

تحليل العناصر المعدنية في نبات البابونج باستخدام تقنيتي: إصدار أشعة - X المستحثة بالجسيمات والتفلور بالأشعة السينية والمقارنة بينهما

الدكتور الياس حنا-بكرجي*

الدكتور حسن غانم**

فيروز يوسف***

(تاريخ الإيداع 17 / 11 / 2011. قُبِلَ للنشر في 5 / 7 / 2012)

□ ملخص □

بتطبيق تقنية الأشعة السينية المحرّضة بجسيمات مشحونة (PIXE) وتقنية التفلور بالأشعة السينية (XRF) باستخدام جهاز مطيافية EDXRF الموجودتين في هيئة الطاقة الذرية بدمشق وذلك بغية تحديد نسب العناصر المعدنية التالية: K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Sr الموجودة في عينة مدروسة من نبات البابونج السوري. تم تحضير هذه العينة الموجودة في حالتها الجافة من الأسواق المحلية، وذلك بتجفيفها وطحنها وتجهيزها من أجل تحليلها بالتقنيتين السابقتين. بينت قيم الانحرافات المعيارية النسبية العائدة للعنيتين المرجعيتين (بودرة التبن ورق الدراق) بأنها ضمن حدود الدقة المطلوبة. يوجد ارتباط بين محتوى النبات الطبي المدروس للعناصر المعدنية وبين التأثير العلاجي المستخدم من أجله. لدى مقارنة النتائج في التقنيتين (XRF) و (PIXE) تبين بأن الكالسيوم والبوتاسيوم و Ca و K هما العنصران الأساسيان في العينة المدروسة. كما تم كشف العناصر Fe, Mn, Zn بنسب جيدة في هذا النبات. تم حساب الفروق في أداء تقنيتي التحليل المدروستين.

الكلمات المفتاحية: XRF، PIXE، سورية، تحليل عنصري.

* مدير بحوث - هيئة الطاقة الذرية السورية.

** أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة البعث - سورية.

Elemental investigation of chamomile plant using tow technique analysis: Particle Induced X-Ray Emission(PIXE)and X-Ray Fluorescence(XRF) with Comparison

Dr. Elias Hanna-Bakraji*
Dr. Hassan Ghanem**
Fairouz Youssef***

(Received 17 / 11 / 2011. Accepted 5 / 7 /2012)

□ ABSTRACT □

Particle induced X-ray emission (PIXE) technique and X – ray florescence (XRF) technique using EDXRF spectrometry(which are extant in Atomic Energy Commission of Syria) have been employed to perform elemental analysis of K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br and Sr for Syrian chamomile plant sample .

Plant sample was prepared in a simple dried base from local market by dried and for analysis it using the last tow techniques . The results were verified by comparing with those obtained from both peach leave – Hay powder reference materials. Relative standard deviations are mostly suggest good precision.

A correlation between the elemental content in sample plant with its traditional remedial usage has been proposed by each technique. Both K and Ca are found to be the major elements in the sample. Fe, Mn and Zn, which have been detected in good levels in this plant. In conclusion, we found out that there is a difference between the two techniques.

Key words: PIXE , XRF ,Syria , elemental analysis.

* Research Director at Atomic Energy Commission of Syria.

** Professor at Sciences Faculty, Al baath university, Syria.

*** Postgraduate Student at the Department of Physics , Sciences Faculty, Al baath university, syria

مقدمة:

استخدمت النباتات الطبية في جميع أنحاء المعمورة منذ غابر الأزمان [1]، حيث إنها وفرت لنا بديلاً آمناً وريخياً للعقاقير الكيميائية وذا وثوقية. انصب اهتمام الباحثين على دراسة المحتوى العضوي لها ، ولم يُعطَ المحتوى العنصري الاهتمام الكافي [2]. يعتبر من أولويات اهتمامنا في معرفة تأثير العناصر الأساسية وعناصر الأثر في النباتات الطبية على صحة الإنسان [3] ، نظراً للدور المهم الذي تلعبه في إنتاج المركبات الكيميائية الفعالة في الجسم البشري [4] . ومن جهة أخرى تعتبر دراسة الارتباط بين محتوى هذه النباتات من العناصر واستعمالها العلاجي التقليدي من الأمور المهمة والجوهرية [5, 6].

