الهضم الهوائي للنفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل وتحويلها إلى دبال

سعاد عبد عباوي — أستاذ مساعد
نادية افرام يعقوب — مدرس مساعد
حامد ادريس حامد — مدرس مساعد
جامعة الموصل/ كلية الهندسة ـ قسم الهندسة المدنية

الملخص

تضمن البحث إجراء عملية هضم هوائي لنماذج من النفايات المنزلية الصلبة الممزوجة بشكل عشوائي لتمثل الحالة الاعتيادية، ونماذج مهيأة لتحتوي على نسبة كربون إلى النتروجين فيها (1-30) تمثل الحالة المثالية. وانتهت العملية إلى إعطاء ناتج جاف مثّل حوالي ثلث وزن النفايات المستخدمة في الهضم يطلق عليه الدبال (Compost). استغرقت عملية الهضم (23) يوماً في فصل الصيف و (27) يوماً في فصل الشتاء بالنسبة للحالة المثالية وكانت اقصر من الحالة الاعتيادية التي استغرقت (30) يوماً صيفاً و (33) يوماً شتاءاً. وقد تمت دراسة العوامل المؤثرة على عملية الهضم ومنها درجة الجو والمزيج ، تغاير الرقم الهيدروجيني (pH) ، نسبة تكوين الرطوبة وانخفاض حجم النفايات. فتبين أن لتغاير درجة حرارة الجو تأثير بسيط على عملية الهضم، وان محتوى الرطوبة ضمن المحتوى الأمثل لهذه العملية، وانخفض حجم النفايات في نهاية عملية الهضم في الحالة المثالية إلى 37% صيفاً و 40.5% شتاءاً بينما انخفض في الحالة الاعتيادية إلى 39% صيفاً و 41% شتاءا. ووجد ان الدبال الناتج في كلا الحالتين خالي من الأحياء الممرضة وغني بالمغذيات (N, P, K) التي كانت تراكيزها قريبة جداً من تراكيز الدبال التجاري واقتصادي. كما وجد ان تراكيز المعادن الثقيلة فيه كانت ضمن محددات الدبال القياسية .

Aerobic Composting of Municipal Solid waste in Mosul City

Soad A. Abawi — Assist. Professor
Nadia A. Yakoob — Assist. lecturer
Hamid A. Hamid — Assist.Lecturer
University of Mosul –College of Engineering-Civil Department

Abstract

An aerobic digestion for solid waste samples which had been mixed randomly to represent the normal (real) case, and for samples prepared to have Carbon to Nitrogen C:N equal (1-30) as an ideal case. The result of this process was a dry matter has 1:3 the original weight of the used solid waste in the digestion and this product was called compost. The duration of digestion for ideal case was (23) days in summer and (27) days in winter, while for normal case it was (30,33) in summer and winter respectively. In this research several factors effecting on the digestion such as (temperature of air and mix, pH variation ,water content and volume reducing of solid mixture were studied). we concluded that the effect of air temperature variation was mild on digestion, and the water content was in the ideal range of the process,. The solid waste volume decreased in the end of digestion process for ideal case to (37,40.5)%, while decreased to (39,41)% for real case in the summer and winter respectively. The produced compost in both case was shown free from pathogenic microorganism and rich in nutrients (N, P, K) and their concentrations approach to commercial compost as well as their economic value. It has been found that the heavy metals concentrations in the resultant compost were in the standard limits.

أستلم: 15 - 6 - 2010 قبل: 8 - 3 - 2011

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة

تشتمل النفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل بشكل رئيسي على مايطرح من فضلات صلبة من المنازل، المطاعم، المحال التجارية، المصانع والمزارع. وقد ادى تراكم هذه النفايات الى خلق مشكلة بيئية واضحة ظهرت جليا في شوارع وطرقات المدينة وادت الى تشويه صورتها الجميلة.

ومما يدعو للقلق هو عدم وجود طرائق وتقنات علاجية سليمة لحل هذه المشكلة في الوقت الحاضر على الرغم من توفرها في دول أخرى، لان تطبيقها في المدينة يحتاج الى امكانيات غير متوفرة تحت تاثير الظروف التي يمر بها البلد حالياً. حيث بقيت سبل التخلص من النفايات الصلبة البلدية تقتصر على الطرق البسيطة مثل الحرق المكشوف للنفايات في مناطق تجميعها، او رميها في مكبات غير مجهزة بوسائل لحماية البيئة المحيطة من انتشارها، وهذا ما يسئ إلى الفرد والبيئة معاً. وللتخفيف من عبئ المشاكل البيئية على مدينة الموصل فقد اتجهت فكرة هذا البحث لتشمل اعادة تدوير بعض مكونات النفايات الصلبة البلدية من خلال اجراء عملية هضم هوائية طبيعة لها وتحويلها الى ناتج نهائي يمكن الاستفادة منه من خلال استخدامه كمادة محسنة للتربة الزراعية.

تجري عملية هضم النفايات البلدية هذه بفعل الاحياء المجهرية تحت ظروف هوائية وظروف حرارية طبيعية مبسطة. ومن مميزات هذه الطريقة انها اقتصادية وتعمل على تقليل تاثير الاحياء الممرضة التي قد تحتويها النفايات الصلبة حيث يقتل معظمها تحت ظروف درجات حرارة الهضم [19] وتنتهي العملية إلى اعطاء ناتج مستقر يسمى الدبال (مواد محسنة للتربة) وهو عبارة عن مواد عضوية غنية بالمغذيات (النتروجين ، الفسفور والبوتاسيوم) التي تحتاجها عملية الانبات، ويفيد في تخفيف التربة الثقيلة وتحسين تركيب التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء [3].

أهداف البحث

1. التقليل من حجم النفايات الصلبة البلدية بإجراء عملية هضم هوائي عليها وتحويلها إلى دبال.
2. دراسة نوعية المواد الناتجة عن عملية الهضم الهوائي ومعرفة مدى احتوائها على المغذيات الضرورية التي يجب توفرها في السماد ومدى خلوها من الأحياء الممرضة.

استعراض المراجع

قامت الباحثة [1] بدراسة خصائص وكميات النفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل بنوعيها (المنزلي والتجاري) . فوجدت بان الانتاج الكلي لهذه النفايات يمثل (458.705) طن / يوم، تشكل النفايات الصلبة المنزلية (92.5)% منه، كما وجدت أيضا أن معدل إنتاج الشخص الواحد من النفايات الصلبة المنزلية يمثل (0.496) كغم / شخص / يوم وتمثل الاغذية النسبة الأعلى (76.69) % من بين مكونات النفايات المنزلية. وأشارت الباحثة إلى ارتفاع كلفة الطريقة المستخدمة في إدارة هذه النفايات في مدينة الموصل .

اعتمدت الباحثة [4] تقنية الهضم اللاهوائي الجاف تحت درجات حرارية مختلفة (60,55,45,35) درجة مئوية لمعالجة النفايات الصلبة المنزلية ومنها فضلات الطعام التقليدية المطبوخة، وكذلك هضم فضلات الحدائق والفواكه والخضروات غير المطبوخة تحت درجات حرارية مختلفة. بينت الدراسة انخفاض حجم النفايات وانخفاض نسبة المواد العضوية فيها مع ارتفاع درجات حرارة الهضم وخاصة في حالة النفايات غير المطبوخة. وان تركيز المعادن الثقيلة في ناتج عملية الهضم (السماد) كانت ضمن حدود المواصفات العالمية من حيث صلاحيته كمادة محسنة للتربة الزراعية .

