Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

تقدير العناصر الثقيلة (الرصاص، الكادميوم، النحاس والحديد) في عينات من الشاي الأحمر في السوق الليبي (طرابلس)

اسراء عبد الناصر صالح عون [1]
المختار محمد ابوبكر الكماشي[2]
رمضان القمودي ارحومه [3]
سعاد محمد كشيد [4]
كلية العلوم والموارد الطبيعية [1]
كلية العلوم جامعة طرابلس [2.3]
المركز الليبي المتقدم للتحاليل الكيميائية [4]
esra@aju.edu.ly

Determination of Heavy Elements (Lead, Cadmium, Copper, and Iron) in Samples of Black Tea in the Libyan Market (Tripoli)

Asraa Abd Al-Nasser Saleh Aoun [1]- Al-Mukhtar Mohammed Abu Bakr Al-Kamashi [2]- Ramadan Al-Qamoudi Arhamouma [2] –
Souad Mohammed Ksheed [3]
Faculty of Science and Water Resources [1]
Faculty of Science, University of Tripoli [2]
Libyan Advanced Center for Chemical Analysis [3]

تاريخ الاستلام:2026/01/03 –تاريخ المراجعة: 2026/01/27– تاريخ القبول: 2026/02/10– تاريخ للنشر:07/03/ 2026

المستخلص

الشاي هو أحد منتجات المحاصيل الزراعية التي تستهلك بكميات كبيرة جدا حيث أصبح يستهلك يوميا ومن فئات عمرية مختلفة, وبسبب الاتجاه المتزايد لتصنيع واستخدام المواد الكيميائية لغرض زيادة الإنتاج أصبح التلوث بالمعادن الثقيلة مصدر قلق في تجارة الأغذية والمشروبات لما تسببه هذه المعادن من مشاكل صحية وخطيرة للإنسان لأنها غير قابلة للتحلل الحيوي وتبقى في البيئة وتنتقل إلى السلسلة الغذائية لهذا السبب تم التركيز في هذا البحث على أكثر أنواع الشاي استهلاكا في السوق الليبي وقياس تركيز بعض المعادن الثقيلة (الرصاص ،الكادميوم ،النحاس والحديد) في هذه الأنواع ومن ثم مقارنتها بالمواصفات المحلية والدولية ،حيث تم جمع العينات من مجموعة أسواق مختلفة من مدينة طرابلس خلال شهري سبتمبر وأكتوبر سنة 2023ف وتم جمع 10عينات شاي أحمر من شركات مختلفة, وبعد إجراء عملية الهضم للعينات بطريقة الهضم الرطب واستعمال جهاز الامتصاص الذري (Flame Atomic Absorption Spectrometry) (FAAS) لقياس تركيز هذه المعادن (الرصاص، الكادميوم ،النحاس والحديد) أظهرت نتائج الدراسة أن تركيز الكادميوم والنحاس والحديد لكل العينات المقاسة ضمن الحدود المسموح بها ومطابقة للمواصفات القياسية الليبية وكذلك المواصفات القياسية الدولية والاتحاد الأوروبي وهيئة الدستور الغذائي CODEX بينما كان تركيز عنصر الرصاص في بعض العينات قد تجاوز الحد المسموح به حسب المواصفات الليبية والدولية بنسب بسيطة, وفي هذا الصدد تراوحت قيم تركيز عنصر الرصاص بين (0.01 – 6.885 mg/kg) و الكادميوم تراوحت القيم بين (0.009 –0.01 mg/kg) وعنصر النحاس تراوحت القيم بين (0.01 –6.731 mg/kg) وبينما عنصر الحديد تراوحت القيم بين (50.36 – 140.71 mg/kg)

الكلمات المفتاحية: الكادميوم, الرصاص, النحاس, الحديد, الشاي الاحمروجهاز الامتصاص الذري اللهبي FAAS.

Abstract

Tea is one of the agricultural crop products that are consumed in very large quantities as it has become consumed daily and by different age groups.

