



SY0200997

**SYRIAN ARAB REPUBLIC
ATOMIC ENERGY COMMISSION (AECS)
DAMASCUS, P.O.BOX 6091**



**REPORT ON LABORATORY RECONNAISSANCE EXPERIMENT
DEPARTMENT OF RADIATION TECHNOLOGY**

**EFFECT OF GAMMA IRRADIATION AND MOISTURE ON
MICROBIOLOGICAL LOAD OF SEWAGE SLUDGE**

DR. M. AL- BACHIR

MR. M. A. AL- ADAWI

MR. M. SHAMMA

AECS - R IRRE 109

JULY 2002

. . 33 / 38

Effect of gamma irradiation and moisture on microbial load of sewage sludge

M. Al-Bachir; M. A. Al- Adawi; M. AL- Shamma .

Radiation technology Dept.

Syrian Atomic Energy Commission,

P.O.Box 6091, Damascus, Syria

Abstract

Concentrated municipal sewage sludge, stored for 2, 4, and 6 months, with moisture content of 2, 20, 40, 60, and 80% were exposed to doses of 0, 1, 2, 3, 4, and 5 kGy in a ^{60}Co package irradiator. Immediately after irradiation, total microbial count, bacterial pathogens in sewage sludge was determined. Techno-economic feasibility of irradiated sewage sludge according to the moisture content in sewage sludge and the needed irradiation dose to eliminate pathogens was evaluated. The results indicated that, all tested sewage sludge samples, bacterial pathogens including *Enterobacter sp.*, *Klebsiella sp.*, *Salmonella sp.*, and *E. coli*. were

detected. Used doses of gamma irradiation reduced the counts of microorganisms. D_{10} of total count decreased with increasing the moisture level of sewage sludge. The lowest lethal dose for bacterial pathogens including *Enterobacter sp.*, *Klebsiella sp.*, *Salmonella*, and *E. coli*. is over 5 kGy and 1 kGy in airdried and watered sludge with more than 40% sewage sludge respectively, for samples taken at 2, 4 and 6 months of storage .

Key words: Pathogens, decontamination, sewage sludge, irradiation, moisture.



SY0200997



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

دمشق - ص.ب. ٦٠٩١

تقرير عن تجربة استطلاعية مخبرية
قسم تكنولوجيا الإشعاع

تأثير أشعة غاما والرطوبة على الحمولة الميكروبية للحمأة

الدكتور محفوظ البشير
السيد محمد عمار العدوي
السيد معتصم شما

تموز ٢٠٠٢

هـ ط ذ س - ش / ت ت | ١٠٩

الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية
قسم تكنولوجيا الإشعاع

تأثير أشعة غاما والرطوبة على الحمولة الميكروبية للحمأة

الدكتور محفوظ البشير
السيد محمد عمار العنوي
السيد معتصم شما

تموز ٢٠٠٢

هـ ط ذ س - ش / ت | ١٠٩

حقوق النشر:

يسمح بالنسخ والنقل عن هذه المادة العلمية للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية مسبقة من إدارة الهيئة.

المساعدون في تنفيذ العمل

عضو هيئة فنية	الآنسة أمل حمودة
عضو هيئة مخبرية	السيد حميد البارودي
عضو هيئة مخبرية	الآنسة هاني يعقوب

المساهمة التي قاموا بها

تجهيز مواد البحث
إجراء الاختبارات والتحليل المخبرية
المساعدة في تحليل النتائج وطباعة التقرير

جدول المحتويات

- 1..... ملخص
- 2.....1- مقدمة
- 3.....2- المواد وطرائق العمل
- 3.....1-2- تجهيز الحمأة والمعاملات المستخدمة
- 4.....2-2- الاختبارات الميكروبيولوجية
- 5.....2-3- تحليل النتائج إحصائياً
- 6.....3- النتائج والمناقشة
- 6.....1-3- تأثير الأشعة على الحمولة الميكروبية للحمأة
- 9.....2-3- تأثير محتوى الحمأة من الرطوبة على الجدوى الاقتصادية للتشيع
- 10.....4- الاستنتاجات
- 11.....5- المراجع

