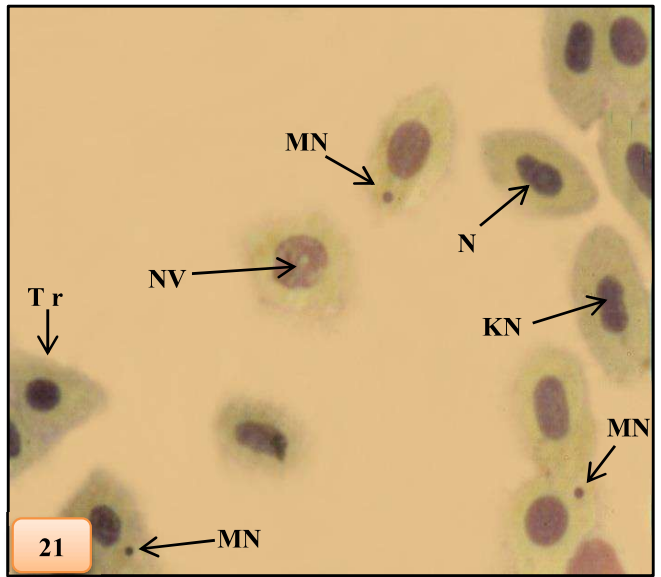
الصورة(4-21): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما تظهر خلايا دم حمر مثلثة الشكل (Tr)، النواة كلوية (KN)، النواة الصغيرة (MN) و النواة المثلمة (N)، تفجى النواة (NV). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-22): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما تظهر تحلل الانوية(سهم اسود عريض)، عدم انتظام اشكال خلايا الدم . ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-23): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما تظهر خلايا دم حمر منجلية الشكل (SC)، نواة معجزة (SM)، تفجى النواة (NV). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-24): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما تظهر تحلل النواة والغشاء البلازمي (سهم ازرق عريض)، النواة الصغيرة (MN). ملون جمزا. x1000 .

الصورة(4-25): خلايا الدم الحمر في الدم المحيطي لسمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما تظهر تحلل كامل للغشاء البلازمي والنواة (سهم اخضر عريض) النواة المجزئة (FN)، النواة الصغيرة (MN)، تفجى الساييتوبلازم (CV). ملون جمزا. x1000 .



الصورة (4 - 26) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* (مجموعة السيطرة) . يلاحظ فيها الصفحة الاولى (PL) والصفحة الثانوية (SL) . ملون E و H .x100

الصورة (4 - 27) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم تظهر وجود فرط تنسج في الصفحات الثانوية (راس سهم) ، نذف في الصفحات الثانوية (He) . ملون E و H .x400

