تحديدُ العواملِ المؤثِّرة في تركيزِ الرَّصاص والكَادميوم في القمحِ وبعضِ منتجاتهِ

د. هدى حبال[1] د. جهاد سمعان[1] م. نوار الخطيب[2]

الملخص

هدف هذا البحث إلى إجراء عملية مسح لتحديد درجة التلوث بمعدني الرصاص والكادميوم في عينات مختلفة من حبوب القمح (قمح صلب محلي، قمح خبز وقمح طري روسي مستورد مُعدٌّ للطحن)، الدقيق (عالي الجودة والقياسي) والنخالة، ودراسة تأثير كل من مصدر القمح، فصل السنة والمطحنة في مستوى التلوث. أُخذت العينات من ثمانية مصادر للقمح ومن خمسة مطاحن حكومية وذلك خلال فصلين من السنة (الربيع والخريف) لعام 2018. وحُدّد تركيز الرصاص والكادميوم بجهاز الامتصاص الذري في مخابر قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. أظهرت النتائج تجاوز تركيز الرصاص في بعض عينات حبوب القمح الحد الأعظمي للتركيز المسموح به في الغذاء (0.200 مغ/ كغ)، كما وصل إلى تراكيز مرتفعة جداً (1.477 مغ/ كغ). بينما انخفضت نسبة التلوث بالكادميوم دون التركيز الأعظمي المسموح به في الأغذية (0.050 مغ/ كغ). وقد كان لمصدر القمح التأثير الأعظمي في تباين نسبة الرصاص والكادميوم في عينات حبوب القمح المدروسة. وأبدت عينات الدقيق تراكيزاً أقل من الرصاص مقارنةً مع عينات الحبوب، بينما أبدت جميع عينات الدقيق المُنتَجة في فصل الربيع قيماً أعلى من التراكيز المسموح بها للكادميوم. وقد أظهرت المطحنة ونوع الدقيق التأثير الأعظمي في درجة تلوث الدقيق بالرصاص، بينما كان للمطحنة وللفصل التأثير الأعظمي في درجة تلوث الدقيق بالكادميوم. أبدت جميع عينات النخالة قيماً لتركيز الرصاص أعلى من (0.200 مغ/ كغ)، وقيماً لتركيز الكادميوم أقل من (0.050 مغ/ كغ)، وكان للمطحنة التأثير الأعظمي في درجة تلوث النخالة بالرصاص، في حين كان للفصل التأثير الأعظمي في درجة تلوثها بالكادميوم.

الكلمات المفتاحية: حبوب القمح، الدقيق، النخالة، الرصاص، الكادميوم، جهاز الامتصاص الذري.

[1] أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية–كلية الزراعة–جامعة دمشق، ص.ب. 30621.

[2] طالب ماجستير في قسم علوم الأغذية–كلية الزراعة–جامعة دمشق.

Determination of Factors Affecting the Concentration of lead and cadmium in Wheat and Some of its Products

H. Habbal[1] J. Samaan[1] N. Al-Khateeb[2]

Abstract

This study aimed to conduct a survey to determine the degree of contamination of heavy metals (lead and cadmium) in different samples of local and imported wheat grains (local durum wheat, local bread wheat and Russian imported soft wheat prepared for milling), samples of flour types (high quality flour and standard flour) and bran, from different sources of wheat and in different seasons. These samples were collected from a number of county mills during two seasons (Spring and Autumn) during 2018. The concentration of lead and cadmium were measured by atomic absorption in laboratories of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Damascus. The results revealed that the concentration of lead in wheat grain samples exceeded the maximum allowable concentration of food (0.200 mg/kg) and reached very high concentrations (1.477 mg/kg). By contrast, the percentage of cadmium contamination was below the maximum allowable concentration in food (0.050 mg/kg). The source of wheat had a significant effect on the variation in cadmium and lead ratios in the wheat grain samples. These results revealed the importance of the area planted with wheat on the degree of contamination of wheat grains with these minerals. On the other hand, the concentration of lead in the flour samples were lower compared to the grain samples, while the samples of flour produced in Spring only showed values higher than the permitted concentrations of cadmium. The mill and the flour type showed a significant effect on the degree of contamination of the flour by lead, while the mill and the season had the greatest effect on the degree of contamination by cadmium. All bran samples showed concentration of lead higher than (0.200 mg/kg) and values of cadmium concentration lower than (0.050 mg/kg). The mill had a strong controlling effect on the degree of lead contamination of the bran, while the season had the greatest effect on cadmium.

Keywords: Wheat Kernels, flour, bran, lead, cadmium, atomic absorption.

[1] Prof Assistant, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University. P. O. Box: 30621.

[2] MSc. Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University.

المقدمة والدِّراسة المرجعية

يُعدُّ الرَّصاص والكادميوم معادن شديدة السمية وسهلة الامتصاص من قِبل الجهاز الهضمي وسهلة التجمع داخل أنسجة الأعضاء الداخلية، حيث أنَّ كمية ضئيلة منها كافية بالتسبب باعتلال أيضي (Malara وزملاؤه، 2005؛ Medynska وزملاؤه، 2009)، كما ارتبط ارتفاع تركيز معدني الرصاص والكادميوم في الغذاء بظهور عدد من الأمراض (WHO، 1995)، حيث يُسبب الرصاص العديد من الأمراض وخاصةً السرطانية مثل سرطان المعدة، المبايض، الكلى والدم، كما يُسبّب ضرراً بالغاً للجهاز العصبي، بينما يُسبب الكادميوم هشاشة العظام وتشوهها، ضمور عضلي، فقد حاسة الشم، عجز جنسي وارتفاع ضغط الدم، كما اعتبرته المنظمة الدولية لأبحاث السرطان عاملاً محفزاً لمرض السرطان (Kozielec وزملاؤه، 2002؛ Fortier وزملاؤه، 2008؛ Nowak وزملاؤه، 2011).

