



Bee Honey as a Bioindicator of Environmental Pollution with Some Heavy Metals in Zawia and Janzour Regions, Libya

Ahmeda A. Alzagtat^{1*} and Alsury A. Alsury²

¹Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya,

²School of Applied Sciences and Engineering, Libyan Academy for Postgraduate Studies, Tripoli

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 25 December 2022</p> <p>Accepted: 20 February 2023</p> <p>Keywords: Heavy Metal Elements; Bee Honey; Pollen; Beeswax; Bee Gum</p>	<p>Abstract: This study aims to estimate the concentration of some heavy metals in bee honey and its various products and the possibility of inferring bees as a bioindicator in determining pollution by these metals. Eight hives were distributed; seven were close to different sources of pollution and one hive was in an agricultural site far control sample. Twenty honey samples were collected from the mentioned sites during three seasons and some samples of pollen, wax, and gum were also collected from one of the sites of pollution sources and the control site. Obtained results indicated that most of the honey samples were above the permissible limit for lead and cadmium compared to the European Union (EU) standard (1.0) mg/kg and the Codex standard. It was found that all samples contained relatively high concentrations of lead and cadmium in all sites. As for copper and zinc, all samples contained concentrations less than the permissible limit according to the Codex standard, which is (5.0) mg/kg. As for the concentration of these elements in pollen, wax, and gum samples, the highest concentration was in bee gum samples. It became clear through the results of this study those bees, and through their various products: honey, pollen, beeswax, and gum, can be consider a bioindicator of the environment to determine the extent of pollution by some heavy metals in the sites surrounding the beehives.</p>
---	--

عسل النحل بوصفه مؤشراً حيوياً للتلوث البيئي ببعض العناصر الثقيلة في منطقة الزاوية وجنزور بليبيا

<p>الكلمات المفتاحية : العناصر المعدنية الثقيلة، عسل النحل، حبوب اللقاح، شمع النحل، صمغ النحل.</p>	<p>المستخلص: تهدف هذه الدراسة الى تقدير تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة بعسل النحل ومنتجاته المختلفة وإمكانية الاستدلال بالنحل كمؤشر حيوي في تحديد التلوث بهذه العناصر. وزعت عدد ثمانية خلايا نحل، سبعة منها قريبة من مصادر تلوث مختلفة وخليّة في منطقة زراعية كعينة شاهد. تم جمع عدد عشرون عينة عسل من المواقع المذكورة وذلك خلال ثلاث فصول من السنة، وكذلك تم جمع بعض العينات من حبوب اللقاح، الشمع والصمغ من أحد مواقع مصادر التلوث وموقع المنطقة الزراعية. أشارت النتائج المتحصل عليها أن أغلب عينات العسل كانت فوق الحد المسموح به للرصاص والكاديوم مقارنة بمعيار الاتحاد الأوروبي (EU) (1.0) (مليغرام/كيلوغرام (مغ/كغ) ومعيار هيئة الدستور الأغذية (Codex). فقد وجد بان جميع العينات احتوت على تركيزات عالية نسبياً من الرصاص والكاديوم في جميع المناطق. أما عنصرى النحاس والزنك فاحتوت جميع العينات على تركيزات أقل من الحد المسموح به حسب معيار هيئة الدستور الأغذية وهو (5.0) مغ/كغ. أما فيما يتعلق بتركيز هذه العناصر بعينات حبوب اللقاح، الشمع والصمغ فكان أعلى تركيز لها في عينات صمغ النحل. اتضح من خلال نتائج هذه الدراسة بأن النحل ومن خلال منتجاته المختلفة: العسل، حبوب اللقاح، شمع النحل والصمغ يمكن أن يعتبر مؤشر حيوي للبيئة لتحديد مدى التلوث ببعض العناصر الثقيلة في المناطق المحيطة بخلايا النحل.</p>
---	--

المقدمة

المتقدمة والتي من أهمها التلوث الذري والكيميائي. أما بالنسبة للدول النامية فإنها تعاني من التلوث نتيجة لسوء إدارة الأنظمة البيئية وإهمال عنصر البيئة عند وضع خطط التنمية، ونظراً للكثافة السكانية العالية والتطور الصناعي والاقتصادي وحركة

أصبح التلوث البيئي ظاهرة عالمية واكبت التقدم العلمي حيث شملت الدول النامية والمتقدمة على السواء مع اختلاف نوعية التلوث. فالدول المتقدمة تعاني من آثار الصناعات التكنولوجية

*أحميدة الغراري الزقطاط: a.alzagtat@uot.edu.ly قسم علوم وتقنية الأغذية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا .

التلوث منتشرًا بشكل كبير في معظم المناطق التي يراها النحل وخاصة القريبة من مصادر التلوث بشكل عام والتي من مخلفاتها العناصر الثقيلة. يعد عسل النحل وحبوب اللقاح مؤشر حيوي لمراقبة تلوث البيئة المحيطة والقريبة من خلايا النحل كالمناطق الصناعية، الزراعية والحضرية، حيث يزداد مستوى بعض العناصر المعدنية الثقيلة في العسل وحبوب اللقاح وفق تلوث هذه المناطق الصناعية والزراعية وغيرها (Aldgini et al., 2019). يتأثر العسل ومنتجاته المختلفة مثل حبوب اللقاح وغيرها بالملوثات المعدنية كنتيجة للمناطق الجغرافية والبيئة المحيطة (Gonzalez-Martin et al., 2018). أوضحت الدراسات أن النحل يقوم بزيادة التلقيح الزراعي بنسبة حوالي 70% كماً ونوعاً. إضافة إلى مردوده الاقتصادي والبيئي، فيعتبر نحل العسل مؤشر بيئي يجب حمايته، حيث تعتمد كثير من وسائل رصد البيئة على وجود أو غياب نحل العسل، وعلى هذا الأساس يعتبر نحل العسل مؤشر قوي وهام لرصد التنوع الحيوي، خاصة في البيئات التي بها مصادر تلوث مختلفة (هيئة أبوظبي للزراعة والسلامة الغذائية، 2019).

