دراسة تأثير إضافة PEG على صباغة PLA بالأصبغة المعلقة

الباحثة: جيما خليل

كلية هـ ك ب – جامعة ابعث

ملخص البحث

سيتم في هذه البحث دراسة السلوك الصباغي لبوليمير البولي لاكتيك أسيد (PLA–PEG) عند صباغته بالأصبغة المعلقة بالطرق التقليدية ،حيث أنه ليف تركيبي يماثل البوليستر في تركيبه.

ولقد تم إجراء عملية الصباغة في حمام مائي بنسبة 1:10 عند درجة حرارة عالية (100°C) وخلال أزمنة مختلفة (60,50,40,30) دقيقة باستخدام الصباغ المعلق الأحمر، ولقد تم صباغة كل من أفلام PLA المحضرة بطريقة المذيب و التجفيف و الأفلام المحضرة من المزائج البوليميرية المشتركة PLA–PEG ، ومن ثم تحديد تأثير إضافة تركيز PEG لـ PLA من حيث الاستنزاف و ألفتها بعد إجراء عملية الصباغة.

تُبين النتائج استنزاف جيد وخواص صباغية جيدة وخاصة من أجل المعالجات الرطبة والصباغة منها ،كما تبين أن إضافة PEG و زيادة تراكيزه سبب زيادة في معدلات الاستنزاف وتحسين من الصفة المحبة للماء لـ PLA الذي تتمتع سطوحه بصفة كارهة للماء.

كلمات مفتاحية: الصباغ معلق، بولي لاكتيك أسيد PLA ، معدل الاستنزاف، الصفة المحبة للماء ،الصفة الكارهة للماء.

Study the effect of adding PEG on dyeing PLA with disperse dyes

Abstract

In this study we used ultrasonic technology as a means of enhancing dyeing process efficiency of polyester fibers with disperse dyes.

we studied in this work the behavior of red disperse dye when the (PLA) dyed with it by using traditional dyeing methods at temperature (100°C) and during different times (30,40,50,60) minutes, and Also we need to determine the rate of exhaustion and fastness of sample to washing after making dyeing, at last we compare all these results together which show that has greatest high exhaustion rate and good fastness special wet process when the peg was increased , and it can effect on the properties of (PLA) which its structure has an hydrophobic surfaces.

Keyword: poly lactic acid PLA, disperse dye, hydrophobic, hydrophilic properties ,exhaustion rate.

1-مقدمة:

1-1- البولي لاكتيك أسيد:

متعدد حمض اللبنيك أو متعدد حمض اللاكتيك ، ويرمز له اختصاراً (PLA)، وهو بوليمير ذو كتلة جزيئية عالية ، ببنيته التركيبية هي (–O–CH–CO–) ، فهو متعدد استر أليفاتي ،متفكك حيوياً ويتفكك إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون.

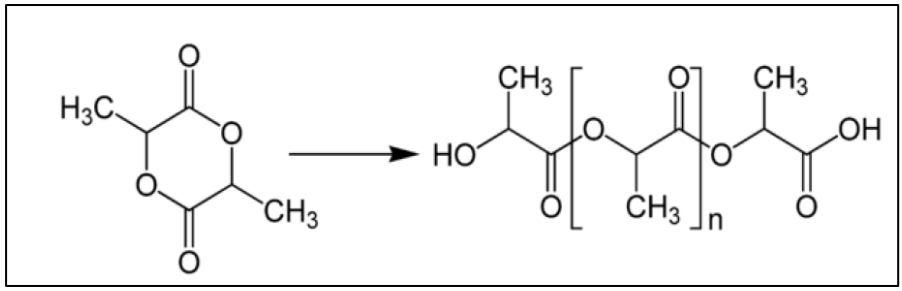
يستخدم التخمر البكتيري لإنتاج حمض اللبنيك من نشاء الذرة أو من قصب السكر، لايمكن بلمرته مباشرة للوصول إلى مركب مفيد ،لأن كل تفاعل بلمرة بعطي جزيء من الماء ،الذي يؤدي بدوره إلى تفكيك السلسلة البوليميرية ،ولا نحصل إلا على وزن جزيئي للبوليمير.

