الهضم الهوائي للقمامة البلدية وتحويلها إلى (سماد عضوي)

ط.ب أحمد دلو * أ.د.دارم طباع ** أ.د.عبد العزيز عرواني***

(الإيداع: 7 كانون الثاني 2018، القبول: 24 حزيران 2018)

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 (١-٣٠)وتمثل الحالة المثالية. وانتهت العملية إلى إعطاء ناتج جاف مثّل حوالي ثلث وزن النفايات المستخدمة في الهضم يطلق عليه السماد العضوي (Compost).

استغرقت عملية الهضم (23) يوماً في فصل الصيف و (27) يوماً في فصل الشتاء بالنسبة للحالة المثالية وكانت أقصر من الحالة الاعتيادية التي استغرقت (30) يوم صيفاً و(33) يوم شتاءً. وقد تمت دراسة العوامل المؤثرة على عملية الهضم ومنها درجة حرارة الجو والمزيج، تغير الرقم الهيدروجيني [pH]، نسبة الرطوبة وانخفاض حجم النفايات. فتبين أن لتغيير 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 و٤٠.٥% شتاءً بينما انخفض في الحالة الاعتيادية إلى 39 % صيفاً و41% شتاءً. ووجد ان السماد العضوي الناتج في كلا الحالتين خالي من الاحياء الممرضة وغني بالمغذيات (K، P،N) التي كانت تراكيزها قريبة جداً من تراكيز السماد العضوي التجاري. كما وجد ان تراكيز المعادن الثقيلة فيه كانت ضمن محددات السماد العضوي القياسية.

الكلمات المفتاحية: التخمير، الأمن الحيوي، التخلص من القمامة العضوية.

* طالب دكتوراه –قسم الصحة العامة والطب الوقائي – كلية الطب البيطري – جامعة حماة –سورية.

** استاذ الصحة العامة –قسم الصحة العامة والطب الوقائي –كلية الطب البيطري – جامعة حماة – سورية.

***أسناد صحة اللحوم –قسم الصحة العامة والطب الوقائي –كلية الطب البيطري – جامعة حماة – سورية

Aerobic Composting of Municipal waste

Ahmad Delo **Dr. D. Tabbaa**

(Received: 7 January 2018, Accepted: 24 June 2018)

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.

Key words: Composting, biosecurity, disposal of organic Wastes.

1- المقدمة Introduction:

تشتمل القمامة البلدية في مدينة حماه بشكل رئيسي على ما يطرح 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 وأدت الى تشويه صورتها الجميلة.

ومما يدعو للقلق هو عدم وجود طرائق وتقنيات علاجية سليمة لحل هذه المشكلة في الوقت الحاضر على الرغم من توفرها في دول اخرى لأن تطبيقها في المدينة يحتاج الى امكانيات غير متوفرة تحت تأثير 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 معا. وللتخفيف من عبء المشاكل البيئة على مدينة حماه فقد اتجهت فكرة هذا البحث لتشمل اعادة تدوير بعض مكونات النفايات البلدية من خلال اجراء عملية هضم هوائية طبيعية (تخمير عضوي) لها وتحويلها الى ناتج نهائي يمكن الاستفادة منه من خلال استخدامه كمادة محسنة للتربة الزراعية.

تجري عملية هضم النفايات بفعل الاحياء المجهرية تحت ظروف هوائية وظروف حرارية طبيعية مبسطة. ومن مميزات هذه الطريقة انها اقتصادية وتعمل على تقليل تأثير الاحياء الممرضة التي قد تحتويها النفايات حيث يقتل معظمها ظروف درجات حرارة الهضم[12] . وتنتهي العملية إلى اعطاء ناتج مستقر يسمى السماد العضوي (مواد محسنة للتربة) وهو عبارة عن مواد عضوية غنية بالمغذيات (النتروجين، الفسفور، البوتاسيوم) التي تحتاجها عملية الانبات ويفيد في تخفيف التربة الثقيلة وتحسين تركيب التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء[1] .

- **واقع ادارة النفايات الصلبة في محافظة حماه:**

أولاً: إن مشروع الادارة المتكاملة للنفايات الصلبة في المحافظة بدأ في عام /2006/ بعد احداث دائرة ادارة النفايات الصلبة في حماه، أسوة بباقي المحافظات. وخلال هذه السنوات وحتى تاريخه تم الانتهاء من تنفيذ المنشآت التالية:

1- مطمر كاسون الجبل (خليتين للطمر الصحي – حوض الرشاحة – القبان الالكتروني – المبنى الاداري – سور الموقع-تعبيد الطريق الواصل إلى المطمر).
2- مطمر البركان في السلمية (ثلاث خلايا للطمر الصحي -حوض الرشاحة – القبان الالكتروني – المبنى الاداري – سور الموقع).
3- مطمر حنجور في مصياف (الخلية الاولى للطمر الصحي – حوض الرشاحة – القبان الالكتروني – المبنى الاداري- سور الموقع).
4- محطات نقل النفايات (السنديانة – الحمراء-السعن – عقيربات)، علماً أن محطات السعن والحمراء وعقيربات هي خارج الخدمة لانتها في مناطق غير آمنة.
5- أما بالنسبة لمطمر حنجور فإن الخلية الثانية فقط هي قيد التنفيذ بنسبة انجاز 75%.

