INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE AND CULTURAL HERITAGE

VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 88 – 98.

Study of the use of oxidation enzymes and microbial hydrolysis in cleaning antique linen textiles

Mahmoud Abu El Maaref

Faculty of Archeology, Sohag University

Mohamed Marouf
Faculty of Archeology, Sohag University

Ghada Awad
National Research Center

Harbey Ezz Eldeen
Faculty of Archeology, Cairo University

Abstract:

Spots and dirt are considered one of the most important destructive factors for antique textiles, and the process of searching for new techniques for treatment and maintenance is also a necessity to get rid of such stains and dirt. The study used one of the oxidation enzymes "Laccase enzyme isolated from the genus Alternaria tenuissima KM651985 in cleaning fungal stains on archaeological linen textiles, as well as using basal protease enzymes isolated from bacterial strains Bacillus lichiniformis P12 and Bacillus pumilus p19 in cleaning protein stains "blood stains".

On the surfaces of linen textiles, the study relied, in the process of evaluating the effectiveness of the cleaning process with enzymes, on measuring the chromatic change values of the samples ΔE before and after the treatment process, as well as measuring the optical density of the washing solutions resulting from the treatment process using a spectro photometer. Fungal stains as well as enzyme efficiency The study concluded that the efficiency of the protease enzyme isolated from the genus Bacillus lichiniformis P12 was higher than the efficiency of the protease enzyme isolated from the genus Bacillus pumilus p19 in removing protein stains from the surfaces of linen textiles

المقدمة :-

تعتبر المنسوجات الأثرية السليولوزية مثل القطن والكتان من المواد العضوية شديدة الحساسية وأكثر عرضة للتلف إذا تعرضت للعرض أو التخزين في ظل مناخ متحفي غير متحكم فيه ، مما يجعلها عرضة للعديد من عوامل التف من ضوء ، حرارة ، حشرات ، كائنات حية دقيقة " بكتيريا وفطريات" ، لذلك تعتبر عمليات الصيانة بما تشمله من عمليات تنظيف ،تطهير ، وتحكم ، وتقوية ، تدعيم ، وعرض متحفي لمثل هذه المقتنيات من الضروريات الهامة للإبقاء والحفاظ علي خواص هذه المقتنيات من التلف والتدهور [1، 2]، حيث يعتبر **إنزيم اللاكيز laccase (EC 1.10.3.2, diphenol oxidase) من أنزيمات الأكسدة التي لها قدرة عالية علي تنشيط المنتجات الفطرية ، ويستخدم في العديد من المجالات التي تم تجاهلها في الصناعات التجارية بسبب عدم توافرها** [3] **، اكتشف Yoshida الإنزيم لأول مرة من مصدر نباتي في عام 1883من عصارة أشجار الورنيش اليابانية "Rhus vernicifera" ، وفي عام 1985 اكتشف Bertrand أن هذا الإنزيم يحتوي علي اكسيديزoxidase معدني ومنذ ذلك الحين تم إستخلاص الإنزيم من العديد المصادر الفطرية من الفطريات الدعامية basidiomycetous والفطريات الزقية ascomycetous إلا أن أهم مصادر استخلاص الإنزيم ترجع إلى مجموعة فطريات العفن الأبيض white-rot fungi**[4]**، وتعتبر فطريات العفن الأبيض من أكثر الكائنات الحية الدقيقة التي تستطيع أن تدمر وتزيل صبغات المنسوجات وذلك عن طريق قابلية هذه الكائنات الحية الدقيقة على إفراز أنزيمات أللجنين المدمرة خارجية الخلية مثل إنزيم أللجنين بيروكسيديز lignin peroxidases (LiP, EC 1.11.1.14)، منجنيز بيروكسيديز manganese peroxidases (MnP, EC 1.11.1.13) ، اللاكيز laccase (EC 1.10.3.2, diphenol oxidase)** [5]،

