Journal of Libyan Academy Bani Walid 2026
مجلة الأكاديمية الليبية بني وليد
e-ISSN: 3104-3860
Volume 2, Issue 4, 2026, Pages: 109-131
Website: https://journals.labjournal.ly/index.php/Jlabw/index

Determination of Selected Heavy Metal Concentrations in Various Types of Animal Feed in Tripoli, Libya

Ibtisam Ali Al-Hallak[1]*, Faraj Al-Shteiwi[2], Fatima Khalifa Milad Atiya[3]
[1,2,3] Department of Life Sciences, Faculty of Science, Azzaytuna University Tarhuna, Libya
*Email: ibtesammomen@gmail.com

تقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في عدة أصناف من الأعلاف الحيوانية في نطاق مدينة طرابلس

إبتسام علي الهلاك [1]* ، فرج الشتيوي[2] فاطمة خليفة ميلاد عطيه[3]
[1،2،3] قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الزيتونة – ترهونة، ليبيا

Received: 14-05-2026	**Accepted:** 03-07-2026	**Published**: 14-07-2026
Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

This study aimed to determine the concentrations of lead, cadmium, chromium, and copper in animal feeds available in local markets in western Libya and to evaluate their compliance with nationally and internationally permissible limits. Twenty random samples of cattle, sheep, and camel feeds were collected and digested using nitric acid and hydrogen peroxide. The samples were subsequently analyzed using graphite furnace atomic absorption spectrometry. Statistical analyses were performed using Microsoft Excel and SPSS. The results showed that the concentrations of lead, cadmium, and chromium were below the instrument's respective detection limits in all samples. Copper was detected at varying concentrations in eight samples, ranging from 0.10 to 4.66 µg/L, while the remaining samples contained levels below the detection limit. Sample 14 exhibited the highest copper concentration and was considered an outlier compared with the other measurements. Comparison with the limits established by the World Health Organization and the Food and Agriculture Organization indicated that the examined feeds were safe. The study recommends regular monitoring, the establishment of precise Libyan standards, and the expansion of future analyses to include additional elements, feed types, and geographical areas to protect animal and human health and ensure food-chain safety.

Keywords: Heavy metals, Animal feed, Atomic absorption spectrometry, Environmental pollution, Food safety.

الملخص
هدفت هذه الدراسة إلى تقدير تراكيز الرصاص والكادميوم والكروم والنحاس في الأعلاف الحيوانية المتداولة في الأسواق المحلية بالمنطقة الغربية من ليبيا، وتقييم مدى مطابقتها للحدود المسموح بها محليًا ودوليًا. جُمعت عشرون عينة عشوائية من أعلاف الأبقار والأغنام والإبل، وهُضمت باستخدام حمض النيتريك وبيروكسيد الهيدروجين، ثم حُللت بجهاز مطياف الامتصاص الذري المزود بفرن الجرافيت. وعولجت البيانات إحصائيًا باستخدام برنامجي إكسل وSPSS. أظهرت النتائج أن تراكيز الرصاص والكادميوم والكروم كانت جميعها أدنى من حدود الكشف الخاصة بالجهاز. أما النحاس، فقد ظهرت له قراءات متفاوتة في ثماني عينات، وتراوحت بين 0.10 و4.66 ميكروغرام/لتر، بينما سجلت بقية العينات مستويات أدنى من حد الكشف. وكانت العينة رقم 14 صاحبة أعلى تركيز، ومثلت قيمة متطرفة مقارنة ببقية القراءات. وبينت المقارنة بالحدود المعتمدة لدى منظمتي الصحة العالمية والأغذية والزراعة أن الأعلاف المدروسة آمنة. وتوصي الدراسة بالمراقبة الدورية، ووضع مواصفات ليبية دقيقة، وتوسيع التحليل ليشمل عناصر وأعلافًا ومناطق أخرى، بهدف حماية صحة الحيوان والإنسان وضمان سلامة السلسلة الغذائية.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، الأعلاف الحيوانية، الامتصاص الذري، التلوث البيئي، سلامة الغذاء..

المقدمة
يعد تلوث المعادن الثقيلة مصدر قلق عالمي حاليا نظرا لسميتها وثباتها الجوهري و طبيعتها غير القابلة للتحلل البيولوجي و خصائصها التراكمية (1) ومن المعروف ان المعادن الثقيلة توجد بشكل طبيعي في البيئة ويرجع وجودها أساسا الى النشاط البشري مثل النشاط الزراعي والذي يشمل الأسمدة و محسنات التربة والنشاط الصناعي المتعلق بالتعدين و صهر المعادن و حرق الوقود الاحفوري بالإضافة الى حرق المخلفات و المنتجات التي تحتوي على معادن سامة (3،2) ، وبالتالي فان التصنيع والتحضر والنمو السكاني والزراعة هي أسباب التلوث في جميع انحاء العالم (4).
تعتبر التربة هي اهم حجرة بيئية و تعمل كوديعة لهذه العناصر ويمكن ان تتعرض للتلوث من خلال عدة مصادر مثل الأسمدة و المواد الكيميائية الزراعية و مياه الري و الصرف الصحي و النفايات و الترسيب الجوي للمصادر الصناعية و الانبعاثات الحضرية ، كما تعد التربة بمثابة حوض طويل الأمد للمعادن الثقيلة والتي قد تتراوح فترات بقائها فيها بين مئات و الاف السنين وذلك حسب العنصر و خصائصه ، يمكن ان يصل هذا التلوث الى مناطق الإنتاج الزراعي التي تستخدم منتجاتها في تصنيع الغذاء و أغذية الحيوانات (الاعلاف) مثل الذرة ، الأرز ، القمح ، البازلاء ، الشعير ، العشب وغيرها (5) .
يتم امتصاص العناصر الثقيلة بشكل رئيسي عبرا لجهاز التنفسي او الجهاز الهضمي حيث تتراكم العديد من العناصر او المركبات الخطيرة مثل الديوكسينات والمبيدات الحشرية والمعادن واشباه الفلزات وبذلك تصبح السلسلة الغذائية هي البوابة الرئيسية لدخول السموم الى الانسان (6) .
لهذا السبب من الضروري معرفة ماهية الاعلاف و اثارها المفيدة والضارة على الحيوانات ، حيث تحتوي الاعلاف على مجموعة واسعة من العناصر بعضها ذو قيمة غذائية عالية ومهمة والبعض الاخر له تأثيرات سامة عندما تزداد تراكيزها عن الحد المسموح به مما يسبب تراكمها داخل الاعلاف والتي تعتبر المصدر الغذائي الأساسي للحيوانات كالأبقار والابل والاغنام والدواجن وغيرها فتنتقل هذه المعادن الثقيلة الى انسجة الحيوانات ومن ثم الى البشر ، لذلك فان استراتيجية تغذية الحيوانات هي أداة مفيدة للحد من المخاطر الصحية من خلال السلسلة الغذائية (7).
لقد قام الباحثون بعدة دراسات لمعرفة وتحديد تراكيز العناصر الثقيلة في منتجات هذه الحيوانات كاللحوم والحليب ومشتقاته ونتجت عن هذه الدراسات وجود تلوث كبير بالمعادن الثقيلة بنسب مختلفة ومتفاوتة.
ومن امثلة العناصر المعدنية التي تؤثر في سميتها على الانسان وتؤثر بصورة مباشرة:

فالرصاص ينافس الكالسيوم مباشرة للارتباط بمواقع امتصاص البروتينات في الغشاء المخاطي المعوي ويسبب الكادميوم في تخريب الاحماض الذهنية اما الزيادة في مستوى النحاس فتسبب التهاب الجلد و تليف الكبد واضطرابات عصبية ، كما يمكن ان تسبب السرطان ، اما الكروم فيسبب في تقرحات في المجرى التنفسي و التهابات شديدة في الرئتين كما انه مادة مسرطنة.

الهدف الأساسي من تقديم هذا البحث هو تحديد تراكيز العناصر الثقيلة (الرصاص – النحاس – الكادميوم – الكروم) في الاعلاف الحيوانية المحلية و مدى تأثيرها على صحة وسلامة الانسان.

مشكلة الدراسة

يعتمد الانسان في الوقت الحاضر على استهلاك وتصنيع العديد من منتجات المواشي كاللحوم والحليب ومشتقاته ونظراً لأهميتها في النظام الغذائي للإنسان وكذلك أهميتها في الاقتصاد الوطني فان من الضروري دراسة وتسليط الضوء بشكل كبير على الملوثات البيئية التي لها تأثير سلبي على سلامة وصحة الانسان و من خلال نتائج دراسات سابقة على وجود تراكيز متفاوتة لبعض العناصر الثقيلة في اللحوم المختلفة عليه يمكن صياغة إشكالية الدراسة في التساؤل التالي: -

ما مدى تواجد العناصر الثقيلة قيد الدراسة في عينات الاعلاف المتواجدة في السوق الليبي؟

أهداف الدراسة

1- تقدير مستويات العناصر الثقيلة مثل الرصاص، الكادميوم ، الكروم ، النحاس في اعلاف الأغنام والابقار والابل الموجودة في السوق المحلي .
2- تقييم مدى مطابقة النتائج المتحصل عليها مع المواصفات القياسية الليبية والمواصفات القياسية العالمية
3- مقارنة تراكيز العناصر قيد الدراسة .

