

## تحويل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون إلى سماد عضوي

الدكتور هيثم شاهين\*

الدكتور تميم عليا\*\*

(تاريخ الإيداع 10 / 12 / 2007. قُبِلَ للنشر في 19/2/2008)

### □ الملخص □

ازدادت أهمية تحويل مخلفات معاصر الزيتون إلى سماد عضوي بسبب محدودية وتزايد الطلب على هذا النوع من السماد لاستخدامه في الزراعة العضوية وخاصة مع الطلب المتنامي للخضار المزروعة بتطبيق شروط الزراعة العضوية. يهدف هذا البحث إلى دراسة العوامل المؤثرة في عمليات تحلل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون للحصول على أفضل الشروط التي تؤدي إلى تسريع عملية تحلل هذه المنتجات الثانوية بما يرافق ذلك من خفض نسبة المركبات الفينولية، فضلاً عن زيادة كمية المركبات الأزوتية فيها باستخدام بعض الأحياء الدقيقة ودراسة تأثير العوامل الأخرى (درجة الحرارة، pH، نسبة الماء، وشروط التهوية) في رفع قيمة هذه المنتجات الثانوية عند استخدامها بوصفها سماداً عضوياً. أظهرت نتائج البحث فعالية إضافة البكتريا المساعدة على التحلل والبكتريا المثبتة للأزوت في سرعة تحلل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون وزيادة نسبة الأزوت في الدبال الناتج، وارتبط ذلك بالعوامل الأخرى المدروسة، ويمكن من خلال التحكم بالعوامل المذكورة الوصول إلى الحدود المثلى التي تحقق سرعة تحلل كبيرة مع محتوى أزوت أعظمي في الدبال الناتج.

**كلمات مفتاحية:** المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون، التحلل العضوي، الأحياء الدقيقة، البكتريا المثبتة للأزوت، السماد العضوي.

\* أستاذ - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية-سورية.

\*\* مدرس - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.

## Composting of Solid Olive Mills By-Products

Dr. Haytham Chahin\*

Dr. Tamim Alia\*\*

(Received 10 / 12 / 2007. Accepted 19/2/2008)

### □ ABSTRACT □

Converting of solid by-produces to organic compost had recently reached an advanced levels depending on limitation of organic compost sources, and increasing organic agricultural demands. The research aims at studying the main factors affecting the processes of olive mills solid by-products compost to improve the degradation rate and increase the ratio of nitrogen compounds by adding types of organisms and studying the effect of other factors (Temperature, pH, aeration and moisture), in order to get a high quality organic compost. Results showed the efficiency of adding BZT® Compost Activator and Azotobacter on composting rate with relation to other factors mentioned above. Control the studied factors, the optimum conditions of degradation ratio and nitrogen content should be achieved.

**Key words:** Olive mills by-products, Composting, Microorganisms, Azotobacter, Compost.

---

\* Professor, Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Assistant Professor., Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

تعتبر منطقة شرق المتوسط مهد شجرة الزيتون كما يعتبر إنتاج زيت الزيتون من أقدم الصناعات الزراعية، ويتركز إنتاج زيت الزيتون في منطقة البحر المتوسط وهي هامة اقتصادياً للعديد من بلدان هذه المنطقة [1]. وفي سورية تحتل زراعة الزيتون أهمية اقتصادية واجتماعية كبيرة؛ لأنها تشغل مساحات واسعة من الأراضي، وهي زراعة ذات قيمة إنتاجية عالية.

تختلف المنتجات الثانوية للمعاصر تبعاً لطريقة العصر ويمكن تصنيف طرائق الحصول على زيت الزيتون إلى الطريقة التقليدية (الضغط)، وطريقة الطرد المركزي التي انتشرت بصورة واسعة في السنوات الأخيرة، وتصنف طريقة الطرد المركزي إلى الطريقة ثلاثية الطور كونه ينتج عنها ثلاثة أطوار (زيت، ومخلفات سائلة، ومخلفات صلبة)، والطريقة ثنائية الطور التي ينتج عنها طوران فقط (زيت ومخلفات صلبة ذات رطوبة عالية) [2].

تسبب المنتجات الثانوية لمعاصر الزيتون مشكلة بيئية بسبب إنتاجها بكميات كبيرة وخلال مدة محدودة، ولذلك كان توجه العديد من الأبحاث وخاصة في منطقة المتوسط نحو معالجة هذه المخلفات وتحويلها إلى منتجات أخرى يمكن الاستفادة منها في مجالات مختلفة. تركز هدف العديد من الأبحاث للاستفادة من المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون بتحويلها إلى سماد عضوي، وذلك باستخدام التقانات الحيوية لإجراء التحلل الحيوي لمخلفات معاصر الزيتون الصلبة مع بعض المخلفات الزراعية الأخرى [2، 3، 4، 5، 6]. بتحلل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون تم التوصل إلى سماد عضوي يمكن استخدامه لتغذية الأراضي الزراعية بالمواد العضوية وبعض المركبات المغذية الأخرى مثل البوتاسيوم والحديد [7، 8]. وبينت النتائج أنه بنتيجة التحلل ترتفع نسبة الأزوت وتنخفض نسبة الكربون إلى الأزوت بشكل كبير، إلا أن الأزوت يبقى دون الحد المطلوب ولذلك كان لا بد من إضافة مصدر للأزوت إلى هذا السماد العضوي [2، 5، 9، 10، 11]. كما أثبتت التجارب الزراعية وجود تأثير إيجابي على المزروعات عند إضافة الدبال الناتج عن تحلل مخلفات معاصر الزيتون الصلبة وبعض المنتجات الزراعية الأخرى إلى الأراضي الزراعية [9، 12، 13]. وتزداد أهمية استخدام المواد العضوية المختلفة لإنتاج السماد العضوي بسبب محدودية مصادره من جهة وتزايد الطلب على هذا النوع من السماد لاستخدامه في الزراعة العضوية من جهة أخرى، وخاصة مع تزايد الطلب على الخضار المزروعة في البيوت البلاستيكية بتطبيق شروط الزراعة العضوية [14]. إن تحويل مخلفات معاصر الزيتون إلى دبال يمكن أن يلعب دوراً هاماً في الزراعة العضوية بسبب النقاوة العالية لمخلفات إنتاج زيت الزيتون، فضلاً عن إمكانية إنتاج دبال اقتصادي ويتميز بجودة أفضل مقارنة بالدبال المصنوع من التحول العضوي للمنتجات الزراعية الأخرى [2، 7، 9، 15، 16، 17، 18]. ولا يمكن استخدام هذه المخلفات بربمها مباشرة في الأراضي الزراعية دون تحليل، بسبب تأثيرها المغذي الضعيف، فضلاً عن احتوائها على بعض المركبات ذات السمية العالية للأراضي الزراعية وثبت أنه بنتيجة التحلل يحدث تركيز للمواد المغذية في الدبال الناتج، كما يحدث انخفاض كبير في كمية المركبات الفينولية التي تتميز بسمية عالية للأحياء الدقيقة في التربة [5، 9، 11، 18، 19، 20، 21].

