

قياس النشاط الإشعاعي الناتج عن نظيري السيزيوم (^{137}Cs) والبوتاسيوم (^{40}K) لعينات حليب من مصادر مختلفة في محافظة اللاذقية

الدكتور جبور جبور*

الدكتور هيثم جبيلي**

الدكتور جهاد ملحم***

الدكتور محمد موسى****

(تاريخ الإيداع 7 / 10 / 2013. قُبل للنشر في 16 / 12 / 2013)

□ ملخص □

تمّ، في هذا العمل، قياس النشاط الإشعاعي الناتج عن نظير السيزيوم (^{137}Cs) ونظير البوتاسيوم (^{40}K)، في عينات حليب (من مصادر مختلفة) في محافظة اللاذقية. وقد وُجد أن جميع العينات خالية من النشاط الإشعاعي لنظير السيزيوم - 137، في حين لوحظ أن هذه العينات تحتوي على نشاط إشعاعي لنظير البوتاسيوم - 40، تتراوح قيمته ضمن المجال ($45 - 81$) (Bq/l)، وقيمة وسطى (60 ± 9) (Bq/l). كما تمّت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج عالمية أخرى، حيث كان التطابق جيداً بينهما، آخذين بالحسبان الأخطاء المرتكبة في القياسات.

الكلمات المفتاحية: حليب، النشاط الإشعاعي، نظير السيزيوم-137، نظير البوتاسيوم-40.

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**** أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Measuring the radioactivity of (^{137}Cs) and (^{40}K) isotopes of milk samples from different sources in the Lattakia's Regions

Dr. Jabbour Jabbour*
Dr. Haissam Jbeli**
Dr. Jehad Mulhem***
Dr. Mouhammad Moussa****

(Received 7 / 10 / 2013. Accepted 16 / 12 / 2013)

□ ABSTRACT □

In this research, we have measured the radioactivity resulting from the Cesium-137 and Potassium-40 isotopes, in milk samples (from different sources) in Lattakia's regions. It has been found that all samples were not contaminated by Cesium-137, but it was recorded that all samples containing radioactivity resulting from the Potassium-40 isotope with a magnitude range between (45 – 81) (Bq/l), and average value (60 ± 9) (Bq/l). As compared with other world results, there was a good agreement between them, taking into account the errors in measurements.

keywords: milk, the radioactivity, (Cs-137) isotope, (K-40) isotope.

* Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.
** Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.
*** Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**** Associate Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن أهم الحوادث النووية التي حدثت في العالم هي: حادثة Windscale (British-Great) في 8 تشرين أول عام 1957 [1]، حادثة MileIsland (United-States) Three في 28 آذار عام 1979 [1]، حادثة Tchernobyl (ex-URSS) في 25 نيسان عام 1986 [1]، وحادثة Fukushima (Japon) في 11 آذار عام 2011 [2].

تُعتبر حادثتي تشيرنوبيل Tchernobyl وفوكوشيما من أخطر هذه الحوادث، وكانتا بمثابة جرس إنذار للعالم بأجمعه.

في الواقع، حتى الآن، لم نجد طريقة منظمة لمراقبة التلوث الإشعاعي، وكان يجب أن تحدث مثل هذه الحادثة حتى يستفيق العالم ويعود إلى رشده من خطر التلوث الإشعاعي الذي يُدهم الحياة البشرية على سطح الأرض، وخاصة على مستوى الغذاء.

إن الاضطراب الذي نتج عن هذه الحادثة حرّض العديد من البلدان لإقامة تقنيات للمراقبة السريعة بهدف الكشف والعتور على هذه التلوثات الجديدة بالنسبة لنا، ويجب القول بذلك، خاصة أمام غياب الوسائط الكافية لمراقبة هذا النوع من التلوث.

بما يتعلق بالغذاء، وعلى ضوء معلوماتنا الحالية، إن نواتج الإنتشار التي تتسرب من مفاعل نووي والتي تؤدي إلى تلوث غذائنا تتكون بشكل أساسي من العناصر المشعة التالية:

(1) اليود ^{131}I ، مُصدر لأشعة بيتا وغاما الذي يمتلك دوراً (عمر النصف) يُقدر بـ 8 أيام تقريباً على شكل غاز.

(2) السيزيوم ^{137}Cs ، مُصدر لأشعة بيتا وغاما الذي يمتلك دوراً (عمر النصف) يُقدر بـ 30 سنة والذي ينتشر على شكل غبار إشعاعي (aerosol).

(3) السترونسيوم ^{90}S ، مُصدر لأشعة بيتا ويمتلك دوراً (عمر النصف) قدره 28 سنة وينتشر على شكل غبار (aerosol) أيضاً.

إذن، بعد الكشف الأولي للتلوث الإشعاعي الجوي من قبل السويد Sweden وFinland وفينلندة، كان الهم الأساس للبلدان هو تجنب امتصاص هذه العناصر المشعة من قبل المواد الغذائية بشكل رئيس (مثل: الحليب، الخضار، الأسماك، ... إلخ).

نشير إلى أن المواد الغذائية تتلوث:

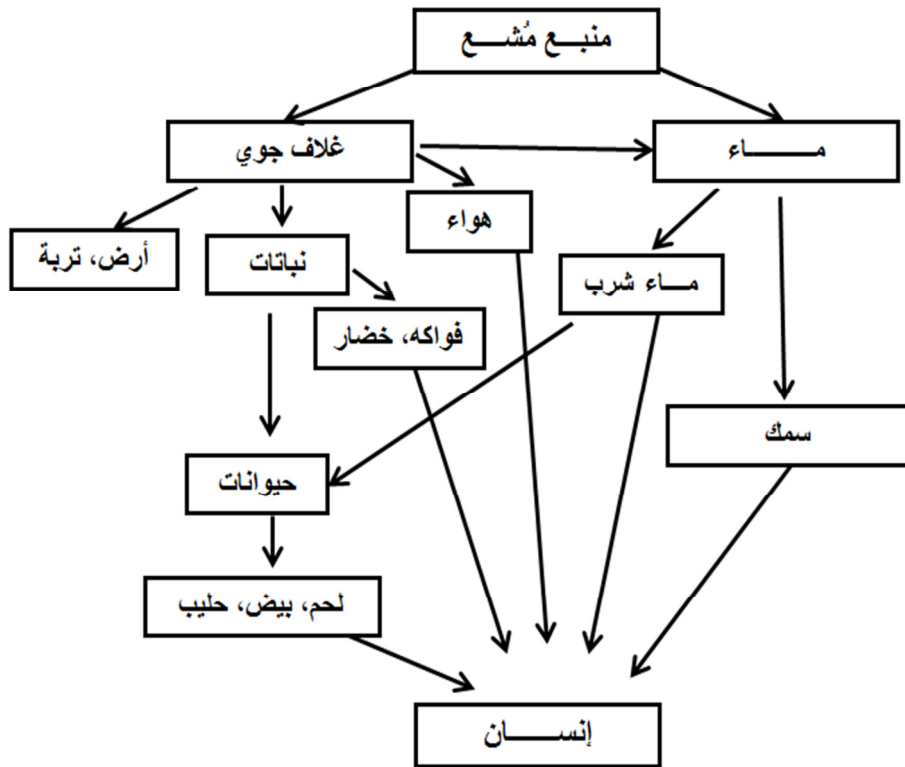
- إما عن طريق الإشعاع المباشر،
- إما بوساطة جسيمات مُشعة مُعلقة في الهواء،
- وإما بوساطة مياه الأمطار الملوثة.