تكمن فائدة نحل العسل كعامل بيئي في التراكم لبعض الملوثات في رحيق الأزهار وحبوب اللقاح والنباتات الملوثة بمواد كيميائية زراعية مختلفة، والتي لا يستطيع النحل التمييز بينها وبين المصادر غير الملوثة على الرغم من أن نحل العسل متخصص في التحسس الجيني للعديد من حبوب اللقاح ورحيق الأزهار لأنواع مختلفة من النباتات، وخيارات النحل في البحث عن الغذاء عادة ما تكون من خلال جمعة من المناطق المحيطة بالخلايا. لذلك يعتبر نحل العسل مؤشر حيوي ممتاز لتلوث البيئة نظرًا لقدرته على توفير معلومات عالية الدقة حول وجود الكيماويات الزراعية والملوثات الأخرى في المناطق المحيطة (Quigley et al., 2019).

إن انتشار مصادر التلوث من عوادم حركة المواصلات وصناعة التعدين ومحطات إنتاج الطاقة الكهربائية، ومصافي النفط وكذلك استخدام المبيدات والأسمدة الزراعية المختلفة

المواصلات المتزايدة، والاستخدام غير المنظم للمبيدات الزراعية المختلفة والأسمدة الكيميائية المستخدمة في قطاع الزراعة، بالإضافة إلى مخلفات الصرف الصحي لها دوراً كبيراً في تفاقم هذه المشكلة (حسين، 2007). كل هذه المخاطر تهدد مكونات النظام البيئي الطبيعي ذلك بتغير في خواص إحدى مكونات هذا النظام أو جميعها الأمر الذي يجعلها غير صالحة للاستخدام في الأغراض التي كانت تستعمل فيها. إن التلوث البيئي هو كل تغير كمي أو كيميائي في مكونات البيئة الحية أو غير الحية، ولا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل توازنها، ولقد طغى تأثير التلوث على كل مجالات الحياة البشرية والمادية والصحية والنفسية والاجتماعية (أرناؤوط، 2000). ومن أهم المشاكل التي تواجه الإنسان اليوم هي مشكلة تلوث الغذاء بالعناصر المعدنية الثقيلة مما يؤثر على صحة وسلامة المستهلك. لذلك يجب أن نهتم بالوقاية كوسيلة للإقلال من التلوث أن لم يكن القضاء عليه نهائياً، ومن هذه الأغذية سنتناول دراسة تلوث عسل النحل المنتج بالقرب من مصادر التلوث المختلفة وكذلك علاقة النحل بالتعرف على مصادر التلوث بالبيئة المحيطة. إن أهم عامل خطر للكائنات الحية مثل نحل العسل الذي يعيش في بيئة ملوثة بسموم ومعادن ثقيلة ومبيدات حشرية وغيرها، هو إنتاج منتجات ملوثة وغير صحية ويمكن قياس مستوى التراكم من خلال تقدير كمية الملوثات المختلفة في هذه المنتجات والذي يعكس تلوث البيئة المحيطة (Goretti et al., 2020).

لما للعسل من قيمة غذائية كبيرة، وكذلك قيمة صحية، حيث يرجع ذلك إلى التركيب الكيميائي للعسل، فقد ورد ذكر العسل بلفظه في القرآن الكريم مرة واحدة؛ في سورة محمد صل الله عليه وسلم، وذلك في سياق بعض ما يتنعم به أهل الجنة فيها، قال تعالى: (فِيهَا أَنْهَارٌ مِنْ مَاءٍ غَيْرِ آسِنٍ وَأَنْهَارٌ مِنْ لَبَنٍ لَمْ يَتَغَيَّرْ طَعْمُهُ وَأَنْهَارٌ مِنْ حَمْرٍ لَذَّةٍ لِلشَّارِبِينَ وَأَنْهَارٌ مِنْ عَسَلٍ مُصَفًّى) (محمد: 15). كما جاء ذكره بغير لفظ العسل في سورة النحل، وأن فيه شفاء للناس، قال تعالى: (يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ). (النحل: 69). قد أصبح

هضم وتجهيز العينات: تمت عملية هضم العينات بالطريقة الرطبة باستخدام جهاز الهضم بالموجات الدقيقة (Milestone Microwave)، سخنت العينات على حمام مائي لغرض تسهيل عملية الخلط والمزج، ثم وزن حوالي واحد غرام من العينة في وعاء بلاستيكي مخصص لعملية الهضم وأضيف 6 مل من حمض النيتريك المركز (65%) و 2 مل من فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز (30%) شركة (Riedel-DeHaena Germany)، ثم غلق الوعاء البلاستيكي ووضعت العينات في جهاز الهضم بالموجات الدقيقة وتم تشغيل الجهاز بواسطة برنامج مخصص لغرض التحكم في درجة الحرارة، الضغط وزمن الهضم، وبعد ذلك تم تخفيف العينة بالماء المقطر مرتين إلى العلامة 10 مل وتم تحضير ثلاثة مكررات لكل عينة (الزقطاط، 1992 وإبراهيم وعاطف 2003 و Tuzen & Soyak, 2005).

تقدير العناصر المعدنية: تم تحضير سلسلة من المحاليل القياسية بتركيزات مختلفة من عنصر الرصاص، الكاديوم، الزنك والنحاس موردة من شركة (Fluka Chemika Germany)، وذلك باستخدام (Metal Atomic Spectroscopy standard 1.0 غ/لتر ولعدد ثلاث مكررات. كما استخدم جهاز الامتصاص الذري نوع (Atomic Absorption Spectrophotometer Byunicam sp 9 flame) لتقدير العناصر المعدنية المختلفة.

أخذت القراءات والنتائج لجميع العينات لثلاث مكررات، وتم التعبير عن النتائج المتحصل عليها بالمتوسطات مع الانحراف المعياري ($\pm SD$). استخدم التصميم العشوائي الكامل (CRD) لدراسة تأثير المناطق المختلفة على كمية العناصر المعدنية وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات بواسطة اختبار دانكن (Duncan) متعدد الحدود عند مستوى معنوية 5%، واستعمل البرنامج (SPSS, 2018) في عمليات التحليل الإحصائي وتم عرض النتائج بواسطة (Microsoft Excel ver. 10).

