دراسة بعض المؤشرات الفيزيائية للكومبوست وتقدير كميته الناتجة عن تخمير المواد العضوية في مركز معالجة النفايات الصلبة في طرطوس

شفق حرفوش[1]* وهيثم شاهين[2] ومضر حرفوش[3]

(1). مديرية إدارة النفايات الصلبة، الأمانة العامة في محافظة طرطوس، طرطوس، سورية.

(2). قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(3). قسم هندسة النظم البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(*للمراسلة: د. شفق حرفوش. البريد الالكتروني: Shafakhar@Hotmail.com).

تاريخ الاستلام:2022/05/4 تاريخ القبول:2022/09/21

الملخص

يهدف البحث إلى حساب كمية الكومبوست الناتجة عن تخمير طن واحد من المواد العضوية المفروزة من نفايات محافظة طرطوس بالإضافة إلى مراقبة تغيرات الحرارة ونسبة الإشباع بالأكسجين الهوائي والرطوبة للمواد العضوية خلال عملية التخمير. وتم إجراء البحث في المركز المتكامل لمعالجة المخلفات البلدية الصلبة في وادي الهدة في محافظة طرطوس في عام 2019 ، في ساحة التخمير الهوائي للمواد العضوية المفروزة عن باقي ظهرت النتائج أن كل واحد طن من المواد العضوية الخشنة ينتج عنه 400 كغ كومبوست، وكل واحد طن من المواد العضوية الناعمة ينتج عنه 600 كغ من الكومبوست. وتبين أن الكومبوست الناتج يحافظ على نسبة رطوبة جيدة خلال فترة التخمير(شهر) (40–60) %، وتصل درجة حرارته إلى (C°60) أثناء التخمير وبالتالي فقد تحققت عملية التعقيم والقضاء على الجراثيم الخطرة الممرضة ونلاحظ انخفاض نسبة الإشباع بالأكسجين مع تزايد زمن التخمير البيولوجي وأنه يصل إلى فترة الإنضاج النهائي برطوبة 60% وحرارة معتدلة وليس له رائحة كريهة.

الكلمات المفتاحية: الكومبوست، المخلفات البلدية الصلبة، التخمير، النفايات العضوية، نسبة الاشباع بالأوكسجين.

المقدمة:

أصبحت النفايات البلدية الصلبة الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة، خطراً كبيراً على البيئة والإنسان لأن تزايد كمياتها الناتجة يومياً تجاوز قدرة البيئة على تحليلها (Torochaishnikov and Rodionov, 1981) وتحويلها إلى مواد مفيدة، أو غير مؤذية (Young, 1991 (Awad, 1996)، كما أن الاستخراج المتزايد للمواد الخام (الثروات المعدنية والنفط و..)ونفايات المعامل الناتجة عن تصنيعها يساهم في استنزاف الموارد الطبيعية ويلحق ضرراً مستمراً في البيئة (Chahin and Wazan, 1997)، ففي كل عام يتسبب استخراج المواد الخام بإتلاف ملايين الهكتارات من الأراضي. والذي يدمر ملايين الأشجار إضافة إلى إنتاج كميات هائلة جداً من النفايات الصلبة المختلفة (بلدية ونفايات معامل) التي تطمر ضمن مكبات عشوائية على مساخات واسعة وتسبب تلوث التربة و المياه والهواء (Chahin and Awad, 2001) , ناهيك عن التلوث الناتج عن إنتاج واستعمال الطاقة اللازمة لاستخراج المواد الخام وتصنيعها (Chong, 2001) (شاهين وعوض، (2003 Gea et al, 2004)).

وقد أدركت العديد من دول العالم أن النفايات الصلبة بأنواعها كنزاً مغفولاً عنه يمكن أن يلعب دوراً هاماً في الاقتصاد والصناعة مثل الوقود البديل Refuse Derived Fuel (RDF) وهو مصدر للطاقة الحرارية المستمدة من النفايات الصلبة البلدية التي أزيلت منها المواد غير القابلة للاحتراق (الزجاج والمعادن..) حيث يتم طحن النفايات، وتجفف وترزم ثم تحرق لإنتاج الطاقة،ويستخدم كوقود مساعد للفيول المستخدم في أفران معمل الإسمنت التي تحتاج إلى الحرارة العالية فهو يعتبر أفضل حل تقني وفعال من حيث الكلفة والكفاءة فضلاً انها مادة صديقة للبيئة وتمكن من الاستفادة من النفايات بدلاً من طمرها في مكب النفايات وتلويث التربة والمياه الجوفية، بالإضافة إلى أن إعادة تدوير النفايات واستخدامها مرة أخرى يوفر كثيراً في المواد الأولية اللازمة للصناعات (Chiemchaisri et al. 2007).