**أهمية البحث وأهدافه:**

تعد سورية من أكثر دول العالم أهمية في مجال إنتاج زيت الزيتون، وستحدث زيادة كبيرة في هذا الإنتاج بسبب التوسع في زراعة أشجار الزيتون في مختلف المناطق السورية، فضلاً عن أن معظم المساحات المزروعة حالياً بأشجار الزيتون تتميز بأن أشجارها فتية، وهذا يعني زيادة الإنتاج بشكل كبير خلال السنوات التالية، مما يؤدي إلى إنتاج

كميات كبيرة جداً من المنتجات الثانوية التي يجب معالجتها والاستفادة منها بدلاً من تسببها بمشكلات بيئية بسبب حملها العضوي الكبير هذا من جهة، من جهة ثانية دفع تزايد الطلب على منتجات الزراعة العضوية على مستوى العالم ومحدودية كميات الأسمدة العضوية المتوفرة إلى البحث عن مصادر جديدة لتسميد هذه الأراضي. ويوجد توجه حالي في سورية نحو رمي هذه المخلفات الصلبة في الأراضي الزراعية للاستفادة من حملها العضوي في تخصيب الأراضي الزراعية. إن إضافة المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون دون خضوعها لعمليات تحلل لإنتاج السماد العضوي غير فعالة، وذلك بسبب تأخر عمليات التحلل العضوي وانخفاض نسبة العناصر المغذية وارتفاع نسبة المركبات الفينولية السامة في هذه المخلفات. ومنه كان الهدف من هذا البحث هو دراسة العوامل المؤثرة في عمليات تحلل مخلفات معاصر الزيتون الصلبة للحصول على أفضل الشروط التي يمكن من خلالها تسريع تحلل هذه المنتجات الثانوية بما يرافق هذا التحلل من خفض نسبة المركبات الفينولية إضافة إلى زيادة كمية المركبات الأروتية فيها باستخدام بعض الأحياء الدقيقة بغية رفع قيمة هذه المنتجات الثانوية عند استخدامها بوصفها سماداً عضوياً.

### طريقة البحث ومواده:

تم الحصول على المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون من معصرة الزوبار (قرية الزوبار، طريق عام حلب اللاذقية) التي تعمل بالطريقة التقليدية، وتم العناية بأخذ العينة بحيث تمثل المخلفات الموجودة في المعصرة بشكل جيد، وتم الاكتفاء بأخذ عينة واحدة كون الدراسة تهدف إلى دراسة العوامل المختلفة المؤثرة في سرعة التحلل وتحديد الشروط المثلى لعملية تحويل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون إلى سماد عضوي. أجري تحليل أولي للعينة المأخوذة لمعرفة خصائصها وبالتالي وضع حدود للعوامل المراد دراستها، في التحليل الأولي للعينة تم قياس كل من نسبة الماء في العينة، قيمة pH، الأزوت الكلي، الأزوت العضوي والأزوت اللاعضوي وكانت النتائج وفقاً للجدول رقم (1).

الجدول رقم (1): بعض مكونات مخلفات معاصر الزيتون الصلبة المستخدمة في البحث.

نسبة الماء %	pH*	الكربون الكلي %	الأزوت الكلي %	الأزوت العضوي %	الأزوت المعدني %
50.6	5.6	33.80	1.120	0.899	0.221

\* تم قياس pH من مستخلص العينة بالماء المقطر بنسبة 5/1.

تم تحديد نسبة الكربون العضوي والأزوت الكلي والأزوت المعدني في المادة الخام ونواتج التحلل بطريقة السبيكتروفوتومتر وفقاً لطرائق تحليل التربة والنبات [22]. وحسبت نسبة الأزوت العضوي بطرح قيمة الأزوت المعدني من قيمة الأزوت الكلي.

تم في هذا البحث قياس نسبة كل من الأزوت (المعدني، العضوي والكلي)، والكربون في نواتج التحلل، كما درس تأثير كل من نسبة الماء في العينة، قيمة pH، درجة حرارة التحلل، طبيعة التحلل هوائي ولا هوائي، ونوعين من البكتريا على نسب هذه المركبات المقاسة.

درس تأثير درجة الحرارة عند درجة حرارة الجو الخارجي والتي تراوحت بين 18-23°C خلال التجربة ودرجة حرارة 37°C كدرجة ملائمة لمعظم الأحياء الدقيقة. ودرس تأثير الرطوبة عند نسبة ماء 50% و60% حيث تم اختيار الحد الأول اعتماداً على نسبة الماء الموجود في العينة المدروسة، أما العينات التي درست عند نسبة ماء 60% فقد تم إضافة الماء المقطر إلى هذه العينات بحيث يصبح محتوى الماء النهائي 60% وتم تحديد هذه النسبة بحيث تمثل هذه

النسبة نسبة الماء في الطور الصلب الناتج عن المعاصر الثلاثية الطور الحديثة التي تتراوح نسبة الماء فيها بين 50-60%. أما درجة pH فتركت كما هي في بعض العينات والتي كانت قيمتها 5.6 وعدلت بإضافة ماءات الصوديوم في العينات الأخرى لتصل إلى قيمة pH=7.0، كما درس تأثير البكتريا (BZT® Compost Activator) التي تتميز بقدرتها على تحليل المواد العضوية. وكذلك استخدمت البكتريا المثبتة للآزوت (Azotobacter) التي تتميز بكونها من البكتريا المثبتة للآزوت الجوي والتي تم الحصول عليها من العقد الأزوتية ومن ثم تنشيطها. كما تمت دراسة تأثير الأحياء الدقيقة في الشروط الهوائية واللاهوائية، في حالة التحلل الهوائي تم تقليب العينات مرتين أسبوعياً خلال إجراء التجربة بينما في حالة التحلل اللاهوائي وضعت العينات في العبوات وغطيت بشكل مناسب طيلة أيام التجربة. ويبين الجدول رقم (2) حدود العوامل المدروسة عند إجراء التجربة.

الجدول رقم (2): حدود العوامل التي درس تأثيرها على تحلل مخلفات معاصر الزيتون الصلبة.

العامل	المستوى الأول	المستوى الثاني
درجة الحرارة	20°C	37°C
محتوى الماء	%50	%60
pH	5.6	7.0
البكتريا المثبتة للآزوت	غير موجودة	موجودة
البكتريا المسرعة للتحلل	غير موجودة	موجودة
طبيعة التحلل	لا هوائي	هوائي

وضعت العينات ضمن عبوات بلاستيكية بحيث وضع في كل عبوة 1000 غرام من الطور الصلب وخضعت العبوات لمدة شهر للشروط المحددة وفقاً للجدول رقم (3) الذي تم تحديده تبعاً لتصميم التجارب العاملية  $2^{6-3}$  بمكررين (تصميم تجربة عاملية تتضمن ستة عوامل مع دراسة معاملتين لكل عامل) وذلك باستخدام برنامج Minitab الإحصائي.