أهمية الدراسة

نظرا لما للثروة الحيوانية وخاصة المواشي من أهمية اقتصادية وانتاجية في دول العالم و كذلك أهميتها في بناء ونمو جسم الانسان عند استهلاك منتجاتها عليه يجب ان تكون الاعلاف المستخدمة ذات معايير وجودة عالية لما لها من دور كبير ضمن السلسلة الغذائية البيئية .

ومن خلال هذه الدراسة يمكننا التعرف على بعض الملوثات التي تنتقل من الاعلاف الى المواشي ثم الى اللحوم وغيرها من المنتجات و تمكننا من معرفة الاثار الضارة التي تعود على صحة الانسان من خلال استهلاكها ، وتعتبر هذه الدراسة مساهمة هامة لمعرفة مدى التلوث البيئي و عدم توفر الشروط البيئية المناسبة لتربية المواشي.

منهجية البحث

نوع الدراسة

تعد هذه الدراسة دراسة تحليلية تهدف الى تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة (الرصاص – الكادميوم – النحاس – الكروم) في الاعلاف المحلية .

مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من اعلاف المواشي (ابقار – اغنام – ابل) المتوفرة في الأسواق المحلية.

عينات الدراسة

تم اختيار عينات عشوائية من الأسواق و المحلات التجارية في مدينة طرابلس .

أدوات وتقنيات التحليل

استخدمت تقنية الامتصاص الذري (AAS) لتحليل العينات و قياس التراكيز تم تحضير العينات بخطوات قياسية شملت الهضم بإضافة الاحماض و استخدام ميكرويف الهضم .

التحليل الاحصائي

تمت التحاليل الإحصائية باستخدام برنامج التحليل الاحصائي SPSS - EXCEL و التعبير عن النتائج باستخدام المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ، و مقارنة النتائج بالحدود القصوى المسموح بها محليا و دوليا .

الأساس النظري والدراسات السابقة

التلوث البيئي :

هو إدخال النفايات والمواد الكيميائية وغيرها من المخلفات للبيئات الطبيعية التي تسبب تغيرا سلبيا يؤثر على هذه البيئات والكائنات الحية التي تعيش بها، ويكون التلوث على شكل مواد كيميائية أو ملوثات توجد بشكل طبيعي. وقد تسبب التلوث بتسمم الهواء والماء والأرض في العالم وأصبحت بعض الأماكن غير صالحة للسكن، فالتلوث يعرض الكائنات في جميع أنحاء العالم لمخاطر انتشار أمراض وآفات جديدة فانقرضت العديد من أنواع النباتات والحيوانات أو باتت مهددة بالانقراض. وللتلوث البيئي أنواع عديدة منها على سبيل المثال التلوث الكيميائي - التلوث الاشعاعى - التلوث البيولوجى ، ونحن بصدد دراسة التلوث الكيميائي (8) .

التلوث الصناعي:

يحدث هذا التلوث نتيجة لأنشطة البشر الصناعية والخدمية والترفيهية وغيرها، إذ تُعدُّ الصناعات التقنية السبب الرئيس للتلوث في عصرنا الحاضر وباتت تهدد حياة الكائنات على وجه الأرض، وأهم مصادر التلوث الصناعي المخلفات الصناعية والتجارية وما تنفثه عوادم السيارات ومداخن المصانع التي تخلف مركبات الكلور والفلور والكربون السامة والذي ينتج عنه التلوث الكيميائي (8).

التلوث الكيميائي :

يُعرَّف التلوث الكيميائي بأنه وجود أو زيادة في الملوثات الكيميائية في البيئة الغير الموجودة بشكل طبيعي أو توجد بكميات أعلى من قيمها الأساسية الطبيعية. وتتسبب به إما المواد الكيميائية المصنعة مختبريا أو الناتجة عن عدة مصانع المصنعة سواء تلك التي تتكون لتستخدم لأغراض خاصة كمواد التنظيف وزيوت السيارات أو تلك التي تُنتج كمخلفات جانبية لعملية الصناعة، وهذه المواد يُمكن أن تُلقَى في المجاري المائية أو أن تنتشر في الهواء مما يسبب تلوثاً بيئياً، وهذا النوع من التلوث ذو آثار خطيرة جداً على مختلف عناصر البيئة، وقد ظهرت آثار هذا النوع من التلوث بوضوح في النصف الثاني من القرن العشرين نتيجة التقدم الصناعي الهائل الذي شهده خصوصاً في مجال الصناعات الكيميائية، وقد تصل آثار التلوث الكيميائي إلى الغذاء، عن طريق استخدام المواد الحافظة والألوان والصبغات ومكسبات الطعم والرائحة في صناعة الأغذية، وقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك، دور هذه المواد في إحداث الأورام السرطانية الخبيثة.

معظم المواد الكيميائية التي تلوث البيئة من صنع الإنسان وهي ناتجة عن الأنشطة المختلفة التي تستخدم فيها المواد الكيميائية السامة لأغراض مختلفة، قد يؤدي التعرض للملوثات الكيميائية إلى التسمم الكيميائي ويمكن أن يكون له تأثيرات فورية أو لاحقة والتي قد تظهر بعد أسابيع أو حتى أشهر بعد حدوث التعرض. قد يؤدي التسمم الكيميائي الشديد إلى وفاة الشخص الذي يستنشق أو يبتلع كمية متزايدة من هذه المواد (8)،

المركبات الكيميائية هي مواد كيميائية عضوية أو غير عضوية وهي الأسباب الرئيسية للتلوث الكيميائي. أكثر الملوثات الكيميائية شيوعًا هي تلك المركبات المستخدمة عبر مساحات كبيرة والتي لا تتحلل بسهولة في الطبيعة. ومن الأمثلة عليها معظم المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب المستخدمة في الزراعة والبستنة، وكذلك مركبات الكلور العضوية المستخدمة في العديد من العمليات الصناعية وأنشطة التنظيف الجاف، يُعد الرصاص وكبريتيد الهيدروجين ومركبات الزئبق والكادميوم والزرنيخ ومركبات السيانيد والمبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية والنفط من أهم المواد الملوثة للبيئة الضارة بصحة الإنسان، وقد يحدث التلوث الكيماوي نتيجة الحوادث الصناعية في المصانع، نتيجة لعدم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث مثل هذا النوع من الحوادث، وقد لفتت الحوادث الصناعية أنظار العالم إلى التلوث الحادث بسببها، ودفعت الكثير من الهيئات والحكومات إلى الاهتمام بضرورة وضع برنامج دولي يتضمن وضع أنظمة آمنة ومحكمة، تتعلق بتصنيع المواد الكيميائية، وطرائق نقلها وتخزينها، وفرض رقابة دائمة عليها حفاظاً على حياة العاملين في هذه المصانع، وحفاظاً على البيئة المحيطة بهذه الصناعات(8).

الاعلاف

كلمة الأعلاف (العلائق) وهي غذاء للحيوانات (الماشية) والحيوانات المستأنسة، والتي يكون غذائها من الأعلاف الخام، والمراعي، والحبوب، وغيرهم من الأعلاف المصنعة ألا وهي عبارة عن خليط من المواد الطبيعية أو مواد يضاف لها الفيتامينات، ومنشطات النمو، والمواد المعدنية، وتختلف مواد العلف في كمية ونوعية المواد المعدنية ومن المعروف أن أغذية الحيوانات غالبا ما تكون من النباتات الطبيعية مثل المواد الخضراء و التبن وغيرهم من المخلفات النباتية ومنها مخلفات مطاحن الحبوب ومعاصر الزيوت ، و تحتوي الأعلاف على كميات كبيرة من المركبات الغذائية التي يسهل هضمها والتي تعطيهم الشعور بالشبع لذلك سميت بالمواد الخشنة (9).

ويجب أن تحتوي الأعلاف

- الطاقة فإنتاج الحليب متوقف على نوع العلف وما يحتويه من طاقة وكذلك جودة اللحم.
- البروتين وهو من المكونات الأساسية لتصنيع الحليب فيجب أن تحتوى الأعلاف على نسبة جيدة من البروتين لزيادة الإنتاج وتحسين جودته.
- تحتوي على كالسيوم لتنظيم التوازن والوظائف العصبية، ويحتوي على على فسفور لينظم الامتصاص.
- تحتوي على أملاح معدنية وفيتامينات، وذلك مثل إضافة أوراق البرسيم لتكون مصدر للبروتينات فيتامين أ، وإضافة مسحوق الجير ومسحوق العظام والاصداف والمحار ليضيف الكالسيوم للعلف، وملح الطعام ليكون مصدر لليود والكلور(9).

أقسام الأعلاف

تتكون مواد العلف من مجموعتين رئيستين لاحتوائها على الألياف الخام والمركبات الغذائية المهضومة وهما: المركزات، مواد خشنة (9) .

1-المركزات :وهي نوع الأعلاف التي تعطى للحيوانات طاقة مركزة لما تحتويه من نسبة مركزة عالية من البروتين والنشا والسكر والدهن ونسبة قليلة من خام الألياف فتكون بنسبة 16% ولا تزيد عن ذلك ، وتنقسم إلى نوعين، وهما :

مواد ذات طاقة مركزة: مثل الحبوب بأنواعها من الذرة والشعير والشوفان، ونتائجها الثانوية كنخالة الذرة والقمح والارز و مولاس بنجر السكر وقصب السكر.