1-2- طرق تصنيع ألياف البولي لاكتيك أسيد (PLA):

يوجد طريقتين لتصنيع هذا البوليمير:

1. تكثيف متعدد للجزيئات (polycondensation): تتضمن العملية إزالة الماء المصاحب لعملية البلمرة بتكثيفه واستخدام مذيب تحت الخلاء ودرجة حرارة عاليين .تعطي هذه الطريقة بوليميرات ذات وزن جزيئي منخفض، بسبب صعوبة إزالة الماء والشوائب.
2. بلمرة الفتح الحلقي(Ring –opening polymerization):

هذه أفضل طريقة لإنتاج بوليمير ذو وزن جزيئي كبير ،وبكلفة أقل من سابقتها.إن تخمير السكر يعطي حمض لبنيك لا انطباقي و الجزيئات اللامنطبقة تكون كصورة مرآة أو متماكبة فراغياً، يمكن ان يكون بشكل (L) و(D) وقد يتشكل مزيج راسيمي منهما ولكن التخمر الدقيق يسمح بتشكل نسبة كبيرة من أحد المتماكبين تصل إلى 99.5% من متماكب (L) و 0.5% من المتماكب (D) كما في الشكل (1):



الشكل (1): يوضح طريقة البلمرة بالفتح.

لا تقتصر الإستخدامات الأساسية للألياف و القماش غير المنسوج من PLA على الملابس و الأثاث مثل ملاءات السرير ، وحشوة الوسائد و البطانيات و الفرش و السجاد بل وتشمل بعض التطبيقات المحتملة والمهمة تجارياً مثل المناشف الورقية و الصناعية ، وحفاضات الأطفال، ومنتجات النظافة للإثاث ،والملابس ذات الإستعمال مرة واحدة ،وبطانة الأحذية ،و الأقمشة المقاومة للأشعة فوق البنفسجية للإستخدام في الهواء الطلق (الخيام ، غطاء للأرض).[4] ,[5], [6].

1-3-أهمية عملية الصباغة :

تتصف ألياف (PLA) ببنية متماسكة ومتراصة كما هو موضح في الشكل (1) وهذا ما يكسبها طابع هيدروفوبي (كاره للماء) مما يجعلها صعبة الصباغة ،تركيبها قريب من PET .

وخلال عملية الصباغة تحدث الميكانزمات التالية:

- زيادة في انتفاخ الألياف في الماء.
- انخفاض في درجة حرارة التحول الزجاجي لليف.
- زيادة معامل الانتشار لجزيئات الصباغ.
- تحسن في حركة جزيئات الصباغ على سطح الليف.
- انحلال الحبيبات التي تتمتع بوزن جزيئي مرتفع في المحلول[1]،[2].

حيث يتم قياس الإنتفاخ :(swelling) : ويقاس درجة الانتفاخ لأفلام PLa المتشكلة الجافة التي توزن (Wd)، خلال فترات لمدة 24h عند الدرجة 25°C، وبعد كل عملية صباغة وغسيل إرجاعي تسحب العينة من الوسط وتوضع على ورق ترشيح و يتم التخلص من الماء الزائد ، وتوزن العينة (Wt) وتحسب درجة الإنتفاخ وفق العلاقة التالية:[7]

$$\text{Degree of swelling (\%)} = ((Wt-Wd)/Wd)\ x100$$

2-هدف البحث:

تحسين الصفة المحبة للماء لسطوح أفلام PLA الكارهة للماء من خلال إضافة بوليمير PEG (binary polymer) ،و تحديد أهميته في إمكانية تحسين المعالجات الرطبة ، ومدى تأثيره على عملية الصباغة بالأصبغة المعلقة باستخدام الطريقة التقليدية عند درجات الحرارة العالية ومدى فاعليته .

3- مواد وطرق البحث:

يتضمن البحث إجراء المراحل التالية:

1- تحضير عينات الاختبار .

2- تحضير الحمام الصباغي.

3-تحضير الحمام الإرجاعي.

4-صباغة العينات بالطريقة التقليدية عند درجات حرارة مختلفة وأزمنة مختلفة.

5- تحديد الاستنزاف المئوي للعينات وذلك بقياس التراكيز البدائية والنهائية للمحاليل الصباغية.

3-1- الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

1-الأدوات الزجاجية (حوجلات و بياشر و سلندرات وميزان إلكتروني..) في تحضير حمام الصباغة ومحاليل الأصبغة.

2-جهاز قياس حموضة الوسط (pH) في حمام الصباغة.

3-جهاز(UV – Vis. Spectrophotometer) موديل V – 530 إنتاج شركة جاسكو اليابانية لقياس λ max وقياس تركيز الصباغ في المحلول الصباغي خلال فترات زمنية مختلفة من عملية الصباغة.

4-حمام زيتي يسخن حتى الدرجة 180°C من أجل صباغة العينات بالأصبغة المعلقة.