وتعتمد فكرة استخدام إنزيم اللاكيز في الدراسة علي قياس كفاءة هذا الأنزيم في عملية إزالة البقع الفطرية الموجودة علي ألياف الكتان الغير مصبوغة إعتماداً على خواصه وقدرته في عملية إزالة الصبغات من على المنسوجات كما تناولتها بعض الدراسات، مثل الدراسة التي قام بها Abdulredha وآخرون على استخدام إنزيم اللاكيز المنقي جزئيا من العزلة الفطرية Pleurotus ostreatus في إزالة أصباغ النسيج ، حيث تم إختبار قدرة الوسط الفطري في إزالة أصباغ المنسوجات عن طريق وضع الوسط الفطري في بيئة أجار مستخلص الشعير مع ثلاث أنواع من الصبغات وهي صبغة زرقاء،حمراء وصبغة صفراء اللون بتركيزات 50,100,150,200,250 ppm وتم تحضين هذه الأوساط لمدة 7 أيام في ظل درجة حرارة 25 C ، وتمت ملاحظة عملية إزالة لون الصبغات decolorization وذلك عن طريق المقارنة بعينة قياسية من الوسط " وسط غذائي يحتوي على الصبغة بدون الفطر " ،وقد حقق الفطر نتائج جيدة في عملية إزالة لون الصبغة الزرقاء كاملاً في ظل تركيزات 50,100,150,200ppm أما التركيز 250 ppm فقد استطاع الفطر إزالة 98% فقط ،أما عن نتائج عملية إزالة ألوان الصبغتين الحمراء والصفراء فقد جاءت منخفضة ولم يتم ملاحظتها بشكل ملحوظ إلا في ظل تركيز 50ppm من الصبغة [6] ، واستخدم إنزيم اللاكيز التجاري من Trametes versicolor من إنتاج شركة Sigma-Aldrich في ظل وجود أملاح يوديد البوتاسيوم ،ومركبات الثيمول الفينولية ،ايزواجينول isoeugenol في معالجة أشجار التنوب النرويجية وذلك لإضفاء خواص مقاومة الميكروبات لسطح الخشب ، حيث تم تحديد الرقم الهيدروجيني الأمثل للإنزيم المستخدم وكان pH 4.5 ودرجة الحرارة المثلي فتراوحت من 22-25C واستخدام محلول السترات كمحلول منظم ، حيث توصلت الدراسة أن الأنزيم قد أضفي خواص مقاومة سطح الخشب للكائنات الحية الدقيقة في ظل تفاعل الأكسدة المحفز لليود (I^-) إلي أيودين (I_2) حيث أدت تلك المعالجة في ظل وجود الخشب إلي تعزيز مقاومة الخشب للكائنات الحية الدقيقة حتى بعد تعرض الخشب للرشح الناتج عن تعفن الخشب نتيجة الماء ، كما وجدت الدراسة أن عملية إضفاء خواص مقاومة الخشب للكائنات الحية الدقيقة قد قلت بشكل كبير بعد تفاعل الأكسدة المحفز للفينولات بإنزيم اللاكيز [7] ، كما تعتبر أنزيمات البروتييز من أكثر المنظفات الإنزيمية شيوعاً ، وتوجد بجميع الماركات العالمية للمنظفات الأوروبية ، والأمريكية ،واليابانية بالرغم من وجود اختلافات كثيرة بين هذه الدول في أساليب التنظيف ،ولكن يستخدم البروتييز لقدرته على تحويل المادة المتفاعلة إلى شظايا صغيرة قابلة للذوبان بسرعة مما يسهل ذلك من عمليات إزالة مثل هذه الشظايا من على الأقمشة [8] ، بالرغم من قدرة العديد من الأجناس الفطرية على إنتاج أنزيمات البروتييز القاعدية مثل Asperagillus niger ، Asperagillus sojae ،Asperagillus oryzae إلا أن معظم الإنتاج التجاري لهذا الإنزيم يتم الحصول علية من الأجناس البكتيرية التابعة لجنس Bacillius المستخدمة في صناعة المنظفات الصناعية ويعتبر إنزيم البروتييز H.221.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE AND
CULTURAL HERITAGE
VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 88 – 98.