إن تطور وسائل التحليل مكّننا من التحري عن وجود العناصر المعدنية بتركيز قليلة جداً [7]. تطورت الطرائق الفيزيائية لتحديد التركيب العنصري في النباتات الطبية، وخاصة طريقة التفلور بالأشعة السينية XRF [8] والتحليل بالتنشيط النتروني NAA [9] وكل من مطيافية الكتلة المزوجة مع البلازما المحرّضة ومطيافية الإصدار الذري المزوجة مع البلازما المحرّضة (ICP-MS/AES) [10, 11]. إن استخدام تقنيات التحليل بالحزم الأيونية [12, 13] في تزايد في الوقت الراهن لكونها غير مخربة، بالإضافة لكونها تقنيات تحليل متعددة العناصر. يمكن استعمال كل تقنية بشكل منفرد أو استعمال أكثر من تقنية في آن معاً للحصول على معلومات إضافية عن النظام المدروس. تعتبر تقنية الـ PIXE مناسبة لدراسة المواد النباتية نتيجة لفوائدها الكثيرة. يمكن تحديد عناصر الأساس وعناصر الأثر المهمة خلال قياس واحد لعدد كبير من العينات و في وقت قصير نسبياً. بالإضافة لذلك فإن تحضير العينات النباتية المدروسة في التحليل هو أمر بسيط وسهل (يكفي تجفيف العينة ثم وضعها في حجرة العينات). تعتبر تقنية الـ PIXE قليلة الاستعمال في الماضي [14] لارتفاع كلفة تشغيلها. ومع ذلك ومع انتشار السرعات حول العالم وتطور تقنيات التحليل باستخدام الحزم الأيونية [15]، فقد شجع ذلك الباحثين على توظيف هذه التقنيات الفعالة في التطبيقات التحليلية المختلفة ومن ضمنها دراسة النباتات الطبية. تم استثمار تقنيات التحليل باستخدام الحزم الأيونية بنجاح في السنوات العشر الماضية لإجراء التحليل العنصري للنباتات الطبية [16-17].

أهمية البحث و أهدافه:

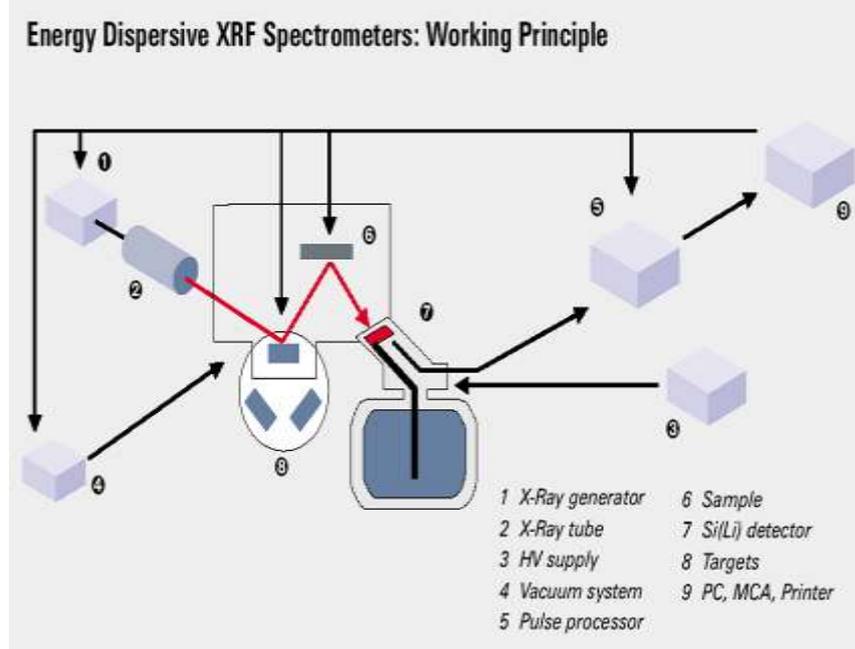
يهدف هذا العمل بشكل أساسي لاستثمار تقنيتي الـ PIXE و الـ XRF من أجل تحديد العناصر الموجودة في نبات البابونج ودراسة ارتباط محتواها من العناصر المعدنية واستعمالها العلاجي التقليدي، وكذلك تقدير إسهام العناصر الموجودة في هذا النبات في الجرعات الموصى بها يومياً (DRI) Dietary Recommended Intake لكل عنصر. تمت مقارنة التحليل بهاتين التقنيتين من خلال تحليل نتائج نبات البابونج.

طرائق البحث ومواده:

- مواد تقنية EDXRF :

يوضح الشكل (1) آلية عمل جهاز (EDXRF)

والذي يتكون مما يلي:



الشكل (1) مبدأ عمل مطيافية التفلور بالأشعة السينية

- 1- مولد الأشعة السينية X-Ray generator.
- 2- أنبوب أشعة X بمصعد من الموليبدنوم مع هدف موليبدنوم ثانوي و مجموعة محددات مسارات الأشعة بزوايا 45° ، جهد و تيار التشغيل 45 KV و 12mA .
- 3- وحدة تغذية جهد منخفض وعالي للكاشف HVPS 0-2000V .
- 4- وحدة تفريغ Vacuum system
- 5- وحدة المعالجة النبضية . Pulse processor.
- 6- حامل العينة Sample.
- 7- كاشف نصف ناقل Si (Li)
- 8- الديرينات Targets
- 9- حاسب لتخزين المعطيات وتحليلها بواسطة مجموعة البرامج المعدة تحت إشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

- 10- مضخم طيفي-Tenniel TC 245, Spectroscopy Amplifier.
- 11- محلل متعدد الأقفنية MCA Card Multi- Channel Analyzer

- مواد تقنية PIXE :