3-2- المواد الكيميائية المستخدمة في البحث:

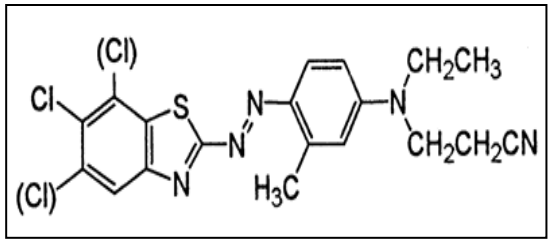
3-2-1- المواد المستخدمة في عملية الصباغة:

1-بوليمير بولي لاكتيك أسيد PLA:كثافته $1.25\ g/m^2$.

2- صباغ معلق أحمر2%(C.I. Disperse Red 152).

تصنيفه: يصنف هذا الصباغ من أصبغة الآزو (Disperse azo).

- المجموعات الفعالة للصباغ: مجموعة الآزو الأحادية (R–N=N–R).
- الصيغة الجزيئية للصباغ: $C_{19}H_{16}Cl_3N_5S$.
- البنية الكيميائية للصباغ:



الشكل(2): البنية الكيميائية لصباغ (disperse red 152)

3-عامل تسوية و بعثرة 122 -Calever.

4-حمض الخل (CH_3COOH) تركيز50%.

5- كبريتات الأمونيوم و هيدروسلفيت الصوديوم وماءات الصوديوم 50%.

3-2-2- المواد المستخدمة في تحضير حمام الغسيل الإرجاعي:

1-هيدروسلفيت الصوديوم وماءات الصوديوم 50%.

2-منظف أو مزيل زيت من فئة أملاح الأمونيوم الرباعية.

1- تحضير العينات: يتم تجفيف عينة الفيلم بالمجفف عند درجة حرارة (45°C) للتخلص من أثار الرطوبة ،ووزن العينة (الفيلم المحضر PLA-PEG)الواحدة المختبرة gr 1.

3-3- طرق البحث:

2- تحضير الحمام الصباغي: يتم تحضير حمام الصباغة لكل عينة وفقاً للوصفة المبينة في الجدول التالي:

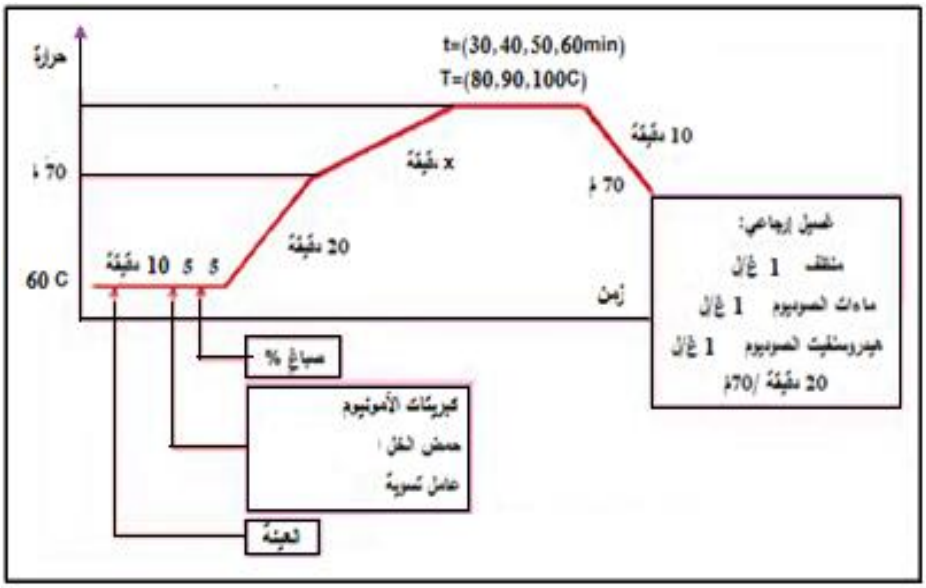
الجدول(1): تراكيز المواد المستخدمة في حمام الصباغة

المادة	التركيز
صباغ معلق أحمر152	2% من وزن العينة
ماء مقطر	1:20
عامل تسوية وبعثرة	0.5 ml/l
كبريتات الأمونيوم	1 ml/l
حمض الخل: CH_3COOH(50%)	1 ml/l

3-4- عملية الصباغة:

نجري عملية الصباغة لفيلم PLA ، ضمن حمام مائي مزود بسخان حيث نبدأ بعملية التسخين حتى نصل للدرجة 60°C عندها تُغمر العينة في الحمام الصباغي الذي يحوي على 140ml ماء مقطر، ومن ثم المتابعة وفق المخطط الصباغي الموضح بالشكل (2) حيث بعد 10 دقائق من المعالجة نضيف حمض الخل تركيزه 50%.للحمام ثم العوامل المساعدة الأخرى المطلوبة من كبريتات الأمونيوم وعامل التسوية والبعثرة ونحرك لمدة (5-10) دقائق ونتأكد من درجة الحموضة بحيث يجب أن تكون(pH=4-5) ثم نضيف محلول الصباغ

المعلق المصفّى ببطء باستخدام شبكة معدنية خاصة (مصفاة) حيث يجب أن يضاف إلى الحمام عند الدرجة 60°C لكي نحافظ على بعثرته وعدم تكتله. ثم نحرك لمدة (5–10) دقائق وبعد مرور 20 دقيقة نتأكد من pH الوسط ثم نبدأ برفع درجة الحرارة بمعدل(1) درجة/دقيقة، وننتظر عند درجة حرارة الصباغة المطلوبة 100°C, وفق الأزمنة المختلفة (30,40,50,60 min).



الشكل (3):المخطط الصباغي للصباغ المعلق الأحمر 152.

ثم نبرد ببطء حتى الدرجة (80°–70°C) وبعدها نجري عملية شطف بالماء البارد ثم عملية غسيل إرجاعي والهدف من هذه العملية التخلص من الصباغ الغير مثبت على القماش بعد الانتهاء من عملية الصباغة، ومن ثم شطف العينة وتجفيفها وبعدها نحدد قيم الاستنزاف والثباتيات ونقارن النتائج مع بعضها [9],[8],[2],[1].

3-5-تحضير حمام الغسيل الإرجاعي:

بعد تبريد العينات وشطفها بالماء تتم عملية غسيلها بحمام غسيل إرجاعي للتخلص من الصباغ الغير مثبت على العينات بشكل جيد وتتم عملية الغسيل وفق الوصفة المبينة في الجدول(2) التالي:

الجدول (2): تراكيز المواد في حمام الغسيل الإرجاعي

بناء حمام الغسيل الإرجاعي	
الزمن (دقيقة= t)، الحرارة (T=°C)	**(T=80°C) (t=40min)**
المادة	**التركيز**
هيدروسلفيت الصوديوم	1-2 g/l
ماءات الصوديوم 50%	1-2 g/l
منظف كاتيوني من مركبات الأمونيوم الرابعية	1 g/l

3-6- تحديد الإستنزاف المئوي(E%):

يتم قياس الطيف الخاص بالصباغ المعلق الأحمر(disperse red 152) باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر لنجد قمة امتصاص للصباغ (طول موجة أعظمي) عند القيمة λ_{max} = (484 nm) تقابلها قيمة امتصاصية (Abs= 0.097). ثم يقاس تركيز المحلول الصباغي في نهاية عملية الصباغة C_s ويحسب معدل الاستنزاف المئوي لكل عينة من العلاقة التالية[10]:

$$E\% = [(Cs_{initial} - Cs)/ Cs_{initial}] \times 100\%$$

كمية الصباغ الممتص (qe) (mg/g)من قبل الوحدة الكتلية للأفلام الجافة يتم تحديدها بعد إجراء عملية الصباغة وفق العلاقة التالية:

$$qe = [(C0- Ce) xV]/ W \quad [7]$$

حيث أن :

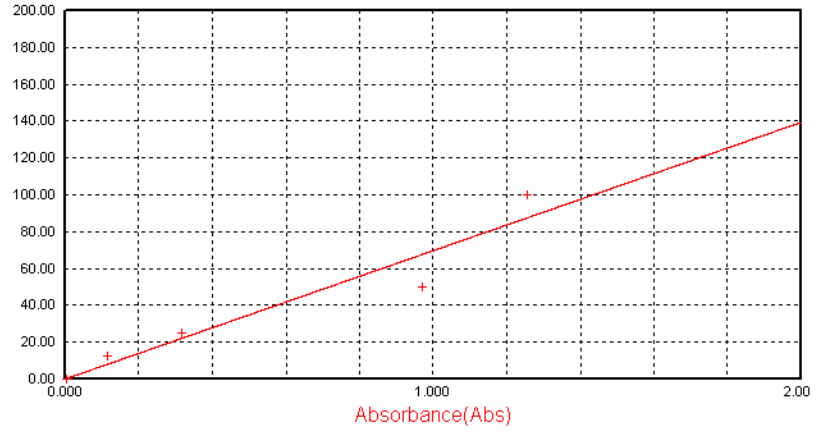
W: وزن فيلم المزائج وهي جافة.