إن التلوث يصيب الإنسان، عن طريق المواد الغذائية، وعن طريق الحيوانات والمنتجات الحيوانية (حليب، بيض، لحم)، وعن طريق الأسماك والمنتجات البحرية، أو عن طريق النباتات والمياه. يوضّح الشكل (1) مختصراً جيداً لسلسلة (حلقة، دورة) للتلوث الإشعاعي.

إنه لمن المؤكد أن الإشعاعات، مهما كانت مصادرها، تؤثر في جسم الإنسان بطريقة غير منتظمة. ويعود ذلك لدرجة تأثر الخلايا بالإشعاعات، أي أن ظهور نتيجة التأثير الإشعاعي يمكن أن يكون مباشراً، على المدى القصير أو المدى الطويل.

السؤال الذي يُطرح الآن: هل يمكننا التكلم عن ضوابط ومعايير للتلوث الإشعاعي مدروسة بشكل جدي؟ إن الجواب على هذا السؤال، صعب. بالرغم أنه يوجد منظمات عالمية مثل:

الغذاء العالمية، الـ (FAO) (United Nations) (FAO) Food and Agriculture Organization (منظمة الصحة العالمية)، الـ (WHO) World Health Organization (منظمة الصحة العالمية)، الـ (IAEA) Atomic Energy Agency (وكالة الطاقة الذرية الدولية) التي انكبت لوضع ضوابط ومعايير للتلوث الإشعاعي منذ زمن طويل، أي بعد الأيام التي تلت حادثة تشيرنوبيل، وبرهنت أنه إذا كانت هذه الضوابط والمعايير موجودة من أجل الماء والهواء وبعض المنتجات، فإنها غير موجودة من أجل المأكولات.



الشكل (1): مخطط لتلوث الإنسان بوساطة المواد الملوثة بالإشعاع.

إضافة إلى ذلك، فإنه لمن المدهش أن نلاحظ التباين والاختلاف، في التقرير المنشور من قبل منظمة الفاو (FAO) في روما في شهر كانون الثاني من عام 1986 [3]، المتعلق بالقيم الحدية الموصى (المسموح) بها لتلوث المواد الغذائية بالمواد المشعة، من بلد لآخر.

على سبيل المثال: الحدود المسموحة لدى الكنديين من أجل اليود في الحليب هي (10) بيكريل في اللتر، ولدى الصينيين والاتحاد الأوروبي (1300) و (370) بيكريل باللتر على التوالي [3].

من المهم أيضاً التكلم عن آلية حديثة، بالرغم من أنها قليلة الاستخدام في روسيا والولايات المتحدة الأمريكية لمعالجة المواد الغذائية بواسطة الإشعاع أو الجسيمات المؤينة. فإنه يتم معالجة كل من الفواكه، الخضار، النشاء، السكر، اللحم، التوابل (البهارات)، الحبوب، حيوانات بحرية بالإشعاع للقضاء على الجراثيم، الحشرات، ... إلخ، أو فرملة التفاعلات الفيزيولوجية على مستوى الجذور النباتية على سبيل المثال.

إن إحدى الإشعاعات الأكثر استخداماً هو من النوع غاما (γ) الصادر عن التفكك الإشعاعي للكوبالت 60 وللسيزيوم 137 بطاقات أقل، طبيعياً، من (10) مليون إلكترون فولت (MeV). إن هذه التأثيرات الإشعاعية على مختلف المواد الغذائية لم تكن معروفة. لكن نعرف، مع ذلك، أن هناك بعض الدول ومن بينها فرنسا، منذ بعض الوقت، منعت ذلك من أجل الحليب.

انطلاقاً مما سبق، سوف نستخدم الكاشف الوميضي لدراسة عينات من الحليب وتحليلها، من مصادر مختلفة من محافظة اللاذقية، لمعرفة إذا كانت هذه العينات ملوثة أم لا؟ وما هي درجة التلوث؟ وخاصة بالنسبة للتلوث الناتج عن البوتاسيوم 40 والسيزيوم 137 :

• نوى البوتاسيوم 40 الموجودة تقريباً في كل المواد الطبيعية والأطعمة. نشير في هذا المجال إلى أن غراماً واحداً من مادة البوتاسيوم غير المشع يحتوي على جزء من البوتاسيوم 40 يُقدر بـ $120\mu g$ يولد نشاطاً إشعاعياً يُقدر تقريباً بـ 30 بيكريل $30Bq$ ، وعندما تتجاوز كمية البوتاسيوم المشع الـ 25g في جسم الإنسان، فإنه يصبح ساماً [4].

• البقايا الملوثة الناتجة عن نوى السيزيوم المشع 137 Cs التي تتحرر وتنتشر في فضاء المنشآت النووية، أو على سبيل المثال، تلك التي نتجت عن حادث المفاعل النووي تشيرنوبيل Chernobyl في الاتحاد السوفيتي سابقاً - أوكرانيا. وبعد هطول الأمطار، فإن السيزيوم يلوث الأرض ويتوضع على الأعشاب والقطور.

مكان إنجاز هذا العمل:

مخبر الفيزياء النووية - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين، حيث تتوفر منابع معايرة لكل من النظيرين المشعّين البوتاسيوم 40 K والسيزيوم 137 Cs.

أهمية البحث وأهدافه:

حساب النشاط الإشعاعي لعينات تحليل من مصادر مختلفة في محافظة اللاذقية.

طرائق البحث ومواده:

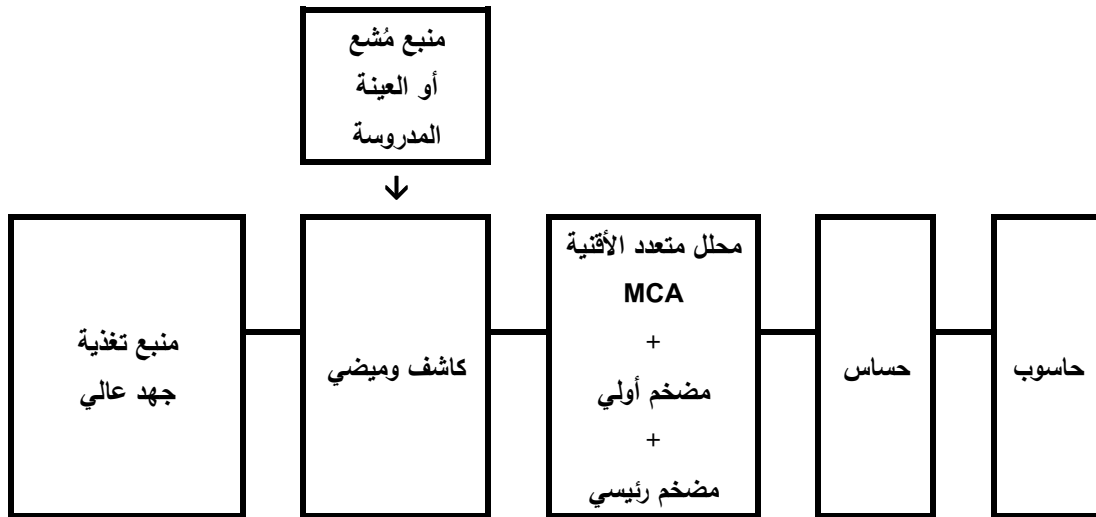
إن الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذا البحث هي [4]:

رقم	اسم الجهاز
559 885	- منبع مُشع نقطي للمعايرة 137 Cs شدته الإشعاعية 333 kBq بتاريخ 17 كانون الأول 2007.
559 885	- منبع مُشع نقطي للمعايرة 60 Co شدته الإشعاعية 74 kBq بتاريخ 17 كانون الأول 2007.
OL 261	- منبع مُشع لانتقني للمعايرة 137 Cs شدته الإشعاعية 4.87 kBq بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في عبوة (عبوة مارينيلي).