ثانياً: الأعمال المطلوب تنفيذها لاستكمال واستثمار هذا المشروع المهم هي:

معمل فرز النفايات في كاسون الجبل لمعالجة /600/ طن / يوم لعام 2018 بكلفة تقديرية / 5/ مليار ل.س.
معمل فرز النفايات في البركان في السلمية لمعالجة / 200/ طن/ يوم لعام 2019 بكلفة تقديرية /3/ مليار ل.س.
معمل فرز النفايات حنجور في مصياف لمعالجة 300طن/ يوم لعام 2020 بكلفة تقديرية /4/ مليار ل.س.

إنشاء محطات النقل في (الربيعة، عوج، مرداش، كرناز، العمقية، طيبة الإمام، السقيلبية، مصياف). في الأعوام (2018 – 2019). بكلفة تقديرية /700 / مليون ل.س.

محطة معالجة للنفايات الطبية (اوتوكليف) مركزية في مطمر كاسون الجبل لعام 2019 بكلفة تقديرية / 2/ مليار

ثالثاً: احتياجات المشروع من الآليات:

مطمر كاسون الجبل (بلدوزر /2/ –تركس دولاب /2/ –قلاب 20 م3 /4/ –بوب كات /2/ –صهريج ماء/1/–مكرو باص سعة 20 راكب /1/ –سيارة خدمة بيك اب).

مطمر البركان (بلدوزر /2/ –تركس دولاب /1/ –قلاب 20 م3 /2/ –بوب كات /1/ –صهريج ماء/1/–مكرو باص سعة 20 راكب /1/ –سيارة خدمة بيك اب).

مطمر حنجور (بلدوزر /2/ –تركس دولاب /1/ –قلاب 20 م3 /2/ –بوب كات /1/ –صهريج ماء/1/–مكرو باص سعة 20 راكب /1/ –سيارة خدمة بيك اب).

محطات النقل: لكل محطة تركس دولاب /1/ –قلاب 20 م3 /2/ فيكون مجموع ما تحتاجه محطات النقل المنجزة وعددها /4/ والتي ستنجز لاحقاً وعددها /8/ ما يلي: (تركس دولاب/12/ –قلاب 20 م3 /24/).

علماً أنه حالياً وفي ظل الظروف الراهنة لا يوجد لدى مديرية الخدمات الفنية آليات لتشغيل هذه المطامر والمحطات.

رابعاً: الاحتياجات اللازمة لإدارة وتشغيل المشروع:

مطمر كاسون الجبل: (عدد عمال وإداريين / 77/ عامل، مستلزمات التشغيل / 125 / مليون ل.س).

مطمر البركان: (عدد عمال وإداريين/ 48/ عامل، مستلزمات التشغيل / 60 / مليون ل.س).

مطمر حنجور: (عدد عمال وإداريين / 62/ عامل، مستلزمات التشغيل / 75 / مليون ل.س).

محطات النقل: (عدد عمال وإداريين / 60/ عامل، مستلزمات التشغيل / 165 / مليون ل.س).

خامساً: الصعوبات التي تعيق إنجاز المشروع:

نقص التمويل اللازم لتنفيذ المشروع من (آليات، استثمار وتشغيل) خاصة في ظل ارتفاع الاسعار الدائم.

قلة اليد العاملة اللازمة بشكل عام والمتخصصة في هذا المجال.

2- الهدف من الدراسة Aim of study:

1- التقليل من حجم النفايات البلدية بإجراء عملية هضم هوائي عليها وتحويلها إلى دبال (سماد عضوي).

2- دراسة نوعية المواد الناتجة عن عملية الهضم الهوائي ومعرفة مدى احتوائها على المغذيات الضرورية التي يجب توافرها في السماد ومدى خلوها من الاحياء الممرضة.

3- العمل على ايجاد طرق علمية واقتصادية وصحية في التعامل والتخلص من النفايات.

3- المواد وطرائق العمل Material and methods:

- **إعداد وحدة الهضم:**

تطلب البحث إنشاء نموذج حقلي اختباري لهضم النفايات الصلبة المنزلية ويتكون النموذج من برملين مصنوعين من الحديد الخفيف. يمتاز البرميل الواحد منهما بكونه أسطواني الشكل يبلغ ارتفاعه (86) سم وقطره (53) سم وسعته الاجمالية (200) لتر مفتوح من الاعلى. وهذه البراميل متوفرة محليا.

وقد تم اجراء بعض التحويرات على هذه البراميل كما مبين في الصورة (1) لضرورة إيصال الهواء داخلها والمتمثلة بعمل ثقوب بقطر (1.25) سم في جدرانها الجانبية وبأبعاد (10) سم عن بعضها البعض لغرض دخول الهواء من جوانب البرميل، وامرار انبوب مطاطي قطره (2.5) سم يمتد طوليا داخل البرميل من الوسط قاعدته السفلى مارا بالغطاء العلوي للبرميل. تخترق الانبوب المطاطي ثقوب بقطر (1.25) سم وبأبعاد (10) سم عن بعضها البعض لضمان دخول الهواء لوسط البرميل. ولحماية محتويات البرميل من اشعة الشمس ومياه الامطار ثم عمل غطاء من الحديد الخفيف لتغطية السطح العلوي للبرميل كما تم عمل فتحة مستطيلة في الجزء السفلي من كل برميل وعمل غطاء مستطيل لها أبعاد (2.5 × 30) سم لغرض جمع عينات الفحص منها دوريا. طليت البراميل من الداخل بمادة مانعة للصدأ ومن الخارج بطلاء أخضر اللون لجعلها مقبولة المظهر.