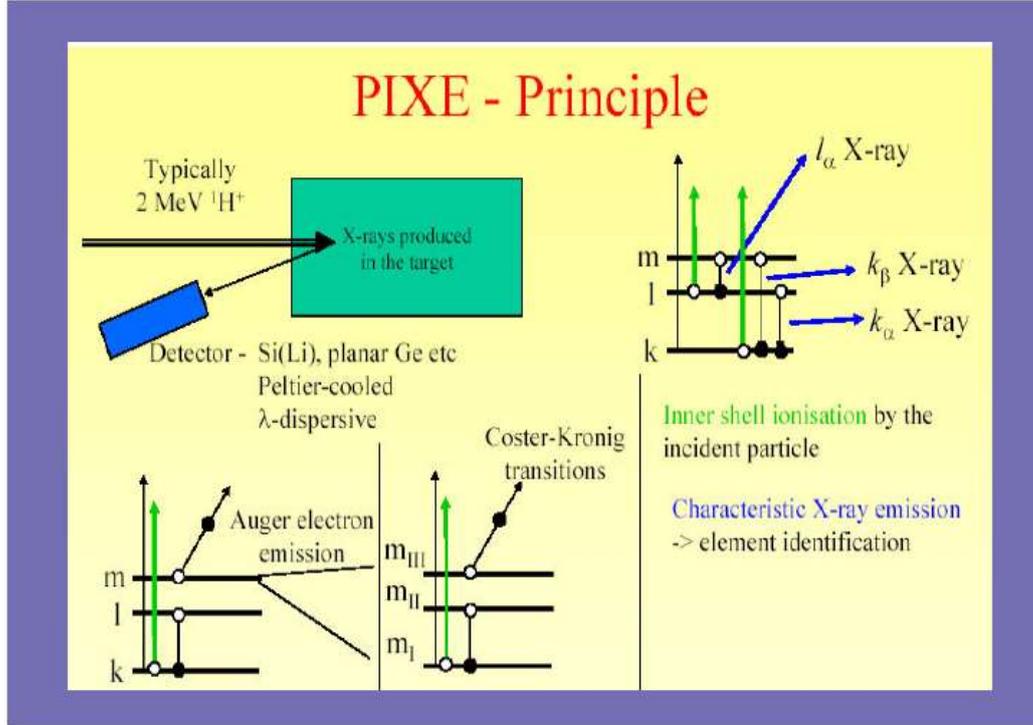
تتألف من الأجزاء التالية كما هو موضح في الشكل (2):

- 1- كاشف نصف ناقل: Si (Li)
- 2- محلل متعدد الأقفنية : Built in Multi Channel Analyzer
- 3- مضخم طيفي: Spectroscopy Amplifier

4- وحدة الجهد العالي: HV Power supply

5- حاسب الكتروني: computer

6- برنامج تحليل كيميائي: GUPIX – WIN



الشكل (2) مبدأ عمل مطيافية إصدار الأشعة السينية المستحثة بالجسيمات

- طرائق البحث :

الاعتيان وتحضير العينات في تقنية XRF:

- 1- تم الحصول على النباتات من بعض محلات العطارة المتواجدة في أسواق مدينة دمشق
- 2- تم غسل العينات في البداية بشكل جيد بالماء المقطر لإزالة أي غبار عالق بها.
- 3- تم تجفيف النباتات عند درجة الحرارة 40°C لمدة 72 ساعة .
- 4- طُحنت العينات للحصول على مسحوق ناعم، وتُخِلت باستعمال منخل بقياس فتحات $90\mu\text{m}$.
- 5- تم إجراء مجانسيتها بخلاط لمدة 24 ساعة جُفِّت العينات وعند نفس الدرجة السابقة مرة أخرى لمدة 24 ساعة قبل إجراء القياس حيث عبأت بعبوات بلاستيكية مغطاة من أحد طرفيها بورقة من المايلار ثخانتها $6\mu\text{m}$ ومفتوحة من الطرف الآخر .

6- حُضرت العينات المرجعية (SRM 1547) Peach leave و (V-10) Hay powder مسبقاً بنفس

الطريقة المذكورة أعلاه لإجراء التحليل الكيفي [18] .

- الاعتيان وتحضير العينات في تقنية PIXE:

تم الحصول على النبات في حالته الجافة من محلات العطارة في دمشق. وبنفس الطريقة غُسلت العينة في البداية بشكل جيد بالماء المقطر لإزالة أي غبار، ومن ثم جُفِّت عند درجة الحرارة 40°C لمدة 72 ساعة. طُحنت العينة إلى مسحوق ناعم، وتُخِلت باستعمال منخل بقياس فتحات $200\mu\text{m}$. بعد ذلك تم خلط 0.2 g من مسحوق