يُؤخذ تركيز الرصاص والكادميوم فقط بعين الاعتبار في الآونة الأخيرة في تحديد درجة تلوث الغذاء بالمعادن الثقيلة في ظلِّ التلوث الغذائي الكبير (Malakauskas وزملاؤه، 2003; Bączek وزملاؤه، 2011)، وتحدث سمية المعادن الثقيلة بسبب تلوث مياه الري، وتطبيق الأسمدة والمبيدات الحشرية القائمة على المعادن، الانبعاثات الصناعية، عملية الحصاد، النقل، التخزين أو البيع (Sulyman وزملاؤه، 2015)، وبسبب التهديد الرئيسي على الصحة البشرية، تمَّ تحديد التركيز الأعظمي المسموح به للرصاص في الحبوب، حيث بلغ (0.200 مغ/ كغ) على أساس الوزن الجاف (CAC، 2003)، بينما بلغ التركيز الأعظمي المسموح به للكادميوم في الغذاء (0.050 مغ/ كغ) على أساس الوزن الجاف (Walker، 1988)، كما يسمح تحديد تركيزهما في الغذاء في تقييم جرعة التعرض الأسبوعي (PWTI) (Provisional Tolerable Weekly Intake) وبالتالي تحديد درجة الخطورة على صحة الناس.

حدَّدت منظمة الصحة العالمية (WHO، 1992؛ 1995) قيم (PWTI) للرصاص والكادميوم بحيث لا تزيد عن (0.050 و0.075 مغ/ كغ) من وزن الجسم للرصاص والكادميوم على الترتيب، أما قيمة الجرعة الأسبوعية حسب المواصفة القياسية السورية هي (0.025 و0.007 مغ/ كغ) من وزن الجسم للرصاص والكادميوم على الترتيب (هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2009)، وقد وجد سلامة ورضوان (2005) في دراسةٍ تم إجراؤها على عينات من القمح وبعض منتجاته في مصر أنَّ متوسط تركيز الكادميوم في عينات القمح بلغ (0.131 مغ/ كغ وزن جاف)، بينما بلغ في المعكرونة (0.127 مغ/ كغ)، وهما أعلى من الحد المسموح

به لتواجد الكادميوم في الغذاء (Walker، 1988)، أما بالنسبة لتركيز الرصاص في عينات القمح فقد بلغ (0.398 مغ/ كغ وزن جاف)، وبالنسبة لعينات المعكرونة بلغت (0.299 مغ/ كغ وزن جاف)، وهما أعلى من الحد المسموح به لتواجد الرصاص في الغذاء (CAC، 2003)، وفي دراسةٍ أخرى أجراها Filon وزملاؤه (2013) في بولندا كان متوسط تركيز الكادميوم في عينات دقيق القمح والخبز الأبيض (0.025 و0.019 مغ/ كغ وزن جاف) على التوالي، وهما أقل من الحد المسموح به لتواجد الكادميوم في الغذاء (Walker، 1988)، في حين بلغ متوسط تركيز الكادميوم في المعكرونة (0.058 مغ/ كغ وزن جاف) وهو أعلى من الحد المسموح به، أما بالنسبة لتركيز الرصاص في عينات المعكرونة فقد بلغ (0.089 مغ/ كغ وزن جاف) وهو أقل من الحد المسموح به لتواجد الرصاص في الغذاء (CAC، 2003)، كما كان تركيز الرصاص في عينات دقيق القمح والخبز الأبيض ضمن الحدود المسموح بها، حيث بلغ (0.076 و0.09 مغ/ كغ وزن جاف) على التوالي.

وفي ليبيا، بيّن مفتاح وزملاؤه (2016) أن متوسط تركيز الكادميوم في عينات الخبز، دقيق القمح والمعكرونة (0.019، 0.009 و0.008 مغ/ كغ وزن جاف)، وهي بذلك أقل من الحد المسموح به لتواجد الكادميوم في الغذاء (Walker، 1988)، أما بالنسبة لتركيز الرصاص في عينات الخبز فقد بلغ (0.320 مغ/ كغ وزن جاف) وهو أعلى من الحد المسموح به لتواجد الرصاص في الغذاء، بينما بلغت في عينات دقيق القمح والمعكرونة (0.079 و0.184 مغ/ كغ) على التوالي، وهما أقل من الحد المسموح به لتواجد الرصاص في الغذاء (CAC، 2003).

بناءً على ما سبق، ونظراً للظروف الراهنة التي تشهدها سورية في الآونة الأخيرة من أحداث ميدانية يمكن أن يكون لها تأثير في زيادة التلوث بالعناصر الثقيلة وما له من انعكاس على المحاصيل المزروعة والغذاء المُصنَّع منها، وعلى اعتبار أن القمح ومنتجاته، وخصوصاً الخبز، تُعدُّ من أكثر الأغذية استهلاكاً في سورية، ولندرة الأبحاث العلمية المحلية المتعلقة بتقدير مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة في الأغذية بشكل عام، فقد هدف هذا البحث إلى إجراء عملية مسح لتحديد درجة التلوث بالمعادن الثقيلة (الرصاص والكادميوم) في عينات مختلفة من حبوب القمح المحلي والمستورد، ونواتج عملية الطحن (الدقيق والنخالة) من مناطق مختلفة من القطر وفي فصول مختلفة وذلك لبيان تأثير العوامل المختلفة في مستوى التلوث.

مواد البحث وطرائقه

1-جمع العينات وتحضيرها:

جُمعت عينات من القمح المُعدّ للطحن من صومعة السبينة (قمح صلب محلي، قمح خبز محلي وقمح طري روسي مستورد)، عينات من أنواع الدقيق الناتج عن عملية الطحن (الدقيق عالي الجودة نسبة استخراج 72% والدقيق القياسي نسبة استخراج 80%)، بالإضافة لعينات النخالة الناتجة عن عملية الطحن، حيث أُخذت العينات من ثمانية مصادر (دير الزور، الحسكة، المنطقة الشرقية، ازرع، ريف دمشق، السويداء، حمص وقمح طري مستورد روسي) وخمسة مطاحن حكومية (مطحنة الكسوة، الجولان، الأسد، تشرين وبردى) خلال فصلي الربيع والخريف لعام 2018، وقد تم تحضير العينات وتجهيزها في مخابر قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق حسب (موسى وسلمان، 2012)، بتجفيف العينات بالفرن (بدرجة حرارة 105°م) ثمَّ ترميد 5غ من العينات المطحونة بدرجة حرارة (550°م)، وتمَّ هضم العينات بحمض كلور الماء (35%) وتمديدها بالماء المقطر وحفظها بقارورات بلاستيكية تمهيداً لإجراء التحاليل المخبرية عليها في مخابر قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

2-تقدير الرصاص والكادميوم:

تم قياس تركيز معدن الرصاص والكادميوم حسب الطريقة المُتبعة في (AOAC، 2000) بجهاز الامتصاص الذري (نوع Varian، استرالي الصنع، موديل AA880 Spectra، 2002)، بوحدة اللهب (استلين-هواء) وبطريقة الامتصاصية الضوئية (AAS)، حيث تمَّ ضبط الحزمة الضوئية لمعدن الرصاص والكادميوم وفق الشروط التالية:

المعدن	طول الموجة (نانومتر)	شدة تيار اللمبة (ميلي أمبير)	نوع اللهب	تراكيز الخط المعياري (جزء في المليون)
الرصاص	217	5	استلين/ هواء	(2، 4، 6، 8 و10)
الكادميوم	228.8	4	استلين/ هواء	(0.200، 0.400، 0.600، 0.800 و1.000)

3-التحليل الإحصائي:

أُجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسُجّلت النتائج كمتوسطات± الانحراف المعياري، أُجري اختبار تحليل التباين (ANOVA) باستخدام تحليل General Linear Model، ثمَّ تُبع باختبار (Tukey) لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات عند مستوى ثقة ($p \leq 0.05$)، وأُجري اختبار F وتوزع التباين لتحديد الأهمية النسبية لتأثير المتغيرات المدروسة في تركيز المعادن، وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي (Minitab 14).

النتائج والمناقشة

1-تحديد تركيز الرصاص والكاديميوم في عينات حبوب القمح:

يُبيّن الجدول (1) نتائج تحديد تركيز الرصاص والكاديميوم في عينات حبوب القمح، وهي عينات حبوب قمح صلب محلي وقمح خبز محلي (المزروعة في المناطق السورية المختلفة)، بالإضافة لعينات القمح الطري الروسي المستورد وذلك خلال فصلين من السنة (2018).

الجدول (1): نتائج تحديد تركيز الرصاص والكاديميوم في عينات حبوب القمح.

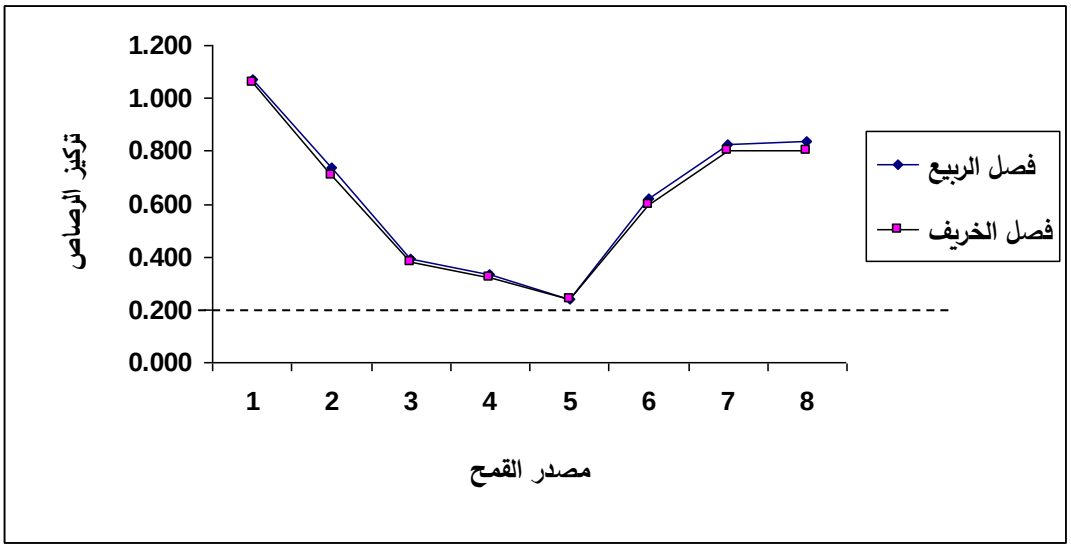
رقم المصدر	مصدر القمح	نوع القمح	تركيز الرصاص (مغ/ كغ مادة جافة)		تركيز الكاديميوم (مغ/ كغ مادة جافة)	
			فصل الربيع	فصل الخريف	فصل الربيع	فصل الخريف
1	دير الزور	صلب	0.653 ± 0.006	0.663 ± 0.011	0.024 ± 0.000	0.026 ± 0.002
		صلب	1.463 ± 0.015	1.477 ± 0.021	0.047 ± 0.003	0.048 ± 0.001
2	الحسكة	صلب	0.707 ± 0.015	0.737 ± 0.006	0.048 ± 0.001	0.052 ± 0.002
3	المنطقة الشرقية	صلب	0.253 ± 0.006	0.263 ± 0.015	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.000
		قمح خبز	0.407 ± 0.021	0.427 ± 0.012	0.051 ± 0.001	0.052 ± 0.004
		صلب	0.477 ± 0.006	0.483 ± 0.011	0.004 ± 0.003	0.004 ± 0.001
4	ازرع	صلب	0.287 ± 0.022	0.307 ± 0.012	0.059 ± 0.001	0.061 ± 0.003
		صلب	0.667 ± 0.020	0.680 ± 0.021	0.055 ± 0.001	0.060 ± 0.006
		صلب	0.193 ± 0.030	0.200 ± 0.016	0.025 ± 0.009	0.027 ± 0.003
		صلب	0.527 ± 0.021	0.547 ± 0.030	0.081 ± 0.002	0.083 ± 0.002
		صلب	0.213 ± 0.006	0.223 ± 0.015	0.018 ± 0.001	0.019 ± 0.003
		صلب	0.363 ± 0.015	0.373 ± 0.006	0.057 ± 0.003	0.059 ± 0.002
		صلب	0.000 ± 0.000	0.007 ± 0.012	0.050 ± 0.006	0.051 ± 0.003
5	مستورد	طري	0.147 ± 0.012	0.153 ± 0.001	0.016 ± 0.003	0.018 ± 0.003
		طري	0.003 ± 0.001	0.013 ± 0.015	0.032 ± 0.003	0.036 ± 0.001
		طري	0.003 ± 0.000	0.007 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.005 ± 0.001
		طري	0.650 ± 0.006	0.677 ± 0.005	0.055 ± 0.002	0.057 ± 0.002
		طري	0.097 ± 0.021	0.033 ± 0.004	0.021 ± 0.001	0.000 ± 0.000
		طري	0.530 ± 0.005	0.557 ± 0.012	0.021 ± 0.001	0.022 ± 0.003
6	ريف دمشق	قمح خبز	0.667 ± 0.031	0.677 ± 0.026	0.028 ± 0.003	0.030 ± 0.003
		قمح خبز	0.917 ± 0.015	0.943 ± 0.015	0.066 ± 0.003	0.069 ± 0.001
		صلب	0.323 ± 0.021	0.343 ± 0.015	0.063 ± 0.002	0.066 ± 0.003
		صلب	0.343 ± 0.020	0.363 ± 0.012	0.048 ± 0.001	0.051 ± 0.003
		صلب	0.527 ± 0.006	0.547 ± 0.006	0.081 ± 0.001	0.083 ± 0.002
		صلب	0.213 ± 0.001	0.223 ± 0.015	0.018 ± 0.002	0.019 ± 0.003
		صلب	0.000 ± 0.000	0.007 ± 0.006	0.050 ± 0.002	0.051 ± 0.003