الصورة رقم (1): البراميل المستخدمة في البحث بعد اجراء التحويرات عليها

4-تهيئة القمامة المنزلية:

تم اعتماد حالتين من تراكيب القمامة البلدية أثناء عملية الهضم في فصل الشتاء للفترة من 22/ 12 / 2016 – 30/ 1 / 2017 وحالتين في فصل الصيف خلال الفترة 3 / 5 / 2017 – 11 / 7 / 2017 وهي:

أولا: الحالة الاعتيادية:

تم اعتماد فضلات بلدية غير معزولة تمثلت بما يلي.

1 – بقايا طعام مثل فضلات الفواكه والخضراوات وبقايا الخبز.

2 – ورق الكتابة، الجرائد، المجلات والكرتون.

3 – فضلات الحدائق واوراق الاشجار المتساقطة.

4 – مواد اخرى وتشمل نشارة الخشب، قطع خشب الصغيرة التالفة، روث الطيور والاغنام.

قطعت الاجزاء الكبيرة من النفايات المستخدمة في هذه الحالة الى قطع أصغر بطول (3 – 5) سم لان معدل التحلل الحيوي يزداد مع نقصان حجم النفايات المراد هضمها [13]. وكما مبين بالجدول (1)، وقد ملئ برميل واحد (200) لتر شتاءاً وأخر صيفا من هذه النفايات بعد حساب معدل نسب مكوناتها في المخبر جدول (2) كما تم معرفة وزن النفايات التي تملا كل برميل.

الجدول رقم (1): نسب مكونات القمامة المنزلية المعتمدة في الحالة الاعتيادية[13]

نوع الفضلات	معدل النسبة المئوية للبرميل الواحد	
	شتاءاً	صيفاً
بقايا الطعام	%84	%85
الورق والكرتون	%9.5	%7.5
فضلات حدائق	%6	% 7
مواد أخرى	%0.5	%0.5
المجموع	%100	%100

ثانيا: الحالة المثالية:

تم في هذه الحالة اعتماد نسب تراكيب وحجوم مكونات البرميل الواحد من النفايات بحيث تمثل نسبة الكربون الى النتروجين فيها (1:30) لأنه معروف ان الجراثيم تستخدم الكربون كمصدر للطاقة وتحتاج نسبة من النتروجين لتكوين الخلية الحية لها، اي ان النسبة الاصلية للكربون الى النتروجين في النفايات الصلبة عامل له اهمية في السرعة التي تتم بها عملية الهضم، وان النسبة الاصلية الضرورية لذلك تتراوح ما بين (1:30 إلى 1:35). فإذا تجاوز ذلك إلى أكثر من (1:40) فان الوقت اللازم للهضم يزداد تبعا لذلك، ولتحسين هذا يمكن اضافة النتروجين إلى النفايات. أما إذا كانت النسبة أقل من (1:30) فإنها تكون غير مستحبة في الهضم ويمكن تحسينها بإضافة الكربون إليها[1;9] . وعليه تم اعتماد قيم الكربون الى النتروجين المذكورة في الجدول (2) للحصول على نسبة الكربون الى النتروجين تمثل (1:30)

وقد تم حساب حجم المكونات المستخدمة من كل مكون من المكونات هذه النفايات لمليء برميل واحد سعته (200) لتر اعتمادا على المعادلة التالية[5] لغرض الحصول على النسبة المطلوبة من الكربون 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.

C: N للخليط = مجموع عدد اللترات لكل مكون من النفايات ×C÷N / مجموع عدد اللترات لجميع مكونات النفايات.

الجدول رقم (2): قيم نسب الكربون: نتروجين وحجوم مكونات القمامة [10]

النفايات	نسبة الكربون: نتروجين في المكونات النفايات	نسبة الكربون: نيتروجين المعتمدة في البحث	الحجم (لتر) المستخدم لملء برميل واحد
الفاكهة	1:35	1:35	35
الخضراوات	1: (12-20)	1:16	57
الورق العادي	1:(120-200)	1:175	6
نشارة الخشب	1:(200-500)	1:350	2
روث الطيور	1:10	1:10	8
روث البقر	1:20	1:20	4
أوراق الاشجار المتساقطة	1:45	1:45	18
حشيش(اعشاب)	1:(12-25)	1:18	48
بقايا الخبز	1:12	1:12	22

الصورة رقم (2): القمامة بعد تقطيعها أ-الحالة الاعتيادية ب-الحالة المثالية

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

ان العملية هي حالة هضم للنفايات القابلة للتحلل بفعل الاحياء المجهرية وتحت الظروف الهوائية. ولموازنة عملية الهضم تم خلال البحث جمع العصارة الناتجة عن النفايات خلال مراحل الهضم واضافتها داخل البرميل للاستفادة من المغذيات الموجودة فيها[8] .