النبات مع 0.05 g من مسحوق الغرافيت عالي النقاوة (أي بنسبة 4:1 وزناً) باستخدام خلاط خاص لضمان تجانس العينة. إن إضافة مسحوق الغرافيت عالي النقاوة من الأمور الأساسية في تقنية الـ PIXE للعينات السميكة الموجودة في جو من الخلاء لتمكين قياس الشحنة والتخلص من تراكم الشحنة على عينات النبات العازلة كهربائياً. كما أن إضافة الكربون هو أمر مناسب في دراستنا على اعتبار أن عينات النبات قد تم تحضيرها على شكل مسحوق. تم إحاطة العينة (النبات والغرافيت) بـ 1g من مسحوق حمض البور كرابط، ومن ثم تم كبسها بقوة 100 kN باستعمال قالب مدور ذي قطر 25 mm للحصول على كبسولات بسماكة 2.3 mm. حُضِرَت العينات المرجعية [19-20] بنفس الطريقة لإجراء كل من دراسة التحقق والدراسة الكمية. جُفِّت العينات مرة أخرى لمدة 24 ساعة قبل وضعها في حجرة الخلاء. نلاحظ وجود اختلاف في تحضير العينات باستخدام التقنيتين السابقتين.

النتائج والمناقشة:

الإجراءات التحليلية في تقنية XRF :

يتم اختبار جاهزية جهاز الأشعة السينية للعمل والتحليل النظامي دورياً قبل أي عملية تحليلية، كما يتم اختبار استقرارية هذا الجهاز بشكل يومي بواسطة عينة عيارية عبارة عن قرص مصنوع من مزيج 1-10 : من أكسيد المنغنيز والسيلولوز على الترتيب، ويقاس في هذا القرص شدة المنغنيز بحيث تؤخذ المساحات الصافية لهذا العنصر مقابل خط الطيف Mn (K α). بحيث لا يزيد الخطأ المعياري النسبي الناتج عن هذا القياس للشدة Mn (K α) وخلال فترات زمنية متفاوتة (يوم عمل واحد) عن 0.1 % بتكرارية قياس n = 10 ، حيث تؤخذ كعامل نسبي لشدة الإشعاع السيني المتفلور I₀(St). توضع العينات المقاسة والعيارية في كؤوس خاصة وبشكل مباشر. فإذا كان مصدر الإشعاع السيني عبارة عن منبع حلقي كما هو الحال في الجهاز المستخدم من قبلنا، فمن المفروض أن توضع العينات المقاسة بحيث يقع مركز العينة والكاشف وحامل المنبع على محور تناظر واحد، بينما تكون زاوية ورود الأشعة من المنبع الحلقي على العينة مساوية $\phi = 20^\circ$ [21]. يتم تجميع طيف الإشعاع السيني بواسطة محلل متعدد الأقدية، بعد تثبيت شروط التشغيل الأساسية للقياس. يمكن تحليل الطيف كحزمة مباشرة من المحلل المتعدد الأقدية أو بواسطة برنامج AXIL بعد أن تتم عملية نقل هذا الطيف إلى الحاسوب وخاصة من أجل تحليل عينات ذات طيف معقد وذلك لأن هذا البرنامج يستطيع حذف التداخلات الممكن حدوثها أو حل مشكلة القمم المشوهة (التي لا تأخذ شكلاً غوصياً نظامياً).

- تحليل المعطيات في تقنية PIXE:

تم تحليل المعطيات باستخدام برنامج GUPIXWIN V1.3 الذي يمثل برنامج واجهة وندوز للبرنامج GUPIX [22]، الذي يقوم ببساطة وبسرعة وبدقة بتحليل أطياف الـ PIXE للحصول على التراكيز العنصرية. اعتبر السيلولوز (C₆H₁₀O₅) على أنه المكون الأساسي للعينات على اعتبار أن مرشحاً قد تم استخدامه، وبالتالي فإن الـ K هو أخف عنصر تم قياسه [23]. جرى التحقق من النتائج عن طريق مقارنتها مع العينات المرجعية IAEA-V10 و IAEA-359. إن حساب التركيز العنصري لكل عنصر CZ يعتمد على المعادلة التالية [24]:

$$C_z = \frac{Y}{Y_i Q \epsilon TH}$$

حيث أن Yt هي الشدة النظرية للأشعة السينية، Y هي الشدة التجريبية للأشعة السينية، Q هي الشحنة المقاسة لحزمة البروتونات، ϵ هو مردود الكاشف للكاشف و T هو معامل النفاذ لأي مرشح أو ماص موجود بين الكاشف والهدف. إن H هو معامل تجريبي ناتج عن ضرب الزاوية المجسمة للكاشف وأي معامل تصحيح لنظام مكامل الشحنة. يمكن تحديد المعامل H تجريبياً كتابع لطاقة الأشعة السينية باستخدام عينات مرجعية عنصرية نقية تصدر كلاً من طاقتي الأشعة السينية K و L في مجال الطاقة من 3-26 keV.