مواد مركزة من البروتين: مثل الكسب وهي بقايا المخلفات الزيتية من بذرة الكتان

2- الخشنة

هي نوع الأعلاف التي تكون ذات حجم كبير وطاقة قليلة بالنسبة لوزنها ولذلك لما تحتويه على خام الألياف ، تنقسم إلى مواد جافة و مواد طرية

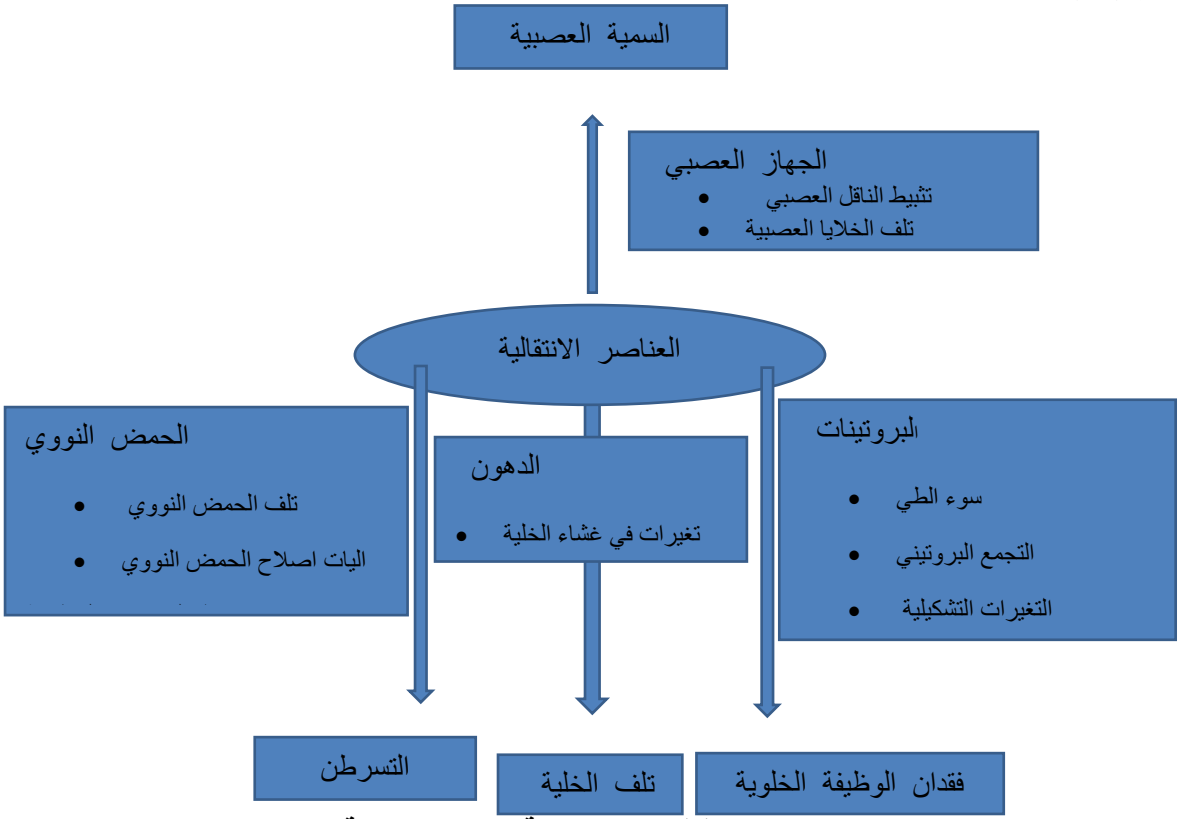
المواد الخشنة الجافة: وهى نوع الأعلاف التي تكون ذات ألياف عالية ورطوبة قليلة، مثل:

1- الأتبان وهي مخلفات أوراق وسوق النباتات بعد فصلها عن الحبوب.
2- حطب الذرة وهو ما يتبقى من نبات الذرة بعد نزع الكيزان.
3- القشور ونخالة البذور والحبوب.
4- كيزان الذرة وهو ما يتبقى من كيزان الذرة بعد ازالة الحبوب.
5- مصاص القصب وهو المتبقي من القصب بعد عصره (9) .

مواد خشنة طرية: هي أعلاف تكون كثيرة الرطوبة وأقل في الألياف، مثل:

- السيلاج وهو ناتج تخمر العلف الاخضر الفائض عن الحاجة وفي ظروف لا تتناسب مع التجفيف.
- الدرانات كالبطاطا فتكون مواد نشوية غنية بالكربوهيدرات.
- الجذور كالجزر وبنجر السكر والعلف وهي مواد سكرية غنية بالكربوهيدرات .

المعادن الثقيلة :- مصطلح المعدن الثقيل يشير إلى أي عنصر كيميائي معدني لديه كثافة عالية نسبيا وغير سام أو سام عند تركيزات منخفضة. أمثلة للمعادن الثقيلة تتضمن الكادميوم (Cd), النحاس (CU), الكروم (Cr), و الرصاص (Pb) (10) وهي عناصر طبيعية من قشرة الأرض. تدخل أجسامنا عن طريق مياه الشرب والغذاء والهواء. وبعض المعادن الثقيلة (مثل النحاس , السيلينيوم , الزنك) ضرورية للحفاظ على عملية التمثيل الغذائي للجسم البشري. ومع ذلك، فان تركيزات أعلى منها يمكن أن تؤدي إلى التسمم (11).



شكل (1) مخطط يوضح سمية المعادن الثقيلة

وتنجم خطورة المعادن الثقيلة من قدرتها على التراكب في أجسام الكائنات الحية وتكون سامة عندما تكون نسب التركيز اعلى واسرع من نسب انحلالها بالجسم . فبالنسبة للإنسان فان الكبد له وظيفة اساسية في ازالة المعادن الثقيلة اضافة الى السموم الأخرى، والجدير بالذكر ان نسب قليلة جداً من تركيز هذه العناصر (المعادن الثقيلة) له تأثير خطر على صحة الأنسان وحياته فمثلاً الزئبق (6 ميكروجرام لكل لتر) , الرصاص (10 ميكروجرام لكل لتر) يعتبر سام للإنسان والكائنات الحية (11) .

العناصر الثقيلة لم يتم تعريفها بشكل ُمحدد، إلا أنها بشكل عام عناصر تمتلك خواص فيزيائية مثل الفلزات الانتقالية، وبعض أشباه الفلزات، واللانثنيدات، الاكتينيدات وفي محاولات متعددة للوقوف على تعريف ُمحدد للمعادن الثقيلة بعضها يعتمد على الكثافة، أو على العدد الذري، أو الوزن الذري، أو على بعض الخصائص الكيميائية و مستوى السميّة وهناك مصطلح بديل هو المعادن السامة لعدم وجود تعريف دقيق لها وهو ما اختلفت فيه الآراء (10).

وحازت العناصر الثقيلة باهتمام كبير مقارنة بالمواد الكيميائية السامة الاخرى بسبب تأثيراتها السلبية على أشكال الحياة البيئية و البشرية، لانها تمتص بسهولة من قبل الكائنات الحية وأيوناتها ذات سمية عالية تسبب ضررا على الاجهزة، ومستوى الدم، حيث تكون معقدات مع البروتينات والانزيمات والأحماض النووية مسببة خلل في وظائفها (10) .

شكل رقم (2) يوضح مصادر المعادن الثقيلة (13)

مصادر المعادن الثقيلة اما ان تكون مصادر طبيعية وهي ناتجة عن التلوث البيئي كالبراكين والعواصف وغيرها أو مصادر بشرية ناتجة عن التطور الصناعي و التعدين وغيره .

الدارسات السابقة

أوضحت الدراسات السابقة تلوث الاعلاف بالعناصر الثقيلة وبالتالي يمكن ان يؤثر الاستهلاك البشري للحوم والالبان ومنتجات المواشي التي تتغذى على الاعلاف الملوثة على صحة الانسان فقد اجريت عدة دراسات يمكن سرد بعض منها بشكل موجز كما يلي :