أكد الباحث [19] على أن توفير إدارة خاصة للنفايات الصلبة تعد ستراتيجية ناجحة لتقليل الاضرار البيئية الناجمة عن اهمال ادارة النفايات الصلبة في العديد من البلدان النامية، وقد قام بدراسة فصلية استمرت سنة كاملة لعملية هضم هوائي للنفايات البلدية وتحويلها إلى دبال ، استنتج من خلالها ان التغيير في درجات الحرارة داخل المفاعلات خلال الفصول الأربعة لم يتجاوز 20 % بينما كان هذا التغيير بحدود 75 % في درجات حرارة الجو خارج المفاعلات، مما يدل على ان التغيرات الخارجية لدرجات الحرارة ليست مؤثرة بشكل كبير على عمليات إنتاج الدبال وعلى تفاعلاته الداخلية. كما اكد الباحث صلاحية استخدام الدبال الناتج في تقوية الانتاج الزراعي وان مكوناته قريبة جدا من مكونات السماد العالمي، وخلوه من الاحياء الممرضة .

أجرى الباحثون [21] اختبارا في الصين على المواد الناتجة عن عملية هضم لاهوائي تتبعها عملية تهوية لمدة 14 يوم اجريت على نفايات صلبة منزلية بدون عزل مكوناتها, واخرى على نفايات منزلية معزولة عنها بعض الشوائب كالبلاستك والزجاج والمعادن. فوجدوا ارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة مثل الكادميوم ، النحاس ، الرصاص والخارصين في ناتج هضم النفايات الغير معزولة عن ماهي عليه في ناتج هضم النفايات المعزولة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اعتبر الباحثون [5] أن عدم إدارة النفايات الصلبة البلدية في كل مدن نيجيريا تعد من المشاكل المهمة المؤثرة بشكل مباشر على الصحة وان احد حلول هذه المشكلة هو السيطرة على فرز مكونات النفايات الصلبة البلدية قبل إيصالها إلى مواقع الطرح، وضرورة إجراء عملية هضم هوائي لبعض مكوناتها. وقد جرى خلال هذه الدراسة عملية هضم هوائي لنسب مختلفة من بعض مكونات النفايات المنزلية مع بقايا ومخلفات حقول الدواجن، وقد وجدوا ان أفضل نسبة في إعطاء دبال غني بالمغذيات الزراعية هي مزج 70% نفايات منزلية مع 30% من فضلات حقول الدواجن .

أجرى الباحثون [26] ثلاث تجارب مختبرية في الصيف لغرض هضم النفايات الصلبة البلدية هوائيا بعد تقطيعها وإضافة ثلاثة أنواع من المواد الخافضة لظاهرة الشد السطحي عليها وبنسب متفاوتة للتجارب الثلاثة لغرض التعجيل في عزل العصارة من النفايات المراد هضمها وقد أشارت نتائج البحث الى ان نسبة المغذيات (النتروجين، الفسفور والبوتاسيوم) في الدبال تمثل (2.08 -1.53) مرة مقارنة مع نسبة وجودها في نتائج تجربة أخرى استخدمت للسيطرة لم يضاف اليها أي من المواد الخافضة للشد السطحي، وبهذا اعتبر الباحث ان هذه التقنية من الطرق الناجحة في عملية هضم النفايات الصلبة البلدية وفي إعطاء نوعية جيدة من الدبال الغني بالمغذيات الزراعية.

أشار الباحثون [18] إلى أن عملية هضم النفايات الصلبة المنزلية وتحويلها الى مواد محسنة للتربة هي الشائعة في معظم البلدان النامية. وقد تم خلال دراستهم عملية هضم هوائي للنفايات المنزلية التي تطرح من سبعة مدن في بنكلادش. واشارت نتائج البحث الى ان الدبال الناتج عن عملية الهضم يفوق في محتواه نسبة المغذيات الضرورية لتحسين التربة وزيادة الانتاج الزراعي لبعض الأسمدة التجارية. كما وجدت الدراسة انخفاض معدل حجم النفايات الصلبة الى الثلث خلال 36 يوما وانخفاض معدل رطوبة النفايات المهضومة الى النصف خلال (27) يوما من عملية الهضم الهوائي .

وجد الباحثان [17] أن أهم مصادر النفايات الصلبة البلدية في مركز مدينة بنكلادش هي النفايات المنزلية وخاصة نفايات المطابخ التي تحتوي على نسبة (80)% من المواد العضوية التي يسهل تحللها وهضمها هوائيا لانتاج السماد (الدبال) ويعمل ذلك على تقليل حجم ووزن النفايات ونسبة الرطوبة فيها، كما يعمل على تقليل انتشار الروائح ومسببات الامراض والاوبئة. كما وجد الباحثان ان ناتج عملية الهضم عبارة عن مادة تصلح كمحسن للتربة في الحقول الزراعية وذلك لاحتوائها على المغذيات الرئيسية لعملية الانبات. كما اثبتت الدراسة خلو الدبال من بكتريا السالمونيلا وخلايا البسيودوموتاس وبكتريا القولون الممرضة. واوصت الدراسة بتطبيق هذه الطريقة على نطاق مشروع واسع لتحضير السماد من النفايات الصلبة المنزلية.

أجرى الباحثون [14] تجاربهم على محطة اختبارية مستخدمة لعملية هضم لاهوائي تتبعها عملية هضم هوائي لانتاج السماد من فضلات الطعام المطبوخة وكذلك من فضلات الفواكه والخضراوات غير المطبوخة. وبعد دراسة نوعية السماد وجدوا احتوائه على نتيروجين بنسبة (1.208)% في ناتج هضم الفواكه والخضروات غير المطبوخة و(0.528)% في فضلات الطعام المطبوخة .

قام الباحث جد[12] بدراسة عملية هضم لاهوائي في الريف الصيني تبعتها عملية تهوية لمدة ثلاثون يوما لفضلات المنازل ممزوجة مع فضلات البساتين وفضلات الحيوانات وذلك لانتاج سماد زراعي، ولغرض التاكد من مدى ملائمة السماد للزراعة فقد قام الباحث بقياس نسبة المعادن الثقيلة الموجودة فيه ومنها الكادميوم، الخارصين، النحاس، الرصاص والنيكل فوجدوا انها ضمن المحددات واستنتج ان استخدام هذا السماد كمحسن للتربة بدلا من السماد الكيماوي يزيد من انتاجية الحقل وخاصة اشجار الفواكه بنسبة 30 % سنوياً.

المواد وطرائق العمل

1. تهيئة وحدة الهضم:

تطلب البحث إنشاء نموذج حقلي اختباري لهضم النفايات الصلبة المنزلية كالنموذج المعتمد من قبل الباحث [19]. تكون النموذج من برميلين مصنوعين من الحديد الخفيف (Mild steel). يمتاز البرميل الواحد منهما بكونه اسطواني الشكل يبلغ ارتفاعه (86) سم وقطره (53) سم وسعته الإجمالية (200) لتر مفتوح من الأعلى. وهذه البراميل متوفرة محلياً.