والتي تحتوي على بعض العناصر الثقيلة قد يؤدي إلى تلوث العسل ومنتجاته. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى تقدير تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة بعسل النحل ومنتجاته ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية ومقارنتها مع نتائج دراسات دولية أخرى وتحديد العلاقة بين تركيز هذه العناصر ومصادر التلوث المختلفة، إضافة إلى إمكانية الاستدلال بعسل النحل كمؤشر حيوي في تحديد التلوث بالعناصر المعدنية الثقيلة.

المواد وطرق البحث

جمع العينات: تم توزيع عدد ثمانية خلايا نحل أو طرائد، سبعة منها قريبة من مصادر تلوث مختلفة وخليبة في منطقة زراعية بعيدة عن مصادر التلوث لغرض المقارنة كعينة شاهد، حيث شملت المواقع مصفاة تكرير النفط بالزاوية، محطة توليد كهرباء الزاوية، مصنع لصهر معادن الخردة بجنوب الزاوية، محطة توليد كهرباء جنزور على بعد 250م، محطة توليد كهرباء جنزور على بعد 1000م، طريق عام بمنطقة جودائم، محجر ومكب نفايات مختلفة بجودائم، منطقة زراعية بالحشان الزاوية كعينة مراقبة أو شاهد، حيث تعتبر من المناطق ذات سقوط امطار جيدة ومناخ معتدل ومراعي غنية بالنباتات والأشجار المناسبة لتربية النحل، وإنتاج العسل في مواسم مختلفة. أجريت الدراسة في الفترة الممتدة من شهر فبراير إلى شهر أكتوبر. تمت مراقبة الطوائف ومتابعتها من خلال عدة زيارات ميدانية، جمعت العينات الأولى من جميع المواقع في شهر ابريل والعينات الثانية في شهر يونيو أما العينات الثالثة فقد جمعت في شهر أكتوبر. تمت عملية فرز العسل من أقراص الشمع بطريقة الطرد المركزي، حفظت العينات في قنينات من الزجاج محكمة القفل، في درجة حرارة الغرفة إلى حين إجراء التجارب العملية وفي نفس الوقت تم تجميع عينتين من كل من حبوب اللقاح، الشمع وصمغ النحل البريبولس من موقع محطة توليد كهرباء جنزور (250م) والمنطقة الزراعية بالحشان الزاوية بهدف مقارنة تركيز العناصر الثقيلة بينها وبين عينات عسل النحل.

النتائج والمناقشة

الرصاص 0.003-0.329 مغ/كغ. هناك دراسات تجاوز فيها تركيز الرصاص النتائج المتحصل عليها بهذه الدراسة مثل الدراسة التي أجراها (الهدار، 2006) علي 20 عينة عسل من مناطق مختلفة من ليبيا فكان تركيز الرصاص في بعض العينات وصل إلى 50.0 مغ/كغ وكذلك الدراسة التي أجراها كل من (Rashed & Soltan, 2004) في عينات من العسل المصري فكان تركيز الرصاص في العسل في مدى ما بين 4.2-9.3 مغ/كغ. بذلك يمكن أن يتم استخدام نتائج هذه الدراسة كمؤشر بيولوجي لتلوث البيئة بالمعادن الثقيلة مثلما أوضح أيضاً (Matin et al., 2016) من خلال نتائج دراستهم لعسل النحل في بعض المناطق الصناعية بتركيا.

مستوى الرصاص المرتفع في جميع العينات يحتمل أن يكون ناتج بفعل مصادر التلوث القريبة من خلايا النحل، والتي من شأنها أن تزيد من تركيز الرصاص في العسل، كما تبين بأن جميع النتائج المتحصل عليها من الدراسة متوافقة مع الدراسة التي أجراها كل من (Bratu & Georgescu, 2005) برومانيا حيث كانت نسبة تركيز الرصاص في العينات (0.550-1.40) مغ/كغ، كذلك تطابقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج الدراسة التي أجريت في الأردن (Atrouse et al., 2004) في حوالي 75% من العينات والتي تراوح تركيز الرصاص بعينات العسل في مدى ما بين 0.853-1.234 مغ/كغ وكذلك تطابقت بنفس النسبة حوالي 75% مع نتائج الدراسة التي أجراها (Čelechovská & Vorlová, 2001) في العسل المنتج في التشيك، والتي كان تركيز الرصاص بها ما بين 0.02-1.3 مغ/كغ. كانت نتائج تركيز الرصاص في عينات العسل المتحصل عليها من هذه الدراسة أعلى من نتائج الدراسة التي أجراها كل من (Demirezen & Aksoy, 2005) في منطقة القيصري بتركيا والتي تراوح تركيز الرصاص في عينات العسل 0.10-0.85 مغ/كغ، وكذلك كانت نتائج هذه الدراسة أعلى من الدراسة التي أجراها (Tuzen & Soylak, 2005) في منطقة الأناضول بتركيا والتي تراوح تركيز الرصاص في مجموعة من عينات العسل 0.0176-0.321 مغ/كغ، كما أن نتائج هذه الدراسة كانت

تركيز الرصاص في عينات العسل: تبين من خلال النتائج المتحصل عليها أن جميع العينات احتوت على كميات متفاوتة من عنصر الرصاص، حيث إن جميع العينات كانت فوق الحد المسموح به حسب معيار الاتحاد الأوروبي الذي يشير إلى أن لا تتجاوز كمية الرصاص في العسل عن (1.0) مغ/كغ (EU, 2000a). بلغ متوسط تركيز الرصاص في عينات العسل 0.082 ± 1.209 مغ/كغ بمدي تركيز تراوح بين 1.139-1.286 مغ/كغ، مقارنة مع متوسط تركيز عنصر الرصاص في المنطقة الزراعية حيث كان 0.081 ± 1.016 مغ/كغ كما يشير الجدول رقم (1)، وكان أعلى تركيز في العينات القريبة من الطريق العام بمنطقة جودائم 0.084 ± 1.286 مغ/كغ وقد يعزي ذلك إلى عدد من مصادر التلوث في هذا الموقع من طريق عام ومكب نفايات ومحاجر. كما كان اقل تركيز (0.052 ± 1.139) مغ/كغ بالقرب من محطة توليد الكهرباء جنزور 1000م حيث لوحظ وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية 5% ما بين المواقع السبعة المختلفة وكذلك موقع عينات المراقبة. تبين أيضاً من نتائج التحليل الإحصائي إن العينات التي كانت قريبة من مصادر التلوث مجتمعة احتوت على أعلى تركيز من العينات التي كانت في المنطقة الزراعية وهذا مؤشر يؤكد على أن هذه المصادر لها تأثير مباشر على مستوى التلوث البيئي بهذه المناطق.