وقد اجريت الفحوصات المهمة يوميا لمتابعة سير عملية الهضم ومنها درجة حرارة الجو ودرجة حرارة النفايات، كما اجريت فحوصات أخرى مثل قياس الرقم الهيدروجيني وانخفاض حجم النفايات وتغير 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 ما بين (30 – 40) يوم. وبعد هذه المرحلة تم فرش محتوى البراميل (السماد العضوي) على شكل طبقة رقيقة معرضة لأشعة الشمس لإكمال عملية نضج السماد العضوي وتجفيفه. واستغرقت هذه الفترة تقريبا عشرة ايام في فصل الشتاء وسبعة ايام في فصل الصيف. وبعد ذلك تم طحن الناتج والحصول على السماد العضوي كما في الصورة (3).

الصورة رقم (3): عملية فرش السماد العضوي لإكمال نضجه وطحنه بعد اكتمال عملية النضج

كما جرى فحص المحتوى الميكروبي للسماد العضوي والذي يرتبط بسلامة النبات وسلامة الاشخاص الذين يتعاملون معه، كما تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة الموجودة في السماد العضوي لمعرفة وجودها ضمن محددات السماد العضوي المستخدمة للزراعة.

الفحوصات المخبرية:

تمت معظم الفحوصات المخبرية بالاعتماد على الطرائق القياسية في المصدر[3] ومنها:

1- **قياس الرقم الهيدروجيني PH:** تم قياس بإضافة (10) غم من النموذج المأخوذ على ارتفاع (10) سم من قاعدة البرميل الى (100) ملليتر من الماء المقطر ومزجه لعدة دقائق (Jackson,1973)وقياس الرقم الهيدروجيني لهذا المحلول بواسطة جهاز pH –meter بدقة 0.01 وحسب الفقرة (4500 –HB)

2- **قياس درجة الحرارة:** تم قياس درجة الحرارة باستخدام ميزان حرارة زئبقي موضوع على بعد (10) سم عن قاعدة البرميل ويعمل بالنظام المئوي بدقة 0.1 مْ وحسب الفقرة (212).

3- **قياس رطوبة النفايات:** تم قياس رطوبة باعتماد وزن النفايات قبل وبعد تجفيفها وباستخدام جفنة خزفية وميزان الكتروني دقته (0.0001) ملغم وفرن تجفيف بدرجة (103)ْ م، وتم العمل حسب الفقرة (D–٢٥٤٠).

4-**قياس تركيز المواد الصلبة المتطايرة Volatile Suspended Solid (VSS)** : تم في هذا الفحص استخدام جفنة خزفية ، ميزان الكتروني دقته (0.0001) ملغم ، وفرن تجفيف بدرجة (100 – 103) مْ وفرن حرق بدرجة (550 – 600) مْ وتم العمل حسب الفقرة (A-٣٥٤٠) .

5- **قياس تركيز الفوسفات:** تم قياس الفوسفات بطريقة كلوريد القصد يروز للنماذج المهضومة وقد تم اعتماد الفقرة D-4500).

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).

8-**قياس المعادن الثقيلة:** تم القياس باستخدام جهاز الامتصاص الذري Atomic absorption وحسب الفقرة (303 -A).

9- **التحلل الميكروبي في السماد العضوي:** تم تحضير النموذج بمزج (0.1) غم من السماد العضوي في (10) ملليتر من الماء المقطر المعقم ومن ثم اجراء الفحوصات الحيوية عليه في مخابر الطب البيطري ومخابر البحث العلمي (المخبر الاكلينكي) ومخبر الكيمياء الحديثة وقسم تغذية الحيوان في كلية الطب البيطري بحماة.

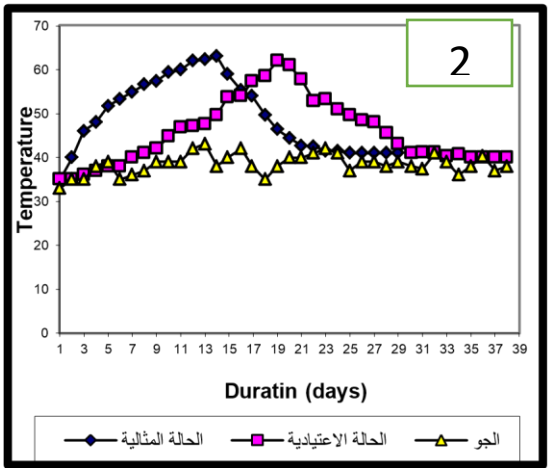
5- النتائج والمناقشةResults Discussion and :

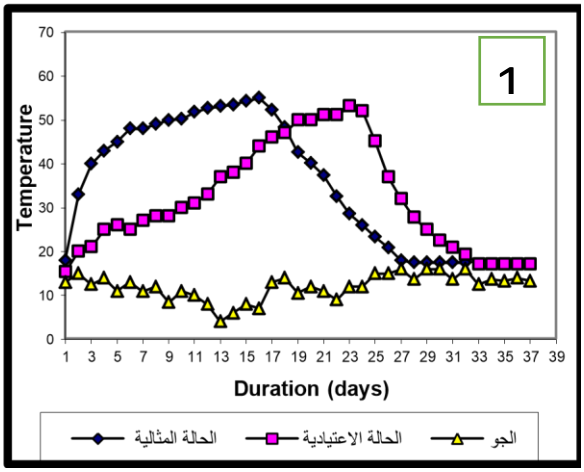
1- تغيير درجة الحرارة خلال فترة تكوين السماد العضوي:

يبين الشكلان (1) و (2) منحنيات تغير في درجات الحرارة لمزيج النفايات داخل البرميل وتغير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين السماد العضوي الحالة المثالية وللحالة الاعتيادية في موسمي الشتاء والصيف. نلاحظ من الشكل (1) ارتفاع حاد وسريع لدرجة حرارة مزيج النفايات داخل البرميل في الحالة المثالية خلال موسم الشتاء ووصولها الى قيمتها العليا 55 مْ في اليوم الخامس عشر ثم اخذت بالانخفاض لتصبح ثابتة في اليوم السابع والعشرون، وفي حين استغرق الارتفاع في درجات حرارة النفايات في حالة الاعتيادية أربع وعشرون يوما للوصول الى قيمته العليا (52) مْ للموسم نفسه ثم انخفض ليستقر في اليوم الثالث والثلاثون.

اما بالنسبة لتغيير درجات الحرارة لمزيج النفايات داخل البراميل في موسم الصيف فقد سلك نفس السلوك في موسم الشتاء كما هو موضح في الشكل (2) وان اعلى 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 عشر ثم عادت لتنخفض وتستقر في اليوم الثلاثين ويعزى ارتفاع درجات الحرارة الى نشاط الجراثيم المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic والجراثيم المحبة للحرارة العالية Thermophilic التي تساعد في اكسدة الكربون وتحويله الى ثاني اوكسيد الكربون مما ينتج عنه إطلاق كمية كبيرة من الحرارة[1] .

وقد تبين من خلال النتائج ان فترة تكوين السماد العضوي (فترة استقرار درجات الحرارة) هي الاقصر في الحالة المثالية مما عليه في الحالة الاعتيادية لكلا الموسمين لان فترة تكوين السماد العضوي تعتمد على طبيعة النفايات حيث تزداد هذه الفترة مع زيادة نسبة (الكاربون/النتروجين) في النفايات[1] لان هذه النسبة كانت الاعلى في الحالة الاعتيادية.





الشكل رقم (1): درجات حرارة مزيج النفايات داخل البراميل وتغير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الشتاء.

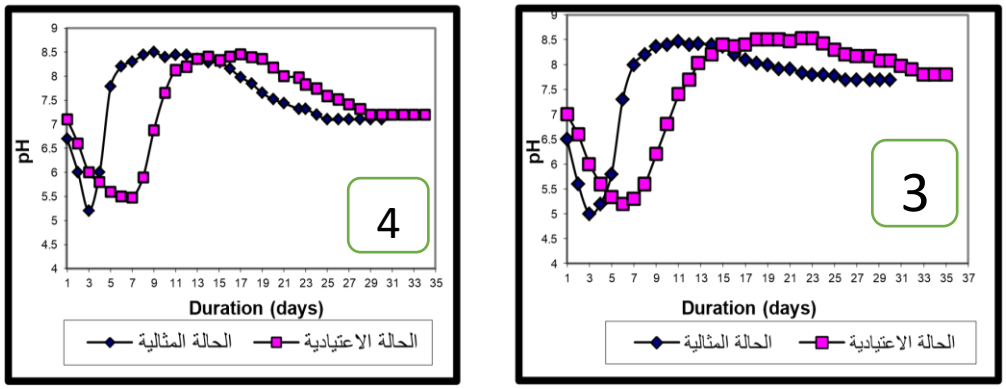
الشكل رقم (2): تغير درجات حرارة مزيج النفايات داخل البراميل وتغير درجات حرارة الجو خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الصيف.

2-تغير قيمة الرقم الهيدروجيني خلال فترة تكوين السماد العضوي:

كانت قيمة الرقم الهيدروجيني(pH) لمزيج النفايات في موسم الشتاء في اليوم الاول 6.5 للحالة المثالية و7 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 السماد العضوي. اما بالنسبة للحالة الاعتيادية في نفس الموسم فقد حصل أدني انخفاض للرقم الهيدروجيني 5.2 في اليوم السادس ومن ثم ارتفعت لتصل الى 8.5 في اليوم الثاني والعشرين لتنخفض بعدها وتستقر عند 7.8 في اليوم الثالث والثلاثون كما هو موضح في الشكل (3).

اما بالنسبة لموسم الصيف يلاحظ من الشكل (4) ان قيمة الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات في اليوم الاول كان 6.7 للحالة المثالية و7.1 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 انخفضت لتستقر عند 7.2 في اليوم الخامس والعشرون. بينما حصل أدني انخفاض للرقم الهيدروجيني (5.5) في اليوم السادس للحالة الاعتيادية ثم اخذت بالارتفاع لتصل الى (8.5) في اليوم السابع عشر بعدها انخفضت لتستقر عند (7.2) في اليوم التاسع والعشرون من عملية الهضم.