وقد تم اجراء بعض التحويرات على هذه البراميل كما مبين في الشكل (1) لضرورة إيصال الهواء داخلها والمتمثلة بعمل ثقوب بقطر (1.25) سم في جدرانها الجانبية وبابعاد (10) سم عن بعضها البعض لغرض دخول الهواء من جوانب البرميل، وامرار انبوب مطاطي قطرة (2.5) سم يمتد طوليا داخل البرميل من وسط قاعدته السفلى ماراً بالغطاء العلوي للبرميل. تخترق الأنبوب المطاطي ثقوب بقطر (1.25) سم وبابعاد (10) سم عن بعضها البعض لضمان دخول الهواء الى وسط البرميل. ولحماية محتويات البرميل من اشعة الشمس ومياه الامطار تم عمل غطاء من الحديد الخفيف لتغطية السطح العلوي للبرميل. كما تم عمل فتحة مستطيلة في الجزء السفلي من كل برميل وعمل غطاء مستطيل لها أبعاده (2.5 × 30) سم لغرض جمع عينات الفحص منها دوريا.

طليت البراميل من الداخل بمادة مانعة للصدا ومن الخارج بطلاء اخضر اللون لجعلها مقبولة المنظر وقد بلغت كلفة البرميل الواحد مع التحويرات حوالي (15000) دينار عراقي .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل (1) صور فوتوغرافية للبراميل المستخدمة في البحث تظهر فيها التحويرات التي اجريت عليها

2. تهيئة النفايات الصلبة المنزلية :

تم اعتماد حالتين من تراكيب النفايات الصلبة البلدية أثناء عملية الهضم في فصل الشتاء للفترة من 2008/12/22 - 2009/1/30 وحالتين في فصل الصيف خلال الفترة 2009/5/3 - 2009/7/11 وهي:

أولا:الحالة الاعتيادية:

تم اعتماد فضلات صلبة بلدية غير معزولة تمثلت بمايلي.

1. بقايا الطعام مثل فضلات الفواكه والخضراوات وبقايا الخبز مستبعدين بقايا اللحوم لانها تعمل على انبعاث روائح غير مرغوب فيها اثناء التحلل فضلا عن جذبها للحشرات والفئران[13] .
2. ورق الكتابة، الجرائد، المجلات والكرتون.
3. فضلات الحدائق مثل الثيل واوراق الاشجار المتساقطة.
4. مواد اخرى وتشمل نشارة الخشب، قطع الخشب الصغيرة التالفة، روث الطيور والاغنام.

وقد تم استبعاد البلاستك وبقايا الزجاج والمعادن لانها غير قابلة للتحلل وتسبب زيادة في تركيز المعادن الثقيلة [21].

قطعت الأجزاء الكبيرة من النفايات الصلبة المستخدمة في هذه الحالة الى قطع اصغر بطول (3-5) سم لان معدل التحلل الحيوي يزداد مع نقصان حجم النفايات المراد هضمها [24] وكما مبين في الشكل (2)، وقد ملئ برميل واحد (200) لتر شتاءاً وآخر صيفا من هذه النفايات بعد حساب معدل نسب مكوناتها في المختبرجدول (1) كما تم معرفة وزن النفايات التي تملا كل برميل.

الجدول (1) نسب مكونات النفايات الصلبة المنزلية المعتمدة في الحالة الاعتيادية

نوع الفضلات	معدل النسبة المئوية في البرميل الواحد	
	شتاءاً	صيفاً
بقايا الطعام	% 84.0	%85.0
الورق والكارتون	% 9.5	% 7.5
فضلات حدائق	% 6.0	% 7.0
مواد اخرى	% 0.5	% 0.5
المجموع	% 100	% 100

ثانياً: الحالة المثالية:

تم في هذه الحالة اعتماد نسب تراكيب وحجوم مكونات البرميل الواحد من النفايات بحيث تمثل نسبة الكاربون الى النيتروجين فيها (1:30) لأنه من المعروف ان الجراثيم تستخدم الكربون كمصدر للطاقة وتحتاج نسبة من النيتروجين لتكوين الخلية الحية لها, أي ان النسبة الأصلية للكربون الى النتروجين في النفايات الصلبة عامل له اهمية في السرعة التي تتم بها عملية الهضم، وان النسبة الاصلية الضرورية لذلك تتروح مابين (1:30 إلى 1:35) . فإذا تجاوز ذلك إلى أكثر من (1:40) فان الوقت اللازم للهضم يزداد تبعا لذلك، ولتحسين هذا يمكن إضافة النتروجين إلى النفايات. أما إذا كانت

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

النسبة اقل من (1:30) فانها تكون غير مستحبة في الهضم ويمكن تحسينها بإضافة الكربون اليها [3,15]. وعليه تم اعتماد قيم الكاربون الى النيتروجن المذكورة في الجدول (2) للحصول على نسبة الكربون الى النتروجين تمثل (1:30)

وقد تم حساب الحجوم المستخدمة من كل مكون من مكونات هذه النفايات لملئ برميل واحد سعته (200) لتر اعتمادا على المعادلة التالية [9] لغرض الحصول على النسبة المطلوبة من الكاربون الى النتروجين في النفايات المستخدمة في البحث، وكان المصدر الرئيسي لإعطاء النتروجين هو الخضراوات وروث الطيور. كما تم تقدير وزن النفايات التي ملئت كل برميل.

$$\text{C: N للخليط} = \frac{\text{مجموع عدد اللترات لكل مكون من النفايات} \times \frac{C}{N}}{\text{مجموع عدد اللترات لجميع مكونات النفايات}}$$

$$C:N = \frac{35(35:1) + 57(16:1) + 6(175:1) + 2(350:1) + 8(10:1) + 4(20:1) + 18(45:1) + 48(18:1) + 22(15:1)}{200L}$$

$$C:N = 30.255 : 1 \approx 30 : 1$$

جدول (2) قيم نسب الكاربون : نيتروجن وحجوم مكونات النفايات الصلبة

النفايات	نسبة الكاربون:نيتروجن في مكونات النفايات[16]	نسبة الكاربون:نيتروجن المعتمدة في البحث	الحجم (لتر) المستخدم لملئ برميل واحد
الفاكهة	1:35	1:35	35 لتر
الخضروات	1: (20-12)	1: 16	57
الورق العادي	1: (200-150)	1 :175	6
نشارة الخشب	1: (500-200)	1: 350	2
روث الطيور	1: 10	1: 10	8
روث البقر	1: 20	1: 20	4
أوراق الأشجار المتساقطة	1: 45	1: 45	18
ثيل (حشيش)	1: (25-12)	1: 18	48
بقايا الخبز	1: 15	1: 15	22

الشكل (2) صور فوتوغرافية للنفايات الصلبة بعد تقطيعها أ- الحالة الاعتيادية ب- الحالة المثالية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. متابعة عملية هضم النفايات الصلبة واجراء الفحوصات المطلوبة خلالها :

ان العملية هي حالة هضم للنفايات الصلبة القابلة للتحلل بفعل الاحياء المجهرية وتحت الظروف الهوائية. ولموازنة عملية الهضم تم خلال البحث جمع العصارة الناتجة عن النفايات خلال مراحل الهضم واضافتها داخل البراميل للاستفادة من المغذيات الموجودة فيها [13].

وقد أجريت الفحوصات المهمة يوميا لمتابعة سير عملية الهضم ومنها درجة حرارة الجو ودرجة حرارة النفايات، كما أجريت فحوصات أخرى مثل قياس الرقم الهيدوجيني (PH) وانخفاض حجم النفايات وتغاير محتوى الرطوبة فيها ومتابعة انخفاض تركيز المواد العضوية من خلال قياس المواد العضوية المتطايرة في النفايات. وقد استغرقت مراحل الهضم الهوائي في جميع الظروف التشغيلية مابين (30-40) يوم. وبعد هذه المرحلة تم فرش محتوى البراميل (الدبال) على شكل طبقة رقيقة معرضة لاشعة الشمس لاكمال عملية نضج الدبال وتجفيفه كما موضح في الشكل (3). واستغرقت هذه الفترة تقريبا عشرة ايام في فصل الشتاء وسبعة ايام في فصل الصيف. وبعد ذلك تم طحن الناتج وغربلته والحصول على الدبال الموجود في شكل (4) وتحديد وزنه.