كما أن نتائج هذه الدراسة كانت مرتفعة مقارنة ببعض الدراسات مثل الدراسة التي أجراها كل من (Fredes & Montenegro, 2006) حول تركيز عنصر الرصاص في العسل المنتج في التشيلي والذي تراوح ما بين 0.01-0.11 مغ/كغ، وأيضاً الدراسة التي أجراها كل من (Osman et al., 2007) في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية والتي تراوح تركيز الرصاص في عينات العسل 0.373-0.380 مغ/كغ، وكذلك الدراسة التي أجراها كل من (Bogdanov et al., 2007) في عينات من العسل السويسري فكان تركيز

العربية السعودية والتي تراوح تركيز الرصاص في عينات العسل 0.373-0.380 مغ/كغ، وكذلك الدراسة التي أجراها كل من (Bogdanov et al., 2007) في عينات من العسل السويسري فكان تركيز الرصاص 0.003-0.329 مغ/كغ.

مرتفعة مقارنة ببعض الدراسات مثل الدراسة التي أجراها كل من (Fredes & Montenegro, 2006) حول تركيز عنصر الرصاص في العسل المنتج في التشيلي والذي تراوح ما بين 0.01-0.11 مغ/كغ، وأيضا الدراسة التي أجراها كل من (Osman et al., 2007) في منطقة القصيم بالمملكة

جدول (1) تركيز العناصر المعدنية (الرصاص، الكاديوم، النحاس والزنك) مغ/كغ في عينات العسل بالمناطق المختلفة

كمية العناصر المعدنية مغ/كغ				مصدر التلوث (المنطقة)
الزنك	النحاس	الكاديوم	الرصاص	
0.014±0.068 ^d	0.064±0.454 ^c	0.062±0.293 ^b	0.122±1.188 ^d	مصفاة تكرير النفط الزاوية
0.012±0.028 ^c	0.056±0.496 ^d	0.058±0.247 ^c	0.087±1.216 ^d	محطة توليد الكهرباء بالزاوية
0.011±0.029 ^c	0.045±0.505 ^b	0.086±0.209 ^c	0.079±1.271 ^c	مصنع لصهر المعادن والخردة جنوب الزاوية
0.012±0.039 ^b	0.044±0.469 ^d	0.056±0.136 ^d	0.064±1.218 ^d	محطة توليد الكهرباء جنزور 250م
0.013±0.043 ^b	0.084±0.521 ^b	0.033±0.117 ^d	0.052±1.139 ^b	محطة توليد الكهرباء جنزور 1000م
0.009±0.029 ^c	0.053±0.454 ^c	0.061±0.241 ^c	0.084±1.286 ^{de}	طريق عام بمنطقة جودائم
0.014±0.041 ^b	0.075±0.505 ^b	0.071±0.282 ^b	0.086±1.142 ^b	محجر ومكب نفايات بجودائم
0.012±0.040 ^b	0.060±0.486 ^{de}	0.061±0.218 ^e	0.082±1.209 ^e	المتوسط العام لكل المواقع
0.010±0.023 ^a	0.052±0.329 ^a	0.037±0.109 ^{da}	0.081±1.016 ^a	منطقة زراعية بالحشان بالزاوية

ملاحظة: الاحرف المتشابهة في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى معنوية 5%

العينات القريبة من مصفاة تكرير النفط بالزاوية 0.062±0.293 مغ/كغ وأقل تركيز كان بالقرب من محطة توليد الكهرباء جنزور 1000م 0.033±0.177 مغ/كغ وبمتوسط عام لجميع المواقع 0.061±0.218 مغ/كغ مقارنة بالمنطقة الزراعية 0.037±0.109 مغ/كغ. اتضح أيضاً بأنه توجد فروق معنوية بين المواقع عند مستوى معنوية 5% وبمقارنتها بالمنطقة الزراعية كعينة شاهد كما يشير الجدول رقم (1). تبين من نتائج التحليل الإحصائي أن العينات التي كانت قريبة من مصادر التلوث مجتمعة أعلى تركيز من العينات التي كانت في المنطقة الزراعية وهذا مؤشر على أن هذه المصادر لها تأثير مباشر على التلوث البيئي للمنطقة المحيطة بها مما نتج عنه زيادة تركيز هذا العنصر بالعسل، ومن الممكن أيضاً زيادة تركيزه بالمحاصيل الزراعية المنتجة بالقرب من بتلك المناطق. كانت جميع العينات أعلى من المعيار الأوربي المسموح به وهو 0.1 مغ/كغ (Byrne,

هناك دراسات تجاوز فيها تركيز الرصاص النتائج المتحصل عليها بهذه الدراسة مثل الدراسة التي أجراها (الهدار، 2006) علي 20 عينة عسل من مناطق مختلفة من ليبيا فكان تركيز الرصاص في بعض العينات وصل إلى 50.0 مغ/كغ وكذلك الدراسة التي أجراها كل من (Rashed & Soltan, 2004) في عينات من العسل المصري فكان تركيز الرصاص في العسل في مدى ما بين 4.2-9.3 مغ/كغ. بذلك يمكن ان يتم استخدام نتائج هذه الدراسة كمؤشر بيولوجي لتلوث البيئة بالمعادن الثقيلة مثلما أوضح أيضاً (Matin et al., 2016) من خلال نتائج دراستهم لعسل النحل في بعض المناطق الصناعية بتركيا.

تركيز الكاديوم في عينات العسل: تبين من نتائج التحليل الإحصائي لعنصر الكاديوم في عينات العسل بالمناطق المختلفة بأن أعلى تركيز لعنصر الكاديوم في

الدراسة التي أجراها كل من (Staniškienė et al., 2006) في عسل لتوانيا فكان تركيز الكاديوم ما بين 0.004-0.014 مغ/كغ، ما عدا ثلاث عينات فكانت في نطاق الدراسة.