protease المعزول من جنس Bacillius .sp.no221 أول أنزيمات البروتييز القاعدية التي تم التعرف عليها ، والرقم الهيدروجيني الأمثل لهذا الإنزيم هو pH 12.3 وقد احتفظ هذا الإنزيم بحوالي 75% من فاعليته في ظل رقم هيدروجيني pH 13 وأكثر في ظل وجود الكازين كمادة متفاعلة طبيعية، ومنذ ذلك الحين اِستخدمت العديد من أنزيمات البروتييز القاعدية في المنظفات مثل Savinase™ ، Maxacal™ ، M-protease وكل هذه الأنواع يتم الحصول عليها من جنس بكتيريا alkaliphilic Bacillus- spp من جنس B. clausii [9] ، استخدمت أنزيمات البروتييز القاعدية في عمليات تنظيف العديد من المواد الأثرية حيث استخدم في عمليات إزالة بعض شرائح البردي من على بعض الكارتوناج الأثري حيث استخدم إنزيم البروتييز Protease V من إنتاج شركة Sigma ، ودرجة الحرارة المثلي لعمل الإنزيم تراوحت من 37-40C ، بينما كان الرقم الهيدروجيني الأمثل له pH 7.2-7.4 ،واستخدم الإنزيم بمقدار 0 .01% من الوزن، لتحطيم المواد اللاصقة البروتينية الموجودة بطبقات الجس [10] ،كما استخدم أنزيم البروتييز المعزول من جنس Aspergillus oryzae لإزالة لاصق الغراء الحيواني من علي عينات من الكتان الغير مصبوغ ، وقد أثبتت الدراسة فاعلية إنزيم البروتييز من نوع Aspergillus oryzae في عملية إزالة الغراء الحيواني اللاصق من علي عينات الكتان الغير مصبوغ ، كما أكدت الدراسة عدم تأثير المعالجة علي الخواص الميكانيكية للعينات [11] .

2- المواد والطرق :-

2-1 المواد

*إنزيم Laccase ميكروبي

*أنزيمات بروتييز ميكروبية

* كتان خام من إنتاج الشركة المصرية للصناعات النسيجية " دنتكس"

2-2 الطرق

2-2-1 مرحلة معالجة عينات الكتان المتسخة ببقع فطرية بأنزيمات اللاكيز laccase الميكروبية :-

في هذه المرحلة تم إختيار إنزيم اللاكيز laccase المجهز معملياً والمعزول من أحد الفطريات البحرية من جنس Alternaria tenuissima KM651985 ، المعزول من الأخشاب البحرية المتحللة بمحافظة بورسعيد لمعالجة بعض عينات الكتان التجريبية المتسخة ببعض البقع الفطرية التي تم عزلها من علي أحد قطع النسيج الأثرية ، تناولت العديد من الدراسات الظروف المثلي لإنتاج إنزيم اللاكيز من المصادر الفطرية من هذه الظروف الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة المثلي ، حيث يلعب الرقم الهيدروجيني دور بالغ الأهمية في عملية إنتاج إنزيم اللاكيز ، حيث لا توجد معلومات كافية حول الرقم الهيدروجيني الأمثل لإنتاج الإنزيم ولكن عند نمو الفطر المنتج للإنزيم في وسط غذائي ذو رقم هيدروجيني pH 5 فإن الإنزيم ينتج بوفرة ، كما أشارت معظم التقارير أن المستويات الأولية للرقم الهيدروجيني لإنتاج إنزيم اللاكيز الفطري تتراوح من pH