إن مصطلح كومبوست (السماد العضوي المخمر) هو مصطلح لاتيني يعني خليط أو مجموعة مواد متعددة أو مختلفة المصادر. ويعرف بأنه ناتج التحلل الحيوي(البيولوجي) للمادة العضوية سواء كانت من أصل نباتي أو حيواني بفعل البكتريا وبعض الكائنات النافعة تحت ظروف بيئية معينة من الحرارة والرطوبة والتهوية الجيدة. وهناك نوعان من الكومبوست بحسب طريقة إنتاجه الكومبوست الهوائي والكومبوست اللاهوائي. وللكومبوست فوائد عديدة يستخدم كمحسنات للتربة وله فوائد بيئية لأنه يمكننا من تقليص كمية النفايات البلدية التي ستطمر إلى 25% وذلك بتخمير المواد العضوية الموجودة في النفايات والتي تشكل نسبة 60% تقريباً وتحويلها إلى كومبوست والنسبة الباقية 15% عي نسبة المواد المفروزة القابلة لإعادة التدوير مثل الألمنيوم والحديد والورق و... (شاهين ووزان، 2011) وأيضاً للكومبوست فوائد اقتصادية تكمن بتوفير السماد للمزروعات بكلفة أقل بكثير من كلفة السماد المستورد وأصبح الاهتمام لا يتوقف على استخدام الكومبوست في الإنتاج الزراعي وكيفية زيادة كمية المحصول لتحقيق أفضل إنتاجية ممكنة وإنما امتد إلى كيفية إيجاد أسلوب جديد متكامل يضمن الاستفادة من المخلفات الزراعية الناتجة وتحويلها إلى قيمة اقتصادية يتنافس المستثمرون على كيفية إعادة استثمارها وتنوع الاستثمارات فيها.(صوان وآخرون، 2010)

تعد عملية التخمير فعالة لمعالجة العديد من المخلفات منها المواد العضوية الموجودة ضمن المخلفات البلدية الصلبة (MSW) /Municipal Solid Waste/، والحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي ونفايات البساتين والحدائق (شاهين ووزان، 2011)، لهذا نرى أن كثيراً من دول العالم تنشئ مراكز للتخمير بغرض الاستفادة من هذه المخلفات وفي الوقت نفسه تحقيق التوفير في مساحات الأراضي اللازمة لوحدات طمر هذه المخلفات (حرفوش وآخرون، 2013).

وللحصول على سماد ذي مواصفات عالية يجب معالجة المخلفات البلدية الصلبة بشكل متكامل، وتشمل مراحل المعالجة الأولية عموماً طحن الورق والمواد العضوية الأخرى لتصغير أحجامها بين 5 – 2.5 سم كما تشمل الفرز لإخراج المواد المعدنية والزجاج وقطع البلاستيك وغيرها من المواد غير القابلة للتخمير. وتؤمن عملية الطحن التهوية الأولية للمخلفات التي ستخضع لاحقاً للتخمير البيولوجي الهوائي (المعالجة الثانوية)، إذ تزيد بذلك مساحة السطح المتوفرة أمام نشاط الجراثيم الموجودة (حرفوش وآخرون، 2018)

تعتبر عملية التخمير الهوائي الطريقة المثلى لإنتاج سماد عضوي عالي الجودة وهي إحدى وسائل المعالجة البيولوجية للمخلفات العضوية سواءً كانت من أصل نباتي أو حيواني وذلك بواسطة البكتريا النافعة التي تعمل على تحلل هذه المواد عند توفر البيئة المناسبة من الرطوبة (60٪) ودرجة الحرارة المثلى (60–70) درجة مئوية فنحصل على سماد عضوي جيد, وقد يضاف بادئ بكتيري كمنشط يساعد في سرعة تحلل تلك المخلفات العضوية فيرتفع محتواها من الدبال الذي يعمل على إثراء التربة بالكائنات

الحية فتقوم بتثبيت نيتروجين الهواء الجوي وإذابة الفوسفور والبوتاسيوم فتكون ميسرة للنبات الذي يمتصها فينمو بكفاءة عالية.(شاهين وعوض، 2003).

تظهر مشاكل التلوث بوضوح في المنطقة الساحلية لازدياد الكثافة السكانية فيها، وتعدد الأنشطة البشرية التي ينتج عنها مخلفات متنوعة تلوث كافة مكونات النظم البيئية ولاسيما التربة والمياه، لذلك عملت الجهات المختصة في سعيها للحد من التلوث الناتج عن مكبات القمامة العشوائية على إنشاء عدة مراكز لمعالجة النفايات الصلبة ومنها المركز المتكامل لمعالجة المخلفات الصلبة في وادي الهدة في محافظة طرطوس، يتضمن هذا المركز معملاً للفرز وساحات لتخمير المواد العضوية ومطمراً صحياً. حيث يتم في البداية فرز النفايات القابلة لإعادة التدوير في معمل الفرز (بلاستيك –ألمنيوم ..) ليتم بيعها، ثم يتم نخل القسم المتبقي من النفايات (وهي نفايات عضوية ومرفوضات) على منخل خشن بقطر 10 سم لينتج عنه مواد عضوية خشنة، ثم ينخل على منخل بقطر 5 سم لينتج عنه المواد العضوية الناعمة حيث يتم وضعها على هيئة مصفوفات على نوعين خشنة وناعمة، ثم يتم تقليب وترطيب ومتابعة المصفوفات لحين تحول المادة العضوية إلى سماد عضوي، ثم تنقل إلى منطقة النخل النهائي حيث يفصل السماد عن الشوائب ويكون جاهز للبيع. (حرفوش وآخرون، 2018) (شاهين، 2019).