تأثير أشعة غاما والرطوبة على الحمولة الميكروبية للحمأة

محفوظ البشير، محمد عمار العدوي، معتصم شما

هيئة الطاقة الذرية- قسم تكنولوجيا الإشعاع- ص. ب 6091

ملخص

تعتبر الحمأة منتجاً ثانوياً لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي يمكن إعادة استخدامها بشكل آمن كسماد عضوي في الزراعة بعد تخليصها من الكائنات المرضية، ويهدف اختبار تأثير أشعة غاما ونسبة الرطوبة على الكائنات الحية الدقيقة الممكن توажدها في الحمأة، فقد تم الحصول على حمأة جافة هوائياً من محطة معالجة مياه ومخلفات الصرف الصحي في عذرا، وتعديل نسبة رطوبتها مخبرياً للحصول على عينات رطوبتها 2 و 20 و 40 و 60 و 80%، وتعرضها بعد الترطيب إلى جرعات 0 و 1 و 2 و 3 و 4 و 5 كيلو غري من أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع كوبالت 60، وقدرت في الحمأة بعد التشعيع مباشرة كل من الحمولة الميكروبية الكلية، والجرعة اللازمة لخفض الحمولة الميكروبية الكلية دورة لوغاريتمية واحدة، وعدد ميكروبات coliform، وتم اختبار وجود ميكروبات *Salmonella sp.* و *Escherichia coli* و *Enterobacter sp.* و *Klebsiella sp.*، وبينت نتائج هذه الاختبارات احتواء الحمأة الجافة هوائياً، موضوع التجربة، على عدد من بكتريا coliform أعلى قليلاً من الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً، وعلى بعض الأنواع المرضية من الميكروبات، *Salmonella sp.* و *Escherichia coli* و *Enterobacter sp.* و *klebsiella sp.*، وتطلب تخليص الحمأة الجافة من هذه الأنواع جرعة إشعاعية مرتفعة (5 كيلو غري)، في حين تطلب تخليص الحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% إلى جرعة إشعاعية منخفضة (1 كيلو غري). وبينت نتائج هذه التجارب انخفاض كلفة تشعيع الطن الواحد من الحمأة الجافة عند معالجتها بالأشعة بعد رفع رطوبتها إلى مستوى من 40 إلى 60%.

الكلمات المفتاح: حمأة، أشعة غاما، رطوبة نسبية، حمولة ميكروبية.

1- مقدمة

تعتبر الحمأة منتجاً ثانوياً لعملية معالجة مياه الصرف الصحي، وتقدر الكمية الجافة المنتجة منها بحوالي 55 إلى 70 غرام من كل شخص (Flinders, 1991). تحتوي الحمأة على العديد من المركبات التي تجعل منها سماداً عضوياً محسناً لخواص التربة ومفيداً للمحاصيل التي تزرع بها، بما تحتويه من عناصر ضرورية لنمو النبات، كالأزوت والفوسفور والبوتاس والزنك والحديد والنحاس والمنغنيز، (Hangyl, 1992)، وتحتوي الحمأة على بعض الكائنات المرضية، حسب طبيعة ومصدر مياه الصرف الصحي، ويستدعي ذلك معالجتها وتخفيض محتواها من هذه الملوثات بحيث لا تزيد نسبتها عن الحدود المسموح بها محلياً ودولياً، وبما يحقق الاستخدام الآمن لها، وضمان الحفاظ على البيئة والصحة العامة.

تستخدم عدة طرق لمعالجة الحمأة بهدف ضمان استخدامها الآمن، كإزالة الماء Dewatering والتجفيف الحراري Heat drying والهضم الهوائي Aerobic digestion والهضم اللاهوائي Anaerobic digestion وإضافة الكلس Lime stabilization والتركيز Thickening والمزج (Sydney Water Board, 1993) Mixing ويمكن تجاوز الأضرار والأخطار الصحية التي يسببها استخدام الحمأة في الزراعة بمعالجتها بالأشعة المؤينة، وذلك قبل استخدامها كأسمدة، حيث تتوفر معطيات تقنية كافية في الوقت الحالي لمعالجة الحمأة بأشعة غاما والحزم الإلكترونية، مع توفر التشريعات التي تسمح باستخدامها تجارياً (Lessel, 1990; Bradon et al., 1977, 1978; Etzel et al., 1969; Kristoff et al., 1979) وبينت نتائج دراسات الجدوى الاقتصادية، أن استخدام الأشعة هو أكثر ربحاً من استخدام طرق التطهير التقليدية، خاصة عند استخدام محطات تشعيع عالية الإنتاجية (Cleland et al., 1984; Hashimoto et al., 1988; Swinwood and Kotler, 1994) وتقدر كلفة تشعيع الطن الواحد من الحمأة السائلة بجرعة إشعاعية قدرها 4 كيلو غري ب 0.8 دولار أمريكي عند معالجتها بمسرّع إلكتروني طاقته 100

كيلوواط (Trump *et al.*, 1979)، وتستخدم حالياً تقانة استخدام الأشعة لتطهير رواسب الصرف الصحي، وعلى نطاق تجاري، في كل من النمسا وكندا وألمانيا والهند واليابان والنرويج وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة الأمريكية (Swinwood *et al.*, 1994) تهدف تجارب هذه الدراسة إلى اختبار تأثير أشعة غاما على الحمولة الميكروبية للحمأة مع اختبار تأثير تغير نسبة رطوبة الحمأة على فاعلية الأشعة في القضاء على الميكروبات الممرضة.