- النتائج التجريبية:

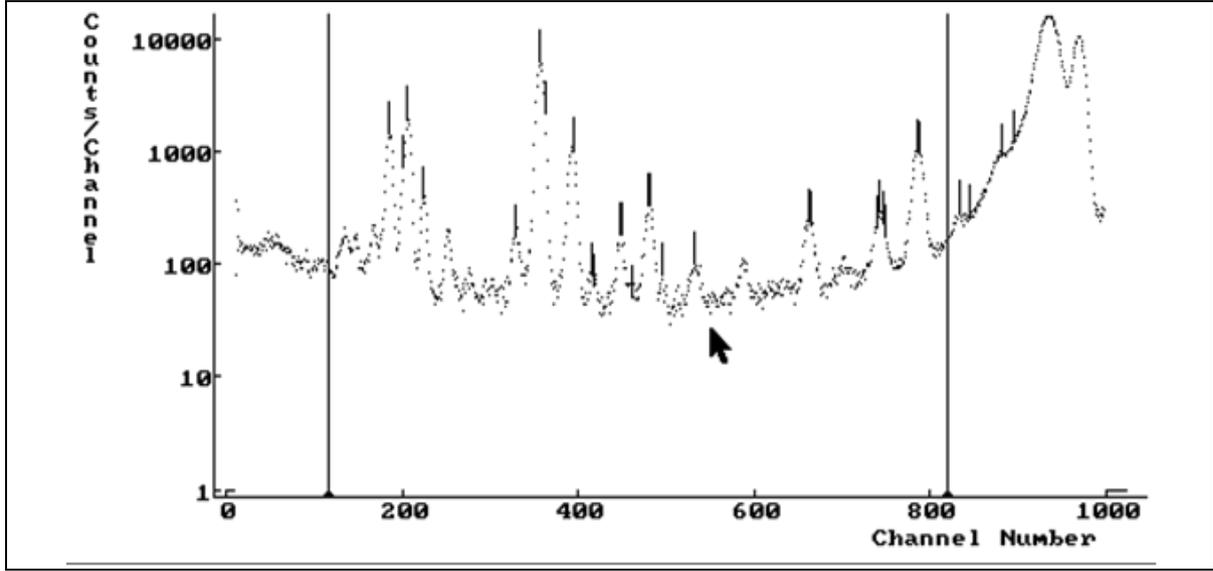
يبين الجدول (1) تراكيز العناصر المعدنية لكل من العينتين المرجعيتين المستخدمتين. كما يبين الجدول (2) قيم التراكيز والانحراف المعياري للعناصر التي تم كشفها في العينة النباتية كما يظهر الجدول الجرعات العنصرية الموصى بها يومياً (DRI) لكل عنصر وفقاً ل [25].

الجدول (1) تراكيز العناصر المعدنية لكل من العينتين المرجعيتين
V-10 Hay powder (V-10) و Peach leave (SRM 1547)

العنصر	SRM 1547		V-10	
	القيمة الموصى بها	القيمة المقيسة	القيمة الموصى بها	القيمة المقيسة
K (%)	2.43	2.42 ± 0.06	2.10	2.23 ± 0.05
Ca (%)	1.56	1.57 ± 0.04	2.16	2.15 ± 0.04
Mn (ppm)	98	102 ± 4	47	45 ± 3
Fe (ppm)	218	219 ± 6	185	179 ± 5
Cu (ppm)	3.7	3.9 ± 0.3	9.4	8.6 ± 0.4
Zn (ppm)	17.9	17 ± 1	24	22 ± 1
Br (ppm)	11	10.7 ± 0.6	8	8.3 ± 0.4
Rb (ppm)	-	19.6 ± 1.1	7.6	8.4 ± 0.3
Sr (ppm)	-	51 ± 2	40	44 ± 2
Pb (ppm)	-	-	1.6	1.5 ± 0.2

الجدول (2): نتائج العينة النباتية باستخدام تقنية النفلور بالأشعة السينية.

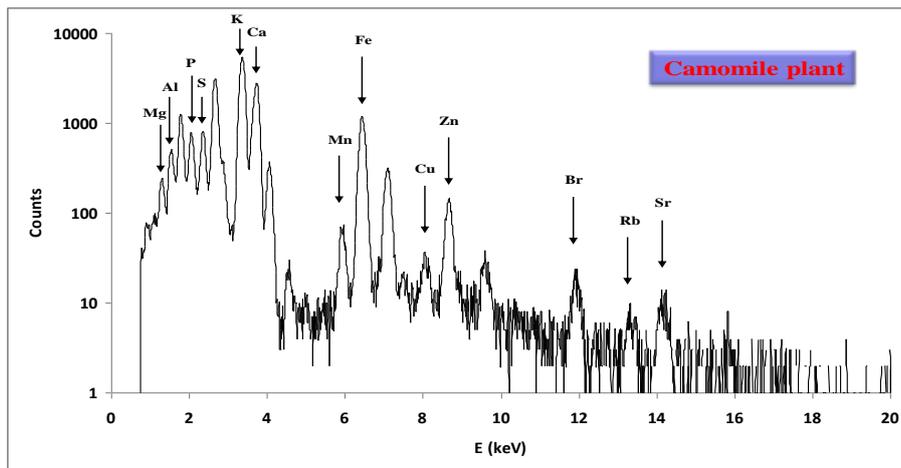
العنصر	بابونج	الجرعات العنصرية الموصى بها يومياً للبالغين (mg/day)
K (%)	2.1 ± 0.06	4500
Ca (%)	1.26 ± 0.04	1300
Mn (ppm)	91 ± 6	2
Fe (ppm)	2476 ± 61	15
Cu (ppm)	14 ± 1	0.9
Zn (ppm)	38 ± 2	10
Br (ppm)	10.8 ± 0.4	1-3
Rb (ppm)	6.8 ± 0.3	-
Sr (ppm)	39 ± 2	-