Due to the increasing trend of manufacturing and using chemicals for the purpose of increasing production, heavy metal pollution has become a source of concern in the food and beverage trade because these metals cause serious health problems for humans because they are not biodegradable and remain in the environment and are transmitted to the food chain. For this reason, this research focused on the most popular types of tea in the Libyan market and measured the concentration of some heavy metals (lead, cadmium, copper and iron) in these types and then compared them with local and international specifications. Samples were collected from a group of different markets in the city of Tripoli during the months of September and October 2023. 10 samples of red tea were collected from different foreign companies.

After the digestion process of the samples was carried out using the wet digestion method and using the Flame Atomic Absorption Spectrometry device to measure the concentration of some metals (FAAS) (Flame Absorption Spectrometry) where the results of the study showed that the concentration of cadmium, copper and iron for all measured samples were within the permissible limits and in compliance with the Libyan standard specifications as well as the standard specifications International and European Union and the Codex Alimentarius Commission CODEX While the concentration of lead in some samples exceeded the permissible limit according to Libyan and international specifications by small percentages. In this regard, the values of lead concentrations ranged between (0.01- 6.885 mg/kg), cadmium values ranged between (0.01-0.009 mg/kg), copper values ranged between (0.01 - 6.731 mg/kg) while iron values ranged between (50.36 -140.71 mg/kg) .

Keywords: Cadmium, Lead, Copper, Iron, Tea and Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS).

المقدمة

الشاي اسم يطلق علي الشجرة أو أوراقها أو على المشروب المصنوع من هذه الأوراق(Karimi, 2008) وهو ينتج من شجرة تسمى *Camellia sinesis* وهي نباتات مزهرة دائمة الخضرة تحتوي على زيوت طيارة وكافيين , Ghuniem, (2019 والظروف الملائمة لزراعة هذه الشجرة هي درجة حرارة مناسبة بين (15 −25) درجة مئوية ونسبة رطوبة عالية حوالي 80% { 90 − }وهطول أمطار سنوي مرتفع حوالي (1500− 2000 ملم (Zazouli, 2010) . يمكن تقسيم الشاي إلى أنواع بناء على طريقة معالجته منها الشاي الصيني الأسود والشاي الأبيض والأصفر(Alkherraz, 2019) حيث يعتبر الشاي الأسود الأكثر انتشارا وشعبية واستخداما وشيوعا حيث يصنع الشاي الأسود عن طريق عملية (2008 Ashraf,) ,وعادة ما يتم تحضيره بسكب الماء المغلي على الأوراق المجففة لنبات الشاي وهو مشروب عطري حيث يعتبر مفيد جدا لعلاج الكثير من الأمراض والوقاية منها ومن المعروف أنه يعدل المزاج ويحفز القوى العقلية ويرفع مادة الكافيين ويعمل كمهدي للأعصاب والصداع كما يستخدم للهضم ومدر للبول ويعزز المناعة ويحد من بعض الأمراض مثل السرطان و الزهايمر وارتفاع ضغط الدم والسمنة والشلل الرعاشي والذبحة الصدرية وأمراض الشريان التاجي وخفض مستويات الكولسترول في الدم وذلك لاحتوائه على مضادات الأكسدة والعناصر المعدنية الأساسية مثل الزنك والحديد والنحاس والالومنيوم والماغنيسيوم والبروم إلى جانب العديد من المواد النشطة بيولوجيا مثل البوليفينول وأملاح الفينول المتعددة التي تؤثر مباشرة في الحماية من الإصابة بسرطان الفم وعلى مواد أخرى تحد من سرطان الرئة والقولون (Maharramova, 2021). وفي الآونة الأخيرة أصبحت سلامة الأغذية من التلوث واحدة من أهم المشاكل التي تحظى باهتمام كبير بمختلف أنحاء العالم حفاظا على صحة وسلامة الإنسان (Ansari, *et al.*, 2007) ، وغالبا ما يكون هناك القليل من المعلومات

المتوفرة حول سلامة أوراق الشاي ومنتجات الشاي النهائية من التلوث بالمعادن الثقيلة ولأنه يتم استهلاكه من قبل الناس ومن فئات عمرية مختلفة بكميات كبيرة فمن المهم معرفة محتويات المعادن الثقيلة يعد أمر بالغ الأهمية (Sultana, 2023).