2- المواد وطرائق العمل

2-1- تجهيز الحمأة والمعاملات المستخدمة

تم الحصول على عينات الحمأة المهضومة والمجففة هوائياً (نسبة الرطوبة 2%)، من محطة معالجة مياه ومخلفات الصرف الصحي في عذرا (جنوب شرق دمشق)، واختير للتجربة عينات مركبة مضي على تخزينها 2 و 4 و 6 اشهر، حيث تكونت كل عينة من 15 عينة صغيرة جمعت من كتل التخزين، وخلطت لتحقيق التجانس، طحنت عينات كل فترة تخزينية على حدة، وعبئت كل 10 غرامات في كيس من البولي اثيلين، واعتبر كل كيس بمثابة مكرر. قسمت أكياس كل فترة زمنية إلى خمس مجموعات، احتوت كل مجموعة على ثلاث مكررات. زادت الرطوبة لعينات الحمأة بإضافة ماء الصنبور المفلتر للحصول على عينات رطوبتها 2 و 20 و 40 و 60 و 80% للمجموعات الخمس على التوالي. عرضت عينات كل مجموعة للجرع 0 و 1 و 2 و 3 و 4 و 5 كيلو غري من أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع كوبالت 60 بمعدل جرعة قدره 3166 غري/ ساعة، وتم تقدير الجرعة الإشعاعية الممتصة في الحمأة باستخدام كلورو بترين الكحولي (Cserep *et al.*, 1971)

2-2- الاختبارات الميكروبيولوجية

تم تقدير الحمولة الميكروبية الكلية في الحمأة بوزن 10 غ من الحمأة وإضافتها إلى 90 مل من المحلول الملحي المعقم و المعد للتمديد (0.85 % NaCl)، ورج المزيج لمدة 15 دقيقة بمعدل (150 دورة/د) لتأمين التجانس المطلوب في المعلق، ثم أخذ 1 مل من المزيج المتجانس وأضيف إلى 9 مل من المحلول الملحي الذي سبق تحضيره ووضع في أنابيب اختبار، أعيد التمديد إلى ست مراحل متتالية، وفقاً لما ورد في الطرق المعيارية المعتمدة (AOAC، 1986). بعد ذلك جرى تحضير البيئة المناسبة من الآغار المستخدم لتنمية الميكروبات الهوائية (Plate Count Agar)، وصبها في أطباق بتري معقمة بعد أن تم تلقيح الأطباق بـ 1 مل من التمديدات التي سبق تجهيزها. حضنت الأطباق بعد تصلب البيئة فيها عند درجة حرارة قدرها 37م°، وجرى عدّ المستعمرات النامية على هذه الأطباق بعد مضي 24 ساعة من الحضن، واعتمدت الأطباق التي احتوت على عدد من المستعمرات تراوح بين 20 و200 مستعمرة (Cell forming Unit CFU).

تم إجراء اختبار التعداد الأكثر احتمالاً (MPN) Most Probable Number لمتعضيات coliform المخمرة للاكتوز بوزن 10 غرام من الحمأة ووضعها في 90 مل من المحلول الفيزيولوجي (NaCl 85%) وذلك حسب ما ورد في الطريقة القياسية (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) (APHA, 1975) للكشف عن الجراثيم المرضية باستخدام بعض الأوساط النوعية (الخاصة) التي تنمو عليها هذه الأنواع، حيث تم التعرف على هذه الأنواع من خلال المواصفات الشكلية واللونية للمستعمرات النامية على هذه الأوساط، حيث استخدمت بيئة Endo Agar Base (Oxoid, CM479) لتنمية متعضيات coliform المخمر للاكتوز وبيئة HI-S.S. Agar (MEDIA, M108) لتنمية ميكروبات Salmonella sp. و Shigella sp. غير المخمرة للاكتوز.

وأجريت الاختبارات اللونية (صبغة غرام) و بعض الاختبارات البيوكيميائية الأولية (اختبار الأوكسيداز و اختبار الإندول)، من أجل التحقق من وجود هذه الأنواع بتطبيق تقانة BBL Crystal و باستخدام الطقم Enteric/ Nonfermenter ID Kit من إنتاج شركة Beckton Dickson الخاص بالكشف عن الميكروبات التابعة لفصيلة *Enterobacteriaceae* والتي ينتمي إليها معظم الميكروبات الممرضة.

2-3- تحليل النتائج إحصائياً

اعتمد في التجربة تصميم بسيط، تضمن ثلاث أزمنة تخزين و خمس مستويات من الرطوبة و خمسة جرع إشعاعية، و ثلاث مكررات، و استخدم في تحليل نتائج العد الميكروبي إحصائياً (تحليل التباين) باستخدام برنامج (Super ANOVA) الذي يعمل على نظام حاسب ماكتوش حيث تم مقارنة متوسطات المعاملات باعتماد LSD بمحدود ثقة قدرها 95%.

و تم تقدير الجرعة الإشعاعية اللازمة لخفض الحمولة الميكروبية دورة لوغاريتمية واحدة D_{10} باستخدام برنامج (Cricket graph) الذي يعمل على حاسب الماكتوش.

$$w = \frac{1}{3600} \frac{x D}{F}$$

ولتقدير الطاقة الإنتاجية لوحدة تشعيع افتراضية فقد اعتمدت المعادلة التالية:

حيث:

W: طاقة الوحدة مقدره بالكيلوواط

X: إنتاجية الوحدة مقدره بالكيلو غرام في الساعة

D: الجرعة الإشعاعية المستخدمة مقدره بالكيلو غري

F: معدل الاستفادة من المنبع، و يتراوح عادة بين 0.2 و 0.5

حيث افترض في حساب الإنتاجية أن شدة المنبع 15 كيلواط (1000 كيلوكوري من الكوبالت 60)، ومعدل الاستفادة من المنبع 0.35، والجرعة الإشعاعية المستخدمة هي الجرعة اللازمة لتخليص الحمأة من الميكروبات الممرضة. (Brynjolfsson, 1986)