672 521	- منبع مُشع لانتقطي للمعايرة (كلورايد اليوتاسيوم ^{40}K) شدته الإشعاعية 16.7 kBq بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في عبوة (عبوة ماريينيلي).
559 901	- عداد وميضي: مواصفاته: - أبعاده: $25\text{ cm} \times 6\text{ cm}$. - مجال كشفه لطاقة أشعة غاما يتراوح ما بين 15 ألف إلكترون فولط. ومليون إلكترون فولط ($15\text{keV}-3\text{MeV}$). - قطره $3,8\text{ mm}$ ، وسماكته $50,8\text{ mm}$. - قدرة فصله الطاقية عند الطاقة 662keV تُقدر بأقل من (7.5%). - يعمل في مجال جهد يتراوح بين ($600-800\text{ Volts}$).
521 68	- منبع تغذية جهد عالي 1.5 kV .
559 89	- غطاء واقٍ للعداد الوميضي من الرصاص.
559 88	- أوعية ميرينيلي.
529 780	- محلل متعدد الأفتية MCA .
	- حاسوب مجهز ببرنامج $Cassy$ لمعالجة القياسات.
	- قاعدة لحمل المنبع المشع.

ملاحظة: جميع هذه الأجهزة من شركة $LEYBOLD$ الألمانية [4].

يوضّح الشكل (2) مخططاً صندوقياً مبسطاً للدائرة المستخدمة في القياسات.



الشكل (2): يُبين مخططاً صندوقياً مبسطاً للدائرة المستخدمة في القياسات.

يتم أولاً معايرة الكاشف، حساب النشاط الإشعاعي للمنابع المعايرة، ومن ثم تحضير العينات المراد قياس نشاطها الإشعاعي.

النتائج والمناقشة:

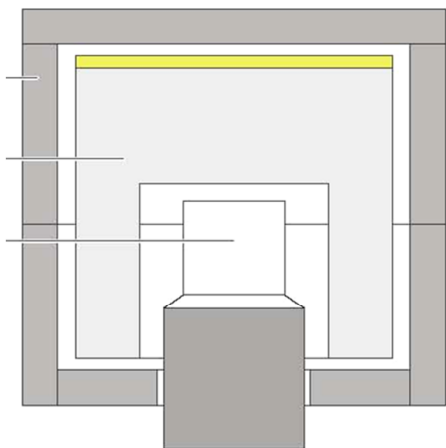
4-1- قياس الجهد الأفضل لعمل العداد الوميضي وتحديده:

تم تحديد الجهد الأفضل ($V = 650$ Volts) لعمل العداد في عمل سابق (بخطأ أقل من 1%)، وقُبل للنشر في مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات [5].

4-2- حساب النشاط الإشعاعي لعينات حليب ضعيفة الإشعاع من مصادر مختلفة:

من أجل تحديد النشاط الإشعاعي لعينة ضعيفة الإشعاع، نضع العينة في أغلب الأحيان في وعاء مخصص لهذه الغاية يُدعى بوعاء مارينيلي Marinellibeaker (انظر الشكل 3). هذا الوعاء يغلف (أو يحتضن) بشكل كامل بلورة الكاشف، يؤمن ويعرّف بشكل جيد وضعا هندسياً مناسباً وملائماً للقياس. عادة هناك منبع معياري (أو عينة معيارية) لحساب النشاط الإشعاعي، حيث نقوم بمقارنة الطيف الطاقي لأشعة غاما للعينة المدروسة (والتي تمتلك نفس الشكل الهندسي للعينة المعيارية) مع الطيف الطاقي للعينة المعيارية، وبهذه الطريقة يمكننا أن نحسب مباشرة النشاط الإشعاعي للعينة المدروسة.

نشير إلى أنه عندما يتم تسجيل الطيف الطاقي لأشعة غاما، هناك إشعاع خلفي (تشويش) يتداخل ويؤثر في الطيف، ولتخفيف ذلك نستخدم شاشة من الرصاص محكمة الإغلاق تحيط بالعينة وبالكاشف.



شكل (3): يبين ترتيب الكاشف الوميضي ووضعه ووعاء مارينيلي، لتحديد النشاط الإشعاعي لعينات ضعيفة الإشعاع. (a) تدريج أو درع) من الرصاص، (b) وعاء Marinelli مع عينة، (c) كاشف وميضي.

تم قياس النشاط الإشعاعي، الناتج عن نظير السيزيوم-137 ونظير البوتاسيوم-40، ومن ثم دراسة أثر الخلفية على عينات حليب من مصادر مختلفة في محافظة اللاذقية، بالطريقة التالية:

1- تم تسجيل الطيف الطاقي لنظير السيزيوم-137 ونظير البوتاسيوم-40 بالشروط التالية: الجهد المطبق على الكاشف 650 فولت، الريح 1.5، وزمن القياس 3600 ثانية أي ساعة كاملة [5]، الشكلان (4) و (5).

- 2- تم تسجيل الطيف الطاقى الناتج عن الإشعاع الخلفى وذلك بعد إبعاد وعاء ميرنيللي من أجل القيام بقياس بدون عينة، بنفس الشروط المذكورة في البند (1)، الشكل (6).
- 3- تم أخذ عينات حليب من مصادر مختلفة من محافظة اللاذقية وزنها 1 كيلوغرام (حجمها 1 ليتر)، ومن ثم تم تسجيل الطيف الطاقى لهذه العينات بنفس الشروط المذكورة في البند (1). يبين الشكل (7) الطيف الطاقى لإحدى العينات، ويبين الجدول رقم (1) قيم العد الإجمالى N_g والخلفية N_b ومعدل العد بثنائية واحدة $[(N_g - N_b)/3600]$ لجميع العينات المدروسة من الحليب. يُمثل الشكل رقم (8) تغير معدل العد بالثنائية لجميع عينات الحليب المدروسة (هذا بالنسبة لكامل الطيف).
- 4- تمت مقارنة الخطوط الطيفية الناتجة السابقة، ومن ثم حساب مجموع الحوادث المسجلة في الخط الطيفى المرافق لامتصاص الكلي. رُتبت النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول رقم (2).