تكمن سمية العناصر الثقيلة تعود إلى ارتباط هذه العناصر مع المجموعات الوظيفية في الإنزيمات بروابط مستقرة وفي صورة معقدات مما يؤدي إلى تعطيل الجزيئات التي توجه تفاعلات التمثيل الغذائي. وتتركز هذه العناصر على غشاء الخلية مما يغير من التركيب البنائي له ويسبب ذلك إعاقة تبادل الايونات والمواد العضوية الضرورية للحياة كالبروتينات والسكريات أو منعها كليا من الانتقال (Karimi, *et al*., 2008) .

- اشارت العديد من الدراسات الي امكانية تلوث الشاي ببعض العناصر الثقيلة. اكدت دراسة Heshmati., *et al*. 2020 لتقدير تركيز العناصر الثقيلة (Pb، Cd، As، Zn و Cu) لعدد 160 عينة من الشاي الأسود في إيران بواسطة جهاز الامتصاص الذري لفرن جرافيت وبشكل عام حيث كان متوسط تركيز الرصاص, الكادميوم, الزرنيخ, الزنك والنحاس (0.59±0.12 mg/kg، 0.12±0.06، 0.16±0.12، 14.23±4.90، 11.10±2.49 على التوالي

تهدف هده الدراسة الي تقدير تركيز بعض المعادن الثقيلة والسامة (الرصاص، الكادميوم، النحاس والحديد) إن وجدت في عينات الشاي المورد للسوق الليبي ومعرفة مدى توافق هذه التراكيز مع المعايير الدولية والليبية بهدف حماية المستهلك من التعرض المفرط لها .

المواد وطرق البحث

– جمع العينات:

تم اختيار العينات في هذه الدراسة لكونها أكثر الأصناف استهلاكا في السوق الليبي وذات أسعار مناسبة والتي يتناولها عامة الناس من شركات مختلفة بعدد 10عينات من الشاي الأحمر (الأسود).

– الحدود المكانية للدراسة:

تنحصر منطقة الدراسة في هذا البحث على مدينة طرابلس، حيث تم جمع العينات من مجموعة متنوعة من الأسواق التجارية لبيع المواد الغذائية

1– عينات الشاي الأحمر (الأسود) وعددهم 10 عينات وتمت الإشارة اليهم بالأرقام الاتية (1، 2, 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9 و 10) كما موضح في الجدول (1)

جدول (1) عينات الشاي الأحمر وتصنيفها حسب اللون واسم العلامة التجارية

الرقم التسلسلي	اسم الشركة	اللون
1	الجيد	أحمر
2	محمود	أحمر
3	أحمد	أحمر
4	البركة	أحمر
5	الكبشين	أحمر
6	الغزالتين	أحمر
7	نعمة	أحمر
8	زهرة	أحمر
9	المضياف	أحمر
10	ماركة الجمل	أحمر

- الأجهزة المستخدمة للقياس :

تم تقدير العناصر الثقيلة المدروسة في هذا البحث باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي Flame (F-AAS) (Atomic Absorption Spectrophotometry) نوع (NOVAA800) والذي يعتبر من أكثر تقنيات التحليل شيوعا والتي تستخدم في تقدير تراكيز المعادن في الأغذية ومياه الشرب ومستحضرات التجميل, حيث انه يعطي نتائج دقيقة وسريعة ويعتبر من الأجهزة غير معقدة التشغيل حسب ظروف تشغيل جهاز الامتصاص الذري(NOVA A800) (جدول 2) .