يعزى انخفاض قيم pH٠ في المراحل الاولى من عملية الهضم الى التحلل السريع للمواد العضوية مم ينتج عنه إعطاء حوامض عضوية مثل حامض الخليلAcetic Acid وحامض البيوتاريك Butric Acid التي تتسبب في خفض قيمة ال pH٠ اما ارتفاع قيمة pHيحصل نتيجة استهلاك هذه الحوامض من قبل الاحياء المجهرية وتحويلها الى مركبات عضوية ذات تأثير حامضي اقل [6]. كما يعزى وصول الرقم الهيدروجيني الى اخفض حد له خلال 6 ايام في الحالة الاعتيادية و3 ايام في الحالة المثالية هو انخفاض المواد العضوية في الحالة المثالية وحاجتها الى وقت اقل للتحلل مقارنة مع الحالة الاعتيادية.

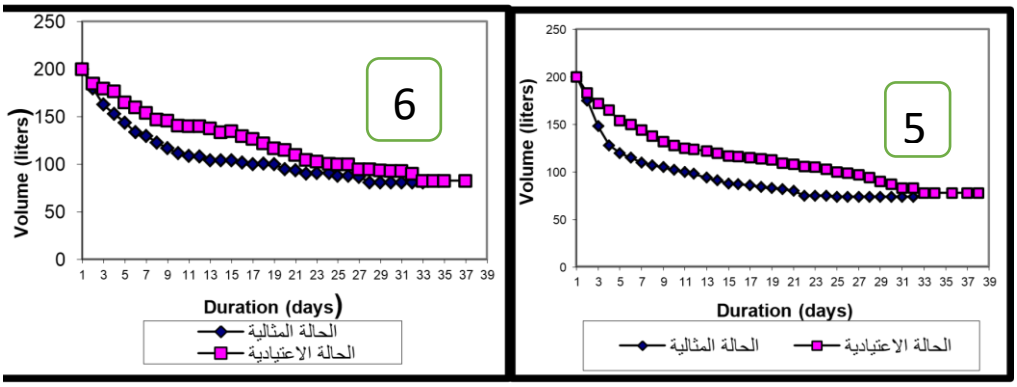


الشكل رقم (3): تغير الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الشتاء.

الشكل رقم (4): تغير الرقم الهيدروجيني لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الصيف.

3- انخفاض حجم النفايات خلال فترت تكوين السماد العضوي:

تم اعتماد تغيير ارتفاع النفايات في البراميل لتحديد قيم الانخفاض في حجم النفايات لكلا الموسمين كما موضح في الشكلين(5) و(6). وقد كان الانخفاض في الايام الاولى أسرع في حالة المثالية عن الحالة الاعتيادية، ويعزى ذلك الى سرعة تكوين الاحياء المجهرية بسبب وفرة النتروجين حيث تقوم هذه الاحياء بتحليل المواد العضوية وخفض حجم النفايات بسرعة أكبر[14]. ويستمر الانخفاض في الحجم الحالتين نتيجة تحلل المواد العضوية الى حد الثبات في الحجم. وقد مثل ما تبقى من الحجم نسبة 40.5% شتاءا و37% صيفا في الحالة المثالية، وفي حين مثل نسبة 41.5% شتاءا و39% صيفا في الحالة الاعتيادية، ويعزى الاختلاف البسيط للحالتين في الصيف عما هو عليه في الشتاء الى تأثير عملية التبخير التي تزداد صيفا.



الشكل رقم (5): تغير حجم مزيج النفايات اثناء عملية الهضم في موسم الشتاء.

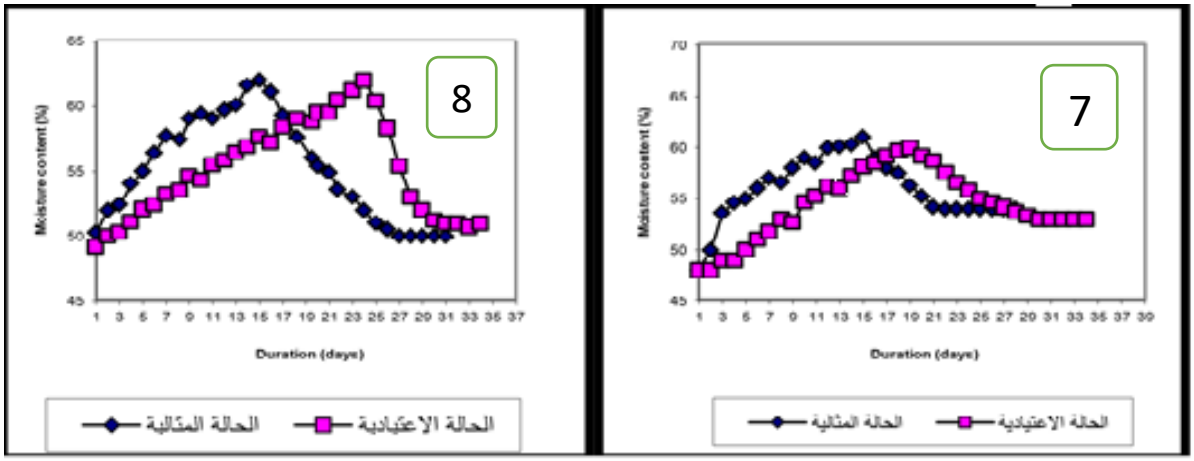
الشكل رقم (6): تغير حجم مزيج النفايات اثناء عملية الهضم في موسم الصيف.