- قامت الباحثة (اذهيبة محمد واخرون ,2022) في ليبيا بدراسة لتراكيز عنصري الرصاص و الكادميوم في النبات و التربة ببعض مزارع وادي الشاطي حيث اخذت العينات من عشر مزارع اختيرت بشكل عشوائي و تم اجراء التحاليل للنباتات والتربة للكشف عن وجود العنصرين باستخدام جهاز امتصاص الطيف الذري أظهرت النتائج تفاوت في النتائج بين المزارع المختلفة , كان تركيز الرصاص في النباتات المدروسة قد تجاوز الحد المسموح به في منظمة الصحة العالمية حيث كانت اعلى قيمة (8 ppm) واقل قيمة (1.1 ppm) بينما تجاوز عنصر الكادميوم الحدود المسموح بها في عينات النبات لمزرعتين فقط و كانت باقي المزارع ضمن الحدود المسموح بها (18) .
- في دراسة أجريت بالصين قام الباحث (Nan Zheng et al. , 2016) بتحليل 22 عنصرا في الحليب و الاعلاف و المياه للأبقار الحلوب والماعز و الجاموس في مناطق مختلفة حيث تم جمع العينات وهضمها حمضيا باستخدام ميكرويف الهضم و تحليلها بمطياف الكتلة البلازمية المقترن حثيا (ICP-MS) أظهرت النتائج ان العناصر النزرة الموجودة في الاعلاف كانت مرتبطة بتلك الموجودة في الحليب (19).
- دراسة أخرى قام بها الباحث (Ronak et al. , 2023) في كردستان العراق بعنوان نقل المعادن الثقيلة عبر السلسلة الغذائية بسبب النفايات الصناعية السائلة في منطقة كواشي الصناعية تم تحليل العينات باستخدام مطياف الامتصاص الذري (AAS 900) واظهرت النتائج ان المواقع لها تأثير كبير على تركيز المعادن في الاعلاف حيث كانت تراكيز المعادن مرتفعة في هذه المنطقة (20).
- قام الباحث (توفيق واخرون 2013) بدراسة لتراكم المعادن الثقيلة في النباتات العلفية و مدى افرازها في حليب الابقار في منطقة بانياس (الساحل السوري) تم اخذ20 عينة و تم تحليلها بجهاز الامتصاص الذري حيث تم قياس نسبة كلا من الكروم والكادميوم والرصاص والنيكل وأثبتت النتائج وجود المعادن في الاعلاف وبنسب متفاوتة (21).
- قام الباحث (Susie et al. ,2016) في تكساس بدراسة تلوث الاعلاف الحيوانية بالمعادن الثقيلة حيث تم اخذ 564 عينة و تم هضمها باستخدام باستخدام حمض النيتريك المركز و حمض الهيدروكلوريك و تحليلها بجهاز مطياف الامتصاص الذري وقياس نسبة كلا من الزرنيخ و الكادميوم والكروم والنحاس و الرصاص و الزئبق والنيكل و السيلينيوم خلال عام 2010 احتوت 28 عينة على مستويات قابلة للكشف من المعادن الثقيلة واحتوت القليل منها على مستويات اعلى من الحد المسموح به اما في السنوات اللاحقة زادت مستويات التلوث (22).
- أجرى الباحث (Ana Paula et al. ,2015) في البرازيل بدراسة تقييم محتوى الزرنيخ و الكادميوم والرصاص في المحاصيل الرئيسية لأغراض سلامة الغذاء تم جمع العينات و شطفت بالماء المقطر ثم جففت في فرن عند درجة حرارة 65 م° و طحنت و نخلت ثم هضمت باستخدام الميكرويف تم خلط 0.5 جم من كل عينة مع 10 مل من حمض النيتريك المركز في اوعية مغلقة لمدة 10 دقائق و تحليلها بجهاز مطياف الامتصاص الذري بفرن الجرافيت و أظهرت النتائج تباين في مستوى الزرنيخ و الكادميوم في العينات و لكنها لا تشكل أي خطورة على صحة الانسان (23).
- قام الباحث (Erdal et al., 2024) في تركيا بدراسة حول محتوى المعادن الثقيلة في اعلاف التسمين و منتجات الالبان حيث تم جمع 25 عينة و تم تجفيفها في فرن على درجة حرارة 70 م° وطحنها والهضم باستخدام الميكرويف ثم تحليل العينات باستخدام مطياف الكتلة البلازمية المقترن حثيا (ICP – MS) تم قياس تراكيز كلا من النحاس والكروم و الزرنيخ و الكادميوم والرصاص والنيكل والحديد واظهرت النتائج ان كل التراكيز لم تتجاوز الحد المسموح به و لم يتم الكشف عن معدن الرصاص (24).
- في دراسة أجريت في الهند قام الباحث (Basant et al .,2020) بدراسة حول التركيب الكيميائي و الملف المعدني للاعلاف المركزة من مزارع الالبان في فرانسي حيث تم جمع 123 عينة و تم

هضمها حمضيا و تحليلها باستخدام مطياف الامتصاص الذري حيث أظهرت النتائج تواجد المعادن في الاعلاف في المستوى الأمثل (25).

- قام الباحث (Y.Li et al., 2005) بدراسة استقصائية لتركيزات المعادن الثقيلة المختارة في اعلاف الالبان في ولاية ويسكونسن تم جمع 203 عينة و تحليلها بمطياف الانبعاث الضوئي البلازمي المقترن حثيا وجد ادنى تركيزات للمعادن الثقيلة كانت في تبن البرسيم و علفه و حبوب الذرة المزروع محليا و اعلى تراكيز في الاعلاف المشتراة و خاصة المكملات المعدنية (26).
- اجرى الباحث (Debashis et al., 2024) دراسة حول الحالة المعدنية للتربة والمياه والاعلاف و حليب و دم الجاموس في منطقة ميروت غرب اوتاربراديش حيث جمعت 120 عينة واخذ حوالي 1 جم من كل عينة مطحونة واضيف اليها 15 مل من الخليط الثلاثي حمض النيتريك وحمض الكبريتيك وحمض البيروكلوريك بنسب 1:1:3 وتركت طول الليل بعدها سخنت على طاولة الهضم ثم تم تخفيفها الى 25 مل بالماء المقطر و استخدم جهاز البلازما المقترن بالحث في التحليل وجد ان معظم عينات الاعلاف كانت تعاني من نقص في النحاس و الزنك ولم يلاحظ نقص في المعادن الأخرى (27).
- قام الباحث (Najmeh et al.,2024) في ايران بتقييم تركيزات العناصر السامة المحتملة (PTEs) في علف الحيوانات في طهران تم جمع 141 عينة وهضمها حمضيا وتحليلها باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري بفرن الجرافيت تم قياس نسبة كلا من الرصاص والكادميوم والزئبق و الزرنيخ و أظهرت النتائج ان نسبة الرصاص عالية (28).

منطقة الدراسة

الوصف العام لمنطقة الدراسة هو المنطقة الغربية من ليبيا وتم جمع 20 عينة من الاعلاف بطريقة عشوائية ومن أنواع مختلفة و ذلك لتقدير العناصر الثقيلة قيد الدراسة في هذه العينات .

شكل (3) خريطة لمنطقة الدراسة

تلخصت عملية تجميع العينات في الاتي:
اخذ في عين الاعتبار الشروط الصحيحة في عملية الجمع حيث وضعت العينات في أكياس البولي إيثلين وتدوين البيانات على كل كيس متمثلة في رقم العينة، نوع العينة، اسم الشركة المصنعة والاحتفاظ بها الي حين نقلها للمختبر لإجراء التحليل حسب الجدول الاتي

الجدول 3 – 1 يوضح بيانات عن العينات قيد الدراسة

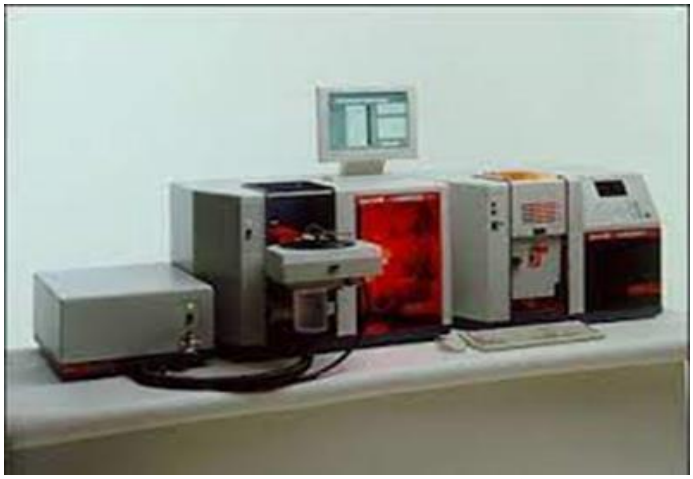
رقم العينة	اسم الشركة	نوع العلف
1	/	شعير صافي
2	وادي الربيع	علف ثلاثي اغنام
3	شركة الحشان	علف حليب بقر
4	شركة المعمورة الجديدة	اعلاف قمح 14% بروتين (علف اغنام تسمين مكبوس)
5	شركة المعمورة الجديدة	اعلاف قمح 16% بروتين (علف تسمين اغنام)
6	اعلاف الفجر	علف اغنام ثاثية
7	اعلاف الفجر	علف ابل
8	اعلاف الفجر	علف ابقار حليب عادية
9	اعلاف الفجر	علف تسمين عجل سوبر
10	/	علف تسمين عجل عادية
11	/	علف اغنام ثلاثية بالنخالة
12	/	علف ابقار حليب سوبر
13	اعلاف الفجر	علف عجل تسمين مكبوس 16% بروتين
14	/	علف اغنام ثلاثية
15	شركة المتحدة	علف ابقار حلوب
16	شركة المتحدة	علف تسمين اغنام
17	شركة البراري	علف حليب اغنام
18	شركة المراعي الخصبة	اعلاف اغنام تسمين
19	شركة الامتياز	علف ثلاثي اغنام
20	شركة الحشان	اعلاف ذات جودة عالية حليب اغنام

طريقة قياس العناصر الثقيلة فى عينات الاعلاف :

Lead, Cadmium, Copper, and Iron in Food and feed samples – Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry after wet Digestion (146)

الجهاز المستخدم

جهاز الامتصاص الذرى – الفرن الجرافيتى نوع Varian-USA نوع Spectra AA 220G



الجدول 3-2 ظروف التشغيل الجهاز الامتصاص الذري المعتمد على فرن الجرافيت.

Element	Wave length nm	Drying temperature (c)			Ashing temperature (c)	Atomization temp (c)
Cd	228.80	85	98	128	250	1800
Pb	283.30	85	98	120	600	2400
Cu	327.40	85	98	120	750	2300
Cr	425.44	85	98	120	1000	2600

الأساس العملي :

لتقدير طاقة الإشعاع التي تمتصها هذه الذرات ، يجب تحويل المادة المعدنية إلى ذرات حرة ، أو بعبارة أخرى، إلى حالة بخار. وتتناسب درجة امتصاص عدد من الذرات الموجودة في عينة العنصر المراد تحديده بشكل مباشر مع تركيز هذا العنصر. فعندما تمتص ذرات العنصر في حالتها الطبيعية أشعة الضوء عند طول موجي معين ، تنتقل الذرات إلى حالتها المثارة. وترتفع كمية الإشعاع الممتصة عند هذا الطول الموجي مع زيادة عدد ذرات العنصر في مسار الأشعة.