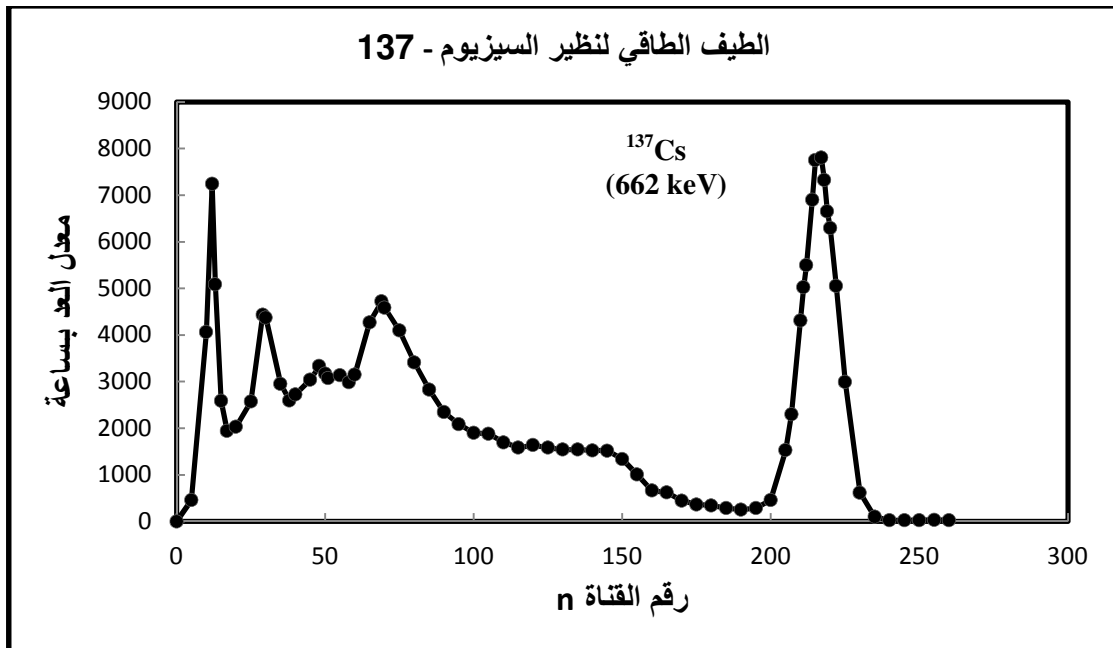
جدول (1): يبين قيم العد الإجمالي N_g والخلفية N_b

ومعدل العد بثانية واحدة $[(N_g - N_b)/3600]$ لعينات مختلفة من الحليب. أُخذت القيم الوسطى بعد التقريب إذ إن هذا التقريب لا يؤثر في النتائج، ولا في الأخطاء المرتكبة في القياسات.

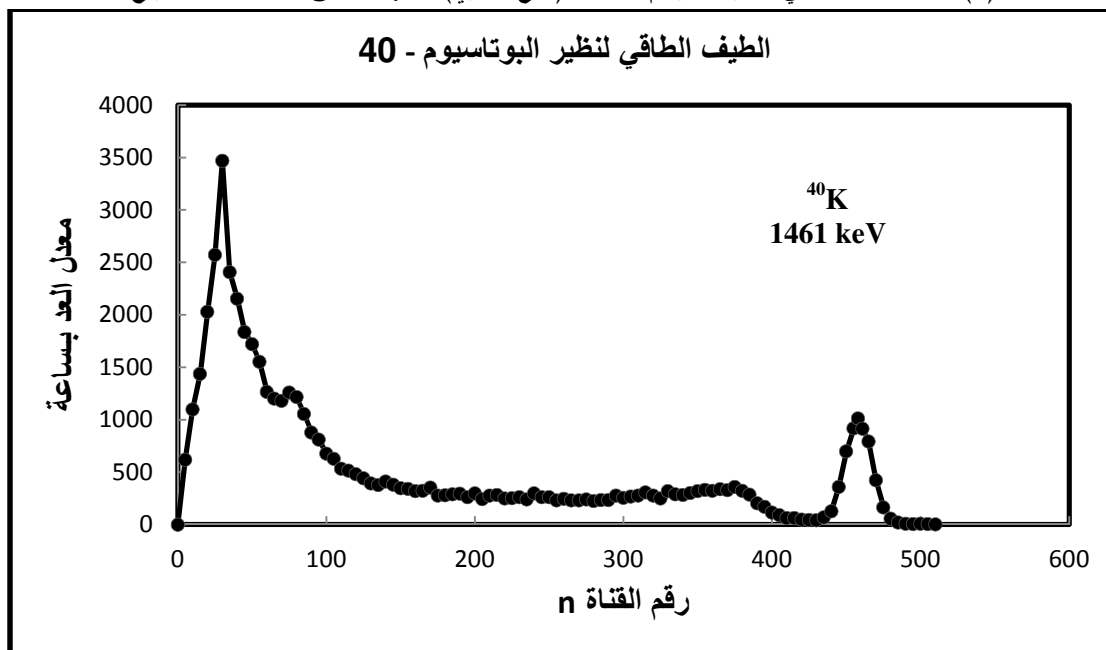
$(N_g - N_b)/3600 s$ معدل العد بثانية واحدة	N_b العد الإجمالي لكامل الطيف (512 قناة) خلال ساعة واحدة (3600 ثانية)		N_g العد الإجمالي لكامل الطيف (512 قناة) خلال ساعة واحدة (3600 ثانية)		العينة	
	القيمة الوسطى (مقربة)	القيمة الوسطى (مقربة)	القيمة الوسطى (مقربة)	القيمة الوسطى (مقربة)		
1.04	27616	27474	31346	31938	منطقة صلنفة	1
		27325		31115		
		28050		30985		
0.86	27806	27444	30913	31085	منطقة القرداحة	2
		29025		30750		
		26950		30905		
1.01	27400	26974	31040	30876	منطقة الحفة	3
		28000		31255		
		27225		30989		
1.08	28211	27111	32116	31824	منطقة المزيرعة	4
		28524		32985		
		29000		31540		
0.81	27838	27333	30752	30659	منطقة بيت ياشوط	5
		28226		31154		
		27956		30444		
0.86	27867	27075	30954	31111	منطقة كسب	6
		28001		30750		
		28525		31000		
0.90	27522	26995	30775	30999	منطقة البسيط	7
		27556		31250		
		28015		30075		
0.86	27962	27775	31068	31254	منطقة جبلة	8
		27085		30945		
		29025		31005		
0.92	27671	28025	30982	31294	منطقة الجوزية	9
		27654		30666		
		27333		30985		
0.96	27513	26999	30955	30722	منطقة فديو	10
		27525		31020		
		28015		31122		

جدول (2): يبين مكاملة الحوادث (أو مجموع الحوادث) في الخطوط الطيفية المرافقة للامتصاص الكلي. إن الكتابة (C196-C228) تعني أن المجموع أو المكاملة تمت بين القناة رقم 196 والقناة رقم 228 من أجل السيزيوم Cs-137، و (C448-C488) تعني أن المجموع أو المكاملة تمت بين القناة رقم 448 و القناة رقم 488 للبوتاسيوم K-40.