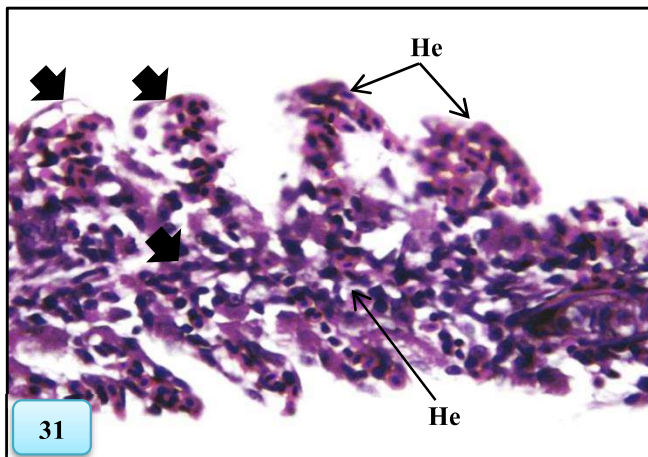
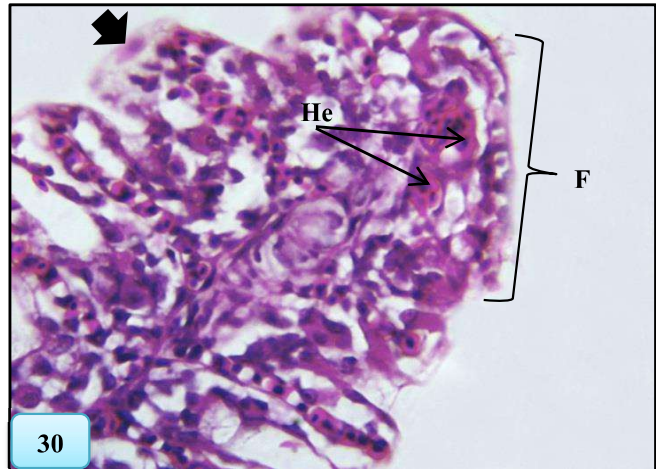
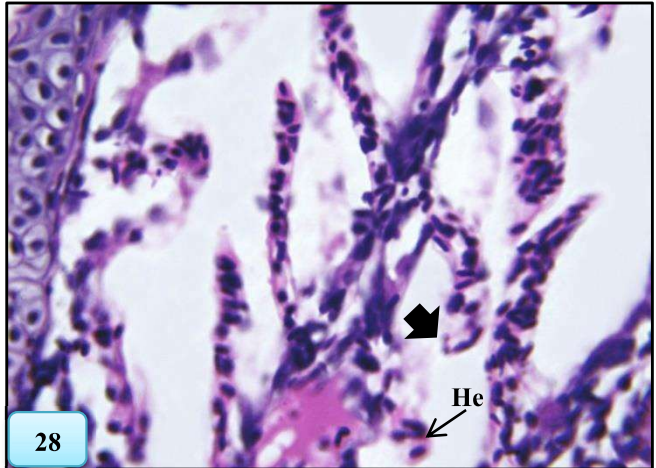
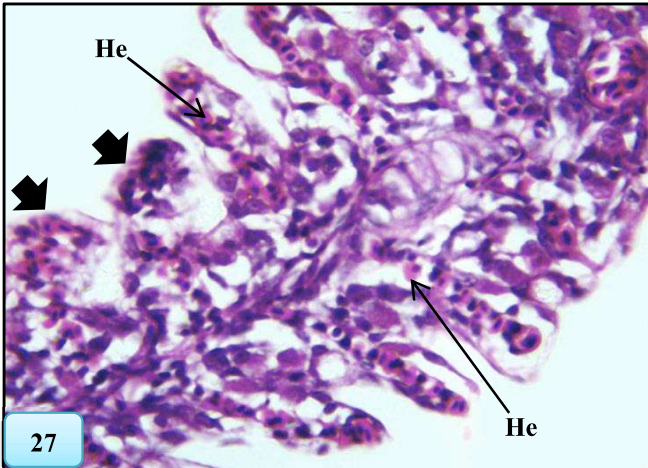
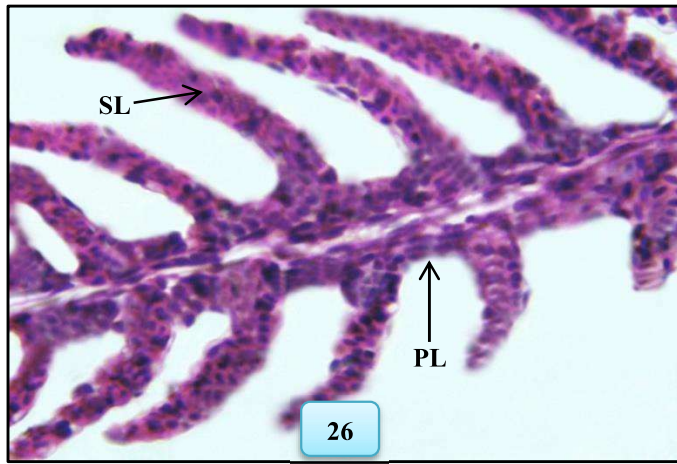
الصورة (4 - 28) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 1 يوم تظهر فرط تنسج في الصفائح الثانوية (راس سهم) ، نذف في الصفحة الثانوية (He) . ملون E و H .x400

الصورة (4 - 29) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم تظهر نذف في الصفحة الاولى (He) ، نذف في الصفحة الثانوية (He) ، ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة (Inf) . ملون E و H .x400

الصورة (4 - 30) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام تظهر فرط تنسج في الصفائح الثانوية (راس سهم) ، التحام الصفائح الثانوية (F) نذف في الصفحة الثانوية (He) . ملون E و H .x400

الصورة (4 - 31) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام تظهر فرط تنسج في الصفائح الاولى و الثانوية (راس سهم) ، نذف في الصفحة الاولى و الثانوية (He) . ملون E و H .x400

الصورة (4 - 32) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام تظهر الخلايا الغضروفية غير منتظمة في الحجم (السهم)، توسف في الخلايا الظهارية وضمورها (D) ، حدوث نذف في الصفحة الاولى (He) ، حدوث نذف في الصفحة الثانوية (He) . ملون E و H .x400



الصورة (4 - 33) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام تظهر حدوث نزف في الصفيحة الاولى (He) ، حدوث نزف في الصفيحة الثانوية (He) فرط تنسج في الصفائح الاولى و الثانوية (راس السهم)، ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة (Inf). ملون E و H. x400.