3 المواد الكيميائية المستخدمة :-

1- حمض النيتريك المركز النقي (69.7%) من شركة Carlo Erba .
2- بيروكسيد الهيدروجين 30% مصنعة من شركة Labbox.
3- ماء ثنائي التقطير خالي من الايونات .
4- محاليل قياسية الاصلية 1000mg/1 من العناصر التالية (Cu – Cd – Cr – Pb) .

الأجهزة والأدوات الأساسية المستخدمة :

1. جهاز الامتصاص الذري AAS نوع :

Graphite furnace Atomic Absorption Spectrometer

موديل220 AAS المزود ب Graphite Tube من شركة USA made, Varian

2. ميزان حساس للأوزان الدقيقة
3. اوراق ترشيح من نوع Whatman
4. اقماع بلاستيكية للترشيح
5. ماصة حجم 1 مل
6. قوارير بلاستيكية معقمة لحفظ العينات بعد عملية الهضم

7. انابيب اختبار
8. دوارق قياسية سعة ml25
9. أكياس بولي ايثيلين لتجميع العينات .
10. جهاز هضم العينات BioBass

اعداد المنحنى القياسى للجهاز:

اعداد المنحنى القياسى للمعادن المراد قياسها باستخدام قانون بيير Beers Law

$$A = \varepsilon c l$$

A	Absorbance	
ε	Molar absorption coefficient	$M^{-1}cm^{-1}$
c	Molar concentration	M
l	optical path length	cm

تحضير محاليل قياسية وقياس الامتصاص باستخدام جهاز الامتصاص الذرى نوع Varian والحصول على منحنى المعايرة التالى :-

تم تحضير المحاليل القياسية لكل عنصر باستخدام محلول قياسى بتركيز 1000 ملجرام/لتر بتخفيفة الى 50 مللجرام/لتر باستخدام مياه خالية من الايونات من المحلول القياسى الاصلى تم تحضير محاليل قياسية مخففة باستخدام قانون التخفيف

$$M1 * V1 = M2 * V2$$

تم تحضير محاليل قياسية لكل عنصر وفق الحد الأدنى والاعلى للقياس لكل عنصر موضحة في الاتي :

الجدول 3-3 يوضح تراكيز المحاليل القياسية

المحلول القياس	التركيز ميكروجرام / لتر	الحجم النهائي /مللتر
Blank	0.0	50
STD1	25	50
STD2	100	50
STD3	200	50

الجدول 3-4 يوضح تراكيز العناصر قيد الدراسة في المحاليل القياسية

العنصر	تركيز المحاليل القياسية ميكروجرام / لتر
الكادميوم	12-0
الرصاص	40-0
النحاس	60-0
الكروم	50-0

قياس تركيز العناصر الثقيلة فى العينات واستخدام القانون التالى فى حساب التركيز

$$\text{Metal Content (mg/Kg)} = \frac{metal\ conc\left(\frac{ug}{L}\right).x\ sample\ volume * \frac{1\,mg}{1000ug}}{sample\ weight\ (kg)}$$

حيث :

Metal content = محتوى العينة من العنصر بوحدات ملجرام / كيلوجرام

Conc. = تركيز العنصر فى العينة بوحدات ميكروجرام / لتر

Volume of sample = حجم العينة = 50 مللتر=0.05L

Wt. of sample = وزن العينة = 1 جرام (0.001 Kg)

خطوات العمل :

اجريت عملية هضم العينات و عملية القياس لتراكيز العناصر قيد الدراسة لهذه العينات في شركة دلتا للخدمات الفنية - بطرابلس ، تم تقدير تركيز عنصر الرصاص الكادميوم، الكروم، النحاس في عينات الاعلاف من الاسواق المحلية في المنطقة الغربية وذلك باستخدام جهاز الامتصاص الذري مع فرن الجرافيت حيث جمعت 20 عينة من الاعلاف التي تم ترقيمها حسب الجدول الموضح أعلاه (3 -1) .

هضم العينات :

1- وزن 0.5 جرام من العينة ووضعها فى انابيب التيفلون الخاصة بجهاز هضم العينات.
2- إضافة 5 مللتر من حمض النيتريك المركز و 2.0 مللتر من محلول بيروكسيد الهيدروجين .
3- وضع الانابيب فى جهاز هضم العينات والتسخين فى درجة حرارة 100 درجة مئوية لمدة ساعة
4- ترشيح العينة من خلال ورقة ترشيح 1 سم فى دورق سعة 50 مللتر واستكمال الحجم الى العلامة بالماء الخالى من الايونات
5- اعداد المنحنى القياسى للجهاز

وبذلك تصبح جاهزة للقياس بجهاز الامتصاص الذري AAS من نوع جرافيت .

تحضير المحاليل القياسية

تم تحضير المحاليل القياسية المستخدمة فى معايرة جهاز الامتصاص الذرى باستخدام مواد قياسية بتركيز 1000 جزء من المليون مصنعة من شركة Labbox-Spain

لتحضير محاليل مخففة تم استخدام قانون التخفيف.

M1V1=M2V2

لتحضير محاليل الرصاص القياسية تم تحضير محلول قياسى بتركيز 20جزء من المليون , ثم تخفيفه الى تركيز 1 جزء من المليون مايعادل 1000 ميكروجرام / مللتر.

لتحضير محاليل الرصاص المدى من 0-40 ميكروجرام / لتر تم استخدام الحجوم الموضحة فى الجدول التالى :-

الجدول 3-5 تحضير محاليل الرصاص القياسية

تركيز المحلول القياسى ميكروجرام /لتر	الحجم المستهلك من المحلول الاصلى 1000 ميكروجرام / لتر
0	0
10	1
20	2
30	3
40	4

لتحضير محاليل الكادميوم المدى من 0-1.5 ميكروجرام / لتر تم استخدام الحجوم الموضحة فى الجدول التالى :-

الجدول 3-6 تحضير محاليل االكاديوم القياسية

تركيز المحلول القياسى ميكروجرام / لتر	الحجم المستهلك من المحلول الاصلى 1000 ميكروجرام / لتر
0	0
0.5	0.05
1.0	0.10
1.5	0.15

لتحضير محاليل الكروم المدى من 0-12 ميكروجرام / لتر تم استخدام الحجوم الموضحة فى الجدول التالى :-

الجدول 3-7 تحضير محاليل الكروم القياسية

تركيز المحلول القياسى ميكروجرام / لتر	الحجم المستهلك من المحلول الاصلى 1000 ميكروجرام / لتر
0	0.0
4	0.4
8	0.8
12	1.2

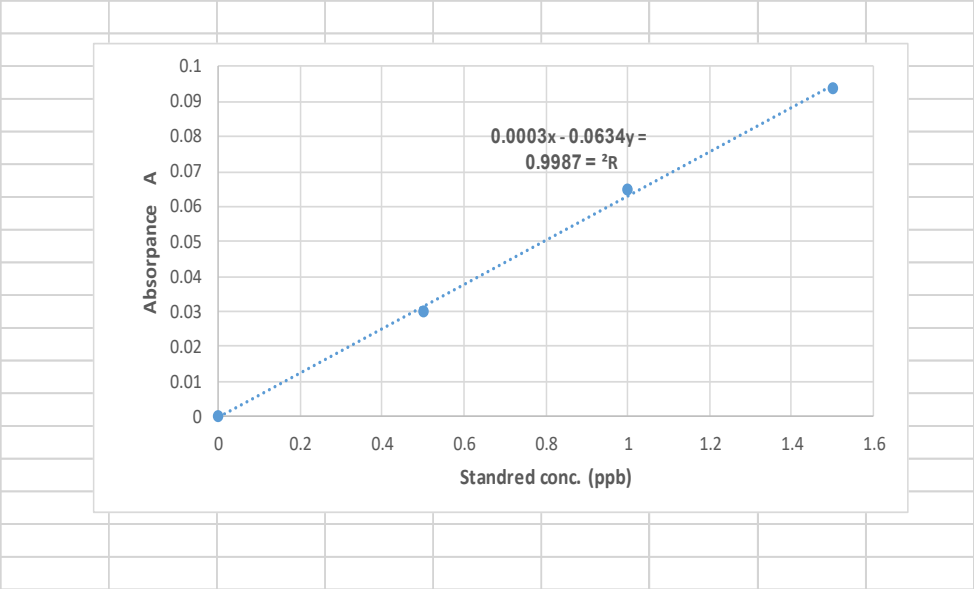
لتحضير محاليل النحاس المدى من 0-60 ميكروجرام / لتر تم استخدام الحجوم الموضحة فى الجدول التالى

الجدول 3-8 تحضير محاليل النحاس القياسية

تركيز المحلول القياسى ميكروجرام / لتر	الحجم المستهلك من المحلول الاصلى 1000 ميكروجرام / لتر
0	0
20	2
40	4
60	6