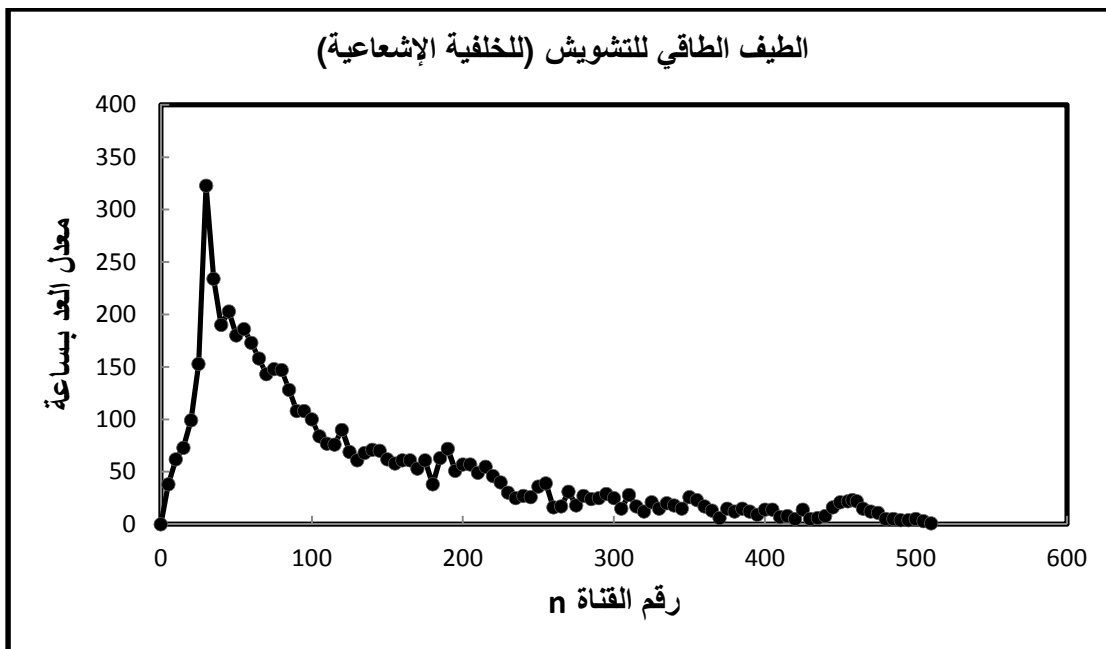
العينة	زمن القياس	N (C196-C228) $E_\gamma = 662\text{keV}$ Cs-137	N (C448-C488) $E_\gamma = 1461\text{keV}$ K-40
عينة معايرة كلور البوتاسيوم KCl (1000 غرام)	3600 s	-	22268
عينة معايرة السيزيوم Cs-137 (1000 غرام)	3600 s	122896	-
الإشعاع الخلفي	3600 s	1782	675
1 منطقة صانفة	3600 s	1350	763
2 منطقة القرداحة	3600 s	1567	757
3 منطقة الحفة	3600 s	1415	745
4 منطقة المزرعة	3600 s	1450	770
5 منطقة بيت ياشوط	3600 s	1395	750
6 منطقة كسب	3600 s	1515	739
7 منطقة البسيط	3600 s	1625	755
8 منطقة جبلة	3600 s	1497	733
9 منطقة الجوزية	3600 s	1389	780
10 منطقة فديو	3600 s	1477	740



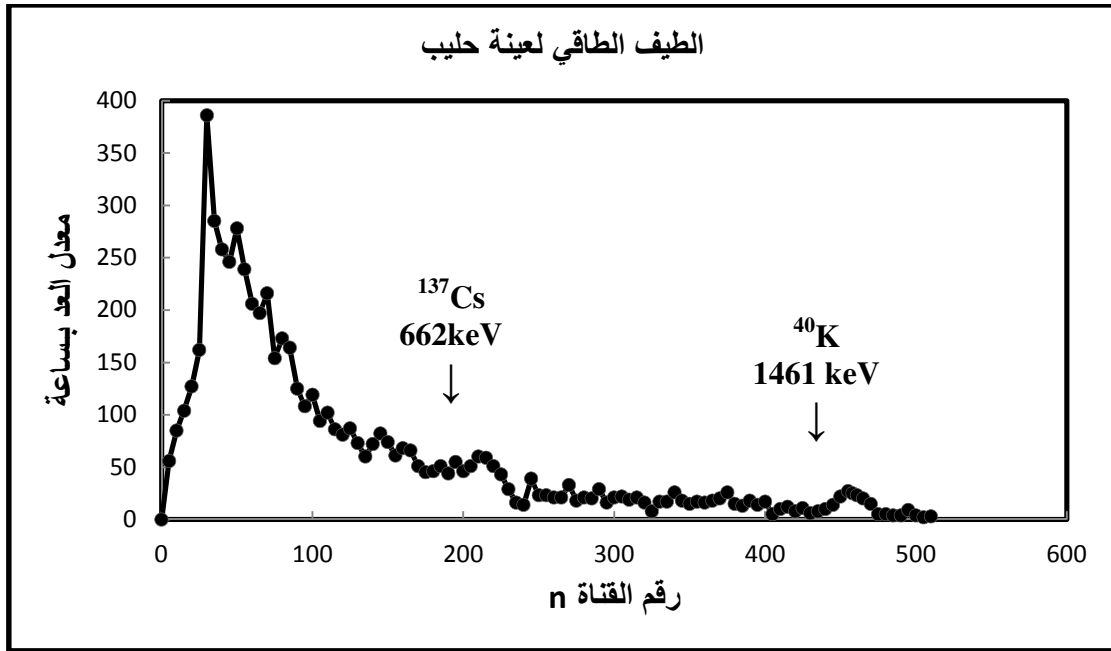
الشكل (4): يمثل الطيف الطاقي لنظير السيزيوم - 137 (منبع معياري)، الجهد المطبق 650Volts والريح 1.5.



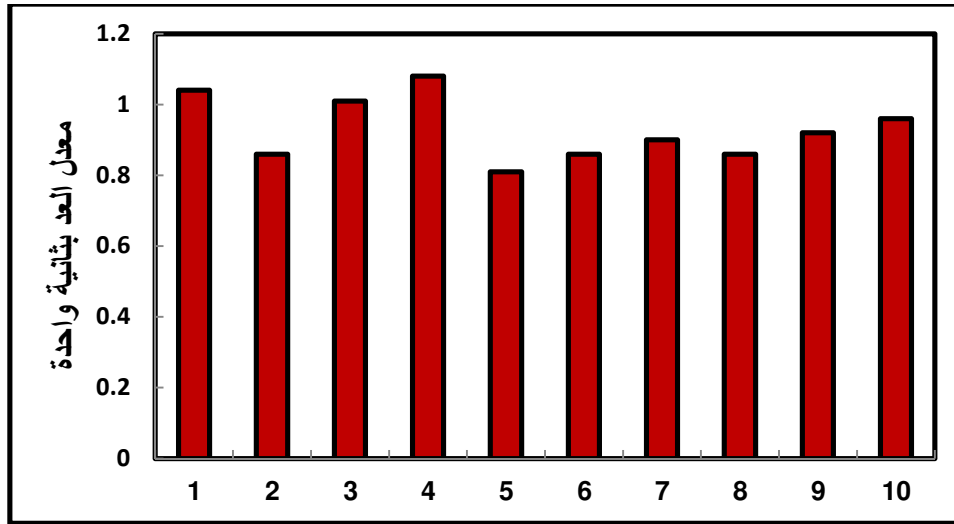
الشكل (5): يمثل الطيف الطاقي لنظير البوتاسيوم - 40 (منبع معياري)، الجهد المطبق 650Volts والريح 1.5.