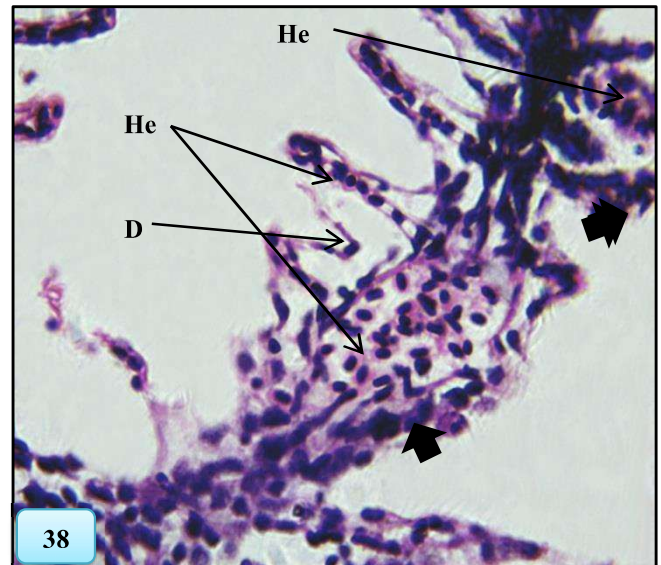
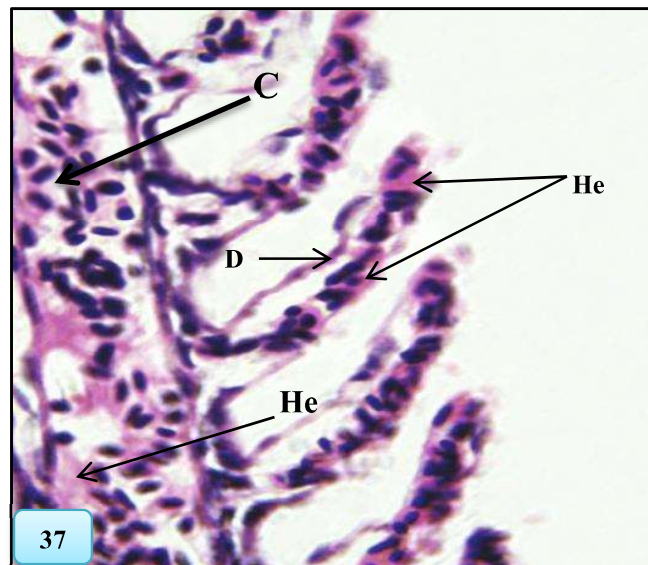
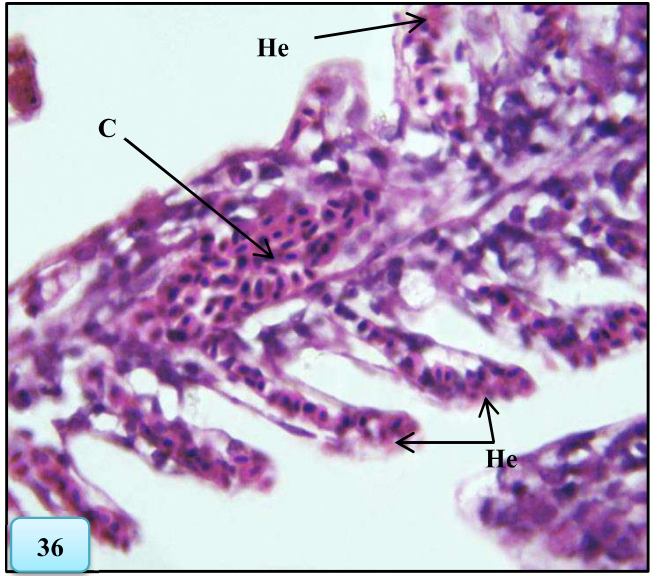
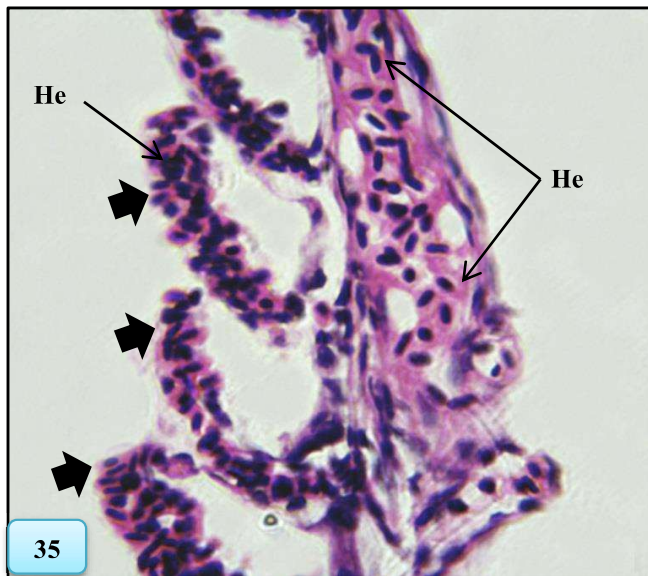
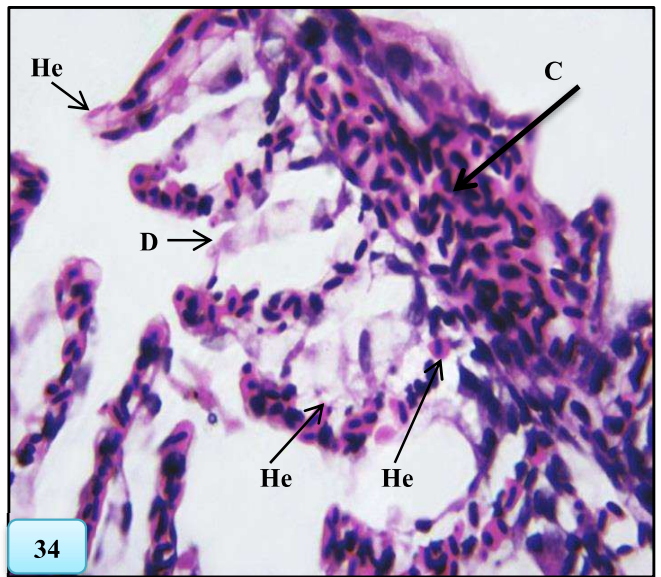
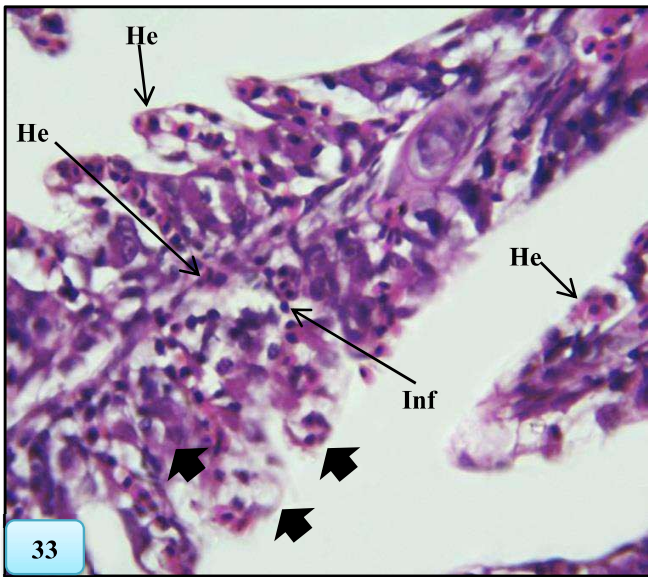
الصورة (4 - 34) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام تظهر احتقان في الوعاء الدموي (C)، توسف الخلايا الظهارية في الصفيحة الثانوية (D) ، نزف (He). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 35) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام تظهر حدوث نزف في الصفيحة الاولى و الثانوية (He)، فرط تنسج في الصفائح الثانوية (راس سهم). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 36) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما تظهر حدوث احتقان في الوعاء الدموي في الصفيحة الاولى نزف في الصفيحة الثانوية (He). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 37) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما تظهر احتقان في الوعاء الدموي (C)، حدوث نزف في الصفيحة الاولى (He) ، حدوث نزف في الصفيحة الثانوية (He)، وتوسف الخلايا الظهارية في الصفيحة الثانوية (D). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 38) : صورة مجهرية ضوئية لخياشيم سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما تظهر حدوث نزف في الصفيحة الاولى و الثانوية (He)، فرط تنسج في الصفائح الاولى و الثانوية (راس سهم) ، توسف الخلايا الظهارية وضمورها (D) . ملون E و H. x400.