الجدول3 –9 متوسط امتصاصية سلسلة المحاليل القياسية لعنصر الرصاص

Lead Concentration (ppb)	0	0.01	0.02	0.04
Absorption	0	0.01	0.015	0.029



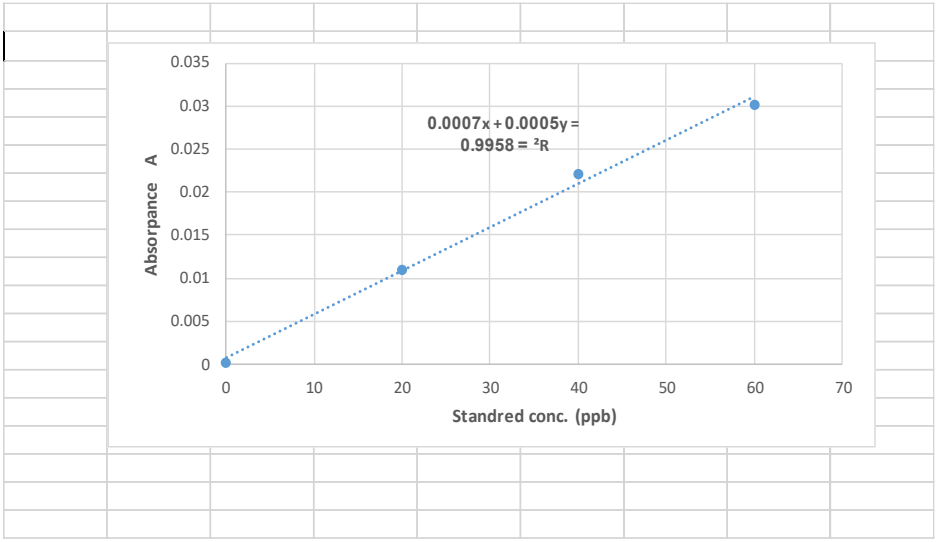
شكل 3-2 المنحنى القياسي لعنصر الرصاص

الجدول 3 - 10 متوسط امتصاصية سلسلة المحاليل القياسية لعنصر الكادميوم

Cadmium Concentration (ppb)	0	0.0005	0.001	0.0015
Absorption	0	0.03	0.065	0.094

الجدول (3-11) متوسط امتصاصية سلسلة المحاليل القياسية لعنصر النحاس

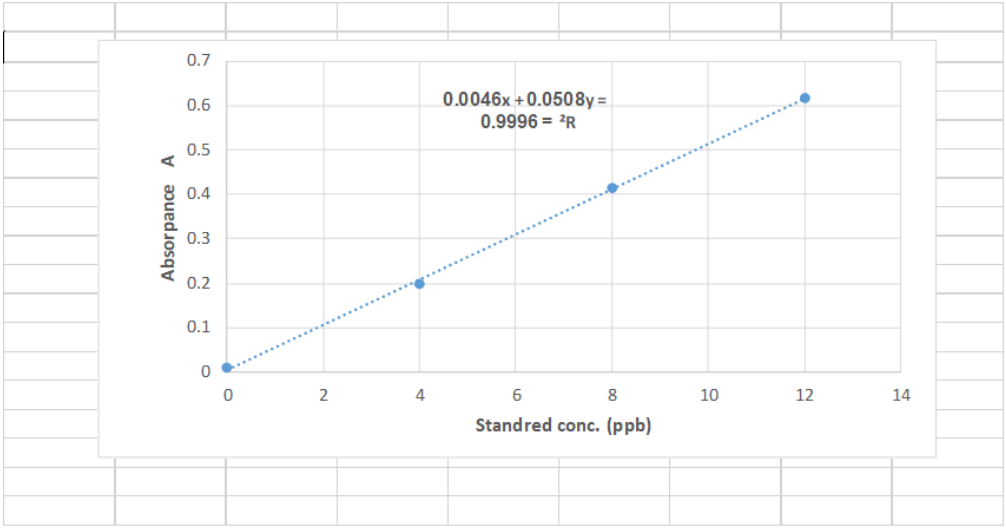
Copper Concentration (ppb)	0	0.02	0.04	0.06
Absorption	0	0.011	0.022	0.0302



شكل 3-4 المنحنى القياسي لعنصر النحاس

الجدول 3-12 متوسط امتصاصية سلسلة المحاليل القياسية لعنصر الكروم

(Chromium Concentration ppb)	0	0.004	0.008	0.012
Absorption	0	0.2	0.4134	0.615



شكل 3-5 المنحنى القياسي لعنصر الكروم

النتائج والمناقشة :

بعد تجميع العينات و تجهيزها تم قياس تراكيز الرصاص ، الكادميوم ، النحاس والكروم في كل العينات وذلك باستخدام جهاز الامتصاص الذري المعتمد على فرن الجرافيت Absorption Atomic Graphite furnace Spectrometer

تمت التحاليل الإحصائية باستخدام برنامج التحليل الاحصائي EXCEL و SPSS 27

نتائج تركيز عنصر الرصاص في عينات الاعلاف :-

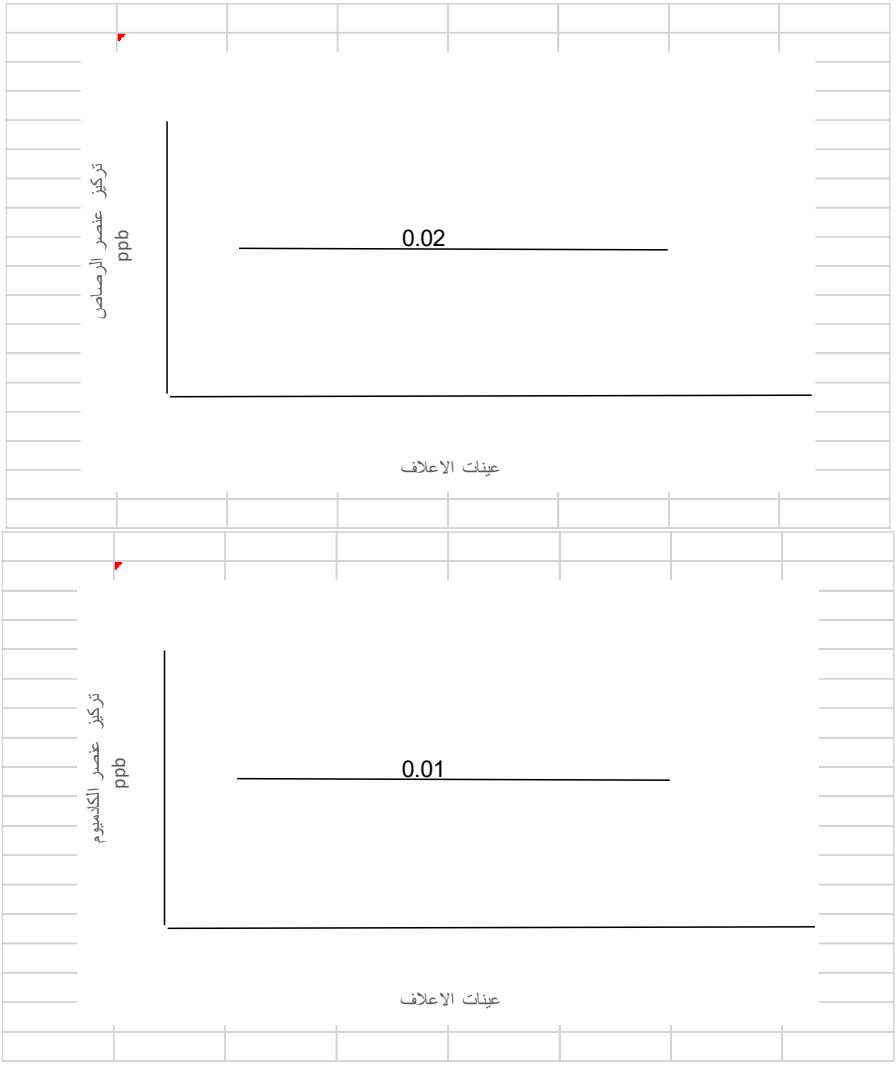
كانت جميع التراكيز اقل من الحد الأدنى للكشف (0.02 ppb) ملحق رقم (2) و هذا يعني انه لا يوجد تركيز للرصاص في جميع العينات المختبرة ، وبذلك فهي تعتبر أقل من الحد المسموح به محليا

وعالميا وبمقارنة هذه النتائج مع دراسات أخرى فهذه الدراسة تتفق مع (24،32) كانت التراكيز للكروم اقل من الحد الأدنى للكشف بينما تختلف مع دراسة (20، 35 ، 31) حيث أظهرت تراكيز لعنصر اعلى من الحد الموصى به عالميا .

الشكل 4-1 تركيز عنصرالرصاص في الاعلاف

4-2 نتائج تركيز عنصر الكادميوم في عينات الاعلاف :-

أظهرت النتائج ان التراكيز اقل من الحد الأدنى للكشف (0.01 ppb) ملحق رقم (2) و هذا يعني انه لا يوجد تركيز للكادميوم في جميع العينات المختبرة ، وبذلك فهي تعتبر أقل من الحد المسموح به محليا وعالميا وبمقارنة هذه النتائج مع دراسات أخرى فهذه الدراسة تتفق مع (24،32) كانت التراكيز للكادميوم اقل من الحد الأدنى للكشف بينما تختلف مع دراسة (20، 19 ،21) حيث أظهرت تراكيز لعنصر اعلى من الحد الموصى به عالميا .