الجدول رقم (3): الشروط المطبقة على تحلل عينات مخلفات معاصر الزيتون الصلبة

رقم العينة	درجة الحرارة °C	نسبة الرطوبة %	pH	بكتريا الآزوت	بكتريا التحلل	طبيعة التحلل
1	37	50	5.6	0	0	هوائي
2	37	50	7.0	0	1	لا هوائي
3	20	50	7.0	1	0	لا هوائي
4	37	60	5.6	1	0	لا هوائي
5	20	50	7.0	1	0	لا هوائي
6	20	60	5.6	0	1	لا هوائي
7	20	50	5.6	1	1	هوائي
8	20	60	5.6	0	1	لا هوائي
9	37	60	7.0	1	1	هوائي
10	37	60	7.0	1	1	هوائي
11	20	50	5.6	1	1	هوائي

هوائي	0	0	7.0	60	20	12
هوائي	0	0	5.6	50	37	13
هوائي	0	0	7.0	60	20	14
لا هوائي	1	0	7.0	50	37	15
لا هوائي	0	1	5.6	60	37	16

### النتائج والمناقشة:

بنهاية التجربة، أخذت العينات، وتم تحليلها لتحديد نسبة كل من الآزوت الكلي، الآزوت العضوي، الآزوت اللاعضوي والكربون الكلي، ومن ثم تم حساب نسبة الكربون الكلي إلى الآزوت الكلي لأنها تعطي مؤشراً عن مدى التقدم بعملية التحلل، ويبين الجدول رقم (4) النتائج التي تم التوصل إليها في نهاية التجربة.

### تأثير العوامل المدروسة على نسبة الآزوت الكلي في نواتج التحلل:

نسبة الآزوت الكلي في العينات المأخوذة من المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون كانت ضمن الحدود الطبيعية لمحتوى الآزوت في مثل هذه المخلفات [2، 3، 9، 5]. بمقارنة قيمة نسبة الآزوت الكلي في نواتج التحلل مع المادة الخام، قبل المعالجة وبعدها، يمكن ملاحظة ارتفاع نسبة الآزوت الكلي في معظم العينات، وانخفاضه في عينات أخرى، وارتبطت نسبة هذا الارتفاع أو الانخفاض بطبيعة العوامل المؤثرة. ويعود سبب هذا الارتفاع إلى انخفاض كتلة المواد العضوية بسبب استهلاك الأحياء الدقيقة لكميات منها وتحويلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء، وبالتالي إزداد تركيز الآزوت والعناصر الأخرى، كما يمكن أن يكون عائداً إلى قدرة بعض الأحياء الدقيقة على تثبيت الآزوت الجوي [3، 4، 9]. أعلى نسبة تم الحصول عليها كانت 1.5% تعادل زيادة قدرها 34% وهذا الارتفاع قليل مقارنة بنتائج الأبحاث الأخرى فقد بينت بعض الأبحاث أنه بنهاية عملية التحلل يرتفع الآزوت بنسبة 43% بينما أشارت أبحاث أخرى إلى أن هذا الارتفاع يصل إلى 64% [5، 4، 9]. والسبب في عدم ارتفاع الآزوت بشكل كبير مقارنة بنتائج الأبحاث الأخرى هو قصر مدة التجربة مما لم يفسح المجال الكافي لإتمام عملية التحلل وارتفاع نسبة الآزوت.

الجدول رقم (4): النتائج التي تم التوصل إليها في نهاية فترة تحلل مخلفات معاصر الزيتون الصلبة.

رقم العينة	الأزوت المعدني %	الأزوت العضوي %	الأزوت الكلي %	الكربون الكلي %	C/N
1	0.504	0.630	1.134	23.00	20.28
2	0.724	0.384	1.108	19.72	17.80
3	4.80	0.662	1.142	15.64	13.70
4	0.540	0.640	1.180	21.60	18.31
5	0.496	0.660	1.156	15.96	13.81
6	0.664	0.386	1.050	18.80	17.90
7	0.760	0.466	1.226	21.80	17.78
8	0.678	0.396	1.074	19.08	17.77
9	0.924	0.576	1.500	13.18	8.79
10	0.886	0.596	1.482	12.80	8.64
11	0.724	0.484	1.208	21.00	17.38
12	0.332	0.770	1.102	24.00	21.78

20.14	22.60	1.122	0.634	0.488	13
22.08	24.64	1.116	0.782	0.334	14
17.36	19.20	1.106	0.366	0.740	15
18.24	21.34	1.170	0.624	0.546	16

من خلال ( الشكل 1 والشكل 2). يلاحظ أن نسبة الآزوت الكلي في العينات المتحللة تأثرت بجميع العوامل المدروسة. ارتفعت نسبة الآزوت في العينات الموضوعة بدرجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  أكثر منها في العينات الموضوعة بدرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0.01$ ). وسبب هذا الارتفاع هو نشاط الأحياء الدقيقة بدرجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  الملائمة لنشاطها مقارنة بدرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$ . وأشارت بعض الدراسات إلى أن عمليات التحلل تكون أسرع عند درجات الحرارة المعتدلة مقارنة بدرجات الحرارة المرتفعة الناتجة عن حرارة التحلل [23]. بينما أشارت دراسات أخرى إلى أن درجات الحرارة المرتفعة تساعد أكثر على عمليات التحلل العضوي [11]، والنتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث تطابق النتائج الواردة في هذه الأبحاث حيث يساعد ارتفاع درجة الحرارة إلى  $37^{\circ}\text{C}$  على تسريع عمليات التحلل العضوي.

ويلاحظ أن ارتفاع نسبة الماء من 50% إلى 60% قد زاد من كمية الآزوت الكلية في العينات ولكن هذا التأثير كان أقل وضوحاً مقارنة ببقية العوامل ( $P < 0.05$ )، وقد يكون هذا الارتفاع ناتجاً عن نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للتحلل في الأوساط مرتفعة الرطوبة، كما يمكن أن يكون ناتجاً عن تمديد المركبات ذات السمية الموجودة في المخلفات الصلبة (المركبات الفينولية) نتيجة إضافة الماء المقطر إلى هذه العينات، مما ساعد على بدء نشاط الأحياء الدقيقة بشكل مبكر مقارنة ببقية العينات. ومحتوى الماء في جميع العينات المدروسة (50% و 60%) هو ضمن المجال الملائم لنشاط الأحياء الدقيقة التي تقوم بعمليات التحلل العضوي [24].