فالمركز ينتج كميات كبيرة من الكومبوست ولكن لا توجد دراسة لمعرفة الكميات الناتجة عن تخمير النفايات العضوية بشكل دقيق أو مراقبة تغيرات الرطوبة والحرارة أثناء عملية التخمير، ومن هنا جاءت فكرة هذا البحث.

أهداف البحث

يعمل المركز المتكامل لمعالجة المخلفات الصلبة في وادي الهدة في طرطوس بطاقة إنتاجية تبلغ 360 طن في اليوم، وينتج كميات كبيرة من الكومبوست، ويقبل المزارعون على شرائه بكميات كبيرة ليتم استخدامها بتسميد المزروعات وذلك بسبب الحاجة الماسّة للسماد العضوي في محافظة طرطوس والضواحي المجاورة، بالإضافة إلى رخص السعر، ولكن لا توجد دراسة لحساب هذه الكميات الناتجة عن تخمير النفايات بشكل دقيق أو دراسة لتغيرات الرطوبة والحرارة أثناء عملية التخمير، ولا يتم قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة النهائية للكومبوست الناتج عن كل دفعة قبل بيعه للتأكد من اكتمال التخمر (أي عندما يصبح كامل التخمر وجاهز للاستخدام والبيع) ، مع التأكيد على أهمية حساب النسبة C/N في نجاح عملية التخمير ، حيث تم بحث ذلك بشكل مفصل في دراسة سابقة. لذلك يهدف البحث إلى

1. معرفة كمية الكومبوست الناتجة عن معالجة طن واحد من النفايات الصلبة الداخلة إلى مركز وادي الهدة.
2. مراقبة تغيرات الحرارة والرطوبة خلال مراحل تخمر المواد العضوية وحتى اكتمال النضج.

مواد البحث وطرائقه

موقع الدراسة

أجري هذا البحث في مركز وادي الهدة لمعالجة المخلفات الصلبة الواقع في قرية الفطاسية على بعد 13كم جنوب شرق طرطوس وعلى ارتفاع حوالي 180 م عن سطح البحر، وذلك في قسم التخمير الهوائي للمواد العضوية وإنتاج الكومبوست وذلك خلال الفترة 2019/6/1 وحتى 2019/8/1 وذلك في ساحة الكمر الهوائي للمواد العضوية المفروزة عن باقي النفايات حيث يتم وضعها على هيئة مصفوفات على نوعين خشنة ناتجة عن منخل 10 سم وناعمة ناتجة عن منخل 5سم وذلك لمدة ثلاث أشهر، حيث تنقل كلاً من المواد العضوية الخشنة والناعمة إلى ساحات التخمير الهوائي ليتم تخميرها كل على حدى وبعد تشكل الكومبوست المكتمل

الناضج تتعرض للغربلة في الغربال لينتج الكومبوست المكتمل التخمر ويتم دمج الكومبوست الناتج عن المواد العضوية الخشنة والناعمة مع بعضهما. للحصول على نوعية أفضل وهي الطريقة المتبعة في معمل وادي الهدة.

تحضير المصفوفات

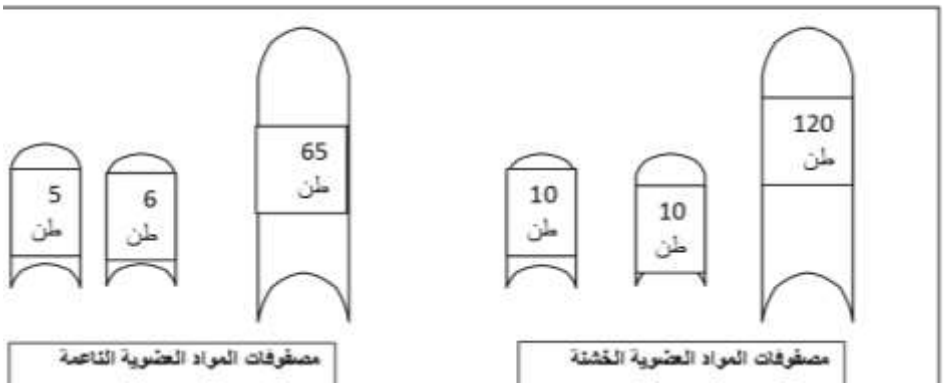
أولاً: تكوين المصفوفات:

تم تجميع المواد العضوية بنوعيها الخشنة الناتجة عن منخل 10 سم والناعمة الناتجة عن منخل 5سم من المناخل ونقلت إلى قسم التخمير حيث تم وزنها ووضعها بست

مصفوفات وتم ذلك باستخدام شاحنات. الشكل (1). وفق الآتي

ثلاث مصفوفات من المواد العضوية الخشنة: مصفوفة وزنها 120 طن، ومصفوفتين وزن كل منها 10 طن.