الشكل (6): يمثل الطيف الطاقي للتشويش (للخلفية الإشعاعية)، الجهد المطبق 650Volts والريح 1.5.



الشكل (7): يمثل الطيف الطاقي لعينة حليب من منطقة صنفقة، الجهد المطبق 650Volts والريح 1.5.



الشكل (8): يمثل تغير معدل العد بالثانية لكامل الطيف لعينات مختلفة من الحليب.

يمكننا حساب النشاط الإشعاعي لمنبع مشع مجهول (عينة مجهولة) انطلاقاً من منبع معلوم من النوع نفسه، أي أنه لدينا النظير المشع نفسه في كلا المنبعين. هذا يعني أنه تتم مقارنة العد في الخططين الطيفيين للمنبعين المعترضين. من أجل ذلك يجب أن نحسب ما يُسمى بعامل المعايرة.

نشير أولاً إلى أن المنابع المستخدمة للمعايرة هي:

1. منبع مُشع لانتقالي للمعايرة ^{37}Cs شدته الإشعاعية ($4,87 \text{ kBq}$) بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في عبوة (عبوة مارينيلي).

2. منبع مُشع لانتقطي للمعايرة (كلورايد البوتاسيوم KCl) ^{40}K شدته الإشعاعية ($16,7 kBq$) بتاريخ 17 كانون الأول 2007، عينة وزنها 1 كيلوغرام موضوعة في عبوة (عبوة مارينيللي).

أولاً - تعيين عامل المعايرة للبوتاسيوم $k_{(K-40)}$ ؟

نستخدم المنبع المشع ^{40}K الذي هو عبارة عن عينة من كلوريد البوتاسيوم KCl وزنها كيلو غرام (1000 غرام). نحدد أولاً عدد نوى N البوتاسيوم المشع $K-40$ من العلاقة التالية:

$$N = \frac{1000g}{M} \cdot N_A \cdot r \quad (1)$$

حيث: وزن العينة يساوي 1000 غرام،

M الوزن الجزيئي لـ KCl ويساوي: $M = 74.55(g/mol)$

N_A عدد أفوكادرو: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} (1/mol)$

r المحتوى النسبي لـ $K-40$ في العينة ويساوي إلى (0,012%) أي أن $(0,012\% = 0,012/100 = 0,00012)$ ، وهو عبارة عن مقدار مُعطى معلوم. بالتعويض نجد أن عدد نوى البوتاسيوم المشع $K-40$ يساوي:

$$N = \frac{1000g}{M} \cdot N_A \cdot r = \frac{1000}{74,55} \times 6,022 \cdot 10^{23} \times \frac{0,012}{100} = 9,69 \times 10^{20}$$

أما النشاط الإشعاعي $A(t)$ فهو مقدار يتناسب مع عدد النوى المشعة في العينة، أي يتناسب مع N ، وثابت التناسب هو ثابت التفتك λ ، وهو يُعطى بالعلاقة التالية:

$$A(t) = \lambda \cdot N \quad , \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \Rightarrow A(t) = \frac{N \cdot \ln 2}{T_{1/2}} \quad (2)$$

علماً أن عمر النصف للبوتاسيوم $K-40$ يساوي إلى: $[T_{1/2}(K-40) = 1,28 \times 10^9 \text{ years}]$ سنة.

بالتعويض في العلاقة (2) نجد أن:

$$A(t) = 16,7 kBq$$

يتم إذن تعيين عامل المعايرة للبوتاسيوم $K-40$ انطلاقاً من الخط الطيفي المرافق للامتصاص الكلي للبوتاسيوم، أي انطلاقاً من طاقة غاما $E_\gamma = 1461 keV$. ويُعرّف عامل المعايرة بالعلاقة التالية:

$$k_{(K-40)} = \frac{A(t)}{R}$$

حيث $A(t)$ النشاط الإشعاعي المحسوب سابقاً، و R معدل العد لك $K-40$ في الخط الطيفي المرافق للامتصاص الكلي (الشكل 5)، ولكن بعد طرح الخلفية N_b (الضجيج)، أي أن R تُعرّف كنسبة العد على زمن العد، وتُعطى بالعلاقة التالية:

$$R_{(K-40)} = \frac{N - N_b}{3600} = \frac{22268 - 675}{3600} = 6 s^{-1}$$

حيث: $N = 22268$ و $N_b = 675$ ، وزمن العد يساوي 3600 ثانية (استعن بالجدول رقم 2). مما سبق

نستطيع أن نكتب:

$$k_{(K-40)} = \frac{16,7kBq}{6\text{ s}^{-1}} = 2783\text{ Bq.s}$$

ثانياً - تعيين عامل المعايرة للسيزيوم Cs-137؟

نستخدم المنبع المشع ^{137}Cs الذي هو عبارة عن عبوة (عبوة أو وعاء مارينيلي) من السيزيوم - 137 وزنها كيلو غرام (1000 غرام)، انظر الفقرة 3.

لتحديد النشاط الإشعاعي $A(t)$ في الزمن الذي تجري فيه القياس يجب معرفة النشاط الإشعاعي للعينة المدروسة في أثناء لحظة تحضيرها، أي أننا نعتبر هذا التاريخ هو لحظة الصفر ($t = 0$)، أي أنه يجب معرفة مقدار النشاط الإشعاعي في هذه اللحظة، أي $A(t = 0)$. بعبارة أخرى فإن المقدار $A(t = 0)$ هو عبارة عن مقدار مُعطى. إذا كان $A(t = 0) = 4,87kBq$ ، ونصف عمر السيزيوم Cs-137 يساوي إلى $T_{1/2} = 30,17\text{years}$ ، وكان عمر العينة يساوي 1825 يوماً أو 5 سنة (من 2007/12/17 ولغاية 2012/12/17)، أي أن $t = 5\text{years}$ ، فإن النشاط الإشعاعي للعينة في اللحظة t تساوي إلى:

$$A(t) = A(t = 0) \cdot e^{-\ln 2 \cdot \frac{t}{T_{1/2}}} = 4,87 \cdot e^{-0,963 \cdot \frac{5}{30,17}} = 4,34kBq$$

وُحدد عامل المعايرة للسيزيوم Cs-137 بالطريقة نفسها التي استخدمناها من أجل البوتاسيوم K-40:

$$k_{(Cs-137)} = \frac{A(t)}{R}$$

حيث $A(t)$ النشاط الإشعاعي المحسوب سابقاً، و R معدل العد للـ Cs-137 في الخط الطيفي المرافق للامتصاص الكلي (الشكل رقم 4)، ولكن بعد طرح الخلفية (N_b (التشويش))، فإن R تُعرف كنسبة العد على زمن العد، وتُعطى بالعلاقة التالية:

$$R_{(Cs-137)} = \frac{N - N_b}{3600} = \frac{122896 - 1782}{3600} = 33,64\text{ s}^{-1}$$

حيث: $N = 122896$ و $N_b = 1782$ ، وزمن العد يساوي 3600 ثانية (استعن بالجدول رقم 2). مما سبق نستطيع أن نكتب:

$$k_{(Cs-137)} = \frac{4,34kBq}{33,64\text{ s}^{-1}} = 129\text{ Bq.s}$$

ثالثاً - تحليل عينات الحليب وحساب النشاط الإشعاعي لهذه العينات الناتج عن السيزيوم - 137 والپوتاسيوم - 40:

تمت مقارنة الخطوط الطيفية للعينات المدروسة بالخطوط الطيفية لكل من المنابع المستخدمة للمعايرة: منبع السيزيوم - 137 ومنبع البوتاسيوم - 40، وأيضاً بالخط الطيفي للتشويش الخلفي (الخلفية الإشعاعية). النتائج التي تم الحصول عليها وضعت في الجدول رقم (2).