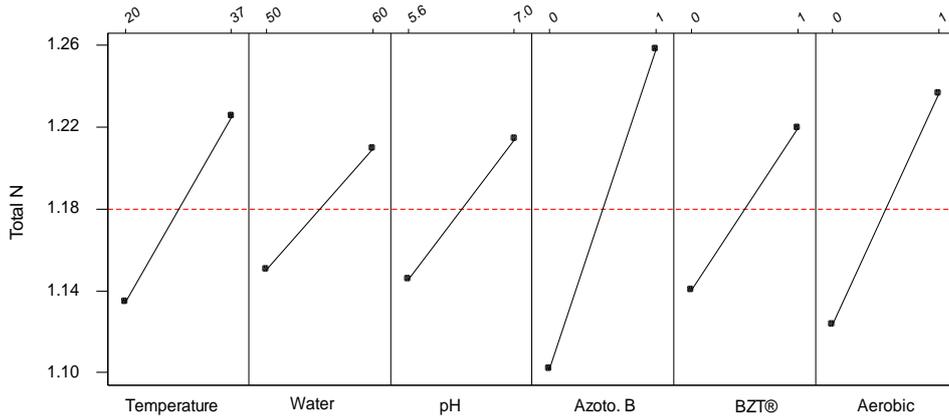
كما أن ارتفاع قيمة pH من 5.6 إلى 7.0 ساعد بدرجة كبيرة على ارتفاع نسبة الآزوت الكلي في العينات ( $P < 0.01$ ) (الشكل 1، 2)، يمكن تفسير هذه النتيجة بنشاط الأحياء الدقيقة عند قيمة pH المعتدلة، وتعديل قيمة pH مهم لزيادة نشاط الأحياء الدقيقة، فقد أشارت نتائج الدراسات إلى أهمية تعديل قيمته بإضافة عنصر الكبريت [25]. أظهرت النتائج أن إضافة كل من البكتريا المساعدة على التحلل والبكتريا المثبتة للأزوت قد أدى إلى زيادة نسبة الآزوت الكلي في العينات ( $P < 0.01$ ) (الشكل 1، 2). وزيادة نسبة الآزوت بوجود هذه البكتريا متوقع بوجود البكتريا المثبتة للأزوت التي تساعد في تثبيت الآزوت الجوي في الدبال، وبالتالي زيادة الآزوت الكلي فيه، كما أن تأثير البكتريا المساعدة على التحلل أثر في زيادة فقد المادة العضوية وبالتالي انعكس ذلك على زيادة الآزوت في الكتلة المتبقية [3]، [4]، [9].

كما يلاحظ من خلال النتائج تأثير توافر الأكسجين على نسبة الآزوت الكلي في العينات، فيلاحظ أن نسبة الآزوت في العينات الموضوعة في شروط هوائية أعلى مقارنة بالعينات الموضوعة في شروط لاهوائية، وذلك بسبب حدوث فقد كبير في المواد العضوية الكلية وسرعة التحلل عند توافر أكسجين بكمية كبيرة ومستقرة، وقد توصلت الأبحاث السابقة إلى نتيجة مماثلة لعملية التحلل تكون أسرع في حالة التهوية القسرية نتيجة توافر الأكسجين [23]. كما بينت الأبحاث أن انخفاض نسبة الأكسجين المتوفر يقلل من سرعة تحلل المنتجات السامة الموجودة في المخلفات الصلبة [19]. كما تبين أن للتهوية تأثير واضح في انخفاض نسبة المواد العضوية في المادة المتحللة والتي بدورها تؤثر في نسبة الآزوت الكلي [18].

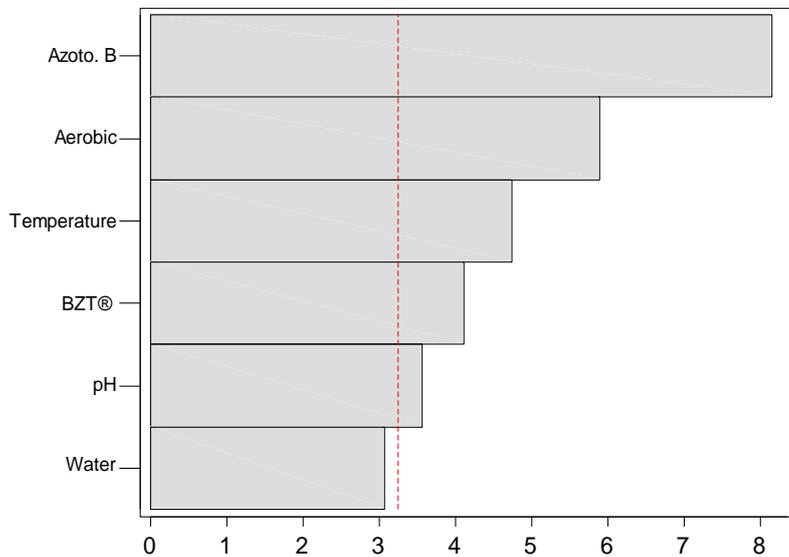
ومن خلال ما تقدم نلاحظ أن ارتباط نسبة الآزوت الكلي بجميع العوامل المدروسة مرده إلى نشاط عمليات التحلل عند توافر الشروط الملائمة من درجة الحرارة، والأكسجين والرطوبة وقيمة pH مناسبة، ووجود بكتريا مساعدة على التحلل.

#### تأثير العوامل المدروسة على نسبة الآزوت المعدني في نواتج التحلل:

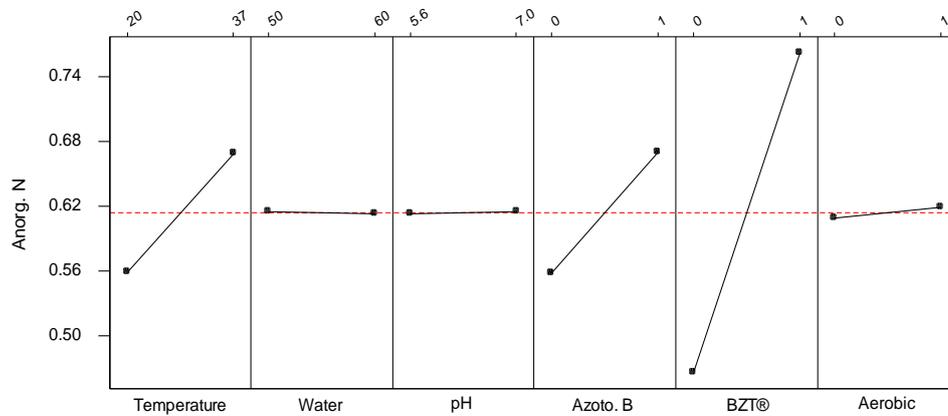
من خلال النتائج المبينة في الجدول (4)، يلاحظ أن نسبة الآزوت المعدني ازدادت بدرجة كبيرة عند وجود بكتريا التحلل كما أنها تأثرت بدرجة أقل بوجود البكتريا المثبتة للآزوت ودرجة حرارة التحلل، وهذا التأثير ذو دلالة معنوية ( $p < 0.01$ )، بالمقابل يلاحظ أن كلاً من الرطوبة و pH وطبيعة التهوية لم تؤثر في هذه النسبة (الأشكال 3 و4). يمكن رد تأثير العوامل المذكورة إلى تأثير الأحياء الدقيقة في زيادة تحلل المركبات العضوية الموجودة في المخلفات الصلبة وتحويل الآزوت من الشكل العضوي إلى الشكل المعدني وزيادة هذا التأثير مع ارتفاع درجة الحرارة بسبب زيادة نشاط هذه الأحياء الدقيقة بدرجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  مقارنة بدرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$  [11، 23].