الصورة (4 - 39) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* (مجموعة السيطرة) تظهر خلايا كبدية (HC)، وريد مركزي (Cv). ملون E و H. x100.

الصورة (4 - 40) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 1 يوم تظهر حدوث تورم الخلايا الكبدية (SW)، نطف (He). ملون E و H. x400.

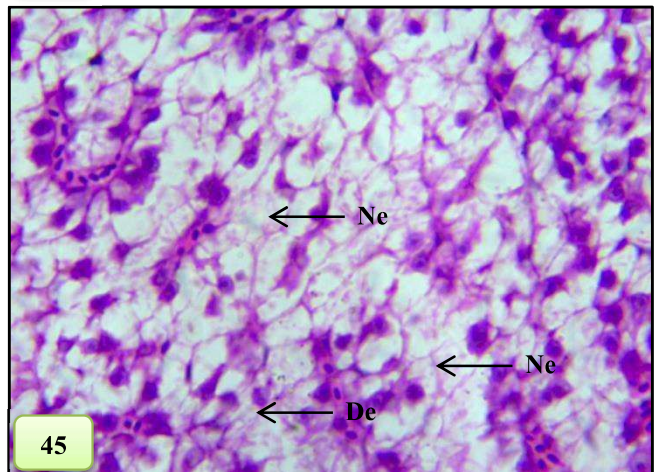
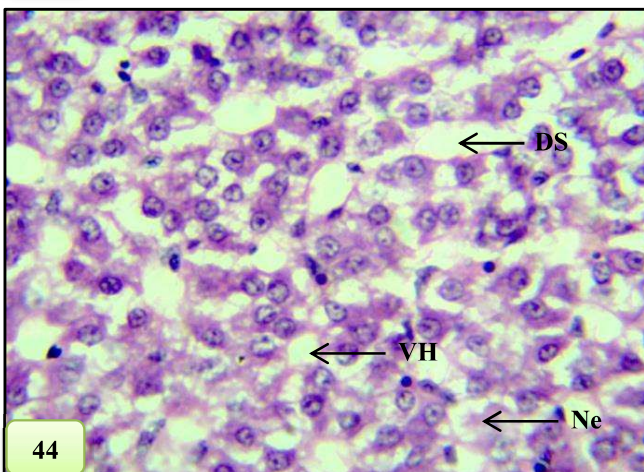
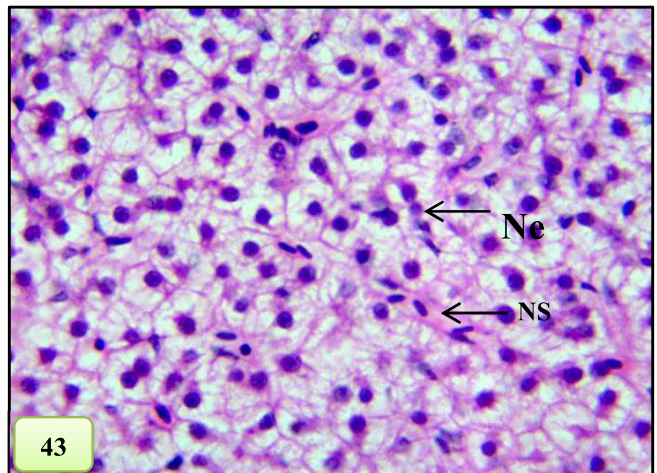
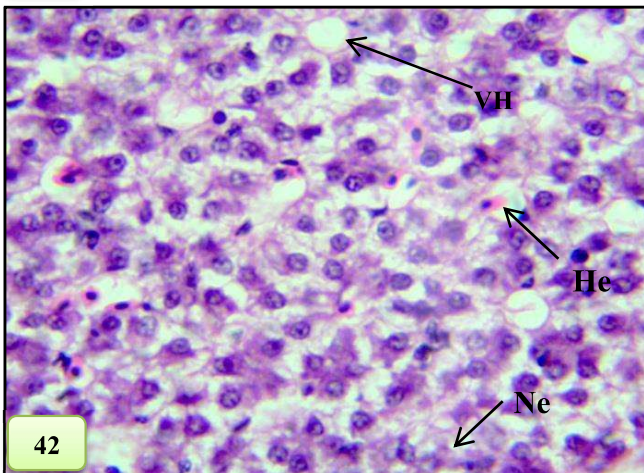
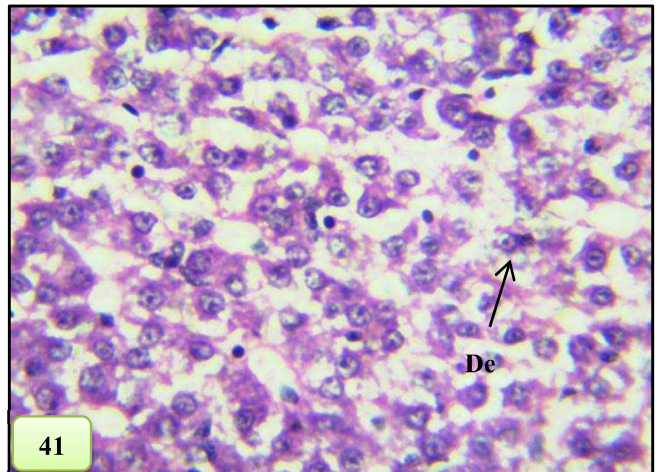
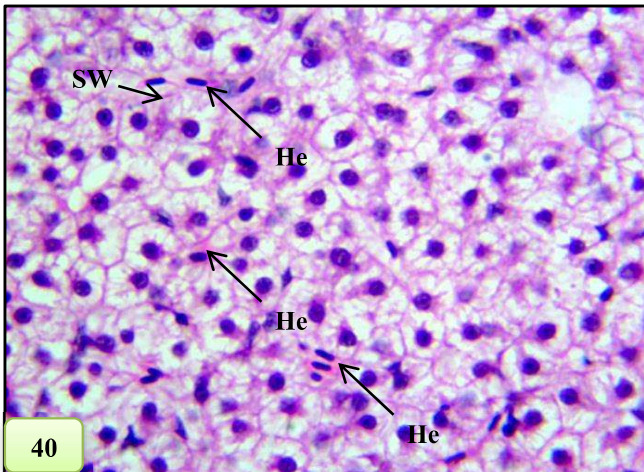
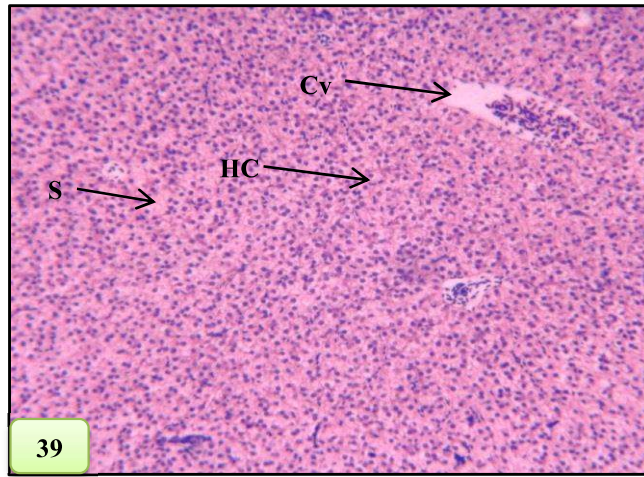
الصورة (4 - 41) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 1 يوم تظهر حدوث تنكس الخلايا الكبدية (DE) وتنخر الخلايا الكبدية (Ne). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 42) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 1 يوم تظهر حدوث تفجي الخلايا الكبدية (VH)، تنخر الخلايا الكبدية (Ne)، نطف (He). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 43) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 4 ايام تظهر تضيق الجيبانيات الدموية (NS)، تنخر الخلايا الكبدية (Ne). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 44) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 4 ايام تظهر توسع الجيبانيات (DS)، تفجي الخلايا الكبدية (VH)، تنخر الخلايا الكبدية (Ne). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 45) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 4 ايام تظهر تنخر شديد للخلايا الكبدية (Ne)، تنكس الخلايا الكبدية (De). ملون E و H. x400.