وقد تم اجراء قياس نسبة المغذيات الموجودة في الدبال (النتروجين ، الفسفور ، البوتاسيوم). كما جرى فحص المتحوى الميكروبي للدبال والذي يرتبط بسلامة النبات وسلامة الاشخاص الذين يتعاملون معه، كما تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة الموجودة في الدبال لمعرفة وجودها ضمن محددات الدبال المستخدم للزراعة.

الشكل (3) صورة فوتوغرافية لعملية فرش الدبال لإكمال نضجه

الشكل (4) صورة فوتوغرافية للدبال بعد نضجه

الفحوصات المختبرية

تمت معظم الفحوصات المختبرية بالاعتماد على الطرائق القياسية في المصدر [6] ومنها :

1. **قياس الرقم الهيدروجيني PH:** تم قياس PH باضافة (10) غم من النموذج المأخوذ على ارتفاع (10) سم من قاعدة البرميل الى 100 مللتر من الماء المقطر ومزجه لعدة دقائق (Jackson, 1973) وقياس الرقم الهيدروجين لهذا المحلول بواسطة جهاز pH-meter بدقة 0.01 وحسب الفقرة (4500-HB) .
2. **قياس درجة الحرارة**: تم قياس درجة الحرارة باستخدام محرار زئبقي موضوع على بعد (10) سم عن قاعدة البرميل و يعمل بالنظام المئوي بدقة 0.1 مْ وحسب الفقرة (212).
3. **قياس رطوبة النفايات**: تم قياس الرطوبة باعتماد وزن النفايات قبل وبعد تجفيفها وبأستخدام جفنة خزفية وميزان الكتروني دقته (0.0001) ملغم وفرن تجفيف بدرجة (103)مْ ، وتم العمل حسب الفقرة (2540-D) .
4. **قياس تركيز المواد الصلبة المتطايرة Volatile Suspended Solid (VSS)**: تم في هذا الفحص استخدام جفنة خزفية ، ميزان الكتروني دقته (0.0001) ملغم ، فرن تجفيف بدرجة (100-103) مْ وفرن حرق بدرجة (550-600) مْ وتم العمل حسب الفقرة (3540-A).
5. **قياس تركيز الفوسفات**: تم قياس الفوسفات بطريقة كلوريد القصديروز للنماذج المهضومة وقد تم اعتماد الفقرة (4500-D).
6. **قياس النتروجين:** تم قياس النتروجين بطريقة كلدال (Kjeldahl Method) وحسب الفقرة (420-A) .
7. **قياس تركيز البوتاسيوم**: تم قياس البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب الفوتومتري (Flame photometer) وحسب الفقرة (322-B).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

8. **قياس المعادن الثقيلة:** تم القياس باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic absorption) وحسب الفقرة (303-A).
9. **التحليل الميكروبي في الدبال :** نم تحضير النموذج بمزج (1.0) غم من الدبال قي (10) مللتر من الماء المقطر المعقم ومن ثم إجراء الفحوصات الحيوية عليه في مختبرات كلية العلوم /قسم علوم الحياة.

النتائج والمناقشة

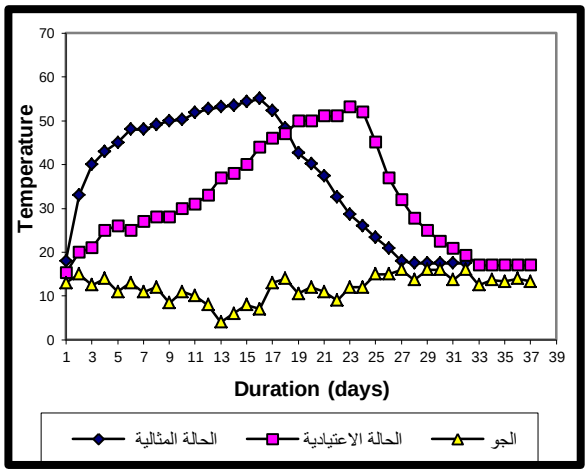
1. تغاير درجة الحرارة خلال فترة تكوين الدبال:

يبين الشكلان (5) و (6) منحنيات التغاير في درجات الحرارة لمزيج النفايات داخل البراميل ولتغاير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين الدبال للحالة المثالية وللحالة الاعتيادية في موسمي الشتاء والصيف. نلاحظ من الشكل (5) ارتفاع حاد وسريع لدرجة حرارة مزيج النفايات داخل البرميل في الحالية المثالية خلال موسم الشتاء ووصولها الى قيمتها العليا (55) مْ في اليوم الخامس عشر ثم اخذت بالانخفاض لتصبح ثابتة في اليوم السابع والعشرون، في حين استغرق الارتفاع في درجات حرارة النفايات في الحالة الاعتيادية اربع وعشرون يوماً للوصول الى قيمته العليا (52)مْ للموسم نفسه ثم انخفض ليستقر في اليوم الثالث والثلاثون .

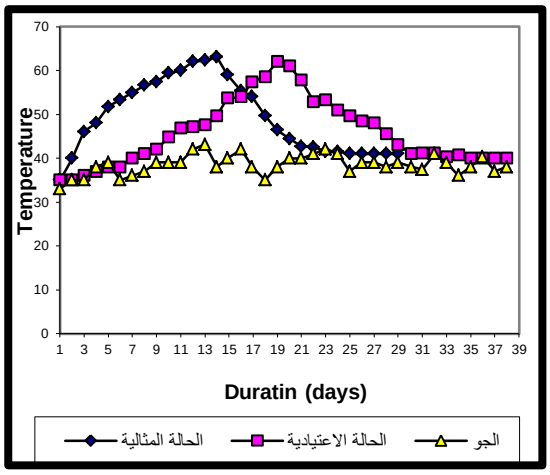
اما بالنسبة لتغاير درجات الحرارة لمزيج النفايات داخل البراميل في موسم الصيف فقد سلك نفس السلوك في موسم الشتاء كما موضح في الشكل (6) وان أعلى درجة حرارة وصلت اليها النفايات في الحالة المثالية بعد اربعة عشر يوما هي (63)مْ لتنخفض بعدها وتستقر في اليوم الثالث والعشرين. اما بالنسبة للحالة الاعتيادية صيفا فان اقصى قيمة درجة حرارة وصلتها النفايات هي (61)مْ في اليوم التاسع عشرثم عادت لتنخفض وتستقر في اليوم الثلاثين. ويعزى ارتفاع درجات الحرارة الى نشاط الجراثيم المحبة للحرارة المتوسطة Mesophilic والجراثيم المحبة للحرارة العالية Thermophilic التي تساعد على اكسدة الكاربون وتحوله الى ثاني اوكسيد الكاربون مما ينتج عنه اطلاق كمية كبيرة من الحرارة [3].

وقد تبين من خلال النتائج ان فترة تكوين الدبال (فترة استقرار درجات الحرارة) هي الاقصر في الحالة المثالية مما عليه في الحالة الاعتيادية لكلا الموسمين لان فترة تكوين الدبال تعتمد على طبيعة النفايات حيث تزداد هذه الفترة مع زيادة نسبة (الكاربون / النتروجين) في النفايات [3] لان هذه النسبة كانت الاعلى في الحالة الاعتيادية.