الشكل (3):

طيف XRF لنبات البابونج، تظهر قمم K_{α} و K_{β} لـ K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr

يبين الشكل (4) طيف PIXE نموذجي لعينة البابونج، حيث تظهر قمم K_{α} و K_{β} لـ K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr. تم كشف العناصر الأخف (Al, Si, P, S, Cl) بسبب قدرة الفصل الطاقى لكاشف الـ HPGe بالنسبة للعناصر الخفيفة [26]. النتائج المبينة هنا هي القيمة المتوسطة لـ ثلاثة قياسات لكل مادة مرجعية \pm الانحراف المعياري. تم الحصول على تطابق جيد بين القيم المقاسة وتلك الموصى بها، والأخطاء هي غالباً في حدود $\pm(5-10)\%$. الجدول (3) يلخص التراكيز العنصرية للقياسات المكررة ثلاث مرات لكل مادة مع الجرعات الموصى بها يومياً (DRIs) لكل عنصر وفقاً لـ [27]. هذه النتائج هي ضمن حدود النتائج لدراسات سابقة [28-29].



الشكل (4): طيف PIXE نموذجي لعينة البابونج

الجدول (3): تراكيز العناصر (ppm) لكل من العينة المرجعية و نبات البابونج

العينة	Peach Leaves (S.R.M)	نبات البابونج	الجرعة اليومية الموصى بها للبالغين (mg/day)
العنصر	Conc. (ppm)	Conc. (ppm)	
Mg	4320.0	2840.0	66.3
Al	249.0	389.6	
P	1370.0	3057.4	
S	2000.0	5120.0	
CL	360.0	14215.7	
K	24300.0	39312.5	4500
Ca	15600.0	20654.7	1300
Mn	98.0	144.5	2
Fe	218.0	1731.2	15
Cu	3.7	19.1	3.9
Zn	17.9	138.1	10
Br	11.0	49.3	1-3
Rb	19.7	14.1	-
Sr	53.0	33.7	-

- المناقشة:

إن النتائج التي حصلنا عليها هي ضمن حدود الدقة لنتائج دراسات سابقة [30-31]. إن جميع القيم الواردة هي متوسط ستة قياسات لكل عينة نباتية مدروسة. من الواضح أن الانحراف المعياري النسبي كان أقل من 1% لكل عنصر تمت دراسته.

يتضح أيضاً من القمم الطيفية في الشكل (3) أن محتوى الحديد في هذا النبات جيد نوعاً ما وللحديد دور مهم في صحة الإنسان لكونه عنصراً أساسياً في تركيب خضاب الدم، وفعالاً للمحافظة على مناعة الجسم. من المحتمل أن يكون النحاس ضمن التراكيز المقاسة حيث يلعب دوراً في الوقاية من الالتهابات، بالإضافة لدوره كمضاد للالتهابات [33]. إن وجود التوتياء بالتراكيز المبينة في النبات المدروس قد يساهم في تحفيز قدرته على علاج حالات البرد و السعال [34].

أما مستوى تركيز المنغنيز في هذه الدراسة فيعطي مؤشراً لإمكانية إسهامه في علاج الإنفلونزا والرشح والتهاب اللوزتين. على اعتبار أن المنغنيز هو عنصر مهم للمحافظة على مناعة الجسم لكونه مسؤولاً عن عدة عمليات انزيمية واستقلابية [33].

من الواضح أن البوتاسيوم والكالسيوم هما العنصران الأكثر وفرة في العينات (عناصر رئيسية). الكالسيوم هو عنصر أساسي للمحافظة على صحة العظام والأسنان. يلعب عنصر البوتاسيوم دوراً هاماً في تنظيم توازن الماء في الجسم [35] وهو أساسي لعمل وظائف القلب [36]. إن محتوى الحديد في هذه النباتات جيد نوعاً ما (بتغير من 876 ppm في المريمية إلى 170 ppm في الغار). يلعب الحديد دوراً مهماً في صحة الإنسان لكونه عنصراً أساسياً في تركيب خضاب الدم، وفعالاً للمحافظة على مناعة الجسم [37].

الاستنتاجات والتوصيات:

تم إجراء دراسة عنصرية باستخدام تقنيتي الـPIXE و XRF لنبات البابونج الذي تُشرب عصارته بشكل شعبي. تم تركيز الضوء على عناصر الـ K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Sr، وتم تقدير تراكيزها في النبات. كما تم وبشكل افتراضي، ربط هذا المحتوى من العناصر في النبات مع التأثير العلاجي له. تبين هذه الدراسة أن هذا النبات يحتوي كمية جيدة من الحديد والتوتياء والمنغنيز، مما يفسر قدرته على تحسين مناعة الجسم.