جدول (2) ظروف تشغيل جهاز الامتصاص الذري(NOVA A800)

العنصر	الوقود Fuel	الطول الموجي Wava Length (nm)	عرض الفتحة Slit Width (nm)	تيار اللمبة (mA) Lamp Current	حساسية الجهاز mg/kg Detection Limit
الرصاص	Air –Acetylene C_2H_2/Air	217	1.2	4.0	0.01
الكادميوم	Air –Acetylene C_2H_2/Air	228.8	1.2	2	0.01
النحاس	Air –Acetylene C_2H_2/Air	324.8	1.2	3	0.01
الحديد	Air –Acetylene C_2H_2/Air	248.3	0.5	6	0.01

هضم العينات :

الطريقة المستخدمة في هذه الدراسة لهضم العينات هي الهضم الحمضي الرطب وفقا للخطوات الآتية تم أخذ وزن حوالي 2جرام لكل عينة بواسطة الميزان الحساس ووضعها في كؤوس زجاجية ، ثم إضافة 25 مل من حمض النيتريك المركز لكل عينة مع التسخين علي المسخن الكهربائي الى قرب الجفاف كخطوة أولى لعملية الهضم ، ثم إضافة 25 مل أخرى من الحمض للعينات مع استمرار التسخين حتى ينتهي تصاعد الأبخرة البنية بالكامل ، تترك العينات لتبرد قليلا حتى لا يحدث فوران للعينات عند إضافة بيرو كسيد الهيدروجين ، يتم إضافة بيرو كسيد الهيدروجين على مراحل في كل مرحلة يتم إضافة 1مل ليصبح إجمالي البيروكسيد المضاف لكل عينة هو 20 مل وكخطوة أخيرة تركت العينات لتبرد ورشحت بواسطة ورق الترشيح Whathman 4 في دوارق قياسية سعة 100مل وتم إكمال الحجم بالماء المقطر إلى العلامة, (Brzezicha-Cirocka. *et al.* 2016)

الأساليب الإحصائية المستخدمة:

إن التحليل الإحصائي للبيانات اعتمد على عدة أساليب إحصائية, تم استخدام الإحصاء الوصفي، حيث تم حساب المتوسط الحسابي لقياس النزعة المركزية لتركيز المعادن الثقيلة في كل نوع من الشاي, إضافة إلى الانحراف المعياري لقياس التشتت في البيانات حول المتوسط, كما تم توظيف اختبار (t) لعينتين مستقلتين (Independent samples test)لاختبار الفروق في متوسطات تركيز المعادن الثقيلة النتائج.

النتائج و المناقشة:

اوضحت نتائج هذه الدراسة أن جميع عينات الشاي لا تحتوي على عنصر الكادميوم ,بينما عنصر الرصاص كان أعلى تركيز هو(6.885 mg/kg) للعينة رقم 2 وأقل تركيز هو (<0.01 mg/kg), وتركيز النحاس في الشاي كان بنسب متفاوتة وكان اعلى تركيز للعينة رقم 3 وهو (6.731ppm) وأقل تركيز (1.957 mg/kg) للعينة رقم 4 ,وحيث كان أعلى تركيز للعينة رقم 6 بقيمة (140.74 mg/kg) لعنصر الحديد وأقل قيمة (50.36mg/kg) للعينة رقم9 (جدول 3)

جدول (3) متوسط تراكيز أيونات المعادن (الكادميوم, الرصاص, النحاس والحديد) في عينات الشاي الأحمر.