الصورة (4 - 46) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 7 ايام تظهر احتقان الاوعية الدموية (C)، تنخر الخلايا الكبدية (Ne) ، ارتشاح الخلايا احادية النواة (Inf) . ملون E و H. x400.

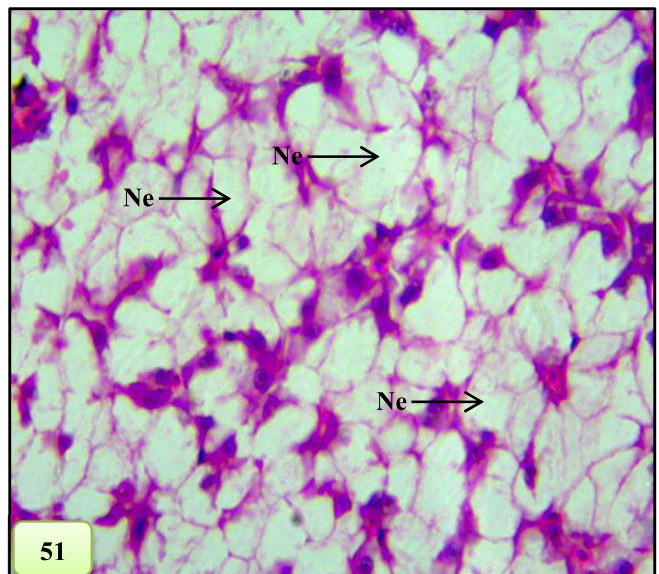
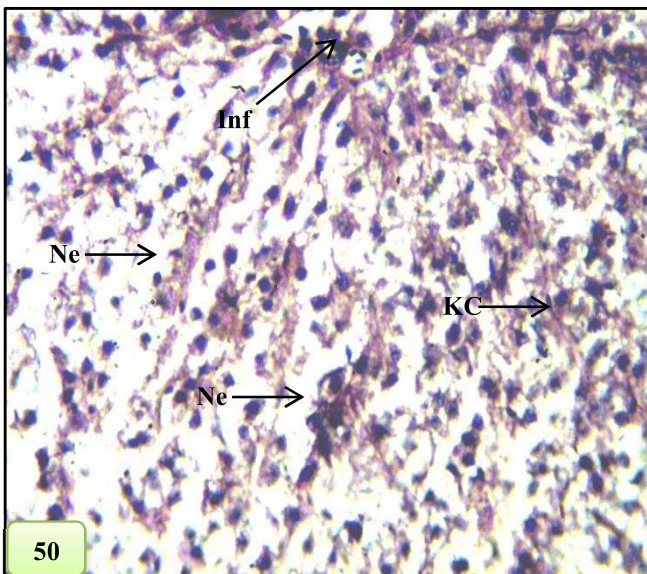
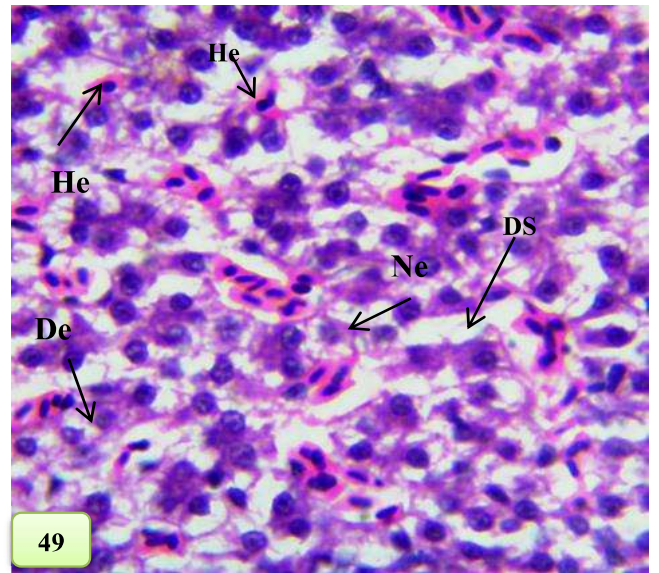
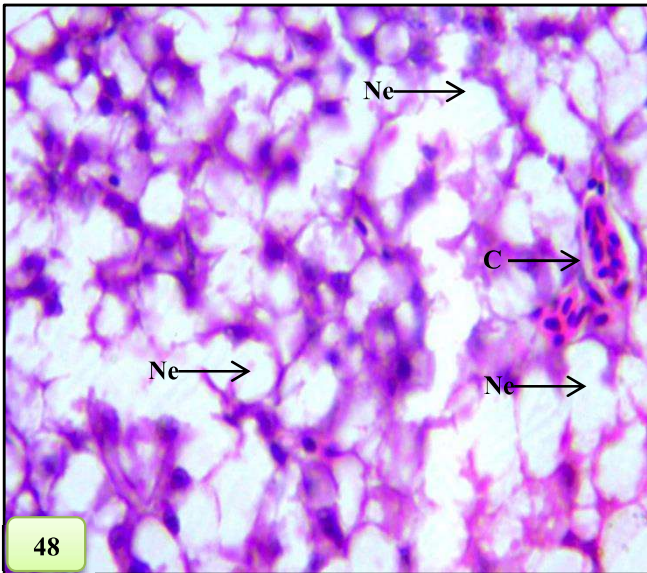
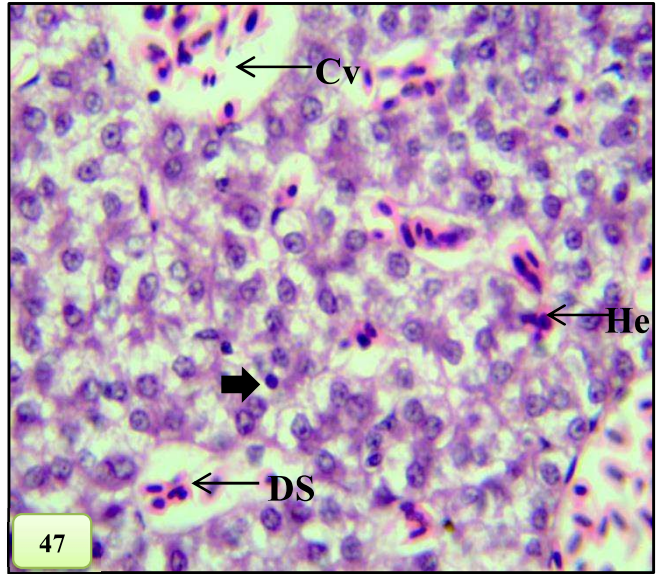
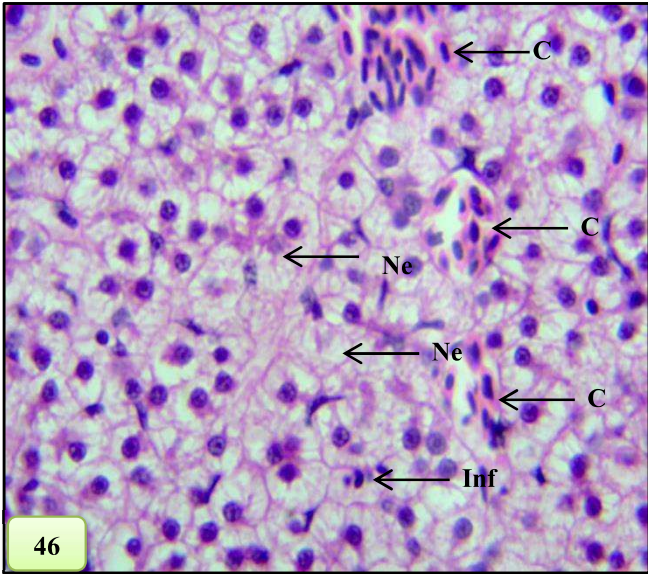
الصورة (4 - 47) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 7 ايام تظهر توسع في الجيبانيات الدموية (DS)، الخلايا الالتهابية احادية النواة (راس السهم) ، تنخر الخلايا الكبدية (Ne)، نزع الخلايا الكبدية (H). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 48) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 7 ايام تظهر احتقان الاوعية الدموية (C)، تنخر شبه تام للخلايا الكبدية (Ne) . ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 49) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالكادميوم فترة 14 يوما تظهر نزع شديد (He) ، تنكس الخلايا الكبدية (De)، تنخر (Ne)، توسع في الجيبانيات (DS). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 50) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالرصاص فترة 14 يوما تظهر تنخر شديد للخلايا الكبدية (Ne) ، ارتشاح الخلايا الالتهابية احادية النواة (Inf) ، خلايا كوبفر (KC). ملون E و H. x400.