		صلب	1.070 ± 0.026	1.110 ± 0.001	0.037 ± 0.001	0.038 ± 0.001
		صلب	1.330 ± 0.006	1.367 ± 0.026	0.048 ± 0.001	0.048 ± 0.002
7	السويداء	صلب	0.800 ± 0.023	0.827 ± 0.020	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000
8	حمص	صلب	0.800 ± 0.006	0.837 ± 0.010	0.033 ± 0.002	0.053 ± 0.006

تُبيّن النتائج المُوضَّحة في الجدول (1) تراوح تركيز معدن الرصاص في عينات قمح الصلب المحلي وقمح الخبز خلال فصل الربيع بين (0.000 مغ/ كغ) في مناطق ازرع وريف دمشق، و(1.463 مغ/ كغ) في منطقة دير الزور، أما تركيز معدن الكادميوم فقد تراوح بين (0.000 مغ/ كغ) في منطقة السويداء، و(0.081 مغ/ كغ) في مناطق ازرع وريف دمشق، ومن جهة أخرى، تراوح تركيز معدن الرصاص خلال فصل الخريف بين (0.007 مغ/كغ) في مناطق ازرع وريف دمشق و(1.477 مغ/ كغ) في منطقة دير الزور، كما تراوح تركيز الكادميوم بين (0.000 مغ/ كغ) في منطقة السويداء و(0.083 مغ/ كغ) في مناطق ريف دمشق وازرع، أما بالنسبة لتراكيز معدن الرصاص في عينات القمح الطري الروسي المستورد خلال فصل الربيع فقد تراوح بين (0.003 و0.650 مغ/ كغ)، وللكادميوم بين (0.004 و0.055 مغ/ كغ). وتراوحت تراكيز معدن الرصاص في عينات القمح خلال فصل الخريف بين (0.007 و0.677 مغ/ كغ) ولمعدن الكادميوم بين (0.000 و0.057 مغ/ كغ).

وقد أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لنوع القمح في نسبة التلوث، وهذا عائد إلى كون القمح الطري مستورد ويدخل إلى القطر وفق مواصفات محددة، في حين أن الظروف البيئية تلعب دوراً في رفع نسبة التلوث للقمح القاسي، وقد لعب مصدر القمح المزروع دوراً في مستوى تلوث القمح.

يُبيّن الشكل (1) متوسطات تركيز الرصاص لعينات حبوب القمح، المأخوذة من ثمانية مصادر خلال فصلي السنة.

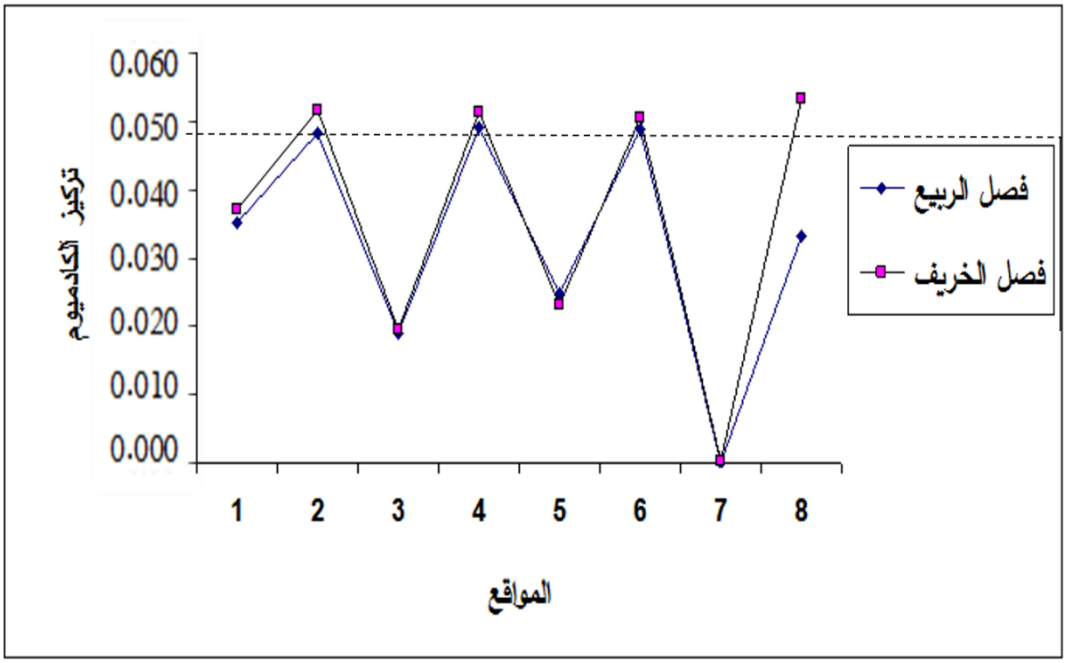


الشكل (1) متوسطات تركيز الرصاص لعينات حبوب القمح.

تُشير الأرقام على محور السينات لمصادر القمح حسب ترتيب ورودها بالجدول (1).

يُلاحظ من الشكل (1) أنَّ تركيز الرصاص في عينات حبوب القمح قد تجاوز التركيز الأعظمي المسموح به في الغذاء (0.200 مغ/ كغ على أساس الوزن الجاف) (CAC، 2003؛ هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2009)، كما أنه وصل إلى تراكيز مرتفعة جداً (1.477 مغ/ كغ).

يُبيَن الشكل (2) متوسطات تركيز الكادميوم لعينات حبوب القمح، المأخوذة من ثمانية مصادر خلال فصلي السنة، حيث لُوحظ انخفاض نسبة التلوث بالكادميوم دون التركيز الأعظمي المسموح به في الأغذية (0.050 مغ/ كغ على أساس الوزن الجاف) (Walker، 1988)، (0.200 مغ/ كغ على أساس الوزن الجاف) (هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2009)، ويعود الاختلاف في محتوى عينات حبوب القمح من الكادميوم رغم تركُّزه أو تراكمه في سويداء الحبوب إلى تأثير الأنماط الوراثية المختلفة للحبوب في مستوى تراكم الكادميوم فيها (Clemens و Ma، 2016؛ Thielecke و Nugent، 2018).