ثلاث مصفوفات من المواد العضوية الناعمة: مصفوفة وزنها 65 طن، ومصفوفتين بوزن 6 طن،5 طن



الشكل(1): مصفوفات المواد العضوية بنوعيها الخشنة والناعمة

التخمر والإنضاج

1. تم ترطيب المواد العضوية بإضافة المياه للاحتفاظ بنسبة رطوبة من 25 % إلى 30 % المناسبة لنشاط الأحياء الدقيقة التي تعمل في الظروف الهوائية مما يؤدى إلى سرعة إتمام عمليات التخمر والإنضاج. ولتصل الرطوبة في السماد النهائي الى 25%-50%. (Gabriela, 2010)
2. تم تقليب وتهوية المصفوفات بمعدل مرتين أسبوعيا لضمان وجود الأكسجين اللازم لعملية التخمر مع تفتيت وتجانس المخلفات لزيادة مساحة التعرض للنشاط الميكروبي (Gea *et al*, 2004)، وذلك بواسطة آلة التقليب.
3. تم التقليب لمدة تتراوح من 36 إلى 42 يوم حتى الوصول إلى مرحلة الثبات البيولوجي ويعرف ذلك بثبات درجة الحرارة .(Guanzon and Holmer, 2001)
4. من أجل قياس درجة الحرارة (Temperature) ونسبة الإشباع (Saturation) في أكوام السماد وخلال فترة المعالجة البيولوجية حيث تم رصد تطور درجة الحرارة ونسبة الإشباع بالأكسجين الهوائي لمدة (18 يوماً) هذا مع التقليب الدوري لأكوام المواد العضوية وعند اكتمال التخمر أي بعد شهر، وقد استخدم للقياس الجهاز " Oxygen-Temperature Hand-m easuring System CM 36" الألماني الصنع. وهو عبارة عن مسبر بطول /2/ متر تقريباً يوضع في كومة السماد وموصول بشاشة رقمية تعطي قيمة نسبة الإشباع بالأكسجين ودرجة الحرارة.

5. نسبة الرطوبة: تمّ تقدير الرطوبة باستخدام الأدوات والأجهزة الرئيسية التالية: ميزان حساس بكفة، فرن للتجفيف، وأدوات أخرى مساعدة مثل أكياس نايلون، قفازات، كمامات. حيث أخذت ثلاث عينات من المصفوفات الخشنة وثلاث عينات من المصفوفات الناعمة وذلك في(2019/7/1) أي بعد مرور شهر واكتمال التخمر. وفق المراحل الآتية:

أهم المراحل التي تمّت لتقدير نسبة الرطوبة:

تم قياس الرطوبة بالطريقة المتبعة في مخبر التربة في كلية الزراعة بجامعة تشرين وفق المراحل التالية:

أ-مرحلة أخذ العينات: تمّ جمع ثلاث عينات عشوائية من مصفوفات المواد العضوية الخشنة، وثلاث عينات عشوائية من مصفوفات المواد العضوية الناعمة (بحدود واحد كغ لكل عينة). وذلك لثلاث فترات:

الأولى في بداية التخمير بتاريخ 2019/6/1 والثانية في منتصف المرحلة بتاريخ 2019/6/15 والثالثة عند اكتمال التخمر بتاريخ 2019/6/30 (ثلاث مكررات في كل فترة)

نقلت المكررات إلى المخبر وفرغت فوق قطعتي نايلون في أرض المخبر وقطعت الأجزاء الكبيرة إلى أصغر ما يمكن وتمّ خلطها جيداً بواسطة المسطرين والمجحف حتى حصلنا على عينتي الأنموذج (أقرب ما يمكن إلى التجانس).

ب-مرحلة تقدير الرطوبة الأولية:

I- تمّ وزن ثلاثة مكررات للخشنة وثلاثة للناعمة كل واحد في جفنة بورسلان كبيرة سعة 1/2كغ بعد تجفيفها تماماً وتبريدها وذلك في الفترات الثلاثة للتخمير (بداية ومنتصف ونهاية).