الصورة (4 - 51) : صورة مجهرية ضوئية لكبد سمكة *A. mossulensis* المعاملة بالمزيج فترة 14 يوما تظهر تنخر كامل للخلايا الكبدية (Ne). ملون E و H. x400.





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

No.

Date :

العدد : 715/21
التاريخ : 8/2/2021

قسم الاسماك

م/ تشخيص اسماك

ان الاسماك المرسله الينا من قبل طالبة الماجستير رلى سعد الله نجم / قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم
الصفحة/ جامعة الموصل , قد تم تشخيصها وكالاتي:

Alburnus mossulensis Heckel, 1843

Kingdom: Animalia

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Order: Cypriniformes

Family: Cyprinidae

Genus: *Alburnus*

علما بان الاسم *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843) هو احد مرادفات النوع اعلاه.

تم التشخيص من قبل

أ. ازهار احمد سعد الله

أ.م.د. هناء هاني الصفار

رئيس قسم الاسماك

Summary

Alburnus mossulensis fish were collected from the waters of the Al-Khawser River in the waterfalls area from mid-October 2020 to February 2021, their average weight was 1.3 g and their average length was 4.5 cm. The current study aimed to study the physiological effects of cadmium, lead and their mixtures on some organs of *A. mossulensis* fish for periods (1, 4, 7 and 14) days. In order to achieve the objectives of the study, the physicochemical properties of the water samples of Al-Khawser River (the waterfalls region) were studied and it was found that the general average of the water temperature was 22°C, while the electrical conductivity rate exceeded the global determinants. The concentration of cadmium and lead is within the acceptable natural limits of the Iraqi specifications to protect natural resources from pollution. The average pH value of the water samples was close to neutral. The results of total hardness, calcium and magnesium hardness showed that the water is of a very hard type. In order to choose the required concentrations of cadmium and lead, the test was conducted to determine the LC50 lethal concentration (LC50) for 96 hours, which amounted (29.638 and 57.854) mg/L, respectively. The fish were distributed in four experimental groups, the first group included fish treated with dechlorinated water as a control group, while the second group was exposed to a concentration 15 mg/L, which represents approximately 1/2LC50 for cadmium, and the third group was exposed to a concentration 28 mg / L, which represents approximately 1/ 2 LC50 for lead, fourth group was exposed to a mixture (1/ 2 LC50 of cadmium + 1/ 2 LC50 of lead), and the periods were chosen (1,4,7,14) days. The results of the bioaccumulation of cadmium, lead and their mixture in the organs (gills, brain, liver, intestines, and muscles) revealed that the highest rate of accumulation was observed when treated with lead alone, which did not differ significantly from

treatment with the mixture, and that the rate of accumulation of the two metals (cadmium alone and lead alone) was greater than its accumulation rate. In the case of mixing them with each other, and that the maximum level of bioaccumulation is found in the intestines, gills, liver, brain and finally muscles. The results of this study showed that concentration of non-enzymatic antioxidants represented by glutathione indicated a significant decrease in all treatments and in all organs compared to control groups, and that the lowest concentration was found in gills, which differed significantly from other organs, As for the effect of treatment, the lowest concentration of glutathione was found when treated with lead alone. The results of enzymatic antioxidants represented by catalase showed a decrease in the level of catalase in all organs and periods compared to control group, and that lowest level of catalase was found in gills, which did not differ significantly from the brain. As for treatments, the lowest level was found in treating fish with mixture, which did not differ significantly from treatment with lead. The levels of lipid peroxidation (Malondialdehyde) showed increase compared to control group, and the highest significant increase was found when fish were treated with mixture, which did not differ significantly from treatment with lead. The results of biochemical tests revealed an increase levels of alkaline phosphatase enzymes in (liver and muscles) compared to control group, the highest level of alkaline phosphatase was found in the last exposure period (14 days). However, it did not differ significantly from the treatment of the mixture, It was also noted that there was an increase in the level of the enzymes alanine transaminase and aspartate transaminase, and that the highest level of two enzymes was found in the liver, which differed significantly from the other organs. The highest level of the two enzymes was also observed when the fish were treated with lead, which differed significantly from the control group, but it did not differ significantly from the treatment with the mixture and with

cadmium alone. As for effect of treatments, the following gradation was taken: lead treatment > mixture treatment (cadmium and lead) < cadmium treatment. The current study showed increase concentration of glucose in comparison with control group, and that the highest concentration was found in liver, which differed significantly from the other organs. As for the effect of treatments, the highest concentration of glucose was found when treated with lead, which did not differ significantly from mixture and cadmium treatment.

The results of the nuclear microscopic examination of red blood cells treated with cadmium, lead and their mixture is the appearance of erythrocyte in the form of a drop, a tear, a pyramid, a triangle, a spindle, notched nucleus, micronucleus, budded, and kidney nuclei, as well as vacuolation of the nucleus and cytoplasm, condensation of chromatin at the borders of nucleus, and the collection of red blood cells in rouleaux formation. The most significant changes were observed in fish treated with mixture, as fragmentation and lysis of the nucleus, as well as lysis of plasma membrane.

The results of the microscopic examination revealed histopathological changes in gills and livers of fish exposed to cadmium, lead and their mixture, represented in gills by hyperplasia, hemorrhage of primary and secondary lamella, infiltration of leucocyte as well as desquamation and atrophy of epithelial cells, congestion of the blood vessel in primary lamella. The most prominent histological changes in liver were represented by swelling of some hepatocytes, hemorrhage, necrosis, degeneration, expansion of the blood sinusoids, congestion of blood vessels and infiltration of leucocyte.

University of Mosul
College of Education
for Pure Science



**Physiological and Histological Effects of
Cadmium and Lead on Some Organs
Alburnus mossulensis Fish**

Rulla Sadallah Najim Al-Niemmi

M. Sc. Thesis

Biology

Supervised By

Lec.

Dr. Amal Abdulillah Younis Al-Khashab

2022A.D

1443 A.H