الشكل (2) متوسطات تركيز الكادميوم لعينات حبوب القمح.

تُشير الأرقام على محور السينات لمصادر القمح حسب ترتيب ورودها بالجدول (1).

يتمُّ استخدام الرصاص في التطبيقات الصناعية المختلفة، وبالتالي يمكن انتقاله للغذاء عن طريق المطاحن القديمة أو الحجر الرملي المتصدع بالرصاص (Thielecke و Nugent، 2018)، كما أوضح الباحثون في مشروع معالجة التلوث بالرصاص بالقليوبية (2008) أنَّ ظهور

وتواجد الرصاص بشكل عام يعتمد على عدة عوامل، منها نوع الحبوب (لينة أو صلبة)، العمر الإفتراضي للمطحنة، المسافة التي يمكن تعديلها أو ضبطها بين حجري الطحن (الأعلى والأسفل)، كما يمكن أن ينتقل الرصاص إلى الغذاء عن طريق المطاحن القديمة أو الحجر الرملي المتصدع بالرصاص (Thielecke وNugent، 2018).

تبعاً للنتائج السابقة، تمَّت دراسة توزع التباين لتحديد تأثير المتغيرات المدروسة (مصدر القمح، ونوع القمح والفصل) في درجة تلوث حبوب القمح بمعدن الرصاص والكادميوم، حيث يُوضِّح الجدول (2) نتائج توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في تركيز الرصاص والكادميوم في عينات حبوب القمح.

الجدول (2) نتائج توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في تركيز الرصاص والكادميوم في عينات حبوب القمح.

	الرصاص		الكادميوم	
	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*
المكررات	0.23	0.95	0.58	0.87
مصدر القمح	70.23	0.00	64.14	0.00
نوع القمح	24.25	0.03	29.64	0.01
الفصل	0.51	0.74	1.42	0.56

تُشير النتائج المُبيَّنة في الجدول (2) أنَّ مصدر القمح كان له التأثير الأعظمي في تباين نسبة الكادميوم (64.14%) والرصاص (70.23%) في العينات المدروسة، ثم يليه نوع القمح (29.64 و24.25%) على الترتيب، إذ تُبيّن هذه النتائج أهمية المنطقة المزروعة بالقمح في درجة تلوث حبوب القمح بهذه المعادن، أما بالنسبة للفصل فكان تأثيره ضئيلاً جداً مقارنةً مع نسب تأثير مصدر ونوع القمح (1.42 و0.51%) للكادميوم والرصاص على التوالي، بالإضافة إلى ذلك، لُوحظ وجود فروق معنوية بين مصادر القمح، وكذلك بين نوعي القمح، على عكس فصلي السنة، حيث لم يُلاحظ وجود فروق معنوية بينهما.

2-تحديد تركيز الرصاص والكاديوم في عينات الدقيق:

يُبيّن الجدول (3) نتائج تحديد تركيز الرصاص والكاديوم في عينات الدقيق، وهي عينات الدقيق القياسي (دقيق استخراج 80%) والدقيق عالي الجودة (دقيق استخراج 72%) المأخوذة من خمسة مطاحن حكومية خلال فصلي السنة.

الجدول (3): نتائج تحديد تركيز الرصاص والكاديوم في عينات الدقيق.

رقم المطحنة	المطحنة	نوع الدقيق	تركيز الرصاص (مغ/ كغ مادة جافة)		تركيز الكاديوم (مغ/ كغ مادة جافة)	
			فصل الربيع	فصل الخريف	فصل الربيع	فصل الخريف
1	الكسوة	دقيق (80%)	0.043 ± 0.012	0.057 ± 0.006	0.042 ± 0.002	0.079 ± 0.002
		دقيق (72%)	0.003 ± 0.005	0.007 ± 0.006	0.019 ± 0.003	0.042 ± 0.004
2	الجولان	دقيق (80%)	0.080 ± 0.046	0.110 ± 0.036	0.042 ± 0.004	0.060 ± 0.004
		دقيق (72%)	0.023 ± 0.006	0.047 ± 0.006	0.002 ± 0.001	0.065 ± 0.005
3	الأسد	دقيق (80%)	0.160 ± 0.046	0.167 ± 0.102	0.007 ± 0.005	0.053 ± 0.004
		دقيق (72%)	0.023 ± 0.015	0.137 ± 0.031	0.042 ± 0.003	0.081 ± 0.003
4	تشرين	دقيق (80%)	1.167 ± 0.023	1.193 ± 0.021	0.002 ± 0.001	0.009 ± 0.002
		دقيق (72%)	0.047 ± 0.006	0.013 ± 0.006	0.001 ± 0.001	0.001 ± 0.001
5	بردى	دقيق (80%)	0.933 ± 0.045	0.973 ± 0.059	0.028 ± 0.003	0.049 ± 0.004
		دقيق (72%)	0.723 ± 0.015	0.740 ± 0.017	0.049 ± 0.002	0.071 ± 0.004