رمز العينة	Cd^{+2} (mg/kg)	Pb^{+2}(mg/kg)	Cu^{+2} (mg/kg)	Fe^{+3}(mg/kg)
1	<0.01	5.865±0.004	2.395±0.003	124.39±0.02
2	<0.01	6.885±0.001	3.577±0.001	83.07±0.01
3	<0.01	<0.01	6.731±0.005	129.12±0.01
4	<0.01	<0.01	1.957±0.003	102.94±0.02
5	<0.01	0.729±0.003	3.638±0.004	107.35±0.01
6	<0.01	0.251±0.009	2.378±0.001	140.74±0.01
7	<0.01	0.836±0.006	2.713±0.001	87.33±0.01
8	<0.01	<0.01	3.011±0.002	69.86±0.67
9	<0.01	<0.01	2.175±0.001	50.36±0.60
10	<0.01	<0.01	2.602±0.001	92.68±0.02

وفقًا لنتائج التحليل الكمي لتواجد العناصر الثقيلة في عينات الشاي الأحمر، وُجد أن متوسط تركيز الحديد (98.78 mg/kg ± 27.931) في العينات كان أقل بكثير من الحدود المسموح بها محليًا ودوليا (300mg/kg)، حيث كان الاختلاف ذا دلالة إحصائية ملحوظة

($t = -22.782$, $p < 0.001$) بالنسبة لمعدلات النحاس (3.12 mg/kg ± 1.386)، كانت النتائج أقل من الحدود القصوى المسموح بها محليًا (20mg/kg) ودوليًا (10 mg/kg) مع وجود دلالة إحصائية واضحة ($t = -15.705$, $p <$ 0.001) من ناحية أخرى، أظهرت مستويات الرصاص (1.46 ± 2.619) تقاربًا مع الحدود المسموح بها محليًا (2 mg/kg) ودوليًا (1 mg/kg)، ولم تكن الفروقات ذات دلالة إحصائية($t = 0.557$, $p = 0.591$) أما بالنسبة للكادميوم، فقد كان متوسط التركيز (0.01 mg/kg ± 0.0004) أقل بكثير من الحدود المسموح بها محليًا (3 mg/kg) ودوليًا (1.8 mg/kg)، مع دلالة إحصائية قوية جدًا

($t = -13426.5$, $p < 0.001$) تعكس هذه النتائج التوافق الكبير لمستويات الحديد والنحاس والكادميوم مع المعايير الصحية المحلية والدولية، بينما لا تزال مستويات الرصاص بحاجة إلى مزيد من الاهتمام لضمان سلامة المنتج (جدول 4).

جدول (4) مقارنة متوسط كمية العناصر الثقيلة المتواجدة في الشاي الأحمر بالمواصفات المحلية والدولية

العنصر	الحد المسموح به		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة اختبار t	مستوى الدلالة
	محليا	دوليا				
الحديد	300	–	98.78	27.931	−22.782	< 0.001
النحاس	20	10	3.12	1.386	−15.705	< 0.001
الرصاص	2	1	1.46	2.619	0.557	0.591
الكادميوم	3	1.8	0.01	0.0004	−13426.5	< 0.001

تتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات حول و اوضحت دراسة في المملكة العربية السعودية قام (Gondal et al,2016) تم فيها تحليل ستة ماركات من الشاي باستخدام مطياف الانهيار المستحث بالليزر LIBS تراوحت تركيزات(الحديد, الكروم, البوتاسيوم, البروم, النحاس, السيلكون والكالسيوم) في جميع العينات بين (96– ,378–656 mg/kg 124، 6785–1421، 1476–99، 36–17،11– 2 و 92–130) على التوالي وكانت حدود كشف المقدرة لـ (Fe، Cr، K، Br، Cu، Si وCa)في عينات الشاي هي (22 mg/kg، 12، 11 ,14، 6،1 و12) على التوالي.