1- متوسط وزن المكررات الثلاثة في 2019/6/1 = 485.65 غ لكل من الخشنة والناعمة

2- متوسط وزن المكررات الثلاثة في 2019/6/15 = 508.35 غ لكل من الخشنة والناعمة

3- متوسط وزن المكررات الثلاثة في 2019/6/30 = 516.85 غ لكل من الخشنة والناعمة

II- تمّ وضع العينات في فرن التجفيف على درجة 70°C لمدة 24 ساعة، بعد ذلك تمّ تبريدها بمعزل عن الهواء لمدة نصف ساعة ثم وزنت وتمّ حساب الرطوبة الأولية من الفرق بين الوزنين قبل التجفيف وبعد التجفيف لكل عينة. ثم تم حساب النسبة المئوية للرطوبة الأولية وهي الرطوبة الأولية ×100 ومقسومة على الوزن قبل التجفيف

ج-مرحلة تقدير الرطوبة الثانوية:

أعيدت المكررات إلى فرن التجفيف على درجة 105°C لمدة ثلاث ساعات فقط ثم بردت بمعزل عن الهواء (مجفف) لمدة نصف ساعة ثم وزنت وتم تسجّيل أوزان المكررات. ويتمّ حساب الرطوبة الثانوية من الفرق بين الوزن على 70°C والوزن على 105° C. ثم تم حساب النسبة المئوية للرطوبة الثانوية وهي الرطوبة الثانوية ×100 ومقسومة على الوزن قبل التجفيف على درجة 105°C(أي عند الدرجة 70°C).

د-مرحلة حساب النسبة المئوية للرطوبة الكلية:

% للرطوبة الكلية = % الرطوبة الأولية + % الرطوبة الثانوية.

بعد 60 يوماً في 2019/8/1 نقلت إلى منطقة النخل النهائي حيث تم فصل السماد عن الشوائب بغربلة المصفوفات بالغربال المخصص ثم تم وزنها.

النتائج والمناقشة

وزن الكومبوست الناتج:

تم تسجيل وزن كل مصفوفة من مصفوفات المواد العضوية الخشنة والناعمة عند تشكيل المصفوفة أي قبل التخمر وبعد اكتمال التخمر وبعد عملية الغربلة (النخل) بالغربال كما تم حساب واستنتاج وزن الكومبوست الناتج عن تخمير واحد طن كما هو موضح بالجدول(1)

الجدول (1): وزن مصفوفات المواد العضوية قبل وبعد اكتمال التخمر والوزن الناتج عن تخمر 1 طن نفايات عضوية

رقم المصفوفة	1 (خشنة)	2(خشنة)	3(خشنة)	1(ناعمة)	2(ناعمة)	3(ناعمة)
الوزن قبل التخمر(نفايات عضوية)	100 طن	10 طن	10 طن	50 طن	10 طن	10 طن
الوزن بعد اكتمال التخمر الهوائي والغربلة	30 طن	2.5 طن	3 طن	25 طن	6 طن	5.5 طن
الوزن الناتج عن تخمر 1 طن نفايات عضوية	0.3 طن	0.25 طن	0.3 طن	0.5 طن	0.6 طن	0.55 طن

من الجدول السابق يتبين أن:

- كل واحد طن المواد العضوية الخشنة ينتج عنها ما يقارب 300 كغ كومبوست جاهز للبيع (بعد اكتمال التخمر والغربلة) أي تقريباً بنسبة 30% من النفايات العضوية.
- كل واحد طن المواد العضوية الناعمة ينتج عنها ما يقارب 500 كغ كومبوست جاهز للبيع (بعد اكتمال التخمر والغربلة) أي تقريباً بنسبة 50% من النفايات العضوية الخام.

أي أن كل 1 طن من النفايات العضوية ينتج عنه تقريباً 400 كغ كوميوست (بنسبة 40%) خشنة وناعمة وخي نتيجة منطقية ومتناسبة مع ما ذكره شاهين، (2019).

التحاليل الفيزيائية:

1- النسبة المئوية للرطوبة:

النسبة المئويّة لرطوبة الوسط الزراعيّ تعطي فكرة واضحة عن قدرته على الاحتفاظ بالماء فالرطوبة الكافية تزيد من نشاط الكائنات الحيّة الدقيقة (شاهين، 2019).

تم حساب الرطوبة الأولية ونسبتها المئوية والرطوبة الثانوية ونسبتها المئوية والنسبة المئوية للرطوبة الكلية وذلك لكل من المواد العضوية الخشنة والناعمة وعلى ثلاث فترات (1، 15، 30) /2019/6، وتم عرضها بالجدول (2) والجدول (3)، حيث يلخص الجدول رقم (2) قيم الرطوبة النسبية الناتجة لمصفوفات المواد الخشنة أثناء المراحل الثلاثة من التخمير

الجدول (2): نسبة الرطوبة النسبية والأوزان المقاسة في المصفوفات الخشنة

العامل	متوسط العينات الثلاثة في بداية التخمير 2019/6/1	متوسط العينات الثلاثة في منتصف التخمير 2019/6/15	متوسط العينات الثلاثة في نهاية التخمير 2019/6/30
% للرطوبة الأولية	%45.65	%39	%52.85
% الرطوبة الثانوية	%5.92	%5.5	%8.03
% الرطوبة الكلية	%51.57	%44.5	%60.8

حيث يلاحظ ارتفاع نسبة الرطوبة فيها وذلك في المراحل الثلاثة 51.57%، 44.5%، 60.8%، وذلك بسبب استمرار عمليات الترطيب والتقليب ونلاحظ أن الكومبوست الناتج عن المصفوفات الخشنة يصل إلى فترة الإنضاج النهائي برطوبة 60.8 % وهي رطوبة مناسبة ومتوافقة مع ما أكده (2004), Gea *et all*. حيث تكون المسامات كبيرة في المصفوفات الخشنة والبنية مفككة أقل قدرة على الاحتفاظ بالماء من المصفوفات الناعمة.