إن تقنيتي XRF و PIXE متشابهتان من حيث المبدأ حيث يثار إلكترون الطبقة الداخلية بواسطة فوتون يعترضه في منطقة الأشعة السينية (عوضاً عن الجسيم المشحون طاقياً في حالة الـ PIXE).

تكمن فوائد تقنية XRF في أنها غير مخربة للعينة - متعددة العناصر - سريعة و قليلة الكلفة فكلية إقلاع الجهاز رخيصة جداً أمام كلفة التحليل بتقنية PIXE كما أن نظام الـ XRF أصغر في القياس وأسهل لحمله باليد في بعض الأنواع من الأجهزة الحديثة .

تمتلك تقنية XRF حساسية أكثر من الـ PIXE من أجل العناصر الثقيلة كما أنها مناسبة أكثر من أجل دراسة العينات السميكة بالمقابل إن لتقنية PIXE المتطورة فوائد هي أنها تشكل مع تقنيات التحليل بالحزم الأيونية Ion IBA Beam Analysis المتوافقة معاً تغطية كاملة للكشف عن كافة عناصر الجدول الدوري وتفضل هذه التقنية للكشف عن العناصر الخفيفة وهي مثالية من أجل دراسة عينات رقيقة ونظراً لكونها تقنية متطورة تتحرك العينات بسرعة خلال التحليل وتعطي نتائج عديدة بوقت واحد و بدقة عالية جداً و زمن أقل.

رغم الإيجابيات والسلبيات لكلا التقنيتين مازال التنافس على استخدامهما مستمراً وذلك حسب نوع العينات وشكلها والتطبيقات المطلوبة.

المراجع :

- [1] HOAREAU, L.; DASILVA, E.J.; *Medicinal plants: a re-emerging health aid*. EJB Electron. J. Biotech., 2, 1999, 56-70. 12 JUN. 2009 <http://www.elsevier.com/copyright>
- [2] GARG, A.N.; KUMAR, A.; NAIR, A.G.C.; REDDY, A.V.R.; *Analysis of some Indian medicinal herbs by INAA*. J. Radioanal. Nucl. Chem. U. S. A., Vol. 271, 2007, 611-619.
- [3] LOVKOVA, M.Y.; BUZUK, G.N.; SOKOLOVA, S.M.; KLIMENT'EVA, N.I.; *Chemical features of medicinal plants* (Review), Appl. Biochem. Microbiol., 37, 2001, 229-237. 12 JUN. 2009 <http://www.elsevier.com/copyright>
- [4] KING, J.C. *Essential and Toxic Trace Elements in Human Health and Disease: Current Topics in Nutrition and Disease*. J. Nutr., Ananda S. Prasad (ed.), New York: Alan R. Liss, Volume 18, 679 pp., 119, 1989, 1534.
- [5] PEREIRA, C.E.D.B. *Correlation between five minerals and the healing effect of Brazilian medicinal plants*. J. Felcman Biol. Trace Elem. Res., 65, 1998, 251-259.
- [6] MOHANTA, B. A.; CHAKRABORTY, SUDARSHAN, M.; DUTTA, R.K.; BARUAH, M. *Elemental profile in some common medicinal plants of India. Its correlation with traditional therapeutic usage*. J. Radioanal. Nucl. Chem U. S. A. 258, 2003, 175-179.