وبهذا نجد ان لتغيير درجة حرارة الجو خلال فترة البحث تاثير بسيط على درجات حرارة تكوين الدبال وهذا يتفق على ماجاء به الباحثون [17,19] .



الشكل(5) تغاير درجات حرارة مزيج النفايات داخل البراميل وتغاير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين الدبال في موسم الشتاء



الشكل(6) تغاير درجات حرارة مزيج النفايات داخل البراميل وتغاير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين الدبال في موسم الصيف

2. تغاير قيمة الرقم الهدروجيني خلال فترة تكوين الدبال .

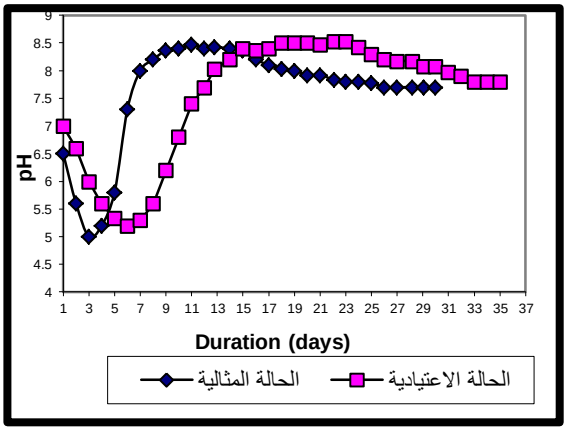
كانت قيمة الرقم الهيدروجيني (PH) لمزيج النفايات في موسم الشتاء في اليوم الأول (6.5) للحالة المثالية و (7) للحالة الاعتيادية، وقد انخفضت هذه القيم في اليوم الثالث للحالة المثالية لتصل الى (5) ثم ارتفعت الى (8.5) في اليوم الحادي عشر ثم اخذت تنخفض الى ان استقرت عند (7.7) في اليوم السادس والعشرون من عملية تكوين الدبال. اما بالنسبة للحالة الاعتيادية في نفس الموسم فقد حصل ادنى انخفاض للرقم الهيدروجيني (5.2) في اليوم السادس ومن ثم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

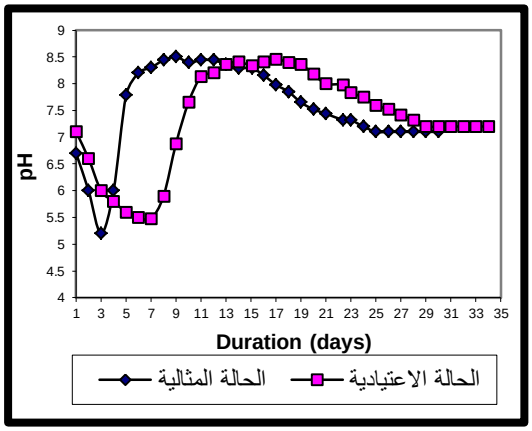
ارتفعت لتصل الى 8.5 في اليوم الثاني والعشرون لتنخفض بعدها وتستقر عند (7.8) في اليوم الثالث والثلاثون كما موضح في الشكل (7).

اما بالنسبة لموسم الصيف يلاحظ من الشكل (8) ان قيمة الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات في اليوم الاول كان (6.7) للحالة المثالية و (7.1) للحالة الاعتيادية . وقد انخفضت هذه القيمة في الحالة المثالية الى (5.2) في اليوم الثالث ثم ارتفعت لتصل الى (8.5) في اليوم التاسع ثم اخذت بالانخفاض لتستقر عند (7.2) في اليوم الخامس والعشرون. بينما حصل ادنى انخفاض للرقم الهيدروجيني (5.5) في اليوم السادس للحالة الاعتيادية ثم أخذت بالارتفاع لتصل إلى (8.5) في اليوم السابع عشر بعدها انخفضت لتستقر عند (7.2) في اليوم التاسع والعشرون من عملية الهضم.

يعزى انخفاض قيم PH في المراحل الأولى من عملية الهضم إلى التحلل السريع للمواد العضوية مما ينتج عنه إعطاء حوامض عضوية مثل حامض الخليل Acetic Acid وحامض البيوتاريك Butric Acid التي تتسبب في خفض قيمة الـ PH .أما ارتفاع قيمة ال PH يحصل نتيجة استهلاك هذه الحوامض من قبل الاحياء المجهرية وتحويلها الى مركبات عضوية ذات تاثير حامضي اقل [10]. كما يعزى وصول الرقم الهدروجيني الى اخفظ حد له خلال (6) ايام في الحالة الاعتيادية و (3) ايام في الحالة المثالية هو انخفاض المواد العضوية في الحالة المثالية وحاجتها الى وقت اقل للتحلل مقارنة مع الحالة الاعتيادية.



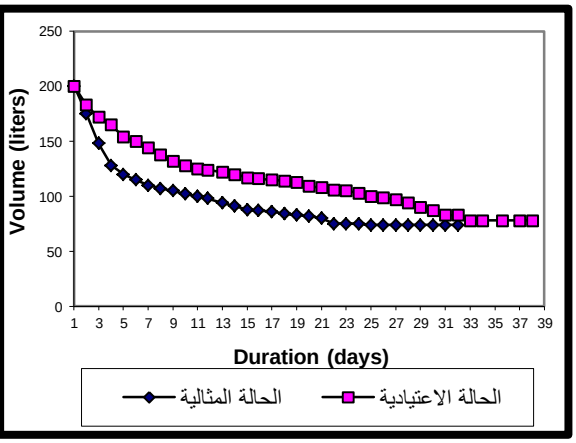
الشكل(7) تغاير الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال في موسم الشتاء



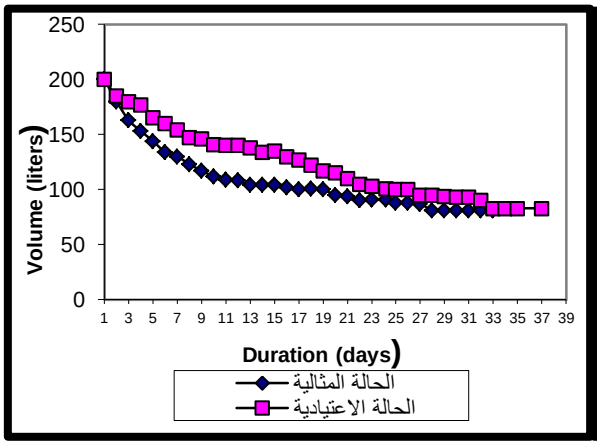
الشكل(8) تغاير الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال فى موسم الصيف

3. انخفاض حجم النفايات خلال فترة تكوين الدبال .