كما تم قياس قيم الرطوبة النسبية الناتجة لمصفوفات المواد الناعمة أثناء التخمير ولثلاث فترات حيث يلاحظ ارتفاع نسبة الرطوبة فيها أكثر من مصفوفات المواد العضوية الخشنة الجدول (3) وذلك في العينات الثلاث المأخوذة 49.37%، 60.19%، 62.4% وهذا يعود لصغر الفراغات وهو يتوافق مع ما ذكره Gabreala ,(2010)

الجدول (3): نسبة الرطوبة النسبية والأوزان المقاسة بالمصفوفات الناعمة

العامل	متوسط العينات الثلاثة في 2019/6/1	متوسط العينات الثلاثة في 2019/6/15	متوسط العينات الثلاثة في نهاية التخمير 30 /2019/6
% للرطوبة الأولية	%42.07	%53	%53.9
% الرطوبة الثانوية	%7.3	% 7.19	%8.5
% الرطوبة الكلية	%49.37	%60.19	%62.4

ونلاحظ من الجدول (3) أن الكومبوست الناتج عن المصفوفات الناعمة يصل إلى فترة الإنضاج النهائي برطوبة 62.4% وهي رطوبة مناسبة ومتوافقة مع ما أكده Gea *et all*, (2004) لأنه كلما ذادت نعومة المواد العضوية تزيد نسبة الرطوبة وتصغر المسامات وتكون البنية أكثر تماسكاً وأكبر قدرة على الاحتفاظ بالماء من المصفوفات الخشنة. أي تكون النسبة المئوية للرطوبة الكلية في الكومبوست الناتج بعد خلط المصفوفات 61.8% وهي نسبة جيدة ومتوافقة مع المواصفات القياسية السورية.

3-3-تغير درجة الحرارة ونسبة الإشباع بالأوكسجين خلال عملية المعالجة البيولوجية

في أنظمة التخمير الهوائي التي تعتمد على نظام الأكوام الطبيعية يجب المحافظة على درجة حرارة (55°C) لمدة لا تقل عن (15 يوماً) (Chahin and Awad, 2001) كما يجب خلال هذه الفترة تقليب الأكوام خمس مرات على الأقل لأجل ضمان القضاء على الجراثيم الخطرة الممرضة بشكل متجانس داخل كومة السماد (Gea *et all* , 2004)

وانطلاقاً من هذا قمنا برصد تطور درجة الحرارة ونسبة الإشباع لمدة (18 يوماً) هذا مع التقليب الدوري لأكوام المخلفات، ثم تم قياس درجة الحرارة ونسبة الإشباع عند اكتمال التخمر أي بعد شهر. وفق الجدول (4)

الجدول (4): درجة الحرارة ونسبة الإشباع في مرحلة التخمير الهوائي

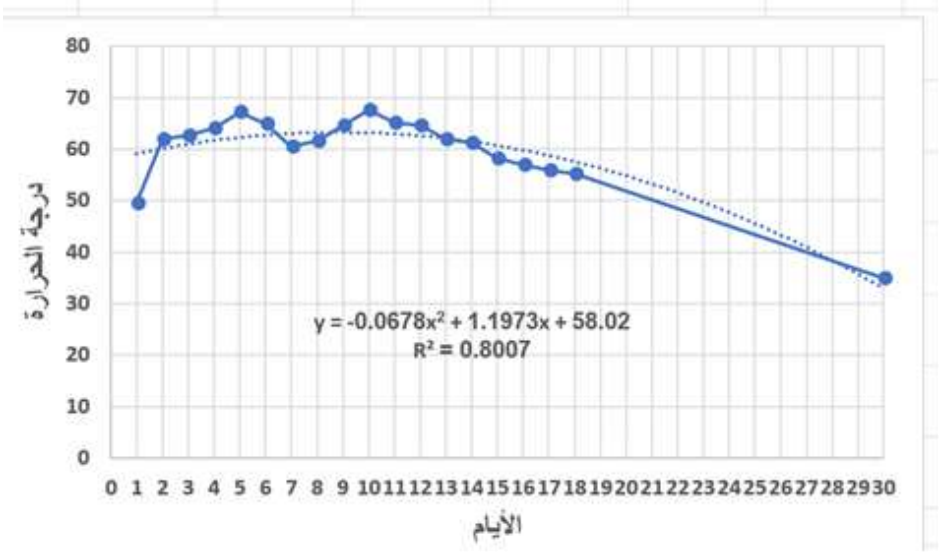
رقم اليوم	التاريخ	نسبة الإشباع بالأوكسجين %	درجة الحرارة (°C)
1	2019/6/1	59	49.5
2	2019/6/2	54.5	61.9
3	2019/6/3	50	62.67
4	2019/6/4	55	64.17
5	2019/6/5	52	67.2
6	2019/6/6	50	65
7	2019/6/7	48	60.6
8	2019/6/8	43	61.53
9	2019/6/9	41	64.57
10	2019/6/10	39	67.57
11	2019/6/11	43	65.17
12	2019/6/12	50	64.57
13	2019/6/13	35	62
14	2019/6/14	34.6	61.3
15	2019/6/15	45	58.2
16	2019/6/16	40	57
17	2019/6/17	27.3	56
18	2019/6/18	42.4	55.17