V :حجم المحلول المائي المستخدم لتحضير الحمام الصباغي .

C0: التركيز قبل امتصاص الصباغ (التركيز البدائي) (g/L).

Ce: التركيز بعد امتصاص الصباغ (التركيز النهائي) (g/L).

كما تم تحديد السلسة المعيارية للصباغ الأحمر وتحديد قمة الامتصاص على جهاز سبيكتروفوتومتر وفق الشكل التالي :



No.	Name	Absorbance(Abs)	Conc.	Note
1	1	0.115	12.500	
2	2	0.317	25.000	
3	3	0.972	50.000	
4	4	1.255	100.00	
5	5	0.004	0.0000	

الشكل (4): يوضح قيم السلسلة المعيارية لصباغ المعلق الأحمر على جهاز سبيكتروفوتومتر المحاليل.

3-7-اختبار ثباتية الغسيل:

يتم اختبار الثباتية للغسيل بعد تجفيف العينات باستخدام بيشر وسخان كهربائي حسب تعليمات الإيزو ISO C01 حيث تتم المعالجة في الدرجة 40±2C° لمدة 30 دقيقة وتماثل هذه العملية عملية غسيل منزلية بإضافة كمية من الصابون 5% وبحيث تكون نسبة الحمام (1/50) ومن ثم تحرك العينة.تجفف العينات المختبرة وتقارن مع عينات أخرى غير مغسولة باستخدام المقياس الرمادي المخصص لتقييم ثباتية الصباغ للغسيل[1].

4 - النتائج:

تم إجراء عمليات الصباغة لعينات أفلام PLA في حمام صباغة باستخدام الطريقة التقليدية عند درجات حرارة عالية T= 100 °C ، وخلال أربع قيم لأزمنة مختلفة حيث تم ضبط تلك البارامترات من أجل العينات (1) و(2) و(3) و(4) كما هو مبين وفق الجداول (3) و(4) و(5)و(6)، ثم تمّ اختبار محلول الصباغة النهائي على جهاز سبيكتروفوتومتر محاليل لقياس تركيز الصباغ البدائي والنهائي وذلك لمعرفة النسبة المئوية للاستنزاف من أجل كل عينة،كما تم قياس اختبارات الثباتيات للعينات المصبوغة عند الإنتهاء من عملية الصباغة عند الدرجة 100°C،وحصلنا على النتائج التالية:

يوضح الجدول(3) والمخطط (1) نتائج الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر152عند الدرجة(100°C) وخلال أزمنة(30,40,50,60 min).

الجدول (3): نتائج استنزاف صباغ المعلق الأحمر152 من أجل العينة (1)عند الدرجة (100°C) وخلال أزمنة(30,40,50,60 min)

الصباغة التقليدية	حرارة	T= 100 °C			
	رقم العينة	(PLA 5% -PEG 0%) – 1			
	زمن	30 min	40 min	50 min	60 min
تركيز الصباغ النهائي(g/l)Cs		0.455	0.357	0.276	0.221
النسبة المئوية للاستنزاف E%		54.490	64.274	72.357	77.867

الجدول (4): نتائج استنزاف صباغ المعلق الأحمر152 عند الدرجة (100°C) وخلال أزمنة(30,40,50,60 min) من أجل العينة (2).

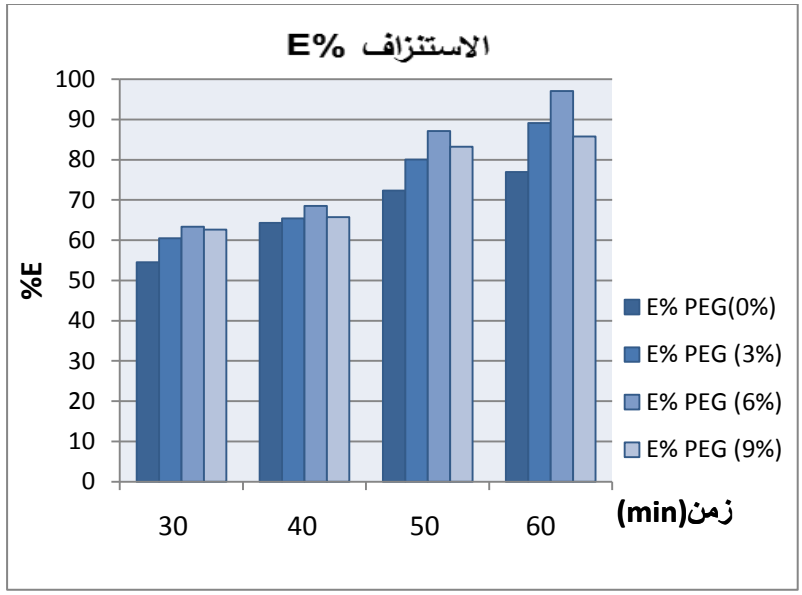
الصباغة التقليدية	حرارة	T= 100 °C			
	رقم العينة	(PLA 5% -PEG 3%) – 2			
	زمن	30 min	40 min	50 min	60 min
تركيز الصباغ النهائي(g/l)Cs		0.395	0.3456	0.199	0.109
النسبة المئوية للاستنزاف E%		60.51	65.436	80.033	89.144