تركيز النحاس في عينات العسل: يتبين من خلال النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة بأن جميع العينات احتوت على تركيزات من عنصر النحاس كما هو موضح بالجدول رقم (2). حيث كان متوسط تركيز النحاس في عينات المناطق المختلفة 0.060 ± 0.486 مغ/كغ وعند مدى $0.454-0.505$ مغ/كغ. أن جميع نتائج العينات كانت أقل بكثير من الحد المسموح به وفق معيار هيئة دستور الأغذية وهو (5.0) مغ/كغ. كان أعلى تركيز 0.084 ± 0.521 مغ/كغ في العينات القريبة من محطة توليد الكهرباء جنزور وأقلها في عينات المنطقة الزراعية 0.052 ± 0.329 مغ/كغ. تبين أيضاً بأنه توجد فروق معنوية ما بين المنطقة الزراعية والمناطق المختلفة الأخرى عند مستوى معنوية 5%. إن هذه التركيزات من النحاس احتمال إن تكون ناتجة بفعل المصدر النباتي الذي يتغذى عليه النحل أو من مصادر التلوث المختلفة القريبة من خلايا النحل والتي من شأنها إن تزيد من تركيز عنصر النحاس في العسل. أيضاً من نتائج التحليل الإحصائي تبين بأن العينات التي كانت قريبة من مصادر التلوث مجتمعة أعلى تركيز من العينات التي كانت في المنطقة الزراعية وهذا مؤشر على أن هذه المواقع قد تزيد من مستوى تركيز عنصر النحاس من خلال المناطق الجغرافية المحيطة بخلايا النحل وعليه يعتبر النحل مؤشر أو دليل حيوي يمكن من خلاله معرفة المناطق الملوثة المحيطة والذي يظهر من خلال منتجات النحل المختلفة ومن بينها العسل. نجد إن النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة كانت متوافقة مع نتائج الدراسة التي أجراها كل من (Demirezen & Aksoy, 2005) في عسل منطقة القيصري بتركيا والتي كان فيها تركيز النحاس عند مدى $0.15-0.66$ مغ/كغ. كذلك كانت نتائج هذه الدراسة في نطاق مدي نتائج الدراسة التي أجراها كلاً من (Tuzen & Soylak, 2005)، في منطقة الأناضول المتوسط بتركيا والتي كان تركيز النحاس بها عند

(2000) حيث أن احتمال وصول التلوث للعسل من خلال المناطق المختلفة ناتج عن تلوث تلك المناطق بعوادم السيارات، انبعاثات عوادم عمليات الحرق في المكب وعملية التجوية بالمحاجر القريبة وانبعاثات عوادم فرن الحرق ومداخل محطة توليد الكهرباء ومصفاة تكرير النفط. أما المنطقة الزراعية كانت بعيدة عن مصادر التلوث فمن المتوقع أن يكون تركيز هذا العنصر منخفض إلى حد ما إلا أن احتمال وجود عنصر الكاديوم في عينات العسل بهذه المنطقة قد يكون ناتج عن عمليات رش المحاصيل الزراعية بالمبيدات الزراعية المختلفة والتي قد تحتوي على مركبات عنصر الكاديوم.

يلاحظ أن جميع النتائج المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة كانت متوافقة مع الدراسة التي أجراها كل من (Čelechovská & Vorlová, 2001)، في العسل المنتج في التشيك حيث كان تركيز الكاديوم ما بين $0.003-0.500$ مغ/كغ. كما أنها كانت في نطاق الدراسة التي أجراها كل من (Rashed & Soltan, 2004)، في عينات من العسل المصري فكان تركيز الكاديوم ما بين $0.01-0.43$ مغ/كغ، وكانت جميع النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة متوافقة مع الدراسة التي أجراها (Adebiyi et al., 2004) في عينات من العسل المنتج بنيجيريا فكان تركيز الكاديوم في العسل $0.01-0.430$ مغ/كغ. كانت نتائج الدراسة التي أجراها (الهدار، 2006) على عينات من العسل من مناطق مختلفة بليليا أغلبها أعلى من النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة فكان تركيز الكاديوم ما بين $0.475-1.275$ مغ/كغ. أيضاً كانت أغلب نتائج هذه الدراسة في نطاق الدراسة التي أجراها كل من (Forte et al., 2001) في العسل فكان تركيز الكاديوم ما بين $0.07-0.592$ مغ/كغ. كانت نتائج بعض الدراسات السابقة أقل من النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة وذلك بالنسبة لعنصر الكاديوم مثل الدراسة التي أجراها كل من (Tuzen & Soylak, 2005) في عسل منطقة الأناضول المتوسطية بتركيا فكان تركيز الكاديوم ما بين $0.31-0.34$ ميكرو غرام/كيلوغرام (مغ/كغ) وأيضاً

مجتمعة كانت أعلى تركيز من العينات التي كانت في المنطقة الزراعية.

نجد أن جميع النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة كانت في نطاق مدي نتائج الدراسة التي أجراها كل من (Bogdanov et al., 2007) في العسل السويسري حسب الظروف الجغرافية والنباتية والتي كانت في مدي ما بين 0.016-3.317 مغ/كغ وكذلك كانت نتائج تركيز الزنك في عينات العسل في نطاق مدي الدراسة التي أجراها كل من (Fredes & Montenegro, 2006) في عسل التشيلي وكان تركيز الزنك في مدي ما بين 0.01-4.93 مغ/كغ وكانت نتائج الدراسات التي أجراها كل من (Bratu & Georgescu, 2005; Osman et al., 2007; Rashed & Soltan, 2004; Staniškienė et al., 2006) لتقدير تركيز الزنك في العسل أعلى من النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة.