30	2019/7/1	40.2	35

يبيّن الجدول رقم (4) تطور درجة الحرارة لكومة السماد على أعماق مختلفة خلال الفترة (من 1 حتى 18 حزيران)، إذ يلاحظ أنه خلال ثمانية عشر يوماً وبتطبيق عملية التقليب تمّت المحافظة على درجة حرارة أكبر من 55°C. بسبب النشاط المتزايد للأحياء الدقيقة ودورها في عملية التخمير، وهي درجة الحرارة اللازمة لإتمام عملية التعقيم والتخلص من بيوض الديدان والحشرات الضارة، وهذا ما أكده (Chahin and Awad),(2001) أما نتائج القياسات الخاصة بتغير نسبة الإشباع بالأوكسجين الهوائي خلال الفترة نفسها فيها، فهي ممثلة أيضاً في الجدول رقم (4)، حيث نجد انخفاض نسبة الإشباع مع تزايد زمن التخمير البيولوجي بسبب استهلاك معظم الأكسجين من قبل الكائنات الحية خلال عملية التخمير وبالتالي سيكون هناك حاجة للتهوية وتقليب الكومات، وقد كانت قيمة معامل الارتباط R = 0.8. ويبين الشكل (2) العلاقة بين نسبة إشباع بالأوكسجين وزمن التخمير.

الشكل (2): العلاقة بين نسبة الاشباع بالأوكسجين وزمن التخمير

ويبين الشكل رقم(3) أن تطور درجة الحرارة خلال الفترة المذكورة (18يوم) قد وصل إلى المستوى المطلوب، حيث كانت أعلى درجة حرارة هي (60°C)، وبالتالي فقد تحققت عملية التعقيم والقضاء على الجراثيم الخطرة الممرضة حسب Gabreala, (2010) وتبين أن للكومبوست الناتج في نهاية فترة التخمر له حرارة معتدلة، وله رائحة التراب المبلل بالإضافة لعدم وجود روائح كريهة.



الشكل (3): العلاقة بين درجة الحرارة وزمن التخمير الهوائي في وحدة المعالجة البيولوجية للقمامة

الاستنتاجات:

- نتج عن تقدير وزن الكومبوست الناتج عن تخمير المواد العضوية في معمل وادي الهدة أن كل 1 طن من النفايات العضوية ينتج عنه تقريباً 400 كغ كوميوست (بنسبة 40%) خشنة وناعمة.
- الرطوبة النسبية للكومبوست الناتج 55% وهي نسبة جيدة وتوافق النسبة المطلوبة في الكومبوست في المواصفات القياسية السورية، وقد كانت نسبة الرطوبة جيدة خلال مراحل التخمير الثلاثة.
- بمراقبة درجة الحرارة لمدة /18/ يوم تبين أن تطور درجة الحرارة خلال الفترة المذكورة قد وصل إلى المستوى المطلوب، حيث كانت أعلى درجة حرارة هي (60 °C) ، وبالتالي فقد تحققت عملية التعقيم والقضاء على الجراثيم الخطرة الممرضة
- بمراقبة نسبة الإشباع بالأكسجين الهوائي لمدة /18/ يوم تبين انخفاض نسبة الإشباع مع تزايد زمن التخمير البيولوجي
- للكومبوست الناتج حرارة معتدلة وليس له رائحة كريهة.

التوصيات:

- الاعتماد على المعالجة البيولوجية للنفايات العضوية لإنتاج الكومبوست كحل بيئي واقتصادي يتلاءم مع تركيب النفايات وظروف الساحل السوري
- إجراء أبحاث ودراسات لتأثير عوامل أخرى على عملية التخمير بظروف مناخية مختلفة وفترات متباعدة.