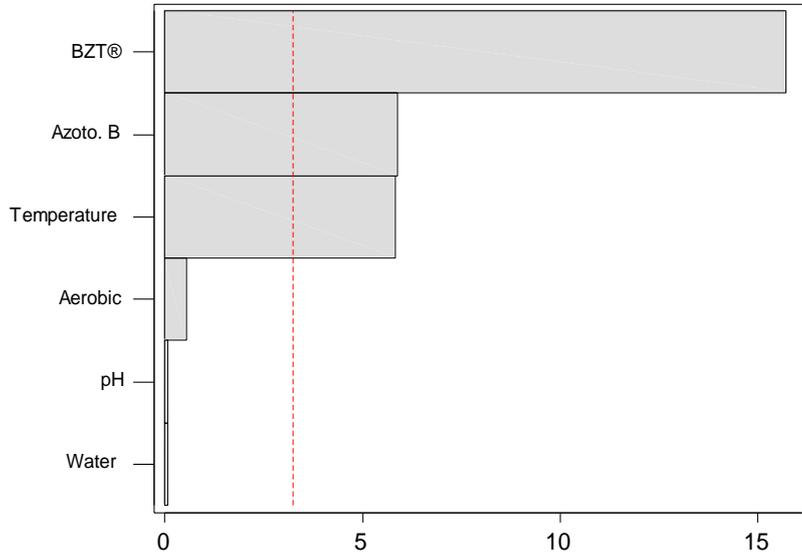
الشكل (1): التأثير الأساسي للعوامل المدروسة على نسبة الآزوت الكلي في عينات الديال.



الشكل (2): مخطط باريتو للتأثير الأساسي للعوامل المدروسة على نسبة الآزوت الكلي في عينات نواتج التحلل ( $\alpha = 0.01$ ).



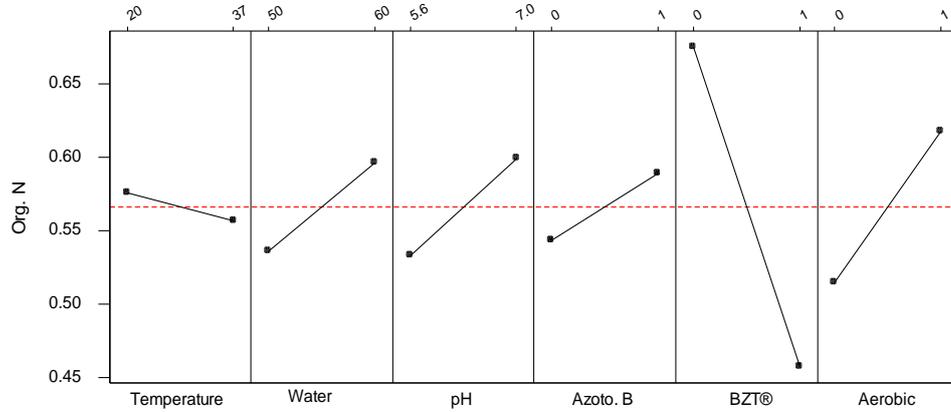
الشكل (3): التأثير الأساسي للعوامل المدروسة على نسبة الآزوت المعدني في عينات الدبال.



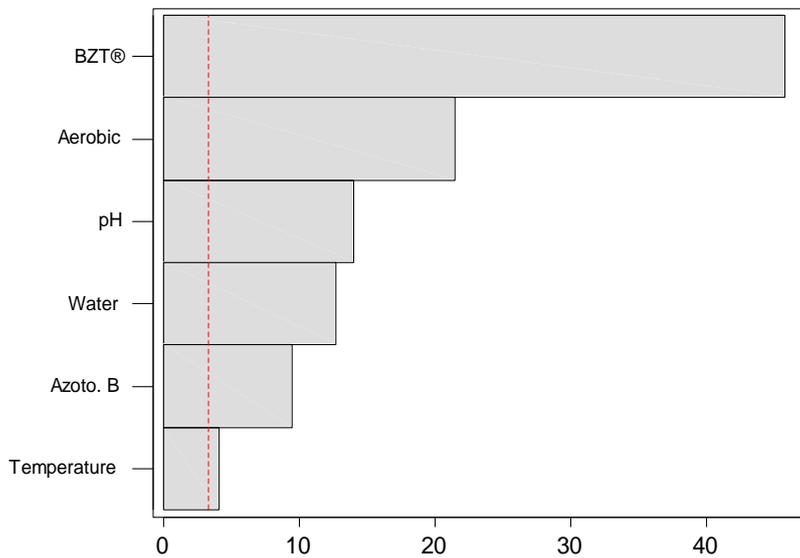
الشكل (4): مخطط باريتو للتأثير الأساسي للعوامل المدروسة على نسبة الآزوت المعدني في نواتج التحلل ( $\alpha = 0.01$ ).

#### تأثير العوامل المدروسة في نسبة الآزوت العضوي في نواتج التحلل:

من خلال الشكل (5) يلاحظ أن وجود البكتريا المساعدة على التحلل سبب انخفاض نسبة الآزوت العضوي في العينات الناتجة ( $p < 0.01$ ) (الشكل 6)، ويمكن أن يكون سبب انخفاض نسبة الآزوت العضوي بتأثير هذه البكتريا هو تحلل المركبات العضوية وتحويل الآزوت العضوي إلى آزوت لا عضوي. ويؤيد هذا التفسير النتائج التي تم التوصل إليها والتي أشير إليها سابقاً من تأثير هذه البكتريا في زيادة الآزوت اللاعضوي، فضلاً عن تأثيرها في زيادة نسبة الآزوت الكلي. كما أن زيادة درجة الحرارة من  $20^{\circ}\text{C}$  إلى  $37^{\circ}\text{C}$  خفضت بنسبة أقل من نسبة الآزوت العضوي في العينات وهذا التأثير يعود إلى نشاط البكتريا المساعدة على التحلل بشكل كبير عند درجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  مقارنة بدرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$  [23]. بالمقابل وجود البكتريا المثبتة للأزوت وارتفاع نسبة الماء في العينات وحدث التحلل في وسط متعادل الحموضة سبب زيادة نسبة الآزوت العضوي في العينات، كما كان الآزوت العضوي عند التحلل في الشروط الهوائية أعلى منه في حالة التحلل اللاهوائي ( $p < 0.01$ ). وهذه الزيادة ناتجة عن انخفاض نسبة المادة العضوية نتيجة عمليات التحلل بتأثير هذه العوامل [3، 4، 9، 24].



الشكل (5): التأثير الأساسي للعوامل المدروسة في نسبة الآزوت العضوي في عينات الدبال.