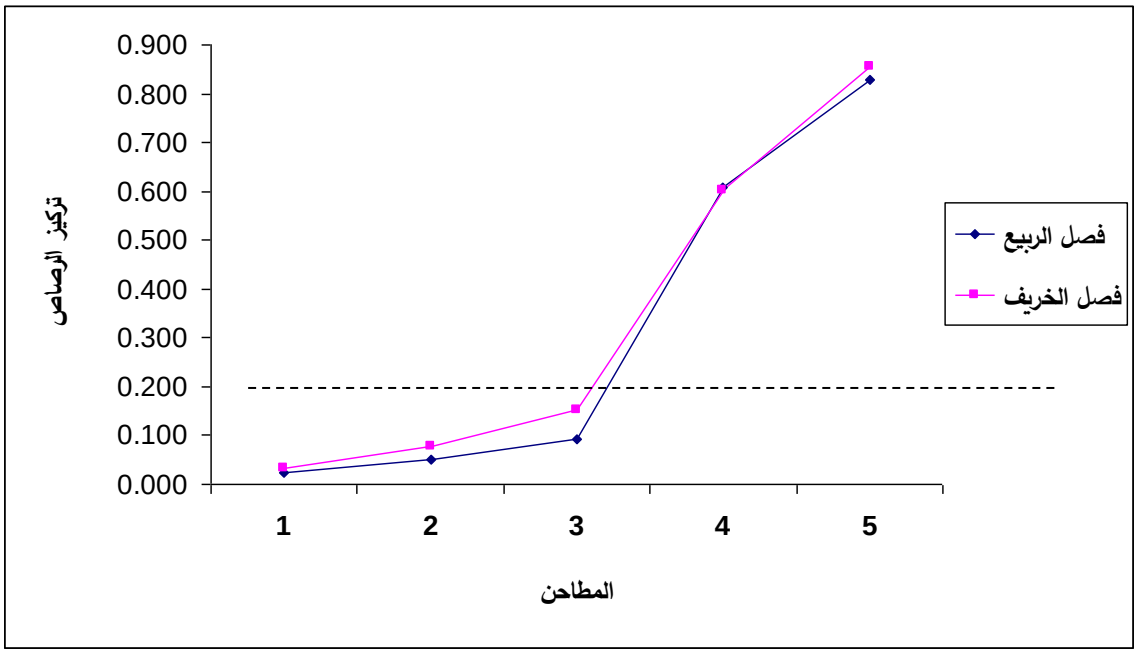
تُبيَّن النتائج الواردة في الجدول (3) بأنَّ تركيز الرصاص في عينات الدقيق القياسي خلال فصل الربيع تراوح بين (0.043 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة و(1.167 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين، وبين (0.0567 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة و(1.193 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين وذلك خلال فصل الخريف، أما بالنسبة للدقيق عالي الجودة، فقد تراوح تركيز الرصاص فيه خلال فصل الربيع بين (0.003 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة و(0.723 مغ/ كغ) في مطحنة بردى،

وبين (0.007 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة و(0.740 مغ/ كغ) في مطحنة بردى وذلك خلال فصل الخريف.

أما تركيز الكادميوم في عينات الدقيق القياسي خلال فصل الربيع فقد تراوح بين (0.002 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين و(0.042 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة، وبين (0.009 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين و(0.079 مغ/ كغ) في مطحنة الكسوة خلال فصل الخريف، أما بالنسبة للدقيق عالي الجودة فقد تراوح تركيز الكادميوم فيه خلال فصل الربيع بين (0.001 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين و(0.049 مغ/ كغ) في مطحنة بردى، وبين (0.001 مغ/ كغ) في مطحنة تشرين و(0.080 مغ/ كغ) في مطحنة الأسد وذلك خلال فصل الخريف.

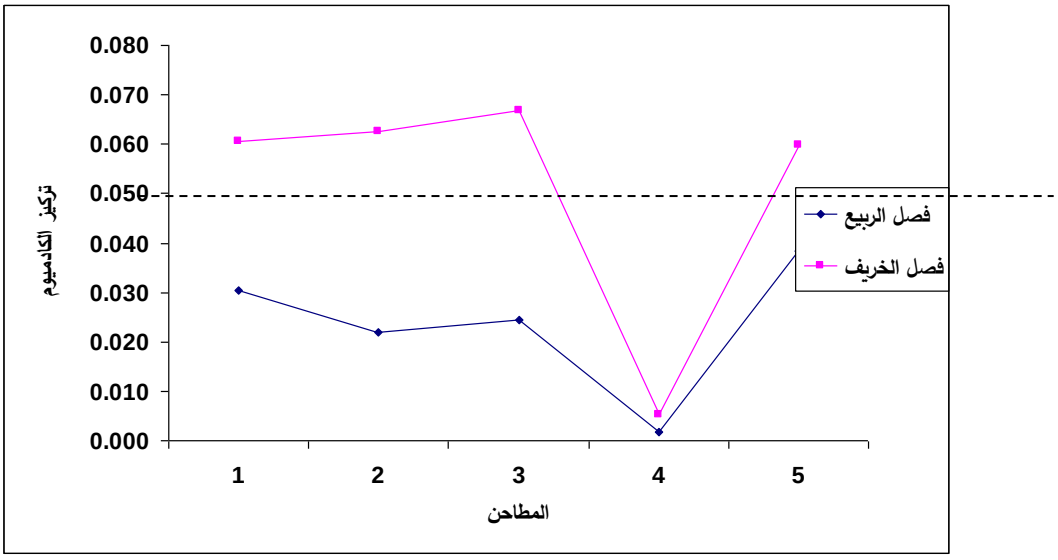
ويُبيّن الشكلين (3 و4) متوسطات تركيز الرصاص والكادميوم في عينات الدقيق، المُنتَجة من خمسة مطاحن خلال فصلي السنة، حيث لُوحظ انخفاض في تركيز الرصاص في الدقيق المنتج من مطحنة الكسوة، والجولان والأسد دون (0.200 مغ/كغ)، بينما تجاوزت تراكيز الرصاص في الدقيق المنتج من مطحنة تشرين (0.607 و0.603 مغ/ كغ) ومطحنة بردى (0.828 و0.857 مغ/ كغ) الحد الأعظمي المسموح به خلال فصلي الربيع والخريف على التوالي.

وبشكل عام، انخفض تركيز الرصاص في عينات الدقيق مقارنةً مع عينات الحبوب، ويمكن أن يُعزى ذلك إلى عملية الطحن والتي يتم فيها إزالة الطبقات الخارجية من الحبوب والحاوية على النسبة الكبيرة من المعادن، أما بالنسبة للكادميوم، فقد أبدت جميع عينات الدقيق المنتجة في فصل الخريف فقط (باستثناء مطحنة تشرين) قيماً أعلى من التراكيز المسموح بها، كما أنها تجاوزت قيم عينات الحبوب، حسب (Walker، 1988)، أما عند المقارنة مع المواصفة القياسية السورية للدقيق (192) لعام (2019) فقد كانت جميع عينات الدقيق خلال فصلي السنة أدنى من الحد المسموح به (0.2 مغ/ كغ على أساس الوزن الجاف).



الشكل (3) متوسطات تركيز الرصاص لعينات الدقيق.

تُشير الأرقام على محور السينات للمطاحن حسب ترتيب ورودها بالجدول (3).



الشكل (4) متوسطات تركيز الكادميوم لعينات الدقيق.

تُشير الأرقام على محور السينات للمطاحن حسب ترتيب ورودها بالجدول (3).

يُشير الجدول (4) إلى نتائج توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة (المطحنة، نوع الدقيق والفصل) في درجة تلوث الدقيق بالرصاص والكادميوم.