- [7] KEEN,C.L.; JUE, T.; TRAN,C.D.; VOGEL, J.; DOWNING,R.G.; IYENGAR,V.; RUCKER, R.B. *Analytical methods: improvements, advancements and new horizons*. J. Nutr. 133, 2003, 1574S-1578.
- [8] OBIJUNWA,E.I.; ADEBAJO,A.C.; OMOBUWAJO, O.R. *Essential and trace element contents of some Nigerian medicinal plants*. J. Radioanal. Nucl. Chem. U. S. A. 252, 2002, 473–476.
- [9] YAMASHITA,C.I.; SAIKI, M.; SERTIE, J.A.A. *Elemental analysis of leaves and extracts of Casearia medicinal plants by instrumental neutron activation analysis*. J. Radioanal. Nucl. Chem. 270, 2006, 181–186.
- [10] ÖZCAN, M.M.; ÜNVERA, A.; UCARB, T.; ARSLANA, D. *Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoctio*. Food Chem.106 ,2008, 1120-1127.
- [11] QUERALT, I.; OVEJERO, M.; CARVALHO, M.L.; MARQUES, A.F.; LABRES, J.M.; *Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques*. X-Ray Spectrom. 34, 2005, 213 - 217.
- [12] MALMQVIST, K.G. *Accelerator-based ion beam analysis- an overview and future prospects*. Rad. Phys. Chem. 71, 2004, 817-827.
- [13] MAENHAUT, W. *Applications of ion beam analysis in biology and medicine, a review*. Nucl. Instr. and Meth. B, 35, 1988, 388-403.
- [14] JOHANSSOON, S.A.E.; CAMPBELL, J.L. *PIXE - a novel technique for elemental analysis*. John Wiley. & Sons, New York, 1988, 122.
- [15] ŠMIT, Ž. *Recent developments of material analysis with PIXE*. Nucl. Instr. and Meth. B, 240, 2005, 258-264.
- [16] STIH, C.; POPESCU, I.V.; BUSUIOC, G.; BADICA, T.; OLARIU, A.; DIMA,G. *Particle induced X-ray emission (PIXE) analysis of Basella L Alba leaves*. J. Radioanal. Nucl. Chem. U. S. A. 246, 2000, 445 - 447.
- [17] OLABANJI, S.O.; ADESINA,S.K.; CECCATO, D.; BUOSO, M.C.; MOSCHINI,G. *PIXE analysis of some medicinal plants usually extracted and drunk as tea, beverage, or used as spice or flavor in Nigeria*. in: Proc. XI International Conference on PIXE and its Analytical Applications, Puebla, Mexico, 2007, pp. PI-19-11, PI-19-14.
- [18] IAEA, *Quantitative X-ray analysis system, QXAS, Doc. Version 2.0, 2005, 205*.
- [19] PSZONICKI, L.; HANNA,A.N. *Report on the intercomparison IAEA / V-10 of the determination of trace elements in hay powder*. in, IAEA, Vienna, Austria, 1985, 45.
- [20] CAMPBELL, M.J.; RADECKI, Z.; TRINKL, A.; BURNS, K.I. *Report on the intercomparison runs for the determination of trace and minor elements in cabbage material (IAEA-359)*. in, Analytical Quality Control Services, Agency's Laboratories, Seibersdorf, 2000, 19 Oct.2009. <http://www.elsevier.com/copyright>
- [21] MOHANTA, B.; CHAKRABORTY, A.; SUDARSHAN, M.; DUTTA, R.K.; BARUAH, M. *Elemental profile in some common medicinal plants of India. Its correlation with traditional therapeutic usage*. J. Radioanal. Nucl. Chem. U.S. A. 258, 2003, 175-179.
- [22] MAXWELL, J.A.; TEESDALE, W.J.; CAMPBELL,J.L. *The Guelph PIXE software package II*, Nucl. Instr. and Meth. B, 95, 1995, 407-421.
- [23] CLAYTON, E. *PIXE analysis of thick target biological samples in vacuum*, Nucl. Instr. and Meth. B, 22, 1987, 145-148.

- [24] CAMPBELL, J.L.; HUGUCHI, D.; MAXWELL, J.A.; TEESDALE, W.J. *Quantitative PIXE microanalysis of thick specimens*. Nucl. Instr. and Meth. B, 77, 1993, 95-109.
- [25] *Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals*. in: Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, Washington D.C., 2004, 206.
- [26] ROSSINGTON, C.S.; GIAUQUE, R.D.; JAKLEVIC, J.M. *A direct comparison of Ge and Si(Li) detectors in the 2-20 keV range*. IEEE Trans. Nucl. Sci. 39, 1992, 570-576.
- [27] *Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals*, in: Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, Washington D.C., 2004, 312.
- [28] AZHABOV, A.K.; SALIKHBAEV, U.S.; SAFAROV, A.N.; KHUSHURODOV, S.K.; DANILOVA, E.A.; KIT, A.A.; DEHKANOV, T.; DOROFEEV, A.A.; KALANOV, S.; RASHIDO, D.S.
- [29] KHOLBOEV, I.; *Determination of the elemental composition of plant samples from the Chatkal biospheric preserve by nuclear-physical methods* Atomic Energy, 84, 1998, 217-221. <http://www.elsevier.com>.
- [30] DIVRIKLI, U.; HORZUM, N.; SOYLAK, M.; ELCI, L.; *Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia*. Int. J. Food Sci. Technol., Turkey, 41, 2006, 712-716.
- [31] BROOME, C.V.; MARKS, J.S. *Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States*. in: B.R. Holloway, A.G. Dean (Eds.) Morbidity and Mortality Weekly Report, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia, 1998, 101.
- [32] JOHN, E. *Manganese*, in: *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements*. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001, pp. 249-253.
- [33] WHITEHOUSE, M.W.; WALKER, W.R. *Copper and inflammation*. Agents and Actions, 8, 1978, 85-90.
- [34] JACKSON, J.L.; LESH, E.; PETERSON, C. *Zinc and the common cold: a meta-analysis revisited*. J. Nutr. 130, 2000, 1512-1515.
- [35] ANDERSON, J.; YOUVG, L.; LONG, E. *Potassium and Health*, in: *Food and Nutrition Series*. Colorado State University, Colorado, 2008, 12.
- [36] Potassium in heart failure, British Med. J., 1 (1977) 469-470.
- [37] BROOME, C.V.; MARKS, J.S. *Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States*, in: B.R. Holloway, A.G. Dean (Eds.) Morbidity and Mortality Weekly Report U.S., Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia, 1998, 87-92.