3- النتائج والمناقشة

3-1- تأثير الأشعة على الحمولة الميكروبية للحمأة

بينت نتائج هذه التجارب أن الحمولة الميكروبية الكلية للحمأة الجافة كانت محدود 6.5×10^6 ميكروب /غ في مراحل التخزين المختلفة، وأظهر اختبار الـ MPN أن الحمأة المستخدمة والمخزنة لمدة 2 و 4 و 6 اشهر وستة اشهر قد احتوت على 7.6×10^3 و 17×10^3 و 9.6×10^3 ميكروب كوليفورم/غرام على التوالي، وأظهرت اختبارات الزرع على بيئات متخصصة احتواء الحمأة على الأنواع الممرضة التالية: *Enterobacter sp.*; *Klebsiella sp.*; *Salmonella sp.*; *Pseudomonas*, *Escherichia coli*.

تبين النتائج المدونة في الجدول (1) أن لجميع الجرع الإشعاعية المستخدمة تأثيراً معنوياً في خفض الحمولة الميكروبية الكلية عند الحمأة، ويتناسب هذا الخفض طرداً مع زيادة الجرعة الإشعاعية المستخدمة ومع ارتفاع محتوى الحمأة من الرطوبة، وتبين النتائج المدونة في الجدول (1) اختلاف قيمة الجرعة الإشعاعية اللازمة لخفض الحمولة الميكروبية الكلية دورة لوغاريتمية واحدة D_{10} باختلاف محتوى الحمأة من الرطوبة، حيث ارتفعت قيمة D_{10} عند عينات الحمأة الجافة، وانخفضت عند عينات الحمأة الرطبة، وتناسب هذا الانخفاض طرداً مع زيادة محتوى عينات الحمأة من الرطوبة، وتتفق نتائج هذه التجارب من تأثير لأشعة غاما على الحمولة الميكروبية للحمأة وتأثير ارتفاع نسبة الرطوبة في زيادة فاعلية الأشعة

وحاجة الحمأة الرطبة إلى جرعة منخفضة من الأشعة لتخليصها من حمولتها الميكروبية مع ما ذكر في المراجع العلمية، حيث أشار (Richard et al, 1981) إلى أن ارتفاع معدل القضاء على الحمولة الميكروبية في الحمأة، ولعدة مرات، مع ازدياد محتوى الحمأة من الرطوبة.

وكان نمو ميكروب *Enterobacter sp.* سلبياً فقط عند استخدام الجرعة المرتفعة (5 كيلو غري) في الحمأة الجافة هوائياً، وعند استخدام الجرعتين 4 و 5 كيلو غري في الحمأة التي تحتوي على رطوبة قدرها 20%، ولكافة الجرعات الإشعاعية المستخدمة، (1 و 2 و 3 و 4 و 5 كيلو غري) في الحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% (40 و 60 و 80%) (الجدول 2). وكان نمو ميكروب *Salmonella sp.* سلبياً فقط عند استخدام جرعة إشعاعية تزيد عن 3 كيلو غري (3 و 4 و 5 كيلو غري) في الحمأة التي تقل رطوبتها عن 20% (2 و 20%)، ولكافة الجرعات الإشعاعية المستخدمة (1 و 2 و 3 و 4 و 5 كيلو غري) في الحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% (40 و 60 و 80%) (الجدول 3).

وكانت الجرعة التي تزيد عن 2 كيلو غري كافية لإعاقة نمو *E.Coli* في الحمأة الجافة هوائياً، في حين كان لجميع الجرعات الإشعاعية المستخدمة (1 و 2 و 3 و 4 و 5 كيلو غري) تأثيراً إيجابياً في القضاء على بكتريا *E.Coli* في الحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% (40 و 60 و 80%) (الجدول 4).

وكان هناك حاجة لجرعة إشعاعية مرتفعة (5 كيلو غري) للقضاء على *Klebsiella sp.* في الحمأة الجافة شمسياً وانخفضت الجرعة الإشعاعية اللازمة لإعاقة نمو *Klebsiella sp.* مع ارتفاع محتوى الحمأة من الرطوبة حيث كانت الجرعة 1 كيلو غري كافية لإعاقة نمو *Klebsiella sp.* في عينات الحمأة التي تحتوي على رطوبة تزيد عن 60% (60 و 80%) (الجدول 5).

تنص المواصفة السورية والمواصفات العالمية على أن يكون محتوى الحمأة، المستعملة في الزراعة، من بكتريا coliform اقل من 1000 خلية، و 3 خلايا من بكتريا *Salmonella sp.* للغرام الواحد من

المادة الجافة، وبالتالي فان تعداد بكتريا coliform في الحمأة المستخدمة في الدراسة أعلى قليلاً من الحدود المسموح بها (Syrian Arab Organization for Standardization and Metrology, 1998)، وتحتاج إلى معاملات خاصة لخفض هذه الحمولة بهدف الاستخدام الآمن لها، وتشير الدراسات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية (Muse et al, 1991) أن إضافة الحمأة الجافة هوائياً وخلطها مع التربة، يؤدي إلى موت ما تبقى من كائنات ممرضة في الحمأة، وذلك بسبب تعرض هذه الكائنات، وهي في التربة لأشعة الشمس والتغيرات الكبيرة في درجة الحرارة إضافة إلى عوامل التربة المختلفة وبخاصة الرقم الهيدروجيني (pH)، كما يمكن لكائنات التربة، والدقيقة منها خاصة، أن تقضي على الكائنات الممرضة الموجودة في الحمأة.