• حساب النشاط الإشعاعي لعينة ما ناتج عن الـ Cs-137 (خط الطيف الطاقى $E_\gamma = 662\text{keV}$):

نحسب أولاً معدل العد، أي R التي تُعطى بالعلاقة التالية:

$$R_{(Cs-137)} = \frac{N - N_b}{t}$$

مثلاً من أجل عينة الحليب رقم (1) يكون لدينا: $N = 1350$ ، $N_b = 1782$ و $t = 3600$ s (انظر الجدول رقم 2)، ومنه فإن R تأخذ قيمة سالبة:

$$R_{(Cs-137)} = \frac{1350 - 1782}{t} < 0$$

وهذا يعني أن النشاط الإشعاعي الناتج عن نظير السيزيوم في هذه العينة معدوم، أي أن العينة لا تحتوي على نظير السيزيوم - 137 المشع. بالمقابل، إذا كانت قيمة R موجبة، فنقول أن هناك قيمة للنشاط الإشعاعي، أي أن العينة المدروسة تحتوي على نظير السيزيوم - 137 المشع. فيكون النشاط الإشعاعي للعينة الناتج عن احتوائها الـ $Cs-137$ مساوياً:

$$A_{(Cs-137)} = R_{(Cs-137)} \times k_{(Cs-137)} \text{ (Bq)}$$

• حساب النشاط الإشعاعي لعينة ما ناتج عن الـ $K-40$ (خط الطيف الطافي $E_\gamma = 1461 \text{ keV}$):
نحسب أولاً معدل العد، أي R التي تُعطى بالعلاقة التالية:

$$R_{(K-40)} = \frac{N - N_b}{t}$$

مثلاً من أجل عينة الحليب رقم (1) يكون لدينا: $N = 763$ ، $N_b = 675$ و $t = 3600$ s (انظر الجدول رقم 2)، ومنه فإن R تأخذ قيمة سالبة:

$$R_{(K-40)} = \frac{763 - 675}{3600} = 0.024444 \text{ s}^{-1}$$

وهذا يعني أن النشاط الإشعاعي الناتج عن نظير البوتاسيوم في هذه العينة غير معدوم، أي أن العينة تحتوي على نظير البوتاسيوم-40 المشع. فيكون النشاط الإشعاعي للعينة الناتج عن احتوائها الـ $K-40$ مساوياً:

$$A_{(K-40)} = R_{(K-40)} \times k_{(K-40)} \text{ (Bq)} = 0,024444 \times 2783 = 68,03 \text{ Bq}$$

بالاستعانة بالجدول رقم (2)، وإجراء الحسابات لجميع عينات الحليب المدروسة (كما تم سابقاً) نجد أن جميع العينات خالية من السيزيوم - 137، ولكن تحتوي على البوتاسيوم - 40، انظر الجدول رقم (3).

• مقارنة نتائجنا بالنتائج العالمية:

يوضح الجدول رقم (3) قيم النشاط الإشعاعي الناتج عن نظيري السيزيوم-137 والبوتاسيوم-40 التي تم الحصول عليها في هذا العمل.

جدول (3): قيم النشاط الإشعاعي A مقدراً بالـ Bq في اللتر /الناتج عن نظيري السيزيوم-137 والبوتاسيوم-40 التي حصلنا.

النشاط الإشعاعي مقدراً بالـ (Bq/l)		العينة	
K-40	Cs-137		
68 ± 8	0	منطقة صلفنة	1
63 ± 3	0	منطقة القرداحة	2
54 ± 6	0	منطقة الحفة	3
73 ± 13	0	منطقة المزيرعة	4

58 ± 2	0	منطقة بيت ياشوط	5
49 ± 11	0	منطقة كسب	6
62 ± 2	0	منطقة البسيط	7
45 ± 15	0	منطقة جبلة	8
81 ± 21	0	منطقة الجوزية	9
50 ± 10	0	منطقة فديو	10
60 ± 9	0	القيمة الوسطى	

تم حساب الخطأ المُرتكب في تحديد النشاط الإشعاعي عن طريق حساب القيمة الوسطى لهذا النشاط لـ (10) عينات الحليب المدروسة:

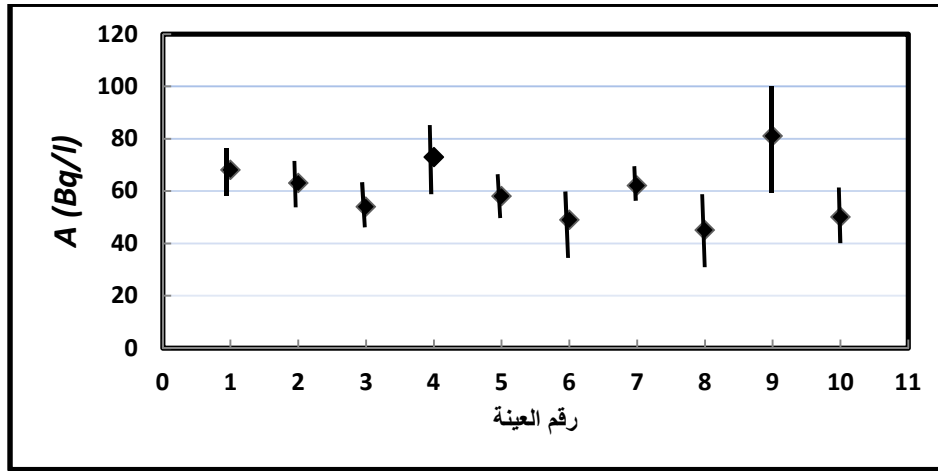
$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^{10} A_i}{10} = 60 \left(\frac{\text{Bq}}{\text{l}} \right)$$

$$\Delta A_i = A_i - \bar{A} \Rightarrow \overline{\Delta A} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta A_i}{10} = 9 \left(\frac{\text{Bq}}{\text{l}} \right)$$

ومن ثَمَّ تَمَّ وضع القيمة الوسطى على الشكل التالي:

$$A = \bar{A} \pm \overline{\Delta A} = (60 \pm 9) \left(\frac{\text{Bq}}{\text{l}} \right)$$

ويوضِّح الشكل (9) تغير النشاط الإشعاعي A (Bq/l) لـ (10) عينات الحليب المدروسة.



الشكل (9): يمثل تغير النشاط الإشعاعي الناتج عن البوتاسيوم-40 بالليتر (Bq/l) بتابعية رقم العينة.

يوضح الجدول رقم (4) مقارنة نتائجنا ببعض النتائج المتوفرة في المراجع العالمية.

جدول (4): مقارنة قيم النشاط الإشعاعي للحليب مقدراً بالـ Bq في اللتر l الناتج عن نظيري السيزيوم-137 والبوتاسيوم-40 التي حصلنا عليها مع بعض النتائج المتوفرة في المراجع العالمية.