4-6 [12] وقد تم تحضير الإنزيم في البيئة التالية (g/l):-
Wheatbran 46.82g/L نخالة قمح، 5g/L glucose جلوكوز، 0.2g/L ammonium tartarate طرطرات أمنيوم، 0.2g/l peptone ببتون، 1Mm veratryl alcohol كحول نقي من إنتاج شركة fluka ، ثم إضافة 3Mm copper sulphate كبريتات نحاس، 2Mm guaiacol جايكول (2-methoxyphenol) وذلك بعد مرور 6 أيام على عملية التحضين ، حيث تم تلقيح الوسط وتحضينه في درجة حرارة 28 C وفي ظل رقم هيدروجيني pH 5 لمدة 14 يوما في فلاسكة 250mM مخروطية الشكل "13"، بقسم كيمياء المنتجات الطبيعية والميكروبية شعبة الصناعات الصيدلية والدوائية بالمركز القومي للبحوث.
اعتمدت عملية قياس كفاءة عملية التنظيف بالإنزيم على عملية تصوير العينات باستخدام USB microscope قبل عملية المعالجة وبعد عملية المعالجة بالإنزيم ، حيث جهزت العينات وتم تقطيعها بمقاس 2 x 2.5 سم ، أما فترات المعالجة فكانت نصف ساعة ، ساعة ، ساعة ونصف .

2-2-2 مرحلة معالجة عينات الكتان المتسخة ببقع بروتينية بأنزيمات البروتييز الميكروبية :-

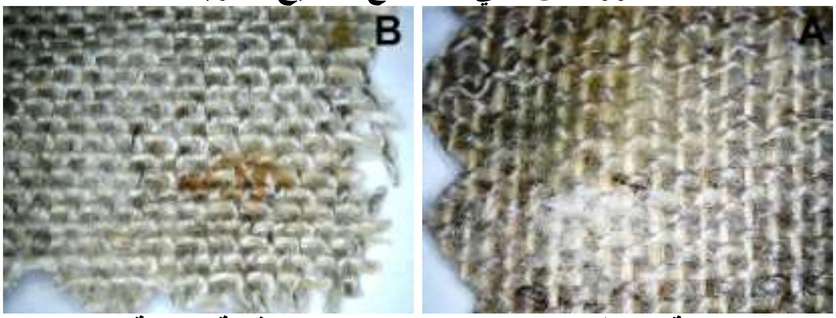
في هذه المرحلة استخدمت الدراسة نوعين من أنزيمات البروتييز القاعدية المحضرة معملياً في معالجة عينات الكتان التجريبية المتسخة ببقع بروتينية (بقع الدم) ،حيث استخدم لإنتاج إنزيم البروتييز نوعين من البكتيريا وهما Bacillus pumilus p19 ، Bacillus lichiniformis P12 تم عزلهما من التربة المتسخة بالزيت بجانب أبار النفط بمنطقة العين السخنة ،ومنطقة البحيرات المفتوحة برأس سدر ومن التربة حول عيون موسى بشمال سيناء خلال فصل الصيف ،حيث خضعت عملية إنتاج أنزيمات البروتييز من المصادر الميكروبية للعديد من الدراسات منها الدراسة التي قام بها Boominadhan وآخرون في استخدام أربعة سلالات بكتيريا من جنس Bacillus subtilis, Bacillus Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus megaterium licheniformis المعزولة من نفايات زراعية مختلفة في إنتاج إنزيم البروتييز ، حيث تم تحضين السلالات البكتيرية الأربعة مع استخدام الجلوكوز كمصدر كربوني للسلالات البكتيرية ،ومستخلص اللحم Yeast extract أفضل مصدر نيتروجيني للسلالات المستخدمة لإنتاج أنزيمات البروتييز ، كما وجدت الدراسة أن درجة الحرارة المثلي لإنتاج أنزيمات البروتييز من السلالات البكتيرية السابقة هي 50C [14] ، كما تناول Rachael وآخرون عملية استخلاص وتنقية أنزيمات البروتييز المعزولة من جنس Aspergillus niger ، وكذلك دراسة درجة الحرارة المثلي لإنزيم البروتييز المعزول من هذا الجنس والتي يصل عندها الإنزيم لأعلي كفاءة له ، حيث وجدت الدراسة أن درجات الحرارة المثلي لعمل الأنزيم تراوحت من 30-50 C بينما تكون أعلي كفاءة للإنزيم عند درجة حرارة 50 C ، كما لاحظت الدراسة إنخفاض كفاءة الإنزيم في ظل درجات الحرارة العالية من 60-90 C [15] ، وقد تم تحضير الإنزيم في الوسط الغذائي (g/l)