تركيز الرصاص في حبوب اللقاح، الشمع والصمغ: تبين من خلال النتائج بالجدول رقم (2)، بأن جميع العينات احتوت على كميات متفاوتة من عنصر الرصاص تراوحت بين 1.166-3.543 مغ/كغ فيما يخص حبوب اللقاح، شمع النحل وصمغ النحل حيث كان تركيز الرصاص بهذه العينات جميعاً أعلى من العسل. كما تبين وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية 5% ما بين نتائج المنطقة الزراعية كعينة شاهد وموقع محطة كهرباء جنزور 250م حيث كان متوسط تركيز مستوى الرصاص في عينات حبوب اللقاح بهذه المنطقة 0.076±1.555 مغ/كغ مقارنة بالمنطقة الزراعية 0.029±1.166 مغ/كغ، واتضح أيضاً بأن أعلى تركيز كان في عينات صمغ النحل بموقع محطة كهرباء جنزور 250م وهو 0.097±3.543 مغ/كغ كما هو موضح بالشكل (1،2،3). وهذا يؤيد الفرضية التي تقول إن النحل يعمل على تصفية وترشيح العسل من الملوثات (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000) فبالتالي كان تركيز عنصر الرصاص

مدى 0.25-1.1 مغ/كغ. أيضاً كانت في نطاق الدراسة التي أجراها كلاً من (Osman et al., 2007) في عسل منطقة القسم بالسعودية والتي وجد فيها تركيز النحاس ما بين 0.203-0.389 مغ/كغ. كما كانت النتائج المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة أعلى من بعض نتائج الدراسة التي أجراها كلاً من (Forte et al., 2001) في عسل الصنوبر والخروب حيث كان تركيز عنصر النحاس ما بين 0.005-0.067 مغ/كغ وأيضاً كانت أعلى من الدراسة التي أجراها كلاً من (Tuzen & Soylak, 2005) لعينات من العسل التي تم تجميعها من مناطق مختلفة من تركيا والتي كانت في حدود 0.008-0.011 مغ/كغ. كما إن نتائج هذه الدراسة كانت أعلى من نتائج الدراسة التي أجراها كلاً من (Staniškienė et al., 2006) في عسل لتوانيا والتي كانت في مدي 0.119-0.347 مغ/كغ.

تركيز الزنك في عينات العسل: تبين من خلال الجدول رقم (1) بأن جميع النتائج المتحصل عليها تحتوي على تركيزات متفاوتة من عنصر الزنك. كان المتوسط العام لجميع المواقع من عنصر الزنك 0.012±0.040 مغ/كغ، وكان تركيزه في المنطقة الزراعية 0.010±0.023 مغ/كغ. كما كان أعلى تركيز في عينات المنطقة القريبة من مصفاة تكرير النفط بالزاوية 0.010±0.068 مغ/كغ وأقل تركيز بعينات العسل بالمنطقة القريبة من محطة توليد الكهرباء بالزاوية. تبين وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية 5% فيما بين عينات المناطق المختلفة والمنطقة الزراعية. اتضح أيضاً بأن جميع نتائج العينات كانت أقل بكثير من الحد المسموح به وفق معيار هيئة دستور الأغذية (5.0) مغ/كغ. إن احتمال وجود هذه التركيزات المنخفضة من عنصر الزنك في العسل قد يرجع الى وجود هذا العنصر أساساً في النباتات المختلفة والأزهار الذي يجمع منها النحل الرحيق وبالتالي تصل إلى العسل أو قد يرجع ذلك إلى مصادر التلوث المختلفة بالمنطقة والقريبة من خلايا النحل. تبين أيضاً من نتائج التحليل الإحصائي أن العينات التي كانت قريبة من مصادر التلوث

فروق معنوية عالية عند مستوى معنوية 5% ما بين المناطق المختلفة. هذا قد يؤكد بأن النحل يعمل علي ترشيح العسل من الملوثات (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000) وبالتالي يكون تركيز العسل من العناصر المعدنية أقل من حبوب اللقاح والشمع والصمغ المنتج، وهذا يتوافق مع ما وجدتهما كلاً من (Thakur & Nanda, 2020) بأن حبوب اللقاح كمكون غذائي طبيعي من منتجات النحل يحتوي على العديد من الخصائص والمركبات الوظيفية ومكونات غذائية جيدة وأملاح معدنية وغيرها وقد تتأثر هذه الخصائص والمكونات بالمناطق الجغرافية المختلفة لخلايا النحل، الأمر الذي قد يعكس مستوى الجودة ومعايير السلامة لمنتجات النحل المختلفة وتلوثها بالعناصر المعدنية من خلال البيئة المحيطة.

في عينات العسل أقل بكثير من عينات حبوب اللقاح، الشمع والصمغ.

تركيز الكاديوم في حبوب اللقاح، الشمع والصمغ: تبين من خلال النتائج الواردة بالجدول رقم (2) بأن كمية عنصر الكاديوم في عينات حبوب اللقاح، شمع النحل وصمغ النحل في منطقة محطة كهرباء جنزور 250م أعلى من المنطقة الزراعية حيث كان تركيز عنصر الكاديوم 0.063 ± 0.279 ، 0.072 ± 0.375 و 0.081 ± 0.504 مغ/كغ في حبوب اللقاح، شمع النحل وصمغ النحل على التوالي وهي تراكيز عالية مقارنة بعينات المنطقة الزراعية، حيث كانت 0.045 ± 0.108 ، 0.092 ± 0.207 و 0.085 ± 0.355 مغ/كغ على التوالي. كما هو موضح بالشكل (3،2،1). كانت هناك

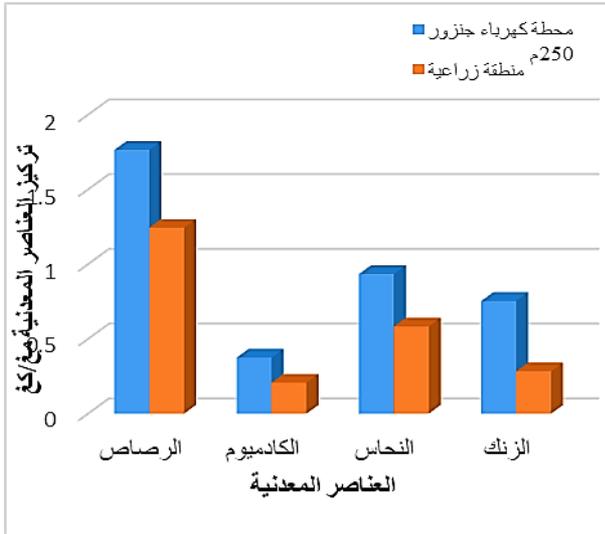
جدول (2). كمية العناصر المعدنية (الرصاص، الكاديوم، النحاس والزنك) مغ/كغ في حبوب اللقاح، شمع النحل وصمغ النحل بالمنطقة الزراعية ومحطة كهرباء جنزور 250م