النشاط الإشعاعي مقدراً بالـ (Bq/l)			
K-40	Cs-137		
محافظة اللاذقية (سوريا)	(60 ± 9)	0	العمل الحالي
(في بلجيكا)	(42-57)	تقريباً معدوم	المرجع [6]، الصفحة 62
(في سويسرا)	-	10 قيمة مسموح بها	المرجع [6]، الصفحة 72 المرجع [7]، الصفحة 259 المرجع [8]، الصفحة 817
(في النرويج)	-	(2-16)	المرجع [6]، الصفحة 83
(في بلجيكا)	-	تقريباً معدوم	المرجع [9]، الصفحة 10
(في أوكرانيا وبيلاروسا) هذا بسبب حادثة تشيرنوبيل	-	100 (قيمة عظمى)	المرجع [10]، الصفحة 32-34
(في الولايات المتحدة)	-	1,85 (قيمة وسطى)	المرجع [11]، الصفحة 84
-	(50-80)	-	المرجع [1] الصفحة 20 والمرجع [12]
-	(57±10)	-	المرجع [13]، [14]
-	-	(1,2 ± 1,2) (2,2 ± 3,2) (3,7 ± 2,9)	المرجع [13]، [14]، [15]

إن النتائج التي تم الحصول عليها في هذا العمل تتوافق مع كل من المراجع [6]، [7]، [8]، [9]، [10]، [11]، [12] إذ إنها تشير إلى أن النشاط الإشعاعي الناتج عن السيزيوم - 137 ضعيف أو تقريباً معدوم، في حين تُعطي المراجع قيمياً تقع ضمن المجال المسموح به، وتتراوح بين (Bq/l) (42 - 57) [6]، (Bq/l) (45 - 81) [1]، [12] للنشاط الإشعاعي الناتج عن البوتاسيوم - 40. المرجعان [13] و [14] يُعطيان القيمة (Bq/l) (57 ± 10) وهي قريبة جداً بالمقارنة مع ما حصلنا عليه.

الاستنتاجات والتوصيات:

استناداً إلى هذا العمل التجريبي استطعنا أن نقيس النشاط الإشعاعي، في عينات من مصادر مختلفة للحليب في محافظة اللاذقية، الناتج عن كل من نظير السيزيوم-137 ونظير البوتاسيوم-40. لاحظنا أن جميع العينات التي تمت دراستها كانت خالية من النشاط الإشعاعي الناتج عن نظير السيزيوم - 137، في حين جميع العينات تشير إلى أن هناك نشاطاً إشعاعياً ناتجاً عن نظير البوتاسيوم - 40، يتراوح بين (Bq/l) (45 - 81) ، وقيمة وسطى (Bq/l) (60 ± 9) .l)

قارنا النتائج التي حصلنا عليها مع نتائج متوفرة في المراجع العالمية، فلاحظنا أن هناك تطابقاً جيداً آخذين بالحسبان الأخطاء المرتكبة في القياسات. حيث إن المراجع المذكورة أعلاه لم تُعط الأخطاء المرتكبة في القياسات. إن الجدول (4) يُبين أن المراجع أعطت أخطاء مرتكبة.

يعدُّ هذا العمل أساسياً في معرفة مقدار النشاط الإشعاعي الموجود في عينات من الحليب في محافظة اللاذقية (على مختلف مصادرها) والناتج عن نظير السيزيوم-137 ونظير البوتاسيوم-40.

حيث يمكن التوصية بالاستعانة بهذه القيم لأخذ فكرة مبدئية عن النشاط الإشعاعي الموجود في الحليب المُنتج في محافظة اللاذقية، إضافة إلى ذلك نوصي بإقامة مركز دائم للقياس المستمر للنشاط الإشعاعي في جامعة تشرين، وهذا بدوره يسمح لنا التعرف على مدى تغير أو عدم النشاط الإشعاعي، وفي حال ارتفاع هذا النشاط الإشعاعي يدعونا إلى البحث عن أسباب هذا الارتفاع ومن ثم معالجته.

المراجع:

- [1] Collette Chassard-Bouchaud, *Environnement et radioactivité, Que sais-je ?* Presses universitaires de France, 1993, See chapter IX, 93-105.
- [2] International Nuclear Event Scale (INES), Rating on the Events in Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station, Nuclear and Industrial Safety Agency, 12 April 2011.
- [3] Report of the Expert Consultation on Recommended Limits for Radionuclide Contamination of Food, Rome, 1-5 December 1986. ESN/MISC/87/1, Rome, FAO
- [4] Atomic and Nuclear Physics, Nuclear Physics γ spectroscopy, *Identifying and determining the Activity of Radioactive Samples*, See Experiment P.6.5.5.4. Printed in the Federal Republic of Germany by Leybold Didactic GmbH, 2007.
- [5] J. Jabbour, H. Jbeli and J. Mulhem, *Study of Experimental Characteristics of a NaI(Tl) Detector For Investigation in Radioactivity Measurements Of a Weakly radioactive samples*. Accepted for publication in Tishreen University Journal, 2011.
- [6] C. Bataille, P. Crouaïl, *centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire (CENP)*, rapport n°298, juillet 2006, 62, 72, 83.
- [7] S. Prêtre et W. Zeller, *Nouvelle législation sur la radioprotection en suisse*, Radioprotection, 30 (2), 1995, 295-299.
- [8] Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels du 9 octobre 1992, 817.
- [9] Agence Fédéral de Contrôle Nucléaire (AFCN), *La surveillance radiologique de la Belgique*, 2004, 2-12.
- [10] Un rapport de foodwatch, basé sur une expertise de Thomas Dersee et Sebastian Pflugbeil (Société allemande de radioprotection), En collaboration avec la section allemande de l'Association internationale des médecins pour la prévention de la guerre nucléaire (IPPNW), Berlin, septembre 2011, 32-34.
- [11] Considérations générales liées à la contamination par des radioéléments des animaux et des produits animaux destinés à l'alimentation humaine : propositions pour une méthode simple de détection de l'irradiation et de l'évolution de la dose intégrée (cas des produits de fission), Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 1988, 7 (1), 81-89.
- [12] J. Pradel, N. Dello, DE. Beutier, *La radioactivité naturelle : une source de repères* (Groupe de Recherche en Radiotoxicologie , bulletin n° 7, octobre 2002) ;
- [13] G. Campos Venuti, F. Felici, A. Grinsanti, G. Grisanti and S. Risica, *Radioactivity in Human Milk*, Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanita, Rome, Italy. Ann. Ist. Super. Sanita, Vol. 26, N. 2 (1990), 111-118.
- [14] G. Campos Venuti, F. Felici, A. Grisanti, G. Grisanti, S. Risica, S. & S. Simula, S. 1988, *Effective Dose Equivalent to Breast Fed Infants Due to Artificial and Natural Radioactivity*. In: 7 International Congress of the International Radiation Protection Association. 10-17 April 1988. Sydney, Australia. Vol. 2, 1075-1078.
- [15] R. Lindemann & G. C. Christensen, 1987. *Radioactivity in Breast Milk after the Chernobyl Accident*. Acta Paediatr. Scand. 76: 981-982.