NaCl 10g، مستخلص اللحم yeast extract 5g، " ببتون" peptone 10g كلوريد صوديوم ، حيث حضنت ولقحت بالسلالات البكتيرية في فلاسكة 250mM مخروطية الشكل في درجة حرارة 37C ورقم هيدروجيني pH 8.5 لمدة 48ساعة ، وقد تمت عملية إنتاج الإنزيم بمعامل قسم كيمياء المنتجات الطبيعية والميكروبية شعبة الصناعات الصيدلية والدوائية بالمركز القومي للبحوث.

3- مناقشة النتائج :-

1-3 نتائج معالجة عينات الكتان المتسخة ببقع فطرية بأنزيمات اللاكيزlaccase الميكروبية:-

اعتمدت عملية قياس كفاءة عملية التنظيف بإنزيم laccase على عملية تصوير العينات باستخدام USB microscope قبل عملية المعالجة وبعد عملية المعالجة بالإنزيم ، وكذلك على قياس التغيير اللوني الكلي ΔE للعينات قبل عملية المعالجة بالإنزيم وبعد عملية المعالجة ،توضح صورة (1) عينة كتان متسخة ببقعة فطرية لفطر A . flavus المعزول من علي أحد قطع النسيج الأثرية .



صورة (1) عملية التنظيف بإنزيم اللاكيز لمدة 60دقيقة لعينة كتان عليها بقعة فطرية لفطر A . flavus حيث " A " تمثل العينة قبل المعالجة ، " B " تمثل العينة بعد عملية المعالجة بتركيز 10U من إنزيم اللاكيز.

كما توضح الجداول (1، 2) نتائج قيم التغيير اللوني الكلية ΔE لعينات الكتان المعالجة بإنزيم اللاكيز النقي والمحتوي علي شوائب في ثلاث فترات زمنية مختلفة وهي 30، 60، 90دقيقة .

جدول (1) يوضح قيم التغيير اللوني الكلية ΔEلعينات الكتان الفطرية قبل وبعد المعالجة بإنزيم laccase النقي.

قيم التغيير اللوني الكلية لعينات الكتان الفطرية قبل وبعد المعالجة بإنزيم laccase النقي					
n	Name	ΔEقبل المعالجة	30دقيقة	60دقيقة	90دقيقة
1	P. duclauxii	9.23	1.31	1.44	1.80
2	A . flavus	11.93	1.61	1.80	2.17

جدول (2) يوضح قيم التغيير اللوني الكليةΔE لعينات الكتان الفطرية قبل وبعد المعالجة بإنزيم laccase الغير نقي.

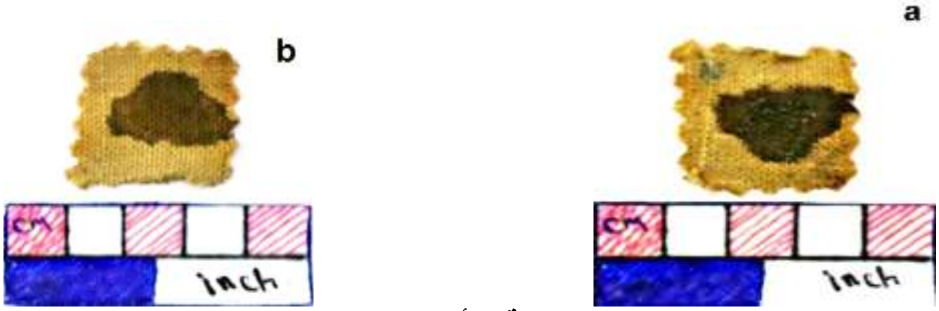
INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE AND
CULTURAL HERITAGE
VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 88 – 98.