تم اعتماد تغاير ارتفاع النفايات في البرميل لتحديد قيم الانخفاض في حجم النفايات الصلبة لكلا الموسمين كما موضح في الشكلان (9) ,(10). وقد كان الانخفاض في الايام الاولى اسرع في الحالة المثالية عن الحالة الاعتيادية، ويعزى ذلك الى سرعة تكوين الاحياء المجهرية بسبب وفرة النيتروجين حيث تقوم هذه الأحياء بتحليل المواد العضوية



الشكل(9) تغاير حجم مزيج النفايات اثناء عملية الهضم شتاءا



الشكل(10) تغاير حجم مزيج النفايات اثناء عملية الهضم صيفا

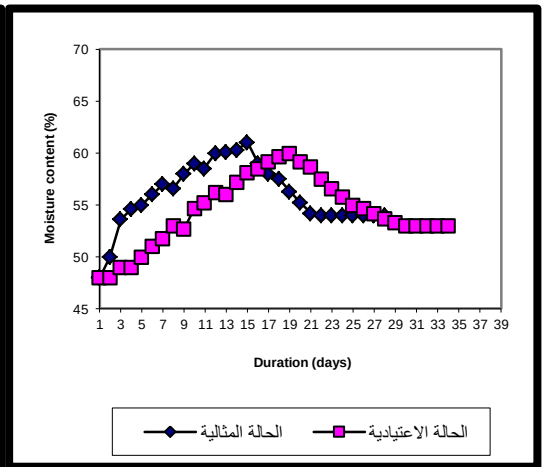
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وخفض حجم النفايات بسرعة اكبر [27]. ويستمر الانخفاض في الحجم للحالتين نتيجة تحلل المواد العضوية الى حد الثبات في الحجم. وقد مثل ما تبقى من الحجم نسبة 40.5% شتاءاً و 37% صيفا في الحالة المثالية، في حين مثل نسبة 41.5% شتاءا و 39% صيفا في الحالة الاعتيادية، و يعزى الاختلاف البسيط للحالتين في الصيف عما هوعليه في الشتاء الى تاثير عملية التبخير التي تزداد صيفاً.

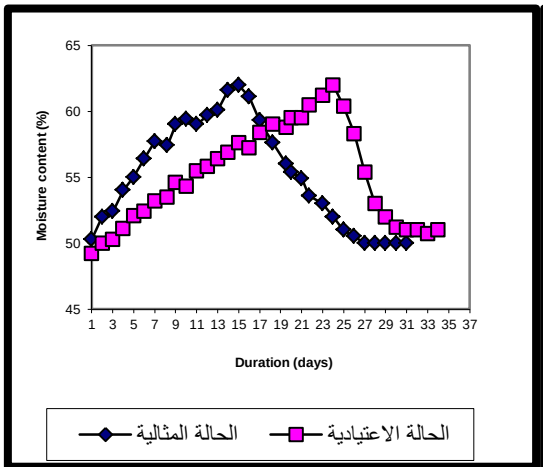
4. تغاير محتوى الرطوبة خلال فترة تكوين الدبال

ذكر الباحثان [3,20] أن محتوى الرطوبة الامثل خلال مراحل تكوين الدبال يتراوح مابين (45-65)%, وان زيادة محتوى رطوبة يعمل على ملئ الفراغات بين جزيئات النفايات بالماء ويقلل من تبادل الأوكسجين مما يخلق ظروف لاهوائية وانبعاث روائح غير مقبولة، مع خفض درجات حرارة الهضم، في حين انخفاض محتوى الرطوبة يجعل عملية تكوين الدبال بطيئة .وقد لوحظ من الشكلين (11) و (12) ارتفاع قيمة محتوى الرطوبة بشكل حاد ووصل الى (62)% شتاءا في الحالة المثالية وفي الحالة الاعتيادية، اما في موسم الصيف فقد وصلت الى (61)% في الحالة المثالية و (60)% في الحالة الاعتيادية وكانت جميع النسب ضمن المحتوى الأمثل للرطوبة.

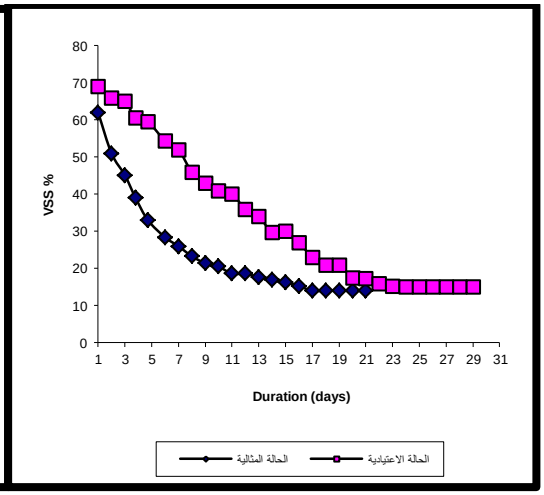
ويعزى هذا التقارب النسبي في محتوى الرطوبة إلى ضعف تأثير اختلاف درجات حرارة الجو على هذه الخاصية اثناء فترة تكوين الدبال، و يعزى سبب ارتفاع قيمة محتوى الرطوبة عند بداية عملية الهضم الى نشاط الاحياء المجهرية وقيامها بتحليل المواد العضوية بسرعة واعطاء الماء كأحد النواتج النهائية لهذا التحلل وهذا اكده الباحث [3] ايضاً.



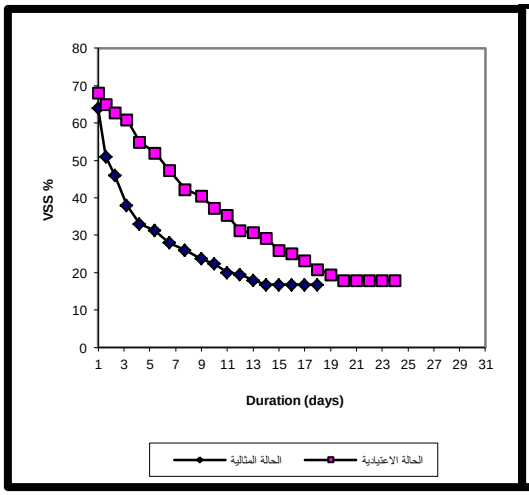
الشكل(11) تغاير محتوى الرطوبة لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال في موسم الشتاء



الشكل(12) تغاير محتوى الرطوبة لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال في موسم الصيف



الشكل(13) تغاير VSS لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال في موسم الشتاء



الشكل(14) تغاير VSSلمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين الدبال في موسم الصيف

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

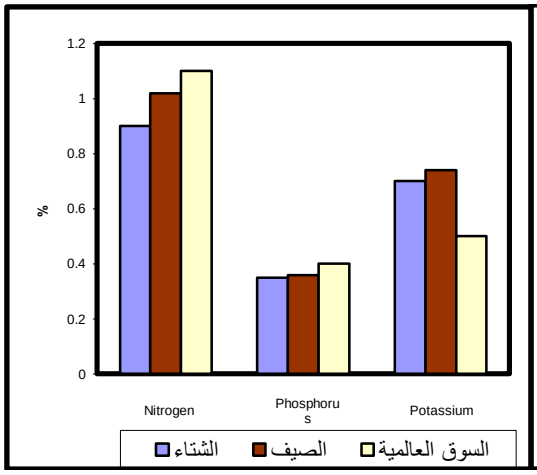
5. تغاير تراكيز المواد الصلبة المتطايرة خلال فترة تكوين الدبال

نلاحظ من الشكلين (13) و (14) أن النسب المئوية للمواد الصلبة المتطايرة Volatile Suspended Solid (VSS) في مكونات النفايات المستخدمة في بداية عملية الهضم هي (62)% شتاءا و(65)% صيفا في الحالة المثالية، و (70)% شتاءا و(68)% صيفاً في الحالة الاعتيادية. وقد اخذت هذه النسب بالانخفاض الحاد في الحالة المثالية والانخفاض التدريجي في الحالة الاعتيادية نتيجة نشاط الاحياء المجهرية واستهلاكها للمواد العضوية كمصدر للطاقة الى ان استقرت النسب عند حدود (17)% للحالة المثالية شتاء و (20) % صيفا, في حين كانت هذه القيم قد استقرت عند (20)% شتاءا و (21)% صيفا في الحالة الاعتيادية . ويعزى سبب هذا الاختلاف في الحالتين المثالية والاعتيادية الى اختلاف محتوى النفايات من المواد العضوية في كل حالة .