الجدول (5): نتائج استنزاف صباغ المعلق الأحمر152 عند الدرجة (100°C) وخلال أزمنة(30,40,50,60 min)من أجل العينة (3).

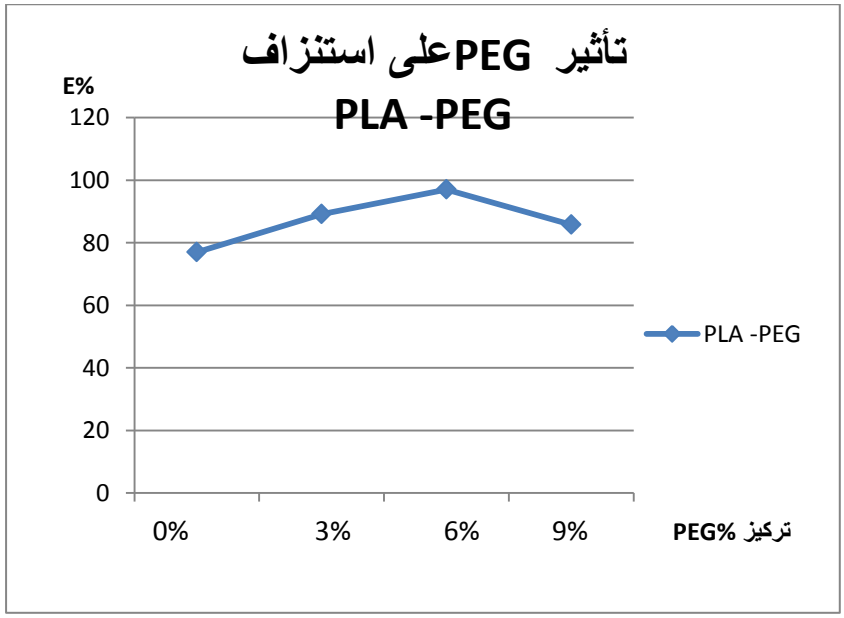
الصباغة التقليدية	حرارة	T= 100 °C			
	رقم العينة	(PLA 5% -PEG 6%) – 3			
	زمن	30 min	40 min	50 min	60 min
تركيز الصباغ النهائي(g/l)Cs		0.367	0.315	0.128	0.029
النسبة المئوية للاستنزاف E%		63.334	68.492	87.170	97.053

الجدول (6): نتائج استنزاف صباغ المعلق الأحمر152 عند الدرجة (100°C) وخلال أزمنة(30,40,50,60 min) من أجل العينة (4).

الصباغة التقليدية	حرارة	T= 100 °C			
	رقم العينة	(PLA 5% -PEG 9%) – 4			
	زمن	30 min	40 min	50 min	60 min
تركيز الصباغ النهائي(g/l)Cs		0.372	0.342	0.168	0.142
النسبة المئوية للاستنزاف E%		62.663	65.760	83.231	85.793



الشكل (5): يوضح نتائج معدلات الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر152عند درجة حرارة (100°C) وخلال أزمنة (30,40,50,60 min).



الشكل (6): يوضح تأثير إضافة PEG للـ PLA على نتائج معدلات الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر152عند درجة حرارة (100°C) وخلال ساعة كاملة.

الجدول (7): الثباتيات اتجاه الغسيل المقاسة لعينات البوليستر بعد صباغتها عند الدرجة (100°C) وخلال أزمنة (30,40,50,60 min)

بارامترات الصباغة	درجة الحرارة	T=100° C			
	الزمن	60 min			
	رقم العينة	1	2	3	4
الثباتية للغسيل		5	5	5	5/4

5-مناقشة النتائج:

-نلاحظ زيادة معدلات الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر152 في الجداول السابقة والشكل (6)عند استخدام PEG بتراكيز مختلفة (9%-6%-3%-0%) من أجل كافة العينات (1) و(2) و(3) و (4) حيث كانت الزيادة وفق القيم المدرجة بالجدول(8).