٤-تغير محتوى الرطوبة خلال فترة تكوين السماد العضوي:

ذكر الباحثان [2،3]ان محتوى الرطوبة الامثل خلال مراحل تكوين السماد العضوي يتراوح ما بين 55 %، وان زيادة محتوى الرطوبة يعمل على ملئ الفراغات بين جزيئات النفايات الماء ويقلل من تبادل الاوكسجين مما يخلق ظروف لا هوائية وانبعاث روائح غير مقبولة، مع خفض درجات الحرارة الهضم، في حين انخفاض محتوى الرطوبة يجعل عملية تكوين السماد العضوي بطيئة. وقد لوحظ من الشكلين (7) و(8) وقد 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 و60% في الحالة الاعتيادية وكانت جميع النسب ضمن المحتوى الامثل للرطوبة.

ويعزى هذا التقارب النسبي في محتوى الرطوبة الى ضعف تأثير اختلاف درجات حرارة الجو على هذه الخاصية اثناء فترة تكوين السماد العضوي، ويعزى 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 [2] ايضا.



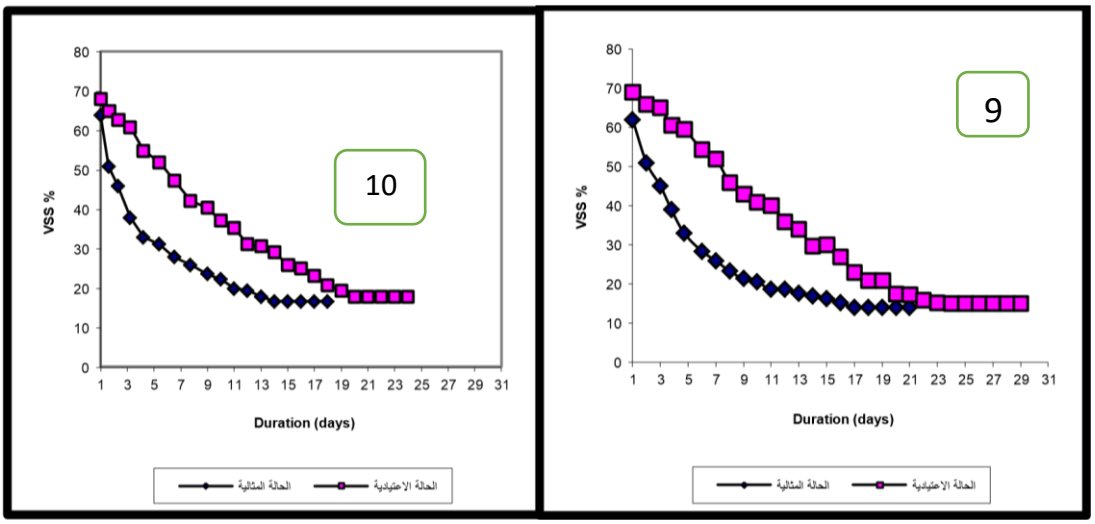
الشكل رقم (7): تغير محتوى الرطوبة لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الشتاء.

الشكل رقم (8): تغير محتوى الرطوبة لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الصيف.

5 – تتغير تراكيز المواد الصلبة المتطايرة خلال فترة تكوين السماد العضوي:

نلاحظ من الشكلين (9) و (10) ان النسب المئوية للمواد الصلبة المتطايرة Volatile Suspended Solid(VSS) في مكونات النفايات المستخدمة في بداية عملية الهضم هي 62% شتاءا و65 % صيفا في الحالة المثالية، و70% شتاءا و68% صيفا 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 و20% صيفا في حين كانت هذه القيم قد استقرت عند 20% شتاءا و21% صيفا في حالة

الاعتيادية. ويعزى سبب هذا الاختلاف فيالحالتين المثالية والاعتيادية الى اختلاف محتوى النفايات من المواد العضوية في كل حالة.



الشكل رقم (9): تغيرVSS لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الشتاء.

الشكل رقم (10): تغير VSS لمزيج النفايات داخل البراميل خلال فترة تكوين السماد العضوي في موسم الصيف.

6– التحليل المكروبي السماد العضوي:

بسبب استخدام الفلاحين للسماد العضوي في الحقول الزراعية، وجد من الضروري التأكد من خلوه من الاحياء الممرضة لضمان عدم تعرضهم لها نتيجة التلامس المباشر مع ضمان عدم تلوث النباتات بهذه الاحياء. وقد تبين من النتائج التحليل المكروبي للسماد العضوي الجدول (3) خلوه من الاحياء الممرضة لكلا الحالتين صيفا وشتاءا، ويعود السبب في ذلك الى ارتفاع درجات حرارة الهضم داخل البراميل والتي تعمل على قتل الاحياء الممرضة كما اكده الباحثون [12 –14–7––4] .