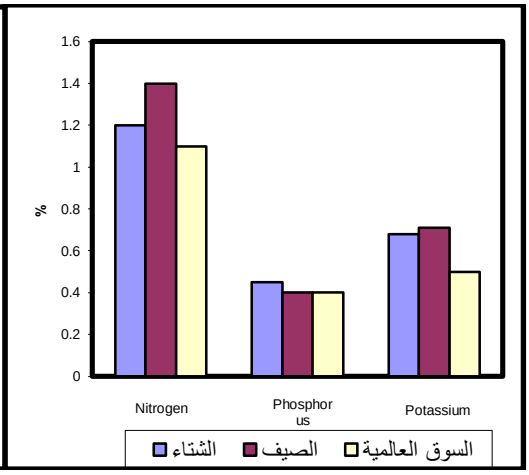
6. التحليل الكيميائي والمكروبي للدبال .

أ. قياس نسب المغذيات

بعد الحصول على الدبال تم فحص عينات منه لتحديد نسب وجود المغذيات كالنتروجين (N) ، الفسفور (P) والبوتاسيوم (K) فيه لما لذلك من تأثير على عملية الإنبات. ومن مقارنة النتائج مع قيمة المغذيات الموجودة في الاسمدة التجارية، وجد ان معدلات وجود هذه المغذيات في الدبال المحضر في البحث قريبة جدا من نسب وجودها في الدبال التجاري التي ذكرها الباحث [19]. وكما موضح في الشكلان (15)و(16).



الشكل(15) معدل نسب المغذيات في الدبال للحالة الاعتيادية مقارنة مع الاسمدة التجارية



الشكل(16) معدل نسب المغذيات في الدبال للحالة المثالية مقارنة مع الاسمدة التجارية

ب. التحليل الميكروبي للدبال

بسبب استخدام الفلاحين للدبال في الحقول الزراعية، وجد من الضروري التاكد من خلوه من الاحياء الممرضة لضمان عدم تعرضهم لها نتيجة التلامس المباشر مع ضمان عدم تلوث النباتات بهذه الاحياء. وقد تبين من نتائج التحليل الميكروبي للدبال الجدول (3) خلوه من الاحياء الممرضة لكلا الحالتين صيفاً وشتاءاً، ويعود السبب في ذلك الى ارتفاع درجات حرارة الهضم داخل البراميل والتي تعمل على قتل الاحياء الممرضة كما اكده الباحثون [8,11,23]، الجدول (4). كما أن عملية نشر الدبال بعد النضج تحت اشعة الشمس يعمل أيضاً على قتل الكثير من الاحياء الممرضة [17] .

الجدول (3) نتائج التحليل الميكروبي لنماذج الدبال

نوع الميكروب		النموذج الشتوي عدد الخلايا / غم سماد		النموذج الصيفي عدد الخلايا / غم سماد	
		الحالة المثالية	الحالة الاعتيادية	الحالة المثالية	الحالة الاعتيادية
العدد الكلي للبكتريا	Total bacterial count	$5.5*10^6$	$8*10^6$	$5*10^6$	$6*10^6$
العدد الكلي لبكتريا الكليفورم	Total coliform	$4*10^3$	$5.2*10^3$	Nil	Nil
بكتريا القولون البرازية	Fecal coliform	Nil	Nil	Nil	Nil
انواع السالمونيلا	Salmonella sp.	Nil	Nil	Nil	Nil

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (4) يوضح قتل بعض الأحياء الممرضة الشائعة والطفيليات عند درجات حرارة معينة

الاحياء الممرضة	الملاحظات
بكتريا القولون البرازية Fecal coliform	تقتل خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 55مْ وتقتل خلال (15-20) دقيقة عند درجة 60مْ .
السالمونيلا المسببة للتيفوئيد Salmonella typhosa	يقل نموها بعد درجة 46 مْ، وتموت خلال 30 دقيقة عند درجة (55-60) مْ وخلال 20 دقيقة عند درجة 60مْ وتقتل خلال فترة زمنية قصيرة جدا في مركب السماد البيئي.
أنواع السالمونيلا الأخرى Salmonella sp.	تقتل خلال ساعة واحدة عند درجة 55مْ وتقتل خلال (15-20) دقيقة عند درجة حرارة 60 مْ.
انواع عصيات الزحار Shigella sp.	تقتل خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 55مْ
أكياس الاميبيا الحالة للنسيج Entamoeba histolytica cysts	تقتل خلال بضع دقائق عند درجة حرارة 45 مْ وتقتل خلال بضع ثواني عند درجة حرارة 55مْ
الدودة الشصية Necator americanus	تقتل خلال 50 دقيقة عند درجة حرارة 45 مْ
عصيات التقيح Streptococcus pyogenes	تقتل خلال 10 دقائق عند درجة حرارة 45 مْ .
بيوض الاسكارس Ascaris eggs.	تقتل خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 50مْ

ج. قياس تراكيز المعادن الثقيلة في نماذج الدبال

يبين الجدول (5) تراكيز العناصر الثقيلة الموجودة في الدبال ويلاحظ من النتائج ان تركيز كل من الكادميوم (Cd) والرصاص (Pb) والنحاس (Cu) والخارصين (Zn) تقع ضمن محددات الدبال الصالح للاستخدام كمادة محسنة للتربة والمشار إليها في نفس الجدول .

الجدول (5) معدل تراكيز المعادن الثقيلة في الدبال

العناصر الثقيلة ملغم/كغم	الحالة المثالية		الحالة الاعتيادية		المحددات [22]
	شتاء	صيف	شتاء	صيف	
الكادميوم Cd	0.7	0.6	0.9	0.8	10>
الرصاص Pb	60.3	62.2	70.8	71.2	250>
النحاس Cu	17.7	16.8	21.1	22.6	1000>
الخارصين Zn	85.9	88.2	90.1	92.3	2500>

7. قياس وزن الدبال الجاف الناتج عن عملية الهضم .

يبين الجدول (6) أوزان النفايات الصلبة البلدية المستخدمة في البحث والمطلوب ملئ برميل واحد منها سعة (200) لتر لكل حالة من حالات البحث واوزان الدبال الناتج عن كل حالة .

الجدول (6) أوزان النفايات الصلبة والدبال الناتج عنها

الوزن (كغم)	الحالة المثالية		الحالة الاعتيادية	
	شتاء	صيف	شتاء	صيف
وزن النفايات الصلبة لملئ برميل واحد	45	43	48	46
وزن الدبال الناتج من قبل كل برميل	14.5	14	13.5	13

8. الجدوى الاقتصادية للبحث.

أكدت الباحثة [1] أن كلفة جمع ونقل الطن الواحد من النفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل بلغت (70826,905) دينار عراقي، وعليه تكون كلفة جمع ونقل (45) كغم من النفايات المستخدمة في هذا البحث (3187,210) دينار عراقي. وان كلفة شراء وتحوير البرميل الواحد كانت(15000) دينار عراقي والذي يمكن أن يعاد استخدامه لمرات عديدة في عملية الهضم.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اما في الاسواق المحلية فقد كانت كلفة شراء الكيلوغرام الواحد من الدبال حوالي (2000) دينار عراقي. وان المرة الواحدة من عملية الهضم أعطت دبال جاف وزنه (13-14.5) كغم وبهذا يمكن ان تقدر عملية تحضير الدبال بهذه الطريقة من العمليات الاقتصادية.