الجدول (8): يوضح قيم التغيرات ومعدلات الزيادة في معدلات الاستنزاف خلال إجراء عملية الصباغة لمدة ساعة كاملة من أجل كافة العينات المختبرة بالنسبة لعينة المقارنة (1).

رقم العينة	قيمة الزيادة ΔE%	معدل التغيير ΔE%
2	6.16	21.51
3	11.24	33.34
4	0.65	2.82

- من الجداول(3)و(4) و(5) و(6)و(8) والمخطط وفق الشكل(5) بمقارنة العينة (1) مع العينة (4) المصبوغتان عند الدرجة 100°C ،نجد تحسن معدل الاستنزاف ، نلاحظ أن قيمة هذا التحسن في معدلات الاستنزاف متقاربة والتغيير بسيط جداً مع زيادة PEG حتى التركيز 9% وهذا يعود إلى ظاهرة فصل الطور لكلا البوليميرين و التوزع الذاتي لجزيئات PEG وحجزها ضمن السلاسل PLA فلم يكن هناك أي تأثير في بنية PLA .بينما بمقارنة العينة

(2)و(3) مع العينة (1) ، كان هناك زيادة في معدل الإستنزاف $\Delta E\%$ مع زيادة إضافة PEG و تغيير ملحوظ في معدلات الاستنزاف بمقارنة العينتين أيضاً مع بعضهما(2)و(3). وبالتالي عند الصباغة لمدة ساعة كاملة و درجات حرارة عالية نجد أن معدل الاستنزاف ازداد بمعدل 33.34 و هي أعلى قيمة للزيادة وهنا يكون بداية في ترابط البوليميرينمع بعضهما و التوزع المنتظم لجزيئات PEG ضمن سلاسل PLA، ، ونشير هنا أن لها تأثير واضح على حركة السلاسل البوليميرية لليف وبالتالي حدوث الانتفاخ في المناطق غير البلورية .

– نلاحظ من الجداول (3) و(4) و(5) و(6)و(8) و المخطط (5) عند الصباغة بالدرجة (100°C) نجد أن الزيادة الكبيرة في معدل الاستنزاف كانت عند الزمن 50 دقيقة 10.87% أي بمعدل 1% وذلك من أجل العينة (4) عند مقارنتها مع العينة (1)، وبمقارنة العينة (3) مع العينة (1) نجد أن أعلى قيمة لمعدل الاستنزاف كان عند الزمن 60 min 20.09% وزاد بمعدل 55.96% ،وبمقارنة العينة (2) مع العينة (1) كان أكبر معدل استنزاف أيضاً عند الزمن 60 min بقيمة 12.17% وبمعدل 50.57% .

فيعمل PEG كعامل تلدن يخفف من الاحتكاك ما بين السلاسل وبالتالي يمكن من التغلب على التوتر السطحي للعينة كما تزيد من انحلالية الصباغ وتغلغه اتجاه PLA وهذا يؤثر بدوره على زيادة حركية العملية الصباغية.

– نجد من الجدول (7) أي عند الصباغة في الدرجة 100°C أن استخدام PEG بتراكيز مختلفة،حسَّن من ثباتيات العينات اتجاه الغسيل أي لم يحدث انتشار الصباغ من الليف باتجاه المحلول (هجرة معاكسة) مع زيادة زمن الصباغة، وهذا التحسن يتوافق مع الزيادة في معدلات استنزاف الصباغ عند الصباغة وفق تلك الشروط الصباغية. إن الزيادة في معدل الاستنزاف للصباغ بسبب زيادة PEG رافقتها أيضاً تحسُّن واضح ومقبول وفق المقياس الرمادي من أجل الثباتية اتجاه الغسيل.وكان التغير في اللون بعد الغسيل طفيف جداً، وبالتالي فإن تأثيره

إيجابي وفعال،ولكن بالنسبة للعينة الأخيرة (4) نلاحظ تكتلات في الصباغ على الرغم من ازدياد معدل الاستنزاف عند إجراء عملية الصباغة وكان هناك عدم تجانس واضح في العينات و تبقيع واضح على العينة وذلك بسبب ازدياد تركيز PEG و حدوث ظاهرة انفصال الطور أي ظهور طورين مختلفين واضحين و يصبح هناك حجز لجزيئاته وتوزعها ضمن سلاسل PLA .