كمية العناصر المعدنية مغ/كغ			نوع العينة	مصدر التلوث (المنطقة)
الزنك	النحاس	الكاديوم		
0.095 ± 0.851^a	0.298 ± 7.854^a	0.063 ± 0.279^a	حبوب اللقاح	محطة كهرباء جنزور 250م
0.124 ± 0.606^b	0.145 ± 4.652^b	0.045 ± 0.108^b	حبوب اللقاح	منطقة زراعية
0.075 ± 0.754^c	0.087 ± 0.934^c	0.072 ± 0.375^c	شمع النحل	محطة كهرباء جنزور 250م
0.075 ± 0.283^d	0.162 ± 0.583^d	0.092 ± 0.207^d	شمع النحل	منطقة زراعية
0.684 ± 7.325^e	1.340 ± 11.212^e	0.081 ± 0.504^e	صمغ النحل	محطة كهرباء جنزور 250م
0.086 ± 1.703^f	0.125 ± 3.308^f	0.085 ± 0.355^f	صمغ النحل	منطقة زراعية

ملاحظة: الاحرف المتشابهة في العمود الواحد لنفس نوع العينات لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى معنوية 5%

النحاس في هذه العينات مرتفع مقارنة بنتائج عينات المنطقة الزراعية ويلاحظ ارتفاع تركيزه في صمغ النحل أكثر من العينات الأخرى، كم تبين وجود فروق عالية المعنوية بينها عند مستوى معنوية 5%. وهذا يؤكد فرضية إن النحل يعمل على ترشيح العسل من الملوثات (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000).

تركيز النحاس في حبوب اللقاح، الشمع والصمغ: يلاحظ من خلال نتائج الدراسة وفق الجدول رقم (2) بأن عينات حبوب اللقاح، الشمع والصمغ تحتوي على تراكيز مختلفة من عنصر النحاس حيث كان متوسط تركيز عنصر النحاس في عينات حبوب اللقاح، شمع النحل وصمغ النحل 0.298 ± 7.854 ، 0.087 ± 0.934 و 1.340 ± 11.212 مغ/كغ على التوالي في منطقة محطة كهرباء جنزور 250م، كما هو موضح بالشكل (3،2،1). كان تركيز عنصر



شكل (3). تركيز العناصر المعدنية (مغ/كغ) لعينات شمع النحل

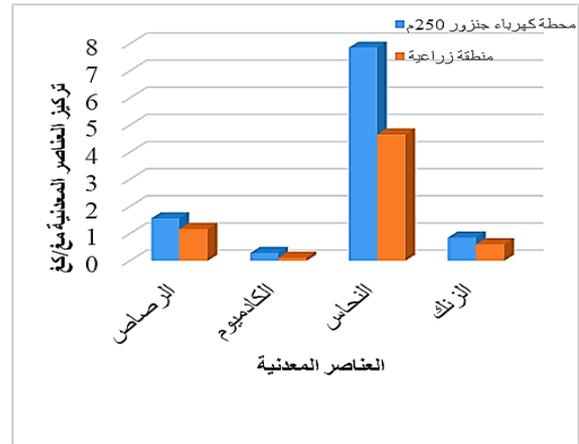
الاستنتاج

يستنتج من خلال هذه الدراسة وجود كميات مرتفعة من بعض العناصر المعدنية الثقيلة وخاصة عنصري الرصاص والكاديوم في عسل النحل ومنتجاته المختلفة (حبوب اللقاح، شمع النحل وشمع النحل) في بعض المناطق التي تحتوي على مصادر مختلفة لتلوث البيئة. حيث إنه من الممكن إرجاع تلك التركيزات إلى مصادر التلوث المختلفة مثل انبعاثات عوادم السيارات، مداخن المصانع، محطات توليد الكهرباء، أو من عملية التجوية في المحاجر، أو من المبيدات والأسمدة الزراعية المستخدمة، والتي بدورها قد تنتقل عبر الهواء، الماء والتربة إلى النبات والأزهار ومنها إلى العسل من خلال الرحيق. كما تبين بأنه هناك علاقة مباشرة ما بين مصادر التلوث المختلفة وزيادة تركيز العناصر المعدنية الثقيلة بعسل النحل ومنتجاته. بذلك يمكن أن يعتمد على النحل من خلال منتجاته المختلفة كمؤشر حيوي لتحديد مدى تلوث البيئة ببعض العناصر المعدنية في المناطق المحيطة بخلايا النحل.

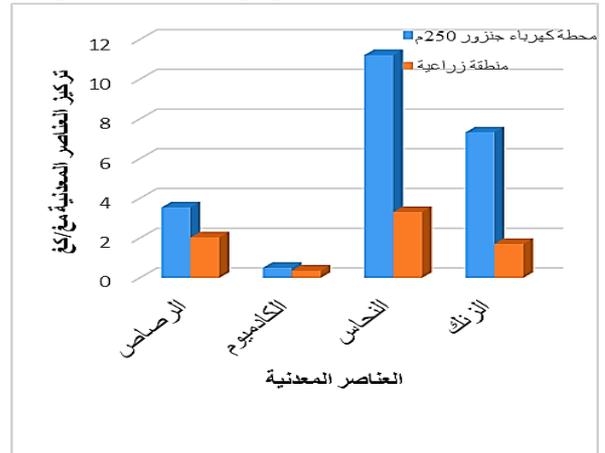
ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفان أنه ليس لديهما ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه الدراسة.