قيم التغيير اللوني الكلية لعينات الكتان الفطرية قبل وبعد المعالجة بإنزيم laccase الغير نقي					
n	name	ΔEقبل المعالجة	30دقيقة	60دقيقة	90دقيقة
1	P. duclauxii	9.23	2.22	3.27	2.23
2	A . flavus	11.93	2.11	2.38	2.77

توضح الجداول (1، 2) فاعلية إنزيم اللاكيز laccase في التعامل مع عينات الكتان المتسخة بالبقع الفطرية حيث يظهر ذلك في إنخفاض قيم التغيير اللوني الكلية للعينات بعد عملية المعالجة في ظل الفترات الزمنية الثلاثة 30،60،90دقيقة إلا أن قيم التغيير اللوني الكلية توضح أن أقصى فاعلية لعملية التنظيف بالإنزيم كانت 30 دقيقة " الفترة الزمنية المثلي " حيث تبدأ فاعلية الإنزيم في التنظيف بعد ذلك في التضاؤل ، حيث يظهر ذلك في زيادة قيم التغيير اللوني الكلية في ظل الفترات الزمنية 60 ،90دقيقة بالمقارنة بالمعالجة في فترة زمنية قدرها 30دقيقة، كما توضح قيم التغيير اللوني الكلية ΔE أيضاً أن فاعلية الإنزيم النقي كانت أعلى من فاعلية الإنزيم المحتوي علي شوائب " غير النقي".

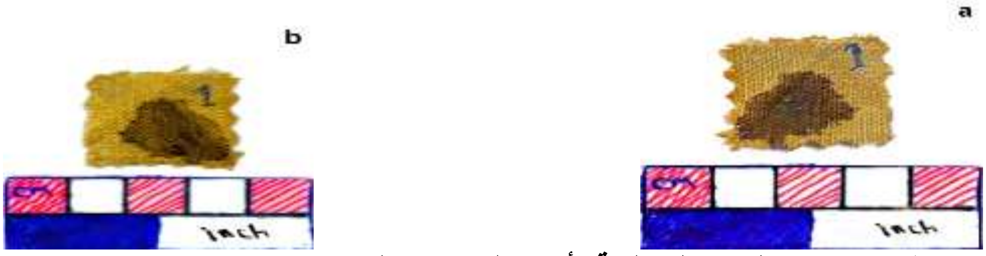
3-2 نتائج معالجة عينات الكتان المتسخة ببقع بروتينية بأنزيمات البروتييز الميكروبية:-

اعتمدت عملية قياس كفاءة عملية التنظيف بأنزيمات البروتييز على عملية تصوير العينات باستخدام الكاميرات الرقمية قبل عملية المعالجة وبعد عملية المعالجة بالإنزيم ، حيث توضح الصور (2، 3) عينات الكتان المعالجة بأنزيمات البروتييز المعزولة من السلالات البكتيرية B. lichiniformis P12 ، B. pumilus p19



صورة (2)عينات الكتان المعالجة بأنزيم البروتييز المنتج من بكتريا B. lichiniformis P12حيث "a " تمثل العينة قبل المعالجة بينما " b " تمثل العينة بعد المعالجة U 10 من الإنزيم لفترة زمنية قدرها 60 دقيقة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE AND
CULTURAL HERITAGE
VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 88 – 98.



صورة (3)عينات الكتان المعالجة بأنزيم البروتييز المنتج من بكتريا B. pumilus p19حيث "a" تمثل العينة قبل المعالجة بينما " b " تمثل العينة بعد المعالجة 10 U من الإنزيم لفترة زمنية قدرها 60 دقيقة.