– نجد من الجدول (7) نجد أن إضافة PLA تأثيراً إيجابياً بالنسبة لثباتية الصباغ اتجاه الغسيل وخاصةُ عند المعالجة الرطبة منها، حيث أنها زادت من أجل كافة العينات، وهذه الزيادة في قيم الثباتيات وفق المقياس الرمادي مترافقة مع ازدياد درجة الحرارة والزمن، وهذا ما يؤكد الدور الفعال لوجود PEG ما بين سلاسل PLA حيث يهدف هذا الاختبار إلى تقييم مدى مقاومة جزيئات الصبغة السطحية للانتقال من العينة المختبرة(المصبوغة) إلى حمام الصباغة .

– ساعد وجود PEG بشكل كبير على زيادة الحركة الاهتزازية للسلاسل البوليميرية للـ PLA ،كما زاد من ارتباط الصباغ بروابط فيزيائية (فاندرفالس والروابط الهيدروجينية) الموجودة على سطح الليف، كما أنها تزيد من تواجد المراكز الفعالة داخل الليف (تزيد من انتفاخه) لتؤمن زيادة في ارتباط الصباغ مع الليف وهذا ما يسبب زيادة الثباتيات ،وهي مترافقة مع تزايد معدلات الاستنزاف الناتجة لتلك العينات المصبوغة.

6-الاستنتاجات و التوصيات:

– نقترح دراسة إمكانية تطبيق أصبغة معلقة مختلفة أخرى في حمام الصباغة باستخدام هذه التقنية التقليدية ومقارنة نتائج الاستنزاف و الثباتيات لتحديد تأثيرها الفعال على نطاق أوسع .

– نقترح اعتماد تقنيات حديثة لإجراء عمليات الصباغة ضمن الحمام الصباغي ، وذلك من خلال استخدام تقنيات حديثة كتقنية أمواج الفوق صوتية أو استخدام تقنية أمواج الميكروويف.

–نقترح إجراء العملية الصباغية أثناء عملية تحضير الأفلام وأليافها ،و تحديد كيفية توزعها و ارتباطها مع المحلول البوليميري المحضر وتحديد المواصفات الجديدة للبوليمير الناتج و تحديد ثباتياته و القوة اللونية.

- **المراجع:**

-المراجع العربية:

1-الرفاعي، بلال عبد الوهاب: تقنيات العمليات الصباغية، منشورات دار البشائر 2006.

2-نصر، سلمان: تقانة الصباغة ، الجزء النظري ، منشورات جامعة البعث 2008.

3-نصر؛ سلمان، سفّور؛ زياد ، عثمان؛ ضفاف، 2010 تقانة الصباغة الجزء العملي الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث حمص.

- المراجع الأجنبية:

4- Gruber, Pat and O'Brien and Michael, 2001, Poly(lactic acid) fibers Biodegradable and sustainable fibres, Nature Works PLA, June.2001.

5-Yunzi Hu 1, Walid A. Daoud 1, Kevin Ka Leung, 2016; Newly Developed Techniques on Polycondensation, Ring-Opening Polymerization and Polymer Modification: Focus on Poly(Lactic Acid), Materials 2016, 9, 133.

6- Ozan Avinc*, Akbar Khoddami,2009,Overview of Poly(lactic acid) (PLA) Fibre: Part I: Production, Properties,Performance, Environmental Impact, and End-use Applications of Poly(lactic acid) Fibres,Fibre Chemistry, Vol. 41, No. 6, 2009.

7- Faten Ismail Abu-El Fadle, 2006, Improving the Compatibility of Natural and Synthetic Polymer Blends by Radiation Treatments for Using in Practical Application, Cairo UniversityFaculty of Science Chemistry Department, M.Sc. Organic Chemistry (2006).

8-Faten Ismail Abu-El Fadle,2010, Improving the Compatibility of Natural and Synthetic Polymer Blends by Radiation Treatments for Using in Practical Application, Cairo University Faculty of Science Chemistry Department.

9-Akbar Khoddami ,Overview of Poly(lactic acid) (PLA) fibre: Part II: Wet Processing; Pretreatment, Dyeing, Clearing, Finishing, and Washing Properties of Poly(lactic acid) Fibres, No. 1, pp. 59-69, January-February, 2010.

10-Peters, R.H,.(1963) Textile Chemistry: The Physical chemistry of Dyeing, New York, Elsevier Pub. Co.