الاستنتاجات

1. عملية هضم النفايات الصلبة بهذه الطريقة أدت إلى التقليل من حجم ووزن النفايات الصلبة البلدية.
2. إن إجراء التحويرات على البراميل المستخدمة في الدراسة جعل عملية الهضم هوائية بشكل طبيعي ومن دون حصول تحلل لاهوائي من خلال عدم ملاحظة انبعاث روائح كريهة أو وجود ديدان أثناء عملية الهضم.
3. وجد ان تأثير تغاير درجات حرارة الجو بسيط جداً على عملية الهضم الهوائي للنفايات.
4. إن تغاير درجات حرارة الجو لا يؤثر على محتوى الرطوبة داخل البراميل ولكن يعمل على تقليل الفترة الزمنية اللازمة لاستقرار قيمة محتوى الرطوبة داخل البراميل.
5. فترة تكوين الدبال في الحالة المثالية اقصر من الحالة الاعتيادية وكانت خلال موسم الصيف اقصر مما عليه في موسم الشتاء .
6. خلو الدبال من الاحياء الممرضة للحالتين الاعتيادية والمثالية ولكلا الموسمين الصيف والشتاء .
7. تراكيز المعادن الثقيلة في الدبال كانت ضمن المحددات المسموحة لاستخدام الدبال كسماد زراعي .
8. معدل نسب المغذيات (N,P,K) في الدبال الناتج في البحث قريبة جداً من نسب وجودها في السماد التجاري.
9. انخفاض كلفة تحضير الدبال من النفايات الصلبة البلدية بطريقة الهضم الهوائي التي اجريت خلال البحث مقارنة مع كلفة شراء الدبال التجاري .

التوصيات

1. إمكانية تحويل هذه الدراسة الى مشروع كبير لانتاج الدبال في مدينة الموصل .
2. اجراء دراسة لتحضير الدبال من مزج النفايات الصلبة المنزلية مع النفايات الصلبة لحقول الدواجن أو المجازر ودراسة نوعية الدبال الناتج عن ذلك.
3. نوصي بعدم رص النفايات الصلبة داخل البرميل اثناء عملية الهضم وعدم تقطيع كافة النفايات باحجام صغيرة لجعل فراغات بينها لغرض التهوية.

المصـــــادر

1- سليمان، فادية عبد القادر 2008 " ادارة النفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل "، رسالة ماجستير – جامعة الموصل – كلية الهندسة .

2- عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان 1990 " الهندسة العملية للبيئة / فحوصات الماء"، دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل .

3- فلنتوف، فرانك 1988 " معالجة المخلفات الصلبة في البلدان النامية " ، منظمة الصحة العالمية ، المكتب الإقليمي شرق البحر المتوسط / الاسكندرية .

4- يونس رؤى مظفر 2007 " استخدام تقنية المعالجة اللاهوائية الجافة في معالجة النفايات المنزلية الصلبة " ، رسالة ماجستير ، جامعة الموصل ، كلية الهندسة .

5- Adewumi, I.K.; Ogedengbe, M.O.; Adepetue, J.A. and Aina, P.O. (2005) "Aerobic Composting of Municipal Solid Wastes and Poultry Manure", *Journal of Applied Sciences Research*, Vol.1, No.3, PP.292-297.

6- APHA; AWA; WPCF (1998) "Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater", 20th ed., *Am. Public Healthy Assoc.* Washington, D.C., USA.

7- BARC (1997)."Fertilizer recommendation Guide-1997". Bangladesh Agricultural Research Council, Soil Publication No.41.

8- Bhide, A.D. and Sundaresan, B.B., (1983) "Solid waste Management in Developing Countries"و Indian National, Scientific Documentation Center, New Delhi.

9- Cooper, H.T. (2009) "Organic matter, Peat lands and Soil erosion", University of Minnesota , Unit 10, Chapter-1-.

10- Fang, M., and Wong, J.W.C. (1999) "Effect of lime amendment on availability of heavy metals and maturation in sewage sludge composting, *Journal of Environmental Pollution*, Vol.106, No.1, PP.83-89.

11- Golueke, C.G., (1972) "Composting", Rodale Press, Inc., Emmaus, Pa, USA.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

12- Handerson, J.O. (2001) "Anaerobic Digestion in Rular China", Canada's Office of Urban Agriculture, Vol.45, No. 4, PP.34-45.
13- Inckel, M.; Smet, P.D.; Tersmette, T. and Veldkamp, T. (2005) "The Preparation and Use of Compost", 7th. Edition, Digigrafi, Wageningen, The Netherlands.
14- Lissens, G.; Vandevivere, P.; Baere, L.D.; Biey, E.M. and Verstraete, C. (2001) "Solid Waste Digesters, Process Performance and Practice for Organic Solid Waste Digestion", *Water Science and Technology*, Vol.44, No.8, PP. 91-102.
15- Metcalf and Eddy, (2003) "WasteWater Engineering Treatment, disposal / reuse", 4th Edition, *McGraw-Hill, Inc., New York*.
16- Minnich, J.; Hunt, M. and The Eds. Of Organic Gordening, (1979) "The Rodale Guide to Composting", Rodale Press, Emmaus, PA.
17- Moqsud, M.A. and Rahman, M.H. (2004) "Biochemical Quality of Compost from Kitchen Garbage in Bangladesh" Environmental Informatics Archives, Vol. 2, PP. 635-640. EIA04-063. International Society for Environmental Information Sciences (ISEIS-2004).
18- Moqusd, M.A.; Hayashi, S. and Rahman, M.H. (2005) "An Assessment of the Modified Composting Barrel for Sustainable Organic Waste Management in Tropical Regions", Environmental Informatics Archives, Vol. 3, PP. 130-136, EIAO5-017, International Society for Environmental Information Sciences (ISEIS-2005).
19- Muyeed, A.A. (2006) "Barrrel Composting of Domestic Solid Waste in Bangladesh : A case study", Asian Journal of Water, Environments and Pollution, Vol. 4, No. 1, PP. 133-138.
20- Rahman, M.H. (1993). "Recycling of Solid Waste in Bangladesh" The International Journal of Environmental Education & Information. UK., Vol. 12, No. 4.
21- Raninger, B.; Rundong, Li. and lei, Feng (2006) "Activities to Apply the Europen Experience on Anaerobic Digestion of Bioorganic municipal Waste from Source Separation in China", *Institute of Clean Energy and Environmental Engineering (ICEEE), HongKong University, 110034 Shenyang, China.*
22- USEPA (1995) "Decision Maker's Guide to solid Waste Management, V. 2, (EPA 530-R-95-023)" Standard for Compost Produced by Aerobic Process.
23- Vesilind, P.A. and Rimer, A.E. (1981) "Unit Operations in Resource Recovery Engineering", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
24- Wheeler, P.A. and Rome, L.De (2002) "Waste Pre-Treatment : A Review", R & D Technical Report No. PI-344/TR, Published by : AEA Technology Environmental, Environment Agency.
25- Wilkie, A.C. (2005) "Anaerobic Digestion : Biology and Benefites", Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES), Vol.76, No.3, PP. 63-72.
26- Xi, B.; Li, Y.; Wei, Z.; Zhao, Y. and Liu, H. (2005) "A Study of Composting System of Municipal Solid Waste With Bio-surfactant", *Journal of American Sciences*, Vol.2, No.1, PP. 66-70.
27- Zheng, G.D. and Chen, T.B. (2004) "Dynamic of Lead Specialization in Sewage Sluge Composting", *Journal of Water Science and Technology,* Vol.50, No.9, PP. 75-82.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com