الجدول (4): نتائج توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في تركيز الرصاص والكادميوم في عينات الدقيق.

	الرصاص		الكادميوم	
	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*
المكررات	0.01	0.99	0.45	0.75
المطحنة	51.70	0.00	26.92	0.00
نوع الدقيق	46.30	0.00	0.02	0.92
الفصل	0.27	0.69	71.01	0.00

تُبيّن النتائج المُوضَّحة في الجدول (4) أنَّ تأثير كلٍّ من المطحنة ونوع الدقيق في درجة تلوث الدقيق بالرصاص بلغ (52.70 و46.30%) على التوالي، في حين كان تأثير الفصل ضئيلاً جداً، بينما كان تأثير المطحنة والفصل في درجة تلوث الدقيق بالكادميوم (26.92 و71.01%) على الترتيب، في حين كان تأثير نوع الدقيق ضئيلاً جداً، كما لُوحظ وجود فروق معنوية بين المطاحن المختلفة من حيث تأثيرها في درجة التلوث بالرصاص والكادميوم معاً، كما وُجدت فروق معنوية بين نوعي الدقيق من حيث التأثير في درجة تلوث الدقيق بالرصاص، كذلك وُجدت فروق معنوية بين فصلي السنة من حيث التأثير في درجة تلوث الدقيق بالكادميوم.

3-تحديد تركيز الرصاص والكادميوم في عينات النخالة:

يُبيّن الجدول (5) نتائج تحديد تركيز الرصاص والكادميوم في عينات نخالة القمح، المأخوذة من خمسة مطاحن مختلفة خلال فصلين من السنة.

الجدول (5): نتائج تحديد تركيز الرصاص والكادميوم في عينات نخالة القمح.

رقم المطحنة	المطحنة	تركيز الرصاص (مغ/كغ مادة جافة)		تركيز الكادميوم (مغ/كغ مادة جافة)	
		فصل الربيع	فصل الخريف	فصل الربيع	فصل الخريف
1	**الكسوة**	0.493 ± 0.015	0.510 ± 0.017	0.012 ± 0.001	0.043 ± 0.030
2	**الجولان**	0.507 ± 0.031	0.543 ± 0.045	0.007 ± 0.010	0.026 ± 0.001
3	**الأسد**	0.653 ± 0.015	0.673 ± 0.006	0.002 ± 0.001	0.007 ± 0.002
4	**تشرين**	0.207 ± 0.012	0.227 ± 0.015	0.005 ± 0.002	0.018 ± 0.002
5	**بردى**	0.050 ± 0.036	0.058 ± 0.048	0.022 ± 0.002	0.062 ± 0.001

تُظهر النتائج في الجدول (5) أنَّ جميع عينات النخالة أبدت قيماً لتركيز الرصاص أعلى من (0.200 مغ/ كغ) ما عدا عينات مطحنة بردى، وتراوح تركيز الرصاص في هذه العينات خلال فصل الربيع بين (0.050 مغ/ كغ) في مطحنة بردى و(0.653 مغ/ كغ) في مطحنة الأسد، وبين (0.058 مغ/ كغ) في مطحنة بردى و(0.673 مغ/ كغ) في مطحنة الأسد خلال

فصل الخريف، وعلى النقيض من ذلك، أبدت جميع عينات النخالة قيماً لتركيز الكادميوم أقل من (0.050 مغ/ كغ) حسب (Walker، 1988)، كذلك عند المقارنة مع المواصفة القياسية السورية (575) لعام (2009)، حيث تراوحت خلال فصل الربيع بين (0.002 مغ/ كغ) في مطحنة الأسد و(0.022 مغ/ كغ) في مطحنة بردى، وبين (0.007 مغ/ كغ) في مطحنة الأسد و(0.062 مغ/ كغ) في مطحنة بردى خلال فصل الخريف.

وتمَّت دراسة توزع التباين لتحديد لتأثير المتغيرات المدروسة (المطحنة والفصل) في درجة تلوث النخالة بالكادميوم والرصاص (الجدول 6).

الجدول (6) نتائج توزع التباين لتأثير المتغيرات المدروسة في تركيز الرصاص والكادميوم في عينات النخالة.

	الرصاص		الكادميوم	
	التباين (%)	*P*	التباين (%)	*P*
المكررات	0.02	0.88	1.78	0.46
المطحنة	98.96	0.00	26.33	0.00
الفصل	0.82	0.05	69.66	0.00

تُبيّن النتائج المُوضَّحة من الجدول (6) تأثير نوع المطحنة في درجة تلوث النخالة بالرصاص، حيث بلغ (98.96%)، في حين كان تأثير الفصل ضئيلاً جداً، كما كان لنوع المطحنة تأثيرٌ ملحوظٌ في درجة تلوث النخالة بالكادميوم، بلغ (26.33%)، في حين كان للفصل التأثير الأعظمي، حيث بلغ (69.66%)، وقد وُجدت فروق معنوية بين المطاحن الخمسة وبين فصلي السنة أيضاً من حيث درجة تلوث النخالة بالكادميوم والرصاص معاً.

الاستنتاجات

- ✓ تجاوز تركيز الرصاص في عينات حبوب القمح التركيز الأعظمي المسموح به على عكس تركيز الكادميوم فيها.
- ✓ تباينت تراكيز الرصاص والكادميوم في عينات حبوب القمح المدروسة بحسب مصدرها.
- ✓ انخفض تركيز الرصاص في عينات الدقيق مقارنةً مع عينات حبوب القمح، وكانت قيم الكادميوم أعلى قليلاً في فصل الخريف.
- ✓ أظهرت النتائج التأثير الأعظمي للمطحنة ونوع الدقيق في درجة تلوث الدقيق بالرصاص، بينما كان للمطحنة ولفصل السنة التأثير الأعظمي في درجة تلوث الدقيق بالكادميوم.
- ✓ أبدت جميع عينات النخالة قيماً لتركيز الرصاص أعلى من الحد المسموح به، وقيماً لتركيز الكادميوم أقل من الحد المسموح به.
- ✓ ارتفعت نسبة التلوث بالرصاص لنخالة القمح بحسب نوع المطحنة المُستخدمة، في حين كان لفصل السنة التأثير الأعظمي في درجة تلوثها بالكادميوم.

التوصيات

-تبيَّن هذه الدراسة تلوث القمح وبعض منتجاته في سورية بالمعادن الثقيلة، حيث وصلت تراكيز الرصاص في بعض مصادر القمح إلى حدود خطرة، لذلك ينبغي العمل على تحديد أسباب التلوث والحد منها، بالإضافة إلى تحديد نسبة التلوث بالرصاص والكادميوم في أفران الخبز الحكومية والخاصة.