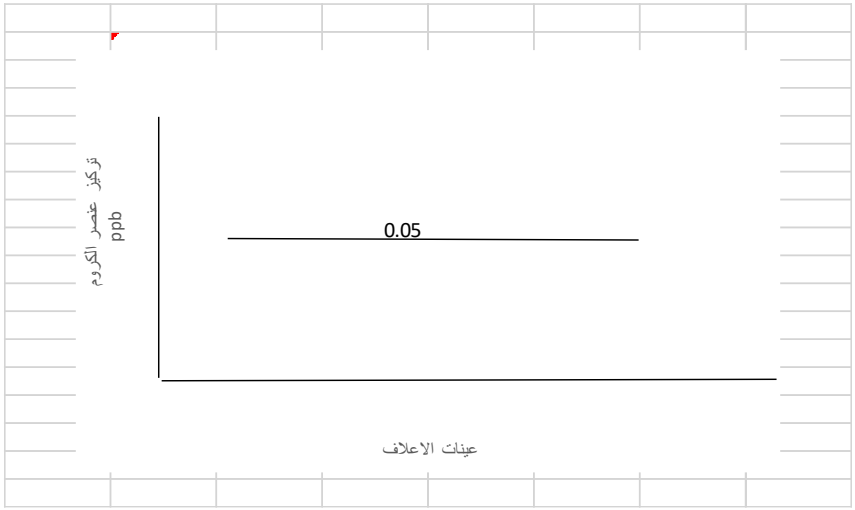


شكل 4-2 تركيز عنصر الكادميوم في الاعلاف

نتائج تركيز عنصر الكروم في عينات الاعلاف :-

في جميع العينات المختبرة كانت التراكيز اقل من الحد الأدنى للكشف (0.05 ppb) ملحق رقم (2) و هذا يعني انه لا وجود لعنصر الكروم فيها ، وبذلك فهي تعتبر أقل من الحد المسموح به محليا وعالميا

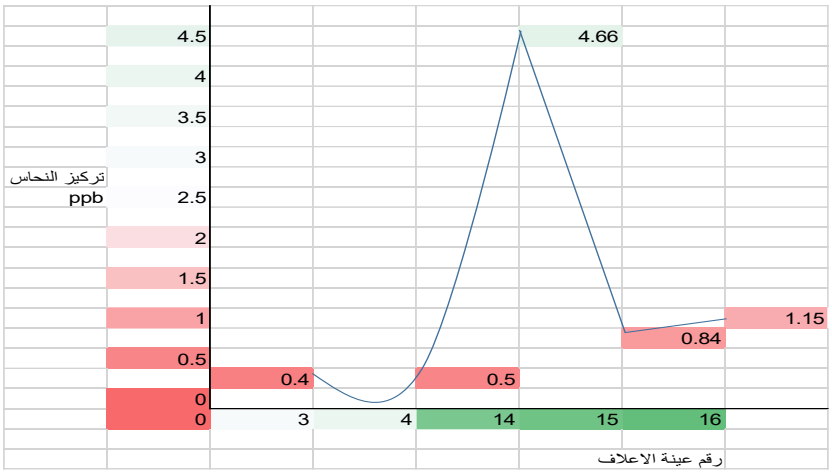
وبمقارنة هذه النتائج مع دراسات أخرى فهذه الدراسة تتفق مع (24، 32،34) كانت التراكيز للكروم اقل من الحد الأدنى للكشف بينما تختلف مع دراسة (21، 36) حيث أظهرت تراكيز لعنصر اعلى من الحد الموصى به عالميا.



الشكل 4-3 تركيز عنصر الكروم في الاعلاف

نتائج تركيز عنصر النحاس في عينات الاعلاف

كانت تراكيز النحاس الملحق رقم (2) فكانت في العينات رقم (3 ، 4 ، 5 ، 13 ، 14 ، 15 ، 16 ، 17) (0.46 ، 0.58 ، 0.10 ، 0.25 ، 4.66 ، 0.84 ، 1.15 ، 0.10) على التوالي ، بينما في باقي العينات كانت اقل من الحد الأدنى للكشف (0.1ppb) تتفق مع نتائج دراسات أخرى ففي (18، 137) كانت تراكيز النحاس اعلى من الحد الأدنى للكشف بينما اختلفت مع دراسة (62 ، 61 ، 53) كان تركيز النحاس اقل من الحد الأدنى الموصى به عالميا .



الشكل 4-4 تركيز عنصر النحاس في الاعلاف

التحليل الاحصائي

من النتائج المختبرية للعينات العشرين المتوفرة نجد ان العناصر الثلاثة: كروميوم (Cr)، كادميوم (Cd) ورصاص (Pb) جاءت قراءاتها تحت الحدود الدنيا الممكن ملاحظتها من قبل جهاز الكشف لكل عنصر.

بالتالي يتعذر اجراء أي تحليل احصائي. اما عنصر نحاس (Cu) تم تسجيل عدد القراءات التي تجاوزت القيمة الدنيا لحد الكشف للعنصر وفقا لجهاز الكشف المستخدم، بالتالي كان ممكنا اخذها في الاعتبار في التحليل الاحصائي.

الجدول 4-1 التالي يبين حدود الكشف لكل عنصر من العناصر قيد الدراسة

العنصر	حد الكشف
كروميوم (Cr)	0.05 µg/L
كادميوم (Cd)	0.01µg/L
رصاص (Pb)	0.02µg/L
نحاس (Cu)	0.1 µg/L

توصيف العينة المتوفرة

بلغ عدد العينات المتوفرة 20 مفردة جاءت من عدد من الشركات الموردة /المنتجة. العينات تم تصنيفها حسب معلومات ملصق المنتج او السلعة Product Label Information. حيث لوحظ ان تلك عدد من العينات تتوفر معلومات عن الشركة المنتجة بينما عدد منها لا تتوفر أي معلومة عن الشركة المنتجة/الموردة.

الجدول 4-2 التالي يلخص المعلومات والبيانات المتوفرة عن العينات

رقم العينة	اسم الشركة	نوع العلف
1	غير محدد	شعير صافي
2	وادي الربيع	علف ثلاثي اغنام
3	شركة الحشان	علف حليب بقر
4	شركة المعمورة الجديدة	اعلاف قمح 14% بروتين (علف اغنام تسمين مكبوس)
5	شركة المعمورة الجديدة	اعلاف قمح 16% بروتين (علف تسمين اغنام)
7	اعلاف الفجر	علف إبل
8	اعلاف الفجر	علف ابقار حليب عادية
9	اعلاف الفجر	علف تسمين عجل سوبر
10	غير محدد	علف تسمين عجل عادية
11	غير محدد	علف اغنام ثلاثية بالنخالة
12	غير محدد	علف ابقار حليب سوبر
13	اعلاف الفجر	علف عجل تسمين مكبوس 16% بروتين
14	غير محدد	علف اغنام ثلاثية
15	شركة المتحدة	علف ابقار حلوب
16	شركة المتحدة	علف تسمين اغنام
17	شركة البراري	علف حليب اغنام
18	شركة المراعي الخصبة	اعلاف اغنام تسمين
19	شركة الامتياز	علف ثلاثي اغنام
20	شركة الحشان	اعلاف ذات جودة عالية حليب اغنام

التحليل الاحصائي لبيانات عنصر النحاس :-

من القراءات المتوفرة يُلاحظ ان 8 عينات من بين 20 عينة تم تحليليها قراءة االنحاس لها اعلى من الحد الأدنى للكشف. هذا العدد يُشكل 40% وهذه النسبة تُعد مرتفعة. لمعرفة المزيد عن معلومات النحاس الموجودة بهذه العينات الجدول يلخص المؤشرات الإحصائية لها. لكن هناك عينة واحدة تجاوزت الحد الأدنى للكشف (0.1µg/L). حيث شكلت ما نسبته تقريبا 8.30%. أي ان أكثر من 90% لم تتجاوز حد الكشف.

جدول 4-3 التحليل الاحصائي لتراكيز عنصر النحاس في الاعلاف

المؤشر الاحصائي	قيمة المؤشر الاحصائي	ملاحظات
أصغر قراءة	(µg/L)0.001	ضمن حد الكشف
اعلى قراءة	(µg/L)4.66	تجاوزت حد الكشف وهي قيمة شاذة لما هو ملاحظ لباقي القراءات
المدى	(µg/L)4.659	المدى أكثر من الفرق ما بين الصفر والحد الكشف
المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	1.31 ± (µg/L) 0.68 (µg/L)	المتوسط اقل من حد الكشف
معامل الاختلاف	%52.01	نسبة الاختلاف كبيرة نسبيا وهذا راجع الى ان القراءة الشاذة المسجلة.

من بين القراءات 8 نجد ان 1 منها جاءت من شركة غير معروفة او مبينة لمعلومات الملصق وهي تشكل ما نسبته 12% من العينات التي سجلت قراءة النحاس اعلى من الصفر. يمكن ملاحظة ان من ضمن هذه القراءات الثمانية لعينات النحاس فأن اعلى قراءة مسجلة كانت (µg/L)4.66). قيمة اعلى قراءة كانت العينة الوحيدة التي سُجلت اعلى من قيمة حد الكشف لعنصر النحاس. بالتالي يمكن اعتبارها قيمة شاذة او متطرفة عن باقي القراءات. اما قيمة المتوسط الحسابي كانت اقل بكثير من قيمة الحد الأدنى للكشف.

الانحراف المعياري تأثرت قيمته بالقيمة المتطرفة وهذا متوقع حسب النظرية الإحصائية ، يمكن استبدال المتوسط الحسابي في حالة وجود القراءة المتطرفة بالوسيط. قيمة الوسيط هنا تساوي 0.175 وهي القيمة التي تقسم القراءات الى نصفين متساويين بعد ترتيب القراءات (تصاعديا او تنازليا) بحيث ان نسبة 50% اعلى منها و50 % اقل منها. يمكن ان نلاحظ هنا ان قيمة الوسيط جاءت اقل من الحد الأدنى للكشف بشكل واضح.