قد يرجع أسباب تواجد المعادن الثقيلة في هذه الدراسة الي تلوث التربة من مصادر مختلفة فقد اكدت دراسة في الصين قام بها (Chenglin, 2023) لخصت هذه الدراسة تركيزات المعادن الثقيلة لتربة مزارع الشاي و أخيرا تم تقييم خطر التعرض للمعادن الثقيلة, كان متوسط التلوث بستة معادن ثقيلة في الشاي (الزرنيخ, الكادميوم, الكروم, النحاس, الزئبق والرصاص (0.04, 14.6, 1.17 mg/kg، 0.14،0.21 و 1.09) على التوالي, وتركزت المناطق التي تحتوي على تركيزات عالية من المعادن الثقيلة في الشاي في المقام الأول في جنوب غرب الصين وبعض المناطق في شرق الصين ومقاطعة شنشي في شمال غرب الصين المخاطر غير المسببة للسرطان للمعادن الثقيلة في الشاي بينما مخاطر المسببة لسرطان من الكادميوم في مقاطعة شنشي ومقاطعة أنهوي وجنوب غرب الصين تجاوز النطاق المقبول.

- **نستنتج من هذه الدراسة ان** الشاي المدروس يُعدّ آمنًا للاستهلاك من حيث محتوى العناصر الثقيلة، حيث تتناسب تركيزات هذه العناصر مع الحدود المسموح بها محليًا ودوليًا.وتختلف تركيزات بعض العناصر الثقيلة، مثل النحاس، بين نوعي الشاي، مما يُشير إلى أن بعض العوامل المتعلقة بالزراعة والمعالجة قد تؤثر على تركيزات هذه العناصر في الشاي.على الرغم من عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في تركيز الرصاص، فإن الفرق الملحوظ بين المتوسطات قد يكون ذا أهمية عملية، خاصة من منظور صحي.
- وعلي ذلك توصي هذه الدراسة الي تطوير وتنفيذ برامج مراقبة منتظمة لمستويات المعادن الثقيلة في منتجات الشاي لضمان سلامة المستهلك وتشجيع المزارعين على استخدام ممارسات الزراعة المستدامة التي تقلل من تراكم العناصر الثقيلة في التربة، وبالتالي في الشاي.وتطوير طرق تحليلية جديدة وكفاءة لقياس تركيزات العناصر الثقيلة في الشاي بدقة عالية وتوعية المستهلكين حول الاستهلاك الآمن للشاي وأهمية تنويع مصادر الشاي للحد من التعرض المحتمل للملوثات واجراء دراسات لمقارنة تركيز عنصر الرصاص بين الشركات المنتجة للشاي الأحمر وكذلك الشركات المنتجة لشاي الأخضر كلا على حدا .

المراجع:

Alkherraz, A. M., Hashad, O and Elsherif. K (2019). Heavy metals contents in some commercially available coffee, tea, and cocoa samples in Misurata City–Libya. Progress in Chemical and Biochemical Research 2: 99-107.

Ashraf, W and Atiq A. M (2008). Levels of selected heavy metals in black tea varieties consumed in Saudi Arabia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 81: 101-104.

Chenglin, H (2023). Current status and health risk. Assessment of heavy metals vontamination in tea across China. Toxics 11:: DOI: 10.3390/toxics11080662 .

Ghuniem, M, M (2019). Assessment of the potential health risk of heavy metal exposure from the consumption of herbal, black and green tea. Biomedical Journal of Scientific & Technical Research 16: 11810-11817.

Gondal, M. A (2016). Direct spectral analysis of tea samples using 266 nm UV pulsed laser-induced breakdown spectroscopy and cross validation of LIBS results with ICP-MS. Talanta 152: 341-352.

Heshmati, A (2020). The concentration and health risk of potentially toxic elements in black and green tea - both bagged and loose -leaf. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods 12: 140-150.

Karimi, G., l. (2008). Concentrations and health risk of heavy metals in tea samples marketed in Iran. Pharmacology 3: 164-174.

Maharramova, S. I. (2021). Determination of heavy metals content in tea leaves and products of their processing by method of inversion voltammetry. E3S Web of Conferences. Vol. 254. EDP Sciences.

Sultana, S (2023). Determination of Ni, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr and Mn in some black and green tea leaves and their infusions available in Bangladeshi local markets. Applied Chemical Engineering 6: 28-37.

Zazouli, M, A (2010). Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran." Asian Journal of Chemistry 22: 1393.