كما اعتمد تقييم عملية التنظيف بأنزيمات البروتييز على قياس الكثافة البصرية لمحاليل الغسيل باستخدام جهاز Spectro photometer، حيث تم سحب جزء من محلول المعالجة لكل فترة زمنية وقياس قيم التغيير اللوني لمحلول الغسيل الناتج عن عملية المعالجة ومقارنته بمحلول قياسي من الإنزيم ، حيث جهزت العينات وتم تقطيعها بمقاس 2 x 2.5 سم ، ويوضح جدول (3) قيم الكثافة البصرية لمحاليل الغسيل الناتجة عن المعالجة بإنزيم البروتييز المعزول من جنس B . pumilus p19 وإنزيم البروتييز المعزول من جنس B . lichiniformis P12 لثلاث فترات من عملية المعالجة.

جدول (3) يوضح قيم الكثافة البصرية لمحاليل الغسيل لعينات الكتان والقطن المعالجة بإنزيم البروتييز المعزول من جنس
B . pumilus p19 وإنزيم البروتييز المعزول من جنس B . lichiniformis P12

Type of fabric	1h	2h	3h
Linen treated with protease produced by B. lichiniformis P12	**0.195**	**0.550**	**0.778**
Linen treated with protease produced by B. pumilus p19	**0.048**	**0.385**	**0.411**
Cotton treated with protease produced by B.lichiniformis P12	**0.193**	**0.471**	**0.700**
Cotton treated with protease produced by B. pumilus p19	**0.024**	**0.178**	**0.403**

ويوضح الجداول (4) قيم التغيير اللوني الكلية ΔE لعينات الكتان قبل وبعد المعالجة بأنزيمات البروتييز الميكروبية

جدول (4) يوضح قيم التغيير اللوني الكلية ΔE لعينات الكتان المعالجة بأنزيمات البروتييز.

قيم التغيير اللوني الكلية ΔE لعينات الكتان المعالجة بأنزيمات البروتييز			
n	الإنزيم	ΔEقبل المعالجة	ΔEبعد المعالجة
1	protease produced by B. lichiniformis P12	24.16	12.24
2	with protease produced by B. pumilus p19	24.16	16.33

حيث تبين النتائج بجدول (4) كفاءة أنزيمات البروتييز في عملية المعالجة لعينات الكتان المتسخة ببقع الدم ويظهر ذلك في إنخفاض قيم التغيير اللوني الكلية ΔE للعينات بعد عملية المعالجة بالإنزيم ،كما توضح النتائج أيضا أن كفاءة إنزيم البروتييز المنتج من جنس B. lichiniformis P12 كانت أعلي من كفاءة إنزيم البروتييز المعزول من جنس B. pumilus p19 في عملية المعالجة لعينات الكتان.

4- الاستنتاجات:-

يعرض هذا البحث نتائج استخدام أنزيمات الأكسدة والتحلل المائي كأحد تطبيقات الكيمياء الحيوية المستخدمة في عمليات تنظيف المنسوجات الأثرية ، حيث يوضح البحث نتائج استخدام إنزيم اللاكيز Laccase وهو أحد أنزيمات الأكسدة في عملية معالجة ألياف الكتان المتسخة بالبقع الفطرية ، حيث ظهرت كفاءة أنزيمات اللاكيز النقية والمحتوية علي شوائب والمعزولة من فطر Alternaria tenuissima KM651985 في عملية معالجة البقع الفطرية وظهر ذلك من خلال عملية قياس قيم التغيير اللوني الكلية للعينات قبل وبعد عملية المعالجة حيث بلغت قيمة التغيير اللوني الكلية ΔE لعينة الكتان المتسخة ببقعة فطرية لفطر A . flavus 11.93 قبل عملية المعالجة لتصبح بعد عملية المعالجة لفترة زمنية قدرها 30 دقيقة بتركيز 10U من إنزيم اللاكيز النقي 1.61 ، كذلك يعرض البحث لعملية معالجة البقع البروتينية " بقع الدم " بأحد أنزيمات التحلل المائي وهي أنزيمات البروتييز القاعدية والمعزولة من السلالات البكتيرية B . pumilus p19 ، B . lichiniformis P12 ، حيث أوضحت نتائج قياس قيم التغيير اللوني الكلية ΔE لعينات الكتان المتسخة ببقع الدم والمعالجة بتركيز 10U من أنزيمات البروتييز كفاءة الأنزيمات في إزالة بقع الدم حيث بلغت قيمة التغيير اللونية الكلية لعينة الكتان المتسخة ببقعة الدم قبل عملية المعالجة بإنزيم البروتييز المعزول من بكتيريا B . lichiniformis P12 24.16 لتصبح بعد عملية المعالجة 12.24 .