مساهمات المؤلف: قام المؤلف الأول بوضع مخطط

تركيز الزنك في حبوب اللقاح، الشمع والصمغ : يتبين من خلال نتائج تحليل عينات حبوب اللقاح، الشمع والصمغ لعنصر الزنك بالجدول رقم (2) وجود تركيزات متباينة من بين المناطق المختلفة، حيث كان أعلى تركيز لعنصر الزنك في العينات القريبة من محطة كهرباء جنزور وهي صمغ النحل 0.684 ± 7.325 مغ/كغ يليها عينات حبوب اللقاح 0.095 ± 0.851 مغ/كغ ثم عينات شمع النحل 0.075 ± 0.754 مغ/كغ مقارنة بعينات المنطقة الزراعية، كما هو موضح بالشكل (1، 2، 3). كما تبين وجود فروق معنوية بينها عند مستوى معنوية 5%. تعتبر هذه التركيزات أعلى من كمية الزنك بعينات العسل وهذا قد يؤيد الفرضية التي تقول بأن النحل يعمل على ترشيح وتصفية العسل من بعض الملوثات (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000).



شكل (1). تركيز العناصر المعدنية (مغ/كغ) لعينات حبوب اللقاح



شكل (2). تركيز العناصر المعدنية (مغ/كغ) لعينات صمغ النحل

Adebiyi, F., Akpan, I., Obiajunwa, E., & Olaniyi, H. (2004). Chemical/physical characterization of Nigerian honey. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(5), 278-281.

Aldgini, H. M., Al-Abbadi, A. A., Abu-Nameh, E. S., & Alghazeer, R. O. (2019). Determination of metals as bio indicators in some selected bee pollen samples from Jordan. *Saudi journal of biological sciences*, 26(7), 1418-1422.

Atrouse, O. M., Oran, S. A., & Al - Abbadi, S. Y. (2004). Chemical analysis and identification of pollen grains from different Jordanian honey samples. *International journal of food science & technology*, 39(4), 413-417.

Bogdanov, S., Haldimann, M., Luginbühl, W., & Gallmann, P. (2007). Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research*, 46(4), 269-275.

Bratu, I., & Georgescu, C. (2005). Chemical contamination of bee honey—identifying sensor of the environment pollution. *Journal of Central European Agriculture*, 6(1), 95-98.

Byrne, D. (2000). Amending Annex II to Council directive 92/118. *EEC b (draft)*.

Čelechovská, O., & Vorlová, L. (2001). Groups of honey-physicochemical properties and heavy metals. *Acta Veterinaria Brno*, 70(1), 91-95.

Demirezen, D., & Aksoy, A. (2005). Determination of heavy metals in bee honey using by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 569-575.

الدراسة، تجميع بعض المراجع العلمية وتعليق النتائج والمساهمة في إعداد مسودة الدراسة ومراجعة النسخة النهائية. كما قام الباحث الثاني بتجميع وتحليل العينات والبحث عن بعض المراجع العلمية وكتابة المسودة الأولى.

التمويل: لم يتلقى الباحثان أي تمويل (دعماً مالياً مؤسسياً/أو خاصاً) للعمل المشار إليه في هذه الدراسة.

المراجع

القرآن الكريم. سورة محمد الآية 15 وسورة النحل الآية 69.

ابراهيم، محمد حسن وعاطف، أنور أبو عرب. 2003. تحليل الأغذية، الطبعة الثانية. دار الفجر للنشر والتوزيع. القاهرة. ص 84-95.

الزقطاط، أمميده الغراري 1992. دراسة كمية بعض المعادن الثقيلة في دجاج اللحم المحلي. رسالة ماجستير (غير منشورة). كلية الزراعة. جامعة طرابلس، ليبيا.

الهدار، عبد القادر محمد. 2006. تقدير العناصر الأساسية وغير الأساسية لعينات مختلفة من العسل الليبي. رسالة ماجستير (غير منشورة) كلية العلوم. جامعة قاريونس، ليبيا.

ارناؤوط، محمد السيد. 2000. التلوث البيئي وأثره على صحة الإنسان. الطبعة الثانية. أوراق شرقية للطباعة والنشر والتوزيع. القاهرة. ص 7، 99، 203، 204.

حسين، يوسف. 2007. التلوث الكيميائي والإشعاعي للغذاء. الطبعة الأولى. دار المريخ للنشر والتوزيع. القاهرة، مصر. ص 143-147.

هيئة أبوظبي للزراعة والسلامة الغذائية. 2019. دليل ممارسة تربية نحل العسل رقم 13. أبوظبي. الإمارات العربية المتحدة.

- Quigley, T. P., Amdam, G. V., & Harwood, G. H. (2019). Honey bees as bioindicators of changing global agricultural landscapes. *Current opinion in insect science*, 35, 132-137.
- Rashed, M., & Soltan, M. (2004). Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(6), 725-735.
- Staniškienė, B., Matusėvičius, P., & Būdreckienė, R. (2006). Honey as an Indicator of Environmental Pollution. *Environmental Research, Engineering & Management*, 36(2).
- Thakur, M., & Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 82-106.
- Tuzen, M., & Soylak, M. (2005). Trace heavy metal levels in microwave digested honey samples from Middle Anatolia, Turkey. *Journal of Food and Drug Analysis*, 13(4), 13.
- Fakhimzadeh, K., & Lodenius, M. (2000). Heavy metals in Finnish honey, pollen and honey bees.
- Forte, G., D'Ilio, S., & Caroli, S. (2001). Honey as a candidate reference material for trace elements. *Journal of AOAC International*, 84(6), 1972-1975.
- Fredes, C., & Montenegro, G. (2006). Heavy metal and other trace elements contents in honey bee in Chile. *Cien. Inv. Agr.* 2006, 33, 50-58. *reprinted in Int. J. Agric. Nat. Resour*, 33, 50-58.
- Gonzalez-Martin, M., Revilla, I., Betances-Salcedo, E., & Vivar-Quintana, A. (2018). Pesticide residues and heavy metals in commercially processed propolis. *Microchemical Journal*, 143, 423-429.
- Goretti, E., Pallottini, M., Rossi, R., La Porta, G., Gardi, T., Goga, B. C., Elia, A., Galletti, M., Moroni, B., & Petroselli, C. (2020). Heavy metal bioaccumulation in honey bee matrix, an indicator to assess the contamination level in terrestrial environments. *Environmental Pollution*, 256, 113388.
- Matin, G., Kargar, N., & Buyukisik, H. B. (2016). Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*, 90, 331-335.
- Osman, K. A., Al-Doghairi, M. A., Al-Rehiyani, S., & Helal, M. I. (2007). Mineral contents and physicochemical properties of natural honey produced in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(3/4), 142.