المراجع

-السبيعي، فهد بن ناصر والعيد، محمد بن عبد الرحمن والجرواني، محمد. 2005. تحديد مدى تلوث بعض أصناف الحبوب والبقوليات بالعناصر المعدنية الثقيلة، التقرير النهائي للمشروع (1025)، قسم الكيمياء والنبات، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، عدد الصفحات 13.

-سلامة، أحمد خميس ورضوان، محمد علي. (2005). محتوى بعض الأغذية في الأسواق المصرية من العناصر الثقيلة (الكادميوم والرصاص) والعناصر النادرة (النحاس والزنك)، كلية الزراعة، جامعة الإسكندرية، مصر.

-عبد الحميد، عبد الحميد. 2000. العناصر الثقيلة المعدنية، جامعة المنصورة، جمهورية مصر العربية.

-غازي، رشا وعبد المولى، رامي. 2013. دراسة التلوث بالعناصر الثقيلة (الرصاص والكادميوم) لعينات من الخضار المباعة في منطقة ريف دمشق، شهادة تخرج في كلية الهندسة الزراعية، قسم علوم الأغذية، جامعة دمشق، عدد الصفحات (49).

-مشروع معالجة التلوث بالرصاص بالقليوبية. 2008. دراسة تحديد سمات وخصائص التلوث لمطاحن الدقيق الأهلية الصغيرة بقرى محافظة القليوبية، برنامج المعيشة والدخل من البيئة LIFE، الشركة الألفية للعلوم والهندسة، وزارة الدولة لشؤون البيئة، جهاز شؤون البيئة، محافظة القليوبية، USAID From The American People، عدد الصفحات 34.

-مفتاح، عمر سعيد علي سعيد والدعيك، جمال حسن غيث وشقشاق، فاطمة سعيد وأرحومة، عادل سعد المبروك. (2016). التلوث بالمعادن الثقيلة: تقدير محتوى بعض الخضراوات والفواكه ومنتجات الحبوب من عنصري الكادميوم والرصاص، مجلة العلوم والدراسات الإنسانية-المرج، جامعة بنغازي، العدد (21): 1-10.

-موسى، أمين وسلمان، فؤاد. 2012. تقدير مستويات بعض العناصر الثقيلة في عينات من الأرز والذرة والأقماح المستوردة، مجلة جامعة الفرات للدراسات والبحوث العلمية، المجلد (5)، العدد (18)، 190-203.

-هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2009. الحدود القصوى للملوثات المعدنية في الأغذية، المراجعة الأولى، المواصفة رقم 575.

-هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2019. المواصفة القياسية السورية لدقيق القمح، رقم 192.

-AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. Gaithersburg, Md. USA.

-Bączek, K., winta, R., Bartoszek, A., kusznierewiez, B. and Antonkiewicz, J., 2011. Physiological response of plants and cadmium accumulation in heads of two cultivars of white cabbage, J. Elem, 16(3):355-364.

-Baldini, M., Stacchini, P., Cubadda, F., Miniero, R., Parodi, P. and Face P. 2000. Cadmium in organs and tissues of horses slaughtered in Italy. Food Additives and contaminants. 17: 679-687.

-CAC (Codex Alimentarius Commission). 2003. Evaluation of certain food additives and contaminants FAO/WHO, Codex stan. 230-2001, Rev, 1-2003, Rome.

-Clemens, S. and Ma, J.F. 2016. Toxic heavy metal and metalloid accumulation in crop plants and foods. Annu. Rev. Plant Biol., 67, 489–512. [CrossRef] [PubMed]

-Filon, J., Ustymowicz, J., arbiszewska, F., Górski, J., kareczewski, J., 2013. Contamination of cereal products with lead and cadmium as a factor of a health risk for people in podlaskie voivodship, Veterinarba ir zootechnika (Ver Med Zoot), T, 63 (85).

-Fortier, M., Omara, F., Bernier, J., Brousseau, p. and Fourtier, M., 2008. Effects of physiological Concentrations of Heavy Metals Both Individually and in Mixtures on the Viability and Function of peripheral Blood Human Leukocytes in Vitro. J. Toxicol .Environ. Health. .71: 1327-1337.

-Kozielec, T., Salacka, A., pózniak, j., Salacki, A. and Karakiwicz, B., 2002. Cadmium and zinc concentration in adults from the Szczecin area. J. Elem. (In polish). 7(2): 141-145.

-Malara, P., Kwapulinski, J., Drugacz, J. and Malara, B., 2005. Impact of environment Environmental exposure on coexistence of cadmium and zinc in teeth. J. Elem. (in polish). 10(4): 959-965.

-Medynska, A., Kabala, C., Chodak, T. and Jezierski, P., 2009. Concentration of copper, zinc, lead and cadmium in plants cultivated in the surroudings of " zelazny Most" copper ore tailings impoundment. J. Elem. 14(4): 729-736.

-Malakauskas, M., Januškeviciene, G. and Vaitkus, J., 2003. Amount of heavy metals lead, cadmium and mercury -in wild game samples hunted for food. Veterinarija ir Zootechnika. 24(46): 34-39.

-Nowak, L., Dziezyc, H., piotrowski, M., 2011. Content of bioelements and toxic metals in honey of various botanical orgin from Lower Silesia. J.Elem. 16(3): 437-444.

-Pacyna, J. M. and Pacyna, E.G. 2001. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. Environmental Reviews. 9: 269-298.

-Walker, Regulation by other countries in foods and the human environment, Proceeding, No2 "Cadmium Accumulation in Australian Agriculture". National Symposium, Canberra, 1-2 March 1988, Australian Government Publishing service, Canberra, 176-85.

-WHO. 1992. Cadmium. Environmental Health Criteria, Vol.134, Geneva.

-WHO. 1995. Lead. Environmental Health Criteria, Vol.165, Geneva.
-Wieczorek, J., Wieczorek, Z. and Bieniaszewski, T. 2005. Cadmium and Lead Content in Cereal Grains and Soil from Cropland Adjacent to Roadways, Polish Journal of Environmental Studies, 14 (4): 535-540.
-Sulyman, Y.I., Abdulrazak, S., Oniwapele, Y.A. and Ahmad, A. 2015. Concentration of heavy metals in some selected cereals sourced within Kaduna state, Nigeria, IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), 9 (10): 17-19.