لقد بينت نتائج هذه التجارب ضرورة استخدام جرعة إشعاعية مرتفعة (5 كيلو غري) لتخليص الحمأة الجافة هوائياً والتي تقل رطوبتها عن 20% من كامل الميكروبات الممرضة والموجودة بها. ويتفق ذلك مع ما ذكر في المراجع العلمية حيث يستخدم في اليابان تطبيقاً جرعة إشعاعية قدرها 5 كيلو غري لتخليص الحمأة الجافة (80% مادة جافة) من حمولتها الحيوية الممرضة قبل إعادة استخدامها كأسمدة في الزراعة (Takehisa et al., 1980)، وتحتاج الحمأة الخام إلى جرعة إشعاعية تتراوح بين 5 و 10 كيلو غري لتخليصها من الميكروبات والطفيليات والفيروسات (Stettmund- von- Brodorotti et al 1980) ، ويين (Richard et al, 1981) ارتفاع مقاومة Salmonella sp. للأشعة إلى الضعف في الحمأة الجافة مقارنة مع ما هو عليه في الحمأة الرطبة.

لقد كان لزيادة الرطوبة في الحمأة تأثيراً واضحاً في خفض الجرعة الإشعاعية اللازمة لتخليصها من حمولتها الميكروبية الممرضة، حيث أشار (Melmed and Comninos., 1979) إلى أن جرعة إشعاعية قدرها 1 كيلو غري كافية للقضاء على 99% من طفيلي الإسكارس في الحمأة التي تحتوي على 80%

رطوبة، وباستخدام التسخين الحراري على درجتي 50 و 55 درجة مئوية فقد انخفضت الجرعة الإشعاعية الكافية للقضاء على هذا الطفيلي إلى 0.5 و 0.4 كيلو غري على التوالي.

تؤثر الأشعة المؤينة في الكائنات الحية بشكل عام، وفي الأحياء الدقيقة منها بشكل خاص، إما بشكل مباشر من خلال تأثير فوتونات هذه الأشعة على الأجزاء الأكثر حساسية للأشعة كالـ Deoxyribo Nucleic Acid (DNA) وعلى الأجزاء الأقل حساسية للأشعة كالبروتينات والدهون، أو بشكل غير مباشر من خلال تشكل المركبات الضارة بالخلنية والمتمثلة بالجدور الحرة (Yeager and O'Brien, 1983)، فقد أشار (Farkas et al 1981) إلى أن التأثير المباشر للأشعة على الكائنات الحية الدقيقة لا يتجاوز 10% ويصل التأثير غير المباشر إلى 90% وتزيد قيمة الجرعة الإشعاعية اللازمة لخفض العدد الكلي من ميكروب *Pseudomonas sp.* دورة لوغاريمية واحدة بحوالي 6.5 مرة في حال عدم وجود الماء، وذلك لمحدودية تشكل الجدور الحرة.

3-2- تأثير محتوى الحمأة من الرطوبة على الجدوى الاقتصادية للتشعيع

بافتراض أن الغرض من التشعيع هو تخليص الحمأة من الحمولة الميكروبية الممرضة، مثال ذلك *Salmonella sp.* و *E.Coli* و *Enterobacter sp.* و *klebsella sp.* فإن الحمأة الجافة هوائياً تحتاج إلى جرعة إشعاعية قدرها 5 كيلو غري، في حين يكفي للحصول على نفس النتيجة إلى جرعة إشعاعية قدرها 1 كيلو غري للحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% (40 و 60 و 80%)، وستكون الطاقة الإنتاجية لوحدة تشعيع شدة منبعها 15 كيلو واط (1000 كيلو كوري)، 3780 كيلو غرام حمأة جافة في الساعة عند استخدام حمأة جافة هوائياً، وستصل الإنتاجية إلى 7560 كيلو غرام حمأة جافة في الساعة عند استخدام حمأة رطوبتها 60% و إلى 11340 كيلو غرام حمأة جافة في الساعة عند

استخدام حمأة رطوبتها 40% (الجدول 6)، وبالتالي يمكن مضاعفة إنتاجية المحطة أكثر من مرتين (2.5 مرة) عند استخدام حمأة رطوبتها 50%، وذلك لحاجة مثل هذه الحمأة إلى جرعة إشعاعية منخفضة بهدف تخليصها من حمولتها الميكروبية الممرضة، وستنخفض كلفة تشييع الطن الواحد كنتيجة لزيادة إنتاجية المحطة. تقدر كمية الحمأة الجافة الناتجة عن محطة معالجة مياه ومخلفات الصرف الصحي لمدينة دمشق والموجودة في عذرا بحوالي 139 طن/ يوم أو 6 طن/ساعة حمأة برطوبة 20% وكثافة 0.5 غرام / سم³. (Lessel, 2000) وبالتالي فان وحدة المعالجة الإشعاعية المقترحة في هذه الدراسة كافية لمعالجة الحمأة الجافة الناتجة من مخلفات الصرف الصحي لمدينة دمشق.