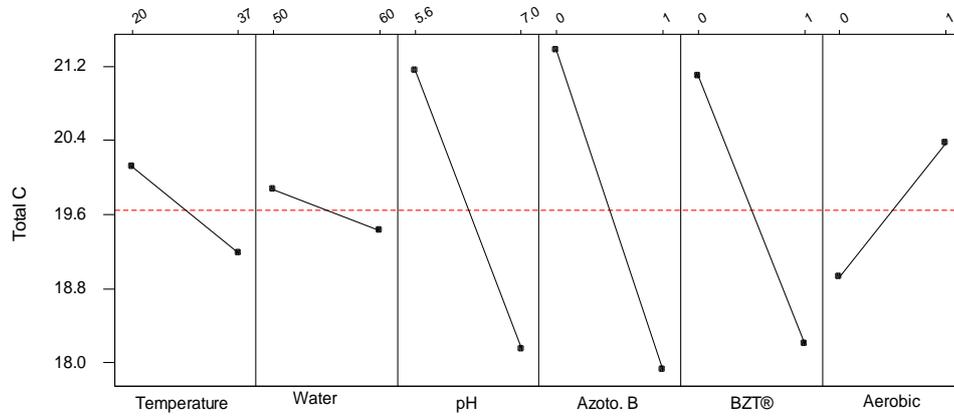


الشكل (6): مخطط باريتو للتأثير الأساسي للعوامل المدروسة في نسبة الآزوت العضوي في نواتج التحلل ( $\alpha = 0.01$ ).

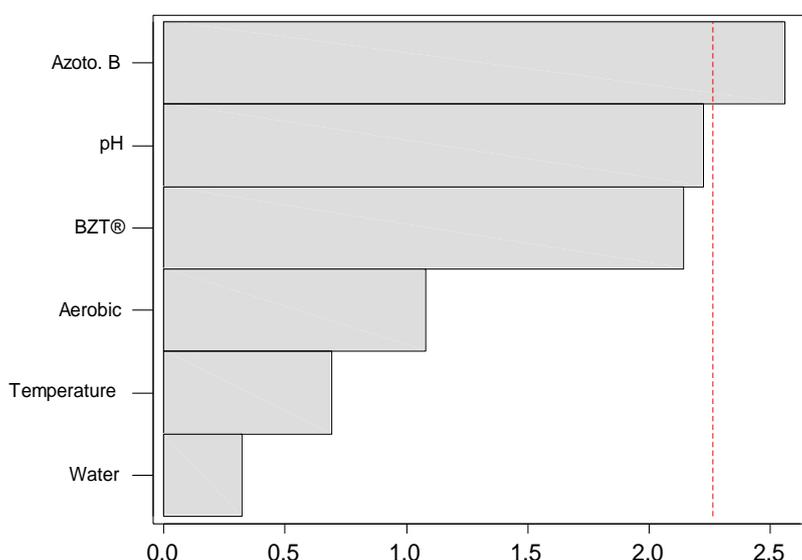
#### تأثير العوامل المدروسة في نسبة الكربون الكلي في نواتج التحلل:

انخفضت نسبة الكربون في جميع العينات المدروسة خلال عملية التحلل، وهذا الانخفاض وصل إلى أقل من 40% من قيمة الكربون في العينة قبل التحلل (العينتان رقم 9 و10)، وهذا يعود إلى استهلاك الأحياء الدقيقة للكربون

العضوي وتحويله إلى غاز ثاني أكسيد الكربون (الجدول رقم 4 والشكل 7). أشارت بعض الدراسات إلى انخفاض كمية الكربون في العينات في نهاية عملية التحلل بنسبة مرتفعة وصلت في بعضها إلى 57% [5]. بينما كان انخفاض نسبة الكربون أقل في دراسات أخرى [9]. يرتبط معدل انخفاض نسبة الكربون في منتجات التحلل بكمية وطبيعة المواد العضوية الموجودة في هذه المخلفات، كما يرتبط بظروف التحلل وخاصة توافر الهواء الذي يمكن أن يساعد في تسريع عمليات التحلل [18، 19، 23]. أثر وجود البكتريا المثبتة للآزوت في نسبة الانخفاض في كمية الكربون الكلي في العينات ( $p < 0.05$ )، ويمكن رد هذا التأثير إلى توافر كميات ضرورية من الآزوت لبدء نشاط الأحياء الدقيقة. أما بقية العوامل المدروسة فلم يكن تأثيرها في انخفاض نسبة الكربون في العينات ذو دلالة معنوية (الشكل 8).



الشكل (7): التأثير الأساسي للعوامل المدروسة في نسبة الكربون الكلي في عينات الدبال.



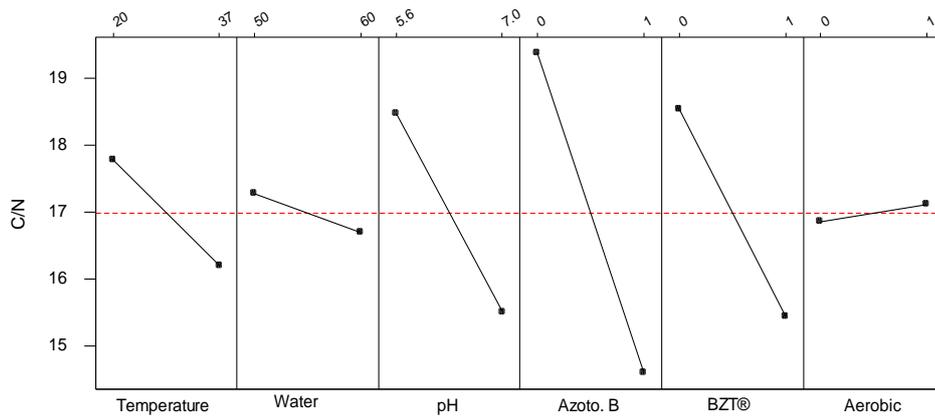
الشكل (8): مخطط باريتو للتأثير الأساسي للعوامل المدروسة في نسبة الكربون الكلي في نواتج التحلل ( $\alpha = 0.05$ ).