ولكن نظرا لخصائص المتوسط كمقياس احصائي لتمثيل البيانات رأينا إمكانية استبعاد القيمة المتطرفة وحساب المؤشرات الإحصائية.

البند التالي يلخص المؤشرات بعد استبعاد القيمة المتطرفة.

التحليل الاحصائي لبيانات عنصر النحاس بعد استبعاد القراءة المتطرفة

بعد استبعاد القيمة المتطرفة، نجد ان هناك تغير في المؤشرات الإحصائية وهي نظريا أكثر دقة من المؤشرات عند تضمين القيمة المتطرفة في الحُسبان. الجدول يبين تلك المؤشرات.

الجدول 4-4 التحليل الاحصائي لبيانات عنصر النحاس بعد استبعاد القراءة المتطرفة

المؤشر الاحصائي	قيمة المؤشر الاحصائي	ملاحظات
أصغر قراءة	(µg/L)0.001	ضمن حد الكشف
اعلى قراءة	(µg/L)1.15	تجاوزت حد الكشف وهي قيمة شاذة لما هو ملاحظ لباقي القراءات
المدى	(µg/L)1.15	المدى أقل من الفرق ما بين الصفر وحد الكشف
المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	0.39 ± (µg/L) 0.32 (µg/L)	المتوسط اقل من حد الكشف بشكل واضح
معامل الاختلاف	%123.3	نسبة الاختلاف كبيرة نسبيا وهذا راجع الى ان القراءة الشاذة المسجلة.

من الجدول يمكن ان نلاحظ ان هناك تغير في قيم عدد من المؤشرات الإحصائية مقارنة بالجدول السابق. هنا اعلى قراءة مسجلة كانت (µg/L)1.15 و هي اقل من أحد الكشف. بالتالي من الطبيعي ان قيمة المتوسط اقل من ذلك الحد. أيضا الانحراف المعياري كانت اقل بكثير منها في حالة وجود القيمة المتطرفة. لكن هناك اختلاف القيمة المشاهدة عند استخدام معامل الاختلاف كمؤشر احصائي حيث بلغت 123% تقريبا بينما في الحالة الأولى كانت 52%. بالرغم من ذلك ان القراءات المشاهدة من العينات المستخدمة في التحليل كانت اقل من حد الكشف. الخلاصة يمكن ان نستنبط ان قيمة النحاس في العينات المتوفرة سواء كانت معروفة المعلومات او غير معلومة اشارت الى انها اقل من حد الكشف. حيث جاءت قراءة واحدة أكبر من حد الكشف من بين ما مجموعه عشرين قراءة مسجلة. هذا مع تنوع نوع العلف والمصدر للمنتج.

الاستنتاج

نستنتج من هذه الدراسة

1- كانت المستويات من الرصاص و الكادميوم والكروم أقل من الحد الأدنى للكشف أي ان الاعلاف لا تحتوي على هذه العناصر .
2- عدم وجود عنصر الكادميوم في جميع العينات
3- عدم وجود عنصر الكروم في جميع العينات
4- عدم وجود عنصر الرصاص في جميع العينات
5- احتوت 8 عينات على نسب متفاوتة من النحاس اعلى من الحد الأدنى للكشف و عدم وجوده في باقي العينات
6- كان اعلى تركيز للنحاس في العينة رقم (14) .
7- عند مقارنة النتائج مع الحدود الموصى بها عالميا من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) و منظمة الأغذية و الزراعة (FAO) نجد أن الاعلاف أمنة تماما .

التوصيات

1- اعتماد مواصفات دقيقة وواضحة لمستويات العناصر الثقيلة في الاعلاف من خلال الجهة المختصة (المركز الوطني للمواصفات الليبية) و عدم اعتماد المقاييس العالمية لان بمقارنة التلوث الموجود في تلك الدول وبسبب التقدم الصناعي لديهم فان نسبة التلوث كبيرة ومن دراستي للعديد من الدراسات العالمية فان تلوث الاعلاف موجود وبنسب عالية ومتزايدة اما بالنسبة للدراسات من الدول العربية

والمحلية كان التلوث قليل وارجوا التركيز على ذلك لما للاعلاف من أهمية في السلسلة الغذائية وتلوثها وارتباطها القوي بصحة المواطن الليبي .

2- اجراء تحليل لعناصر أخرى في منطقة الدراسة تختلف عن العناصر المدروسة حاليا .
3- اجراء دراسات أخرى على أنواع مختلفة من الاعلاف المحلية وأيضا اعلاف مستوردة .
4- يجب اتخاذ تدابير رقابية صارمة لمنع تلوث الاعلاف و ضمان عدم تجاوز تراكيز المعادن الثقيلة الحدود الموصى بها .
5- رفع مستوى التوعية والتقليل من انبعاثات المعادن الثقيلة الناتجة عن الصرف الصحي و الصناعة والتعدين.
6- اجراء المزيد من البحوث على هذه العناصر في مناطق أخرى غير منطقة الدراسة .
7- التركيز اكثر على الإضافات العلفية وخاصة النحاس .

المراجع:

Ahmed, A. S., Sultana, S., Habib, A., Ullah, H., Musa, N., Hossain, M. B., Rahman, M. M., & Sarker, M. S. I. (2019). Bioaccumulation of heavy metals in some commercially important fishes from a tropical river estuary suggests higher potential health risk in children than adults. *PLOS ONE, 14*(10), e0219336.

Aladesanmi, O. T., Oroboade, J. G., Osisiogu, C. P., & Osewole, A. O. (2019). Bioaccumulation factor of selected heavy metals in *Zea mays*. *Journal of Health and Pollution, 9*(24).

Bampidis, V. A., Nistor, E., & Nitas, D. (2013). Arsenic, cadmium, lead and mercury as undesirable substances in animal feeds. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 46*(1), 17–22.

Dai, S. Y., Jones, B., Lee, K.-M., Li, W., Post, L., & Herrman, T. J. (2016). Heavy metal contamination of animal feed in Texas. *Journal of Regulatory Science, 1*, 21–32.

Elliott, S., Frio, A., & Jarman, T. (2017). Heavy metal contamination of animal feedstuffs: A new survey. *Journal of Applied Animal Nutrition, 5*.

Haque, M. M., Niloy, N. M., Khirul, M. A., Alam, M. F., & Tareq, S. M. (2021). Appraisal of probabilistic human health risks of heavy metals in vegetables from industrial, non-industrial and arsenic-contaminated areas of Bangladesh. *Heliyon, 7*(2), e06309.

İnci, H. Ş., Çaçan, E., Bilici, B., & Aksit Özer, Ş. (2024). Research on heavy metal content of fattening and dairy feeds. *Turkish Journal of Range and Forage Science, 5*(2), 109–118.

Islam, M. S., Hossain, M. B., Matin, A., & Sarker, M. S. I. (2018). Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh. *Chemosphere, 202*, 25–32.

Kan, C. A., & Meijer, G. A. L. (2007). The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal Feed Science and Technology, 133*(1–2), 84–108.

Li, Y., McCrory, D. F., Powell, J. M., Saam, H., & Jackson-Smith, D. (2005). A survey of selected heavy metal concentrations in Wisconsin dairy feeds. *Journal of Dairy Science, 88*(8), 2911–2922.

Meshabaz, R. A., & Umer, M. I. (2023). The transportation of heavy metals through food chain caused by industrial effluents in Kwashe Industrial Area, Kurdistan Region, Iraq.

Nicholson, F. A., Chambers, B. J., Williams, J. R., & Unwin, R. J. (1999). Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology, 70*(1), 23–31.

Smith, K. M., Abrahams, P. W., Dagleish, M. P., & Steigmajer, J. (2009). The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil-metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. *Science of the Total Environment, 407*(12), 3731–3739.
Sullivan, T. W., Douglas, J. H., & Gonzales, N. J. (1994). Level of various elements of concern in feed phosphates of domestic and foreign origin. *Poultry Science, 73*, 520–528.
United Nations Environment Programme. (2002). *Global mercury assessment*. UNEP.
Yazdanfar, N., Sadighara, P., Mirzaei, G., Limam, I., & Mousavi Khaneghah, A. (2024). Assessment of potentially toxic elements concentrations in maize as an animal feed in Tehran, Iran. *Applied Food Research, 4*(1), 100418.
Zhou, X., Zheng, N., Su, C., Wang, J., & Soyeurt, H. (2017). Analysis of 22 elements in milk, feed, and water of dairy cow, goat, and buffalo from different regions of China. *Biological Trace Element Research, 176*(1), 120–129.
Saeid Ahmed Meelad Al Sile, & Mohamed Ramadhan Khaleefah Ali. (2025). Effects of Moringa oleifera leaf powder inclusion on growth traits and hematological indices in broiler chickens. *Journal of Libyan Academy Bani Walid*, *1*(3), 92–106. https://doi.org/10.61952/jlabw.v1i3.177

دلا، توفيق، وآخرون. (2013). تراكم بعض المعادن الثقيلة في النباتات العلفية ومدى إفرازها في حليب الأبقار في منطقة بانياس بالساحل السوري.
محمد، اذهيبة، وآخرون. (2022). دراسة تراكيز عنصري الرصاص والكادميوم في النبات والتربة ببعض مزارع وادي الشاطئ.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.