دراسة تأثير إضافة PEG على صباغة أسيتات السيللوز بالأصبغة المعلقة

اسم الباحث: ديمة اسماعيل شبيب – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية

اختصاص غزل ونسيج

ملخص البحث

تم في هذا البحث دراسة السلوك الصباغي لأفلام أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول عند صباغتها بالأصبغة المعلقة. حيث تم تصنيع أفلام من أسيتات السيللوز بإضافة البولي ايتلين بنسب مختلفة (6–4–2)% من أسيتات السيللوز.

تم إجراء عملية الصباغة في حمام مائي عند درجة حرارة عالية (100°C) وزمن 60 دقيقة باستخدام الصباغ المعلق الأحمر، ولقد تم صباغة كل من فيلم من أسيتات السبللوز وأفلام من أسيتات السيللوز والبولي إيتلين غليكول المحضرة بطريقة المذيب والتجفيف . تم دراسة تأثير زيادة تركيز البولي ايتلين غليكول على معدل استنزاف الصباغ وإلفة الصباغ تجاه المزيج البوليمري المحضر أثناء إجراء عملية الصباغة.

تُبين النتائج استنزاف جيد وخواص صباغية جيدة عند اضافة تركيز منخفض من البولي ايتلين غليكول بينما يزداد معدل لإستنزاف بنسبة قليلة بزيادة تركيز البولي ايتلين كما حصلنا على ثباتية جيدة للغسيل لعينة أسيتات السيللوز وعينة أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول 2%

كلمات مفتاحية: الصباغ معلق، معدل الاستنزاف، أسيتات السيللوز، بولي ايتلين غليكول

Study the effect of adding PEG on dyeing acetate cellulose with disperse dyes

Abstract

In this study, the dyeing behavior of cellulose acetate and polyethylene glycol films were studied when dyed with disperse dyes. Where films were made of cellulose acetate by adding polyethylene with different concentration (2-4-6)% of cellulose acetate.

The dyeing process was carried out in a water bath at a high temperature (100°C) and a time of 60 minutes using the red disperse dyes, Both cellulose acetate films and cellulose acetate and polyethylene glycol films were dyed by solvent and drying method. The effect of increasing the concentration of polyethylene glycol on the rate of dye exhaustion and the affinity of the pigment towards the prepared polymeric mixture during the dyeing process were studied.

The results show good exhaustion and good dyeing properties when adding a low concentration of polyethylene glycol, while the rate of exhaustion increases by a small percentage with increasing the concentration of polyethylene. We also got good washing stability of the dye for the cellulose acetate sample, the cellulose acetate sample and the 2% polyethylene glycol sample.

Keyword: disperse dye, exhaustion rate, acetate cellulose, polyethylene glycol.

1- مقدمة:

1-1- تعريف البوليميرات (polymers):

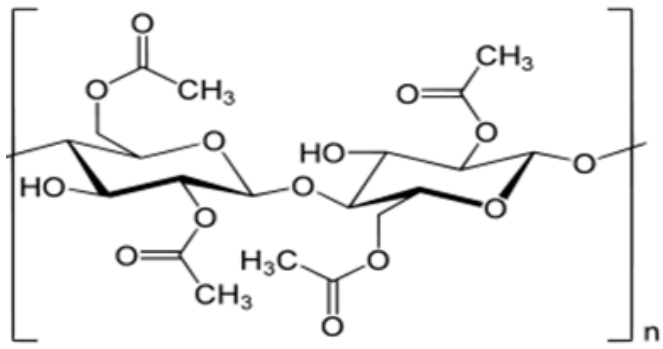
هي المواد التي تتكون من ترابط عدد كبير من الوحدات البنائية بواسطة روابط من نفس النوع وتختلف خصائصها بناء على وظائفها فقد تكون ثنائية أي لها القدرة على الإرتباط بجزيئين أحاديين أو تكون ثلاثية أو متعددة الإرتباط..[1]

تتكون كلمة بوليمير (polymers) من مقطعين الأول (poly) ويعني عديد والثاني (mers) ويعني جزيئات أو وحدات ثنائية . تتم صناعة المبلمرات عن طريق عملية تسمى البلمرة.[8]

1-2- أسيتات السيللوز:

خلات السيللوز أو إيتانوات السيللوز Cellulose Ethanoate أو أسيتات السيللوز هو إستر لخلات السيللوز وقد تم تحضيره لأول مرة في عام 1985 يستخدم خلات السيللوز كقاعدة أفلام في التصوير الفوتوغرافي وأيضاً كمكون في بعض الطلاءات، وفي تصنيع إطارات النظارات وفي صناعة فلاتر السجائر .[7]

تعتبر أسيتات السيللوز واحدة من أقدم الوليميرات الإصطناعية في العالم وهو معتمد في تصنيعه على سيللوز القطن أو سيللوز لب الخشب ويشترك خلات السيللوز مع الحرير الصناعي بالعديد من الصفات ويختلف أسيات السيللوز عن الحرير الصناعي أو الرايون أنه يتطلب استخدام حمض الخليك في عملية الإنتاج، كما أن الرايون يقاوم الحرارة بينما تكون الخلات عرضه للإنصهار.[6]



الشكل(1): الصيغة الكيميائية لأسيتات السيللوز

1-3-الأصبغة المعلقة :

هي أصبغة غير منحلة في الماء نسبياً عند درجة حرارة الغرفة وذات انحلالية محدودة عند درجات الحرارة العالية. وهي ذات إلفة للألياف الكارهة للماء بسبب قدرتها على الإنحلال فيها مثل النايلون ومتعدد الأستر وأسيتات السيللوز. وكما تشير تسميتها فإنها توجد في الحمام الصباغي بشكل معلق مائي دقيق بوجود عامل مشتت. يحل الماء كمية صغيرة من الصباغ بشكل أحادي الجزئ فتمتص الألياف الكارهة للماء الصباغ من المحلول. ولأن هذه الأصبغة مركبات عضوية غير أيونية ذات وزن جزيئي صغير فمن الممكن الصباغة بامتصاص أبخرة الصباغ المتصعدة نتيجة الحرارة . للأصبغة المشتتة انحلالية قليلة في الماء بسبب وجود مكونات قطبية في بنيتها الجزيئية وبالتالي ذات انحلالية أكبر في الألياف منها في الماء وبذلك يمكننا الحصول على صباغة عميقة للألياف. الروابط الأساسية التي تربط الصباغ المعلق بالألياف هي الروابط الهيدروجينية وروابط فانديرفالس.

1-4-أهمية عملية الصباغة:

يتم صباغة أسيتات السيللوز بالأصبغة المعلقة عند درجة الغليان وبوجود حوامل هذه الحوامل تعزز انتفاخ الليف وتحسن من امتصاص الصباغ من قبل الألياف .

وخلال عملية الصباغة تحدث الميكانيزمات 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].

2-هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحسين صباغة أسيتات السيللوز المحضر من عوادم القطن وذلك بإضافة البولي