المراجع:

حرفوش، شفق وعلاء الدين، حسن وهيفا، سوسن (2018). دراسة خصائص كومبوست القمامة الناتج عن مركز وادي الهدة وأثره في الأوساط الزراعية لإنتاج بعض أنواع الغراس الحراجية. رسالة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية، 106صفحة

حرفوش، شفق وشاهين، هيثم والعلي، يوسف (2013). دراسة بعض التأثيرات البيئية المحتملة في الموارد المائية لمركز وادي الهدة لمعالجة المخلفات الصلبة في طرطوس. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية، 106 صفحة.

شاهين، هيثم، (2019). معالجة المخلفات الصلبة. كتاب جامعي، قسم الهندسة البيئية، منشورات جامعة تشرين، سورية، 300 صفحة.

شاهين، هيثم وعوض، عادل (2003). التقويم البيئي لوحدات المعالجة الطبيعية للمخلفات البلدية الصلبة – دراسة حالة معمل السماد في محافظة اللاذقية. مجلة جامعة دمشق. المجلد 19(1): 9–25.

شاهين، هيثم ووزان، عبد القادر (2011). مخاطر تلوث المياه الشاطئية بمياه الصرف الصحي والصناعي. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية سلسلة العلوم الهندسية، المجلد 24(11):53-68 .

صوان، أميمة وبكري، محمد وفرج، ميشيل ومصطفى، محمود وأبو حسين، شعبان ومحمود، حمدي (2010) دليل تدوير المخلفات الزراعية، وزارة الدولة لشؤون البيئة، مصر.

هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (2007). المواصفة القياسية رقم [45] لمياه الشرب (المراجعة الثانية). وزارة الصناعة، دمشق.

Awad, A. (1996). A pilot Machine for Municipal Solid Waste Separation, Patent Registered in Syria (Paten Office) No.4590, May 21, 1996 (International Filed).

Bucharest Municipal Waste, pp 62-66.

Chahin, H. ; Wazan, A.A. (1997). Solid Waste Treatment in Lattakia City, Higher Education journal for Engineering Sciences, 7, 145-182.

Chahin, H.; Awad, A. (2001). Ecological Assessment of Solid Waste Treatment System Lattakia City, 11th EURO–ARAB Conference for the Environment, Rostock, Germany, 24-26 April, 33-41.

Chiemchaisri, C. ; Juanga, J. P; Visvanathan, C. (2007). Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory. Environ Monit Assess, Springer Science + Business Media B. V, 135(1-3):13-20.

CHONG, S.C. (2001) Sanitary Landfills: Toward Sustainable Development – Case Study of Malaysia. Master Thesis, lumes Sweden.

Gabreala, A. (2010). Physico-chemical and Microbiological Composition of Composts from

Gea. T. ; Barrena .R; Artola. A.; Sánchez, A. (2004). Monitoring the biological activity of the composting process: Oxygen uptake rate (OUR), respirometric index (RI), and respiratory quotient (RQ) https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10970290.

Guanzon Yvette B.; Holmer Robert J. (2001). Composting of Organic Wastes: A Main Component for Successful Integrated Solid Waste Management in Philippine Cities.

Torochaishnikov N. S.; Rodionov A. I. (1981). Environmental Control Technology, Chemia, Moscow.

Young J.E. (1991). Discarding the Throwaway Society, World watch Institute, Washington.

Studying Some Physical Indicators of Compost and Estimating Its Quantity Resulting from Fermentation of Organic Matter in the Solid Waste Treatment Center in Tartous

Shafak Harfoush* (1), Haitham Shahin (2) and Mudar Harfoush (3)

(1). Directorate of Solid Waste Management, the General Secretariat in Tartous Governorate, Tartous, Syria.

(2). Environmental Engininring Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(3). Department Of Environmental Systems Engineering, Higher Institute For Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Shafak Harfoush. E-Mail. Shafakhar@Hotmail.com)

Received:4/05/2022 Accepted: 21/09/2022

Abstract

The research aims to calculate the amount of compost resulting from fermentation of one ton of organic materials separated from the waste of Tartous Governorate, in addition to monitoring changes in temperature, air oxygen saturation, and humidity of organic matter during the fermentation process**.** The research was conducted at the Solid Waste Treatment Center in Tartous Governorate during the period (1/6/2019,1/8/2019), in the aerobic fermentation yard of organic materials separated from the rest of the waste, which passes through three stages: The first is physical, the second is biological (natural ventilation), and the third is final (maturation).The results showed that every one ton of coarse organic materials produces 400 kg of compost, and every one ton of soft organic materials produces 600 kg of compost. It was found that the resulting compost maintains good humidity during the fermentation period (month)(40-60)%,and its temperature reaches (60°C) during fermentation. Therefore, the sterilization process was achieved, and the dangerous pathogenic germs were eliminated. We noticed a decrease in the oxygen saturation rate with the increase in the biological fermentation time and that it reached the final ripening period with 60% humidity and moderate temperature and no unpleasant smell.

Keywords: Compost, Municipal Solid Waste, Fermentation (composting) , organic waste- Oxygen saturation rate.