الجدول رقم (3): نتائج التحليل الميكروبي لنماذج السماد العضوي

نوع الميكروب	النموذج الشتوي عدد الخلايا / غم سماد		النموذج الصيفي عدد الخلايا / غم سماد	
	الحالة المثالية	الحالة الاعتيادية	الحالة المثالية	الحالة الاعتيادية
العدد الكلي للبكتيريا Total bacterial count	106*5.5	106*8	5*106	6*106
العدد الكلي لبكتيريا الكليفورم Total coliform	103*4	103*5.2	NIL	NIL
بكتيريا القولون البرازية Fecal coliform	NIL	NIL	NIL	NIL
أنواع السالمونيلا Salmonella sp.	NIL	NIL	NIL	NIL

ج – قياس تراكيز المعادن الثقيلة في نماذج السماد العضوي:

يبين الجدول (4) تراكيز العناصر الثقيلة الموجودة في السماد العضوي ويلاحظ من النتائج ان تركيز كل من الكادميوم ((Cd والرصاص (Pb) والنحاس (Cu) والزنك (Zn) تقع ضمن محددات السماد العضوي الصالح للاستخدام كمادة محسنة للتربة والمشار إليها في نفس الجدول.

الجدول رقم (4): معدل تراكيز المعادن الثقيلة في السماد العضوي

العناصر الثقيلة ملغم /كغم	الحالة المثالية		الحالة الاعتيادية		المحددات [11]
	شتاء	صيف	شتاء	صيف	
الكادميوم	0.7	0.6	0.9	0.8	10>
الرصاص	60.3	62.2	70.8	71.2	250>
النحاس	17.7	16.8	21.1	22.6	1000>
الزنك	85.9	88.2	90.1	92.3	2500>

7 – قياس وزن السماد العضوي الجاف الناتج عن عملية الهضم:

يبين الجدول (5) أوزان النفايات البلدية المستخدمة في البحث والمطلوب ملئ برميل واحد منها سعة (200) لتر لكل حالة من حالات البحث وأوزان السماد العضوي الناتج عن كل حالة.

الجدول رقم (5): أوزان النفايات الصلبة والسماد العضوي الناتج عنها

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

6- <u>الاستنتاجات:</u>

1- عملية هضم القمامة البلدية بهذه الطريقة أدت إلى التقليل م حجم ووزن النفايات البلدية.

2- إن اجراء التحويرات على البراميل المستخدمة في الدراسة جعل عملية الهضم هوائية بشكل طبيعي ومن دون حصول تحلل لا هوائي من خلال عدم ملاحظة انبعاث روائح كريهة أو وجود ديدان أثناء عملية الهضم.

3- وجد تأثير تغير درجات حرارة الجو بسيط جدا على عملية الهضم الهوائي للنفايات.

4- إن تغيير 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 السماد العضوي في الحالة المثالية أقصر ما الحالة الاعتيادية وكانت خلال موسم الصيف أقصر مما عليه في موسم الشتاء.

6- خلو السماد العضوي من الاحياء الممرضة للحالتين الاعتيادية والمثالية ولكلا الموسمين الصيف والشتاء.

7- تراكز المعادن الثقيلة في السماد العضوي كانت ضمن المحددات المسموحة لاستخدام السماد العضوي كسماد زراعي.

8- معدل نسب المغذيات (K، P،N) في السماد العضوي الناتج في البحث قريبة جدا من نسب وجودها في السماد التجاري .

9- انخفاض كلفة تحضير السماد العضوي من النفايات البلدية بطريقة الهضم الهوائي التي اجريت خلال البحث مقارنة مع كلفة شراء السماد العضوي التجاري.

7- <u>التوصيات</u>

1- إمكانية تحويل هذه الدراسة الى مشروع كبير لإنتاج السماد العضوي في مدينة حماه.

2- اجراء دراسة لتحضير السماد العضوي من مزج النفايات المنزلية مع النفايات الصلبة الحقول الدواجن او المجازر ودراسة نوعية السماد العضوي الناتج عن ذلك.

3- نوصي بعدم رص النفايات الصلبة داخل البراميل أثناء عملية الهضم وعدم تقطيع كافة النفايات بأحجام صغيرة لجعل الفراغات بينها لغرض التهوية.

8- **المراجع:**

1- فلنتوف، فرانك 1988 " معالجة النفايات الصلبة في البلدان النامية "، منظمة الصحة العالمية، المكتب الاقليمي شرق البحر المتوسط / الاسكندرية.

2- 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-.792.

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

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

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

6- 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-.98 .

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

8- Inckel, M.; Smet, P.D.; Tersmette, T. and Veldkamp, T. (2005) "The Preparation and Use of Compost", 7th. Edition, Digigrafi, Wageningen, the Netherlands.

9- Metcalf and Eddy, (2003) "WasteWater Engineering Treatment, disposal / reuse", 4th Edition, *McGraw-Hill, Inc., New York*.

10- Minnich, J.; Hunt, M. and the Eds. Of Organic Gordening, (1979) "The Rodale Guide to Composting", Rodale Press, Emmaus, PA.

11- USEPA (1995) "Decision Maker's Guide to solid Waste Management, V. 2, (EPA 530-R-95-023)" Standard for Compost Produced by Aerobic Process.

12- Vesilind, P.A. and Rimer, A.E. (1981) "Unit Operations in Resource Recovery Engineering", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

13- 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.

14- Wilkie, A.C. (2005)"Anaerobic Digestion: Biology and Benefites", Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES), Vol.76, No.3, PP. 63-72.