#### تأثير العوامل المدروسة في النسبة C/N في نواتج التحلل:

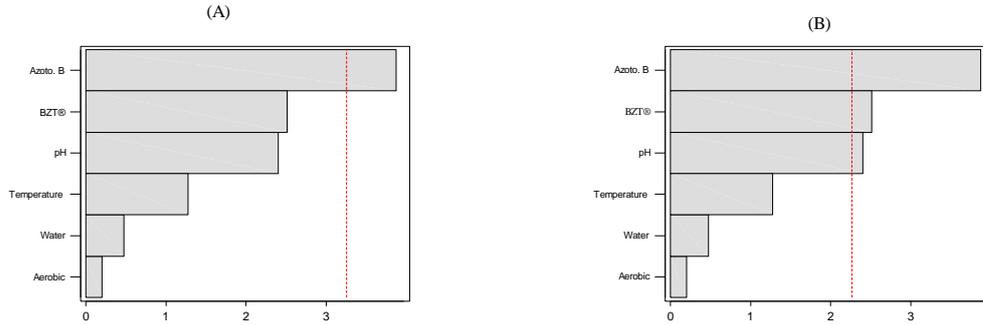
تم حساب النسبة C/N كمؤشر على درجة تحلل المادة العضوية، حيث يشير انخفاض هذه النسبة إلى حدوث عمليات تحلل بدرجات كبيرة. بمقارنة نسبة C/N قبل التحلل والتي كانت 30.18 مع القيم المبينة في الجدول (4) يلاحظ وجود انخفاض في هذه النسبة بدرجة كبيرة، وهذا يدل على نشاط عمليات التحلل. تراوحت النسبة في نهاية فترة التحلل من 8 إلى 22 حسب الشروط المطبقة على عمليات التحلل. وأشارت بعض الدراسات إلى انخفاض هذه النسبة إلى 22 في نهاية عملية التحلل [4]. بالمقابل أشارت دراسات أخرى إلى انخفاضها إلى 17-18 [8،17]، كما أشارت بعض الدراسات إلى انخفاض هذه النسبة من 40 إلى 14 في منتجات الطريقة ثنائية الطور، ومن 27.8 إلى 15.5 في المنتجات الصلبة للطريقة ثلاثية الطور [5]. بينما أشارت بعض الدراسات إلى أن هذه النسبة تصل إلى 11.2 في المخلفات المأخوذة حديثاً من المعاصر [6]. اختلاف النسب النهائية من C/N ناتج عن عوامل عدة منها تأثير طريقة التحلل وتأمين الأكسجين اللازم خلال عملية التحلل كما أنها تتعلق بطبيعة المادة الخاضعة للتحلل وطبيعة المواد العضوية الموجودة فيها وطبيعة الأحياء الدقيقة وقدرتها على استهلاك هذه المواد العضوية المتوفرة في المادة، فضلاً عن توافر مصدر للأزوت ليساعد على نشاط هذه الأحياء الدقيقة [11، 19، 23]. من خلال الشكل (9) يلاحظ أن وجود البكتريا المثبتة للأزوت هو العامل الأكثر تأثيراً على خفض هذه النسبة حيث يلاحظ انخفاض هذه النسبة بشكل كبير في العينات التي احتوت على هذه البكتريا مقارنة بالعينات الخالية منها ( $p < 0.01$ ) (الشكل 10). ومن خلال النتائج يتبين أن البكتريا المثبتة للأزوت الجوي رفعت نسبة الأزوت الكلي في العينات، كما أنها خفضت نسبة الكربون وهذا أثر في النسبة C/N بشكل كبير. ويمكن أن تكون هذه البكتريا لعبت دوراً في عملية التحلل من خلال تأمين الأزوت اللازم لبدء نشاط الأحياء الدقيقة. وأشارت العديد من الدراسات إلى أهمية تأمين مصدر للأزوت للمساعدة على

حدوث عمليات التحلل مثل إضافة البوريا أو مخلفات الأغنام [4، 11] لأنه تبين أن مدة التحلل الطويلة ترتبط بكمية الأزوت القليلة المتاحة للأحياء الدقيقة في المادة المحللة وللمواد ذات المقاومة العالية مثل الليغنين [19، 20]. كما يلاحظ أن وجود البكتريا المساعدة على التحلل يخفض من هذه النسبة ( $p < 0.05$ ) (الشكل 10). وهذا التأثير ناتج عن تسريع تحلل المواد العضوية وإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وبالتالي خفض الكتلة العضوية وتدوير الأزوت [3، 26]. كما يلاحظ أن وجود البكتريا المساعدة على التحلل، وجود البكتريا المثبتة للأزوت في وسط معتدل يسبب زيادة كبيرة في عمليات التحلل ويسبب انخفاض كبير في النسبة C/N وهذا مؤشر كبير على إمكانية إجراء عملية التحلل بشكل سريع مع زيادة نسبة الأزوت في العينات بتطبيق هذه الشروط على عملية التحلل والحصول على سماد عضوي ذو فعالية كبيرة ( $p < 0.05$ ). أما تأثير بقية العوامل في نسبة C/N فلم يكن ذو دلالة معنوية (الشكل 10).

يمكن إيضاح تأثير العوامل المختلفة في النسبة C/N من خلال رسم سطوح الاستجابة التي تقدم تمثيل فراغي لهذه النسبة مع عاملين من العوامل المدروسة. ومن خلال هذا التمثيل يمكن التعرف على العلاقة المشتركة بين كل عاملين مدروسين على النسبة C/N، وبالتالي التوصل إلى تحديد الشروط المثلى التي تعطي أقل قيمة لهذه النسبة. ومن خلال سطوح الاستجابة (الشكل 11) يمكن ملاحظة أن اجتماع العوامل الثلاثة (وجود بكتريا التحلل، وجود البكتريا المثبتة للأزوت في وسط معتدل الحموضة) يسبب انخفاضاً كبيراً في النسبة C/N يصل إلى حوالي 8 ويمكن أن يعود ذلك إلى تكافل هذه العوامل من حيث تأمين وسط معتدل الحموضة يساعد على نشاط الأحياء الدقيقة، فضلاً عن عمل البكتريا المثبتة للأزوت الجوي على تأمين الأزوت الضروري لبكتريا التحلل التي تقوم بدورها باستهلاك كمية كبيرة من المادة العضوية وتساعد بصورة كبيرة- على عمليات التحلل الضرورية لهذه المنتجات. وهذا مؤشر كبير على إمكانية إجراء عملية التحلل بشكل سريع مع زيادة نسبة الأزوت في العينات وبالتالي الحصول على سماد عضوي ذو فعالية كبيرة.

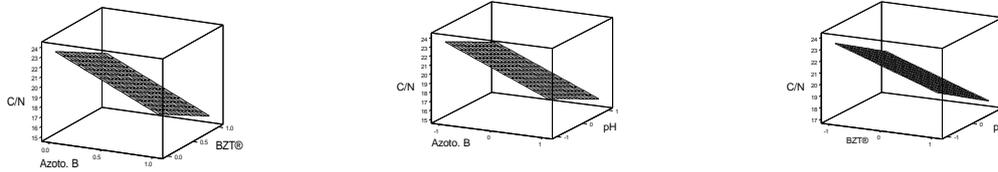


الشكل (9): التأثير الأساسي للعوامل المدروسة في النسبة C/N في عينات الدبال.



الشكل (10): مخطط باريتو للتأثير الأساسي للعوامل المدروسة في النسبة C/N في نواتج التحلل  $\alpha = 0.05$  ، A:  $\alpha = 0.01$

(B):



الشكل (11): سطوح الاستجابة للعوامل الأساسية المؤثرة في النسبة C/N في نواتج التحلل

### الاستنتاجات والتوصيات:

- من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث يمكن الإشارة إلى النقاط الآتية:
- أظهرت نتائج البحث فعالية إضافة البكتريا المساعدة على التحلل والبكتريا المثبتة للآزوت في سرعة تحلل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون.
- يمكن زيادة نسبة الآزوت الكلي في نواتج التحلل باستخدام البكتريا المساعدة على التحلل والبكتريا المثبتة للآزوت.
- فضلاً عن تأثير الأحياء الدقيقة، ارتبطت زيادة نسبة الآزوت الكلي في نواتج التحلل بالعوامل الأخرى المدروسة (درجة الحرارة، pH، نسبة الماء، وشروط التهوية).
- يمكن من خلال التحكم بالعوامل المذكورة (إضافة البكتريا المساعدة على التحلل والبكتريا المثبتة للآزوت تعديل قيمة pH) الوصول إلى وضع شروط التحلل المثلى التي تحقق سرعة تحلل كبيرة مع محتوى آزوت أعظمي في نواتج التحلل.