4- الاستنتاجات

- احتوت الحمأة الجافة هوائياً والمستخدمه في هذه التجارب على عدد من Coliform أعلى قليلاً من الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً، وعلى بعض الأنواع الممرضة مثل E.coli، Salmonella sp.، Klebsiella sp.، Enterobacter sp. ويتطلب الاستخدام الآمن لها، معالجتها لتخليصها من هذه الأنواع الممرضة.

- تم تخليص الحمأة الجافة هوائياً من حمولتها الميكروبية الممرضة، باستخدام جرعة إشعاعية مرتفعة (5 كيلو غري)، في حين تطلب تخليص الحمأة التي تزيد رطوبتها عن 40% (40 و 60 و 80%) إلى جرعة إشعاعية منخفضة (1 كيلو غري).

- إن استخدام حمأة رطوبتها تتراوح بين 40 و 60% سيزيد من فاعلية الأشعة في القضاء على الميكروبات الممرضة، وسيضاعف إنتاجية وحدة التشييع، وبالتالي سيعمل على تخفيض كلفة تشييع الطن الواحد من الحمأة الجافة إلى النصف على الأقل.

References

- Association of Official Analytical Chemists, (AOAC) (1986). Official method of analysis (14th ed.), Washington, D. C.
- American Public Health Association, (APHA) (1975). Standard methods for the examination of water and wastewater, 14th ed. American Public Health Association, Inc., New York.
- Brandon, J. R., Burge, W.D., Enkiri, N.K., 1977. Inactivation by ionizing radiation of Salmonella sp. enteritidis serotype Montevideo grow in composed sewage sludge. Applied-and- Environmental- Microbiology-USA V.33 (4) pp. 1011-1012.
- Brandon, J. R., Neuhäuser, K. S., 1978. Moisture effects on inactivation and growth of bacteria and fungi in sludge. In proceedings of national conference on design of municipal sludge compost facilities, Chicago. Information Transfer, Inc., Rockville, Md. pp. 48-53
- Brynjolfsson, A., 1986. Costs of irradiating foods. Handbook for conducting Feasibility studies. Based on the Proceedings of the Workshop on Economic Feasibility of Food Irradiation Applications. Organized by the International Facility for Food Irradiation Technology (IFFIT). Wageningen. The Netherlands. pp. 37-69.
- Cleland, M.R., Fernald, R.A., Maloof, S. R., 1984. Electron beam process design for the treatment of waste and economic feasibility of the process. Radiat. Phys. Chem. 24. pp. 179-190.
- Cserep, G. Y., Fejes, P., Foldiak, G., Gyorgy, I., Horvath, Z.S., Jakab, A., Stenger, V., Wojnarovits, L., 1971. Chemical dosimetry course: a laboratory aid. Institute of Isotopes of Hungarian Academy Sciences. Budapest: 27-32

- Etzel, J.E., G.S., Born, J., Stein, T.J., Helbing, and G., Baney, 1969. Sewage sludge conditioning and disinfection by gamma irradiation. *Am. J. Public Health*, 59. pp. 2067-2076.
- Farkas, J., Jozsa, M., Kalman, B., Kiss, I., Stenger, V., Vas, K., Zachariev, G.Y., 1981. Sugartechnological elemiszeripari felhasnalasa. Orszagos Muszaki Konyvtar es Dokumentacios Kozpont. Budapest.
- Flinders, A., 1991. Sludge management: country NSW practices in proceedings of NSW/Tokyo Sister state Relationship, 5th Technical conference, October 1991, NSW Paper.
- Gary, Yeager, J., O'Brien, R.T., 1983. Irradiation as a means to minimize public health risks from sludge- borne pathogens. *Journal WPCF*, V.55, No.7, pp. 977- 983.
- Hangyel, L., 1992. A telepulesi szennyviziszap tragyahatasa, szerves es tapanyagforraskent valo hasznositasanak lehetosegei. Doktori ertekezes. Godolloi Agrartudomanyi Egyetem. pp. 1- 100
- Hashimoto, S., Nishimura, K., Machi, S., 1988. Economic feasibility of irradiation composting plant of sewage sludge, *Radiat. Phys. Chem.* 31. Pp. 109-114.
- Kristoff, L., M., D.T., Lordi, and C., Lue-Hing, 1979. The effects of gamma radiation on municipal wastewater and sludge. The Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago, III. Report No.79-10.
- Lessel, T., 1990. The sewage sludge irradiation plant in Gesellbullach, Joint Meeting of American Society of Civil Engineers, Task committee on radiation Energy Treatment of water, Wastewater and sludges IAEA coordination Research Group, Arlington (USA) 1-21.

- Lessel, T., 2000. Application of radiation technology in water treatment. Economic and technical feasibility of sludge irradiation. End- of- mission report. IAEA. RU- NUMBER 00577.
- Melmed, L.N., Comminos, D.K., 1979. Disinfection of sewage sludge with gamma radiation. Water-SA-south- Africa. (Oct 1979). V.5 (4) pp. 153-159.
- Muse, J.K., Mitchell, J. R., and Mullins, G. L., 1991. Environmental quality, agriculture and natural resource, auburn university, AL 36849 – 5647.
- Richard, L., Ward, J., Gary, Y., Carol, S., Ashley, 1981. Response of bacteria wastewater sludge to moisture loss by evaporation and moisture content on bacterial inactivation by ionizing radiation. Applied and Environmental Microbiology, pp. 1123-1127.
- Stettmund-Von- Brodorotti, H., Mahnel, H., 1980. Inactivation of viruses and bacteria in sewage sludge by gamma radiation Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol- Hyg. I. Abt: Orig.- Reihe-B. 1980. No.170, pp. 71-81.
- Swinwood, I.F, Waite, T. D., Kruger, P., Rao, S.M., 1994. Radiation technologies for waste treatment: A global perspective. IAEA. Bulletin V.36, No.1, pp. 11-15
- Sydney Water Board 1993. Strategic plan for wastewater and stormwater, Volume 5-A, Residuals Management Planning Baseline Information.
- Syrian Arab Organization for Standardization and Metrology, 1998. Municipal solid waste composting. S. N. S: 2014 – ICS 13. 030. 10.
- Takehisa, Masaaki, 1980. Possibility of radiation application to sludge treatment in Japan Proceedings-of- the- Japan-Conference-on- Radioisotopes. Japan. 1980. No.14, pp. 291-295.

- Trump, J.G., Wright, K.A., Sinskey, A.J., Shah, D.N., Fernald, R., 1979. Disinfection of municipal sludge and wastewater by energized electrons. Proceeding-of-the-Japan-Conference-on-Radioisotopes- Japan. 1980. No.14 pp. 183-290.
- Ward, R.L., Ashley, C. S., 1977. Inactivation of enteric viruses in wastewater and sludge through dewatering by evaporation. Appl. Environ. Microbiol, 34, pp. 564-570.
- Ward, R.L., J., Gary, Yeager, C. S., Ashley, 1981. Response of bacteria in wastewater sludge to moisture loss by evaporation and effect of moisture content on bacterial inactivation by ionizing radiation. Applied and Environmental Microbiology. pp.1123-1127.

الجدول 1 تأثير أشعة غاما والرطوبة ومدة التخزين على الحمولة الميكروبية الكلية لدى الحمامة

مدة التخزين / شهر نسبة الرطوبة الجرعة لإشعاعية	2				4				6				
	20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80	
	2	2x10 ⁶ _c	5x10 ⁶ _b	6x10 ⁶ _a	2x10 ⁶ _b	3x10 ⁶ _b	8x10 ⁶ _c	4x10 ⁶ _b	1x10 ⁶ _b	3x10 ⁶ _b	2x10 ⁶ _b	2x10 ⁶ _b	1x10 ⁶ _b
0Kgy	4x10 ⁶ _b	2x10 ⁶ _c	5x10 ⁶ _b	6x10 ⁶ _a	2x10 ⁶ _b	3x10 ⁶ _b	8x10 ⁶ _c	4x10 ⁶ _b	1x10 ⁶ _b	3x10 ⁶ _b	2x10 ⁶ _b	2x10 ⁶ _b	1x10 ⁶ _b
1Kgy	6x10 ⁵ _a	5x10 ⁴ _b	3x10 ⁵ _a	9x10 ⁴ _a	4x10 ³ _a	4x10 ⁵ _a	8x10 ⁵ _b	2x10 ⁵ _a	4x10 ⁵ _{ab}	3x10 ⁵ _{ab}	2x10 ⁵ _{ab}	1x10 ⁵ _a	7x10 ⁴ _{ab}
2Kgy	6x10 ⁴ _a	1x10 ⁴ _a	6x10 ⁴ _a	6x10 ⁴ _a	2x10 ³ _a	7x10 ⁴ _a	5.5x10 ⁴ _a	6x10 ⁴ _a	8x10 ³ _a	5x10 ³ _a	8x10 ⁴ _a	3x10 ⁴ _a	2x10 ⁴ _a
3Kgy	4x10 ⁴ _a	5x10 ³ _a	8x10 ³ _a	5x10 ³ _a	9x10 ² _a	7x10 ⁴ _a	1x10 ⁴ _a	9x10 ³ _a	3x10 ³ _a	2x10 ³ _a	8x10 ³ _a	4x10 ³ _a	7x10 ³ _a
4Kgy	9x10 ³ _a	1x10 ³ _a	2x10 ³ _a	2x10 ³ _a	7x10 ² _a	4x10 ⁴ _a	3x10 ³ _a	4x10 ³ _a	2x10 ³ _a	5x10 ² _a	3x10 ³ _a	3x10 ³ _a	2x10 ³ _a
5Kgy	2x10 ³ _a	9x10 ² _a	4x10 ² _a	4x10 ² _a	1x10 ² _a	1x10 ³ _a	5x10 ² _a	2x10 ² _a	2x10 ² _a	7x10 ¹ _a	2x10 ³ _a	5x10 ² _a	3x10 ² _a
D10 Kgy	1.546	1.251	1.157	1.103	1.017	1.622	1.126	1.185	1.327	1.327	1.049	1.086	1.082

* لا توجد فروق معنوية بين الأرقام التي تحمل حروفاً متماثلة ضمن العمود الواحد

الجدول:2- تأثير أشعة غاما و الرطوبة على Enterobacter sp.

مدة التخزين / شهر	2					4					6				
	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
2	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
3	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
4	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.
- : عدم وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.

الجدول: 3 - تأثير أشعة غاما و الرطوبة على Salmonella sp.

مدة التخزين / شهر	2					4					6				
	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
2	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.
- : عدم وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.

الجدول: 4- تأثير أشعة غاما و الرطوبة على E.coli

مدة التخزين / شهر	2					4					6				
	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.
- : عدم وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.

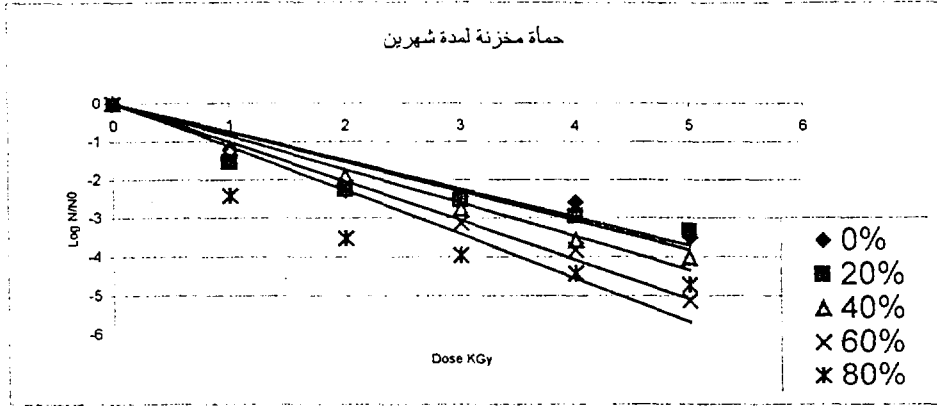
الجدول: 5- تأثير أشعة غاما و الرطوبة على Klebsiella sp.

مدة التخزين / شهر	2					4					6				
	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80	2	20	40	60	80
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
2	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
3	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
4	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

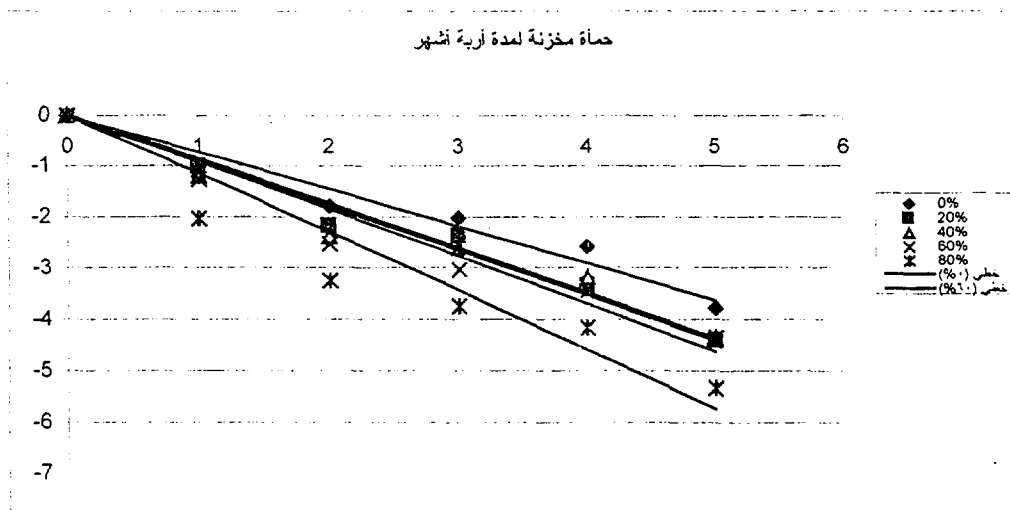
+ : وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.
- : عدم وجود الميكروب المتحرى عنه في العينة المختبرة.

الجدول:6- تأثير نسبة الرطوبة والجرعة الإشعاعية على الطاقة الإنتاجية لوحدة تشعيع شدة منبعها 1000 كيلو كوري (كغ حمأة جافة / ساعة).

نسبة الرطوبة % الجرعة كيلو غري	2	20	40	60	80
1	18.900	15.120	11.340	7.560	3.780
2	9.450	7.560	5.670	3.780	1.890
3	6.300	5.040	3.780	2.520	1.260
4	4.725	3.780	2.835	1.890	0.945
5	3.780	3.024	2.268	1.512	0.758



شكل-1- مخطط بياني يظهر تأثير أشعة غاما على الحمولة الميكروبية الكلية للحمأة المخزنة لمدة شهران عند نسب الرطوبة المدروسة.



شكل-2- مخطط بياني يظهر تأثير أشعة غاما على الحمولة الميكروبية الكلية للحمأة المخزنة أربعة أشهر عند نسب الرطوبة المدروسة.

شكل-3- مخطط بياني يظهر تأثير أشعة غاما على الحمولة الميكروبية الكلية للحمأة المخزنة لمدة ستة أشهر عند نسب الرطوبة المدروسة