5- المراجع :-

1- Ahmed, H. E, "Strategy For Preservation Of Ptolemaic Wrapped Mummy's Linen In Tuna El-Gebel Excavation, Egypt. A Case Study." International Journal of Conservation Science 2(3). (2011).

2- Ahmed, H. E. and S. S. Darwish, "Effect of museum conditions on istorical dyed silk fabric with madder dye." Journal of Polymers and the Environment 20(2): 596-606. (2012).

3- Imran. M , Asad. M.J , Hadri . S. H , Mehmood. S , Production And Industrial Applications Of Laccase Enzyme, Journal Of Cell And Molecular Biology 10(1): 1-11,2012.

4- Cristóvão .R.O , Degradation Of Dye-Containing Textile Effluents By Enzymatic Catalysis , Dissertation Presented For The Degree Of Doctor In Chemical And Biological , Faculty Of Engineering , University Of Porto ,2010.

5- Genc.G , Rodrıguez-Couto. S , Using Biotechnology In The Laboratory: Using An Immobilized- Laccase Reactor-System To Learn About Wastewater Treatment , BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY EDUCATION , Vol. 37, No. 3, 2009.

6- Abdulredha. S.S , Hashim . A.J , Ali. A.A , Dheeb . B.I, Decolorization Of Textile Dyes By Partially Purified Pleurotus Ostreatus Laccase, Journal Of Biotechnology Research Center , Vol. 8 No. 3 , 2014.

7- Schubert . M, Engel . J , Th◌Ny-Meyer . L , Schwarze. F. W. M. R , Ihssen . J , Protection Of Wood From Microorganisms By Laccase-Catalyzed Iodination, Applied And Environmental Microbiology , Volume 78 Number 20, 2012.

8- Cristina . V , Gerard. P , Santi. G. V , Miquel. M , Laboratory Exercise " Characterization Of The Protease Activity Of Detergents "Laboratory Practicals For Studying The Protease Profile And Activity Of Various Commercial Detergents , The International Union Of Biochemistry And Molecular Biology , Vol. 39, No. 4, , 2011.

9- Susumu. I , Alkaline Enzymes in Current Detergency , Springer, 2011.

10- Wrigh .M.M, A Method Of Extracting Papyri From Cartonnage , Studies In Conservation, Vol. 28, No. 3 , 1983.

11- Ahmed. H. E , Kolisis F. N , A Study On Using Of Protease For Removal Of Animal Glue Adhesive In Textile Conservation , Journal Of Applied Polymer Science, Vol. 124 , 2012.

12- Viswanath.B , Rajesh . B , Janardhan . A , Kumar .A .P , Narasimha . G, Fungal Laccases And Their Applications In Bioremediation , Hindawi ,

13- Abd El Aty A.A, Hamed E.R, El-Beih A.A, El-Diwany A.I, Induction And Enhancement Of The Novel Marine-Derived Alternaria Tenuissima KM651985 Laccase Enzyme Using Response Surface Methodology: Application To Azo And Triphenylmethane Dyes Decolorization. Journal Of Applied Pharmaceutical Science. 6, (04),2016.

14- Boominadhan .U, Rajakumar. R, Sivakumaar. P.K.V, Melvin Joe. M , Optimization Of Protease Enzyme Production Using Bacillus Sp. Isolated From Different Wastes , Botany Research International 2 (2), 2009.

15- Racheal.O.O, Abu Temitope.A , Ndigwe.E.V , Morakinyo . S.D, Extraction, Purification And Characterization Of Protease From Aspergillus Niger Isolated From Yam Peels , International Journal Of Nutrition And Food Sciences,2015.