مما سبق يمكن الاستنتاج أنه بالإمكان تحويل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون إلى سماد عضوي يمكن استخدامه في الزراعة في ظل تزايد الطلب على هذا النوع من الأسمدة نتيجة الاتجاه إلى الزراعة العضوية ومنتجاتها الغذائية المطلوبة على مستوى العالم. وبما أن رمي المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون بصورة مباشرة في الأراضي

الزراعية تعتبر عملية غير فعالة وهذا ما يوجب معالجتها لفترات محددة وتأمين الظروف المناسبة التي تساعد على تسريع عملية التحلل وزيادة نسبة الآزوت في نواتج التحلل للاستفادة القصوى من مكوناته في الزراعة. ويعتبر هذا البحث خطوة أولى في مجال تحويل المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون إلى سماد عضوي ولا بد من متابعة الأبحاث بشكل أوسع وأعمق ودراسة الجدوى الاقتصادية من هذا السماد وتطبيقه زراعياً وتقييم نتائجه على نمو النباتات وعلى المنتجات. كما يمكن إجراء تجارب على ظروف تحلل أخرى بخلط المخلفات الصلبة لمعاصر الزيتون مع منتجات زراعية مختلفة ودراسة فعالية مثل هذه الظروف في تسريع عملية التحلل وزيادة نسبة العناصر الغذائية.

### المراجع:

1. BORJA, R.; RAPOSO, F.; and RINCÓN, B. *Treatment technologies of liquid and solid wastes from two-phase olive oil mills*. *Grasas Y Aceites*, 57, 2006, 32-46.
2. ROIG, A.; CAYUELA, M.L., and SANCHEZ-MONEDERO M.A. *An overview on olive mill wastes and their valorisation methods*. *Waste Management*, 26, 2006, 960-969.
3. BAETA-HALL, L.; SAAGUA, M.C.; BARTOLOMEU, M.L.; ANSELMO, A.M.; and ROSA, M.F. *Bio-degradation of olive oil husks in composting aerated piles*. *Bioresource Technology*, 96, 2005, 69-78.
4. ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; GARCIA, D.; and CEGARRA, J. *Effects of bulking agent on the composting of "alperujo", the solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction*. *Process Biochemistry*, 41, 2006, 127-132 .
5. GARCIA-GOMEZ, A.; ROIG, A.; and BERNAL, M.P. *Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity*. *Bioresource Technology*, 86, 2003, 59-64.
6. ABID, N.; and SAYADI, S. *Detrimental effects of olive mill wastewater on the composting process of agricultural wastes*. *Waste Management*, 26, 2006, 1099-1107.
7. FUENTE, C.; CLEMENTE, R.; and BERNAL, M.P. *Changes in metal speciation and pH in olive processing waste and sulphur-treated contaminated soil*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, (Article in Press).
8. ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; GARCIA, D.; and CEGARRA, J. *Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction*. *Bioresource Technology*, 91, 2004, 195-200.
9. ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; GARCIA, D.; and CEGARRA, J. *Composting of a solid olive-mill by-product "alperujo" and the potential of the resulting compost for cultivating pepper under commercial conditions*. *Waste Management*, 26, 2006, 620-626.
10. SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R.; BIASCI, A.; and RIFFALDI, R. *Suitability of moist olive pomace as soil amendment*. *Water, Air and Soil Pollution*, 128, 2001, 13-22.
11. CAYUELA, M.L.; SANCHEZ-MONEDERO, M.A.; and ROIG, A. *Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes*. *Process Biochemistry*, 41, 2006, 616-623.

12. WALKER, D.J.; and BERNAL M.P. *The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil*. Bioresource Technology, 99, 2008, 396–403.
13. ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; GARCIA, D.; and CEGARRA, J. *Effects of a compost made from the solid by-product (“alperujo”) of the two-phase centrifugation system for olive oil extraction and cotton gin waste on growth and nutrient content of ryegrass (Lolium perenne L.)*. Bioresource Technology, 98, 2007, 940–945.
14. EHALIOTIS, C.; ZERVAKIS, G.I.; and KARAVITIS, P. *Residues and by-products of olive-oil mills for root-zone heating and plant nutrition in organic vegetable production*. Scientia Horticulturae, 106, 2005, 293–308.
15. NAGAVALLEMMMA, K.N.; WANI, S.P., LACROIX, S.; PADMAJA, V.V; VINEELA, C.; RAO, M.B.; and SAHRAWAT, K.L. *Vermicompostibg: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer*. ICRISAT, Andhra Pradesh, India, 2004, 16.
16. CAYUELA, M.L.; BERNAL, M.P.; and ROIG, A. *Composting olive mill wastes and sheep manure for orchard use*. Compost Science and Utilization, 12 (2), 2004, 130–136.
17. CAYUELA, M.L.; MONDINI, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M.A.; and ROIG, A. *Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterisation of two-phase olive mill wastes composting*. Bioresource Technology, 2007, (Article in Press).
18. ALFANO, G.; BELLI, C.; LUSTRATO, G.; and RANALLI, G. *Pile composting of two-phase centrifuged olive husk residues: Technical solutions and quality of cured compost*. Bioresource Technology, 2007, (Article in Press).
19. ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; GARCIA, D.; and CEGARRA, J. *Measuring detoxification and maturity in compost made from “alperujo”, the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system*. Chemosphere, 64, 2006, 470–477.
20. MANIOS, T. *The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete*. Environment International, 29, 2004, 1079–1089.
21. MARI, I.; EHALIOTIS, C.; KOTSOU, M.; BALIS, C.; and GEORGAKAKIS, D. *Respiration profiles in monitoring the composting of by-products from the olive oil agro-industry*. Bioresource Technology, 87, 2003, 331–336.
22. راين، جون؛ أسطفان، جورج؛ الرشيد، عبد. تحليل التربة والنبات: دليل مختبري. الإصدار الأول، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA)، حلب، سورية، 2003، 172.
23. CEGARRA, J.; ALBURQUERQUE, J.A.; GONZALVEZ, J.; TORTOSA, G.; and CHAW, D. *Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill by-product “alperujo” managed by mechanical turning*. Waste Management, 26, 2006, 1377–1383.
24. MADEJON, E.; DIAZ, M.J.; LOPEZ, R.; and CABRERA, F. *New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials*. Bioresource Technology, 85, 2002, 73–78.
25. ROIG, A.; CAYUELA, M.L.; and SANCHEZ-MONEDERO, M.A. *The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes*. Chemosphere, 57, 2004, 1099–1105.
26. THOMPSON, R.B.; and NOGALES, R. *Nitrogen and carbon mineralization in soil of vermicomposted and unprocessed dry olive cake (“orujo seco”) produced from two stage centrifugation for olive oil extraction*. Journal of Environmental Science and Health, Part B, Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes, 34 (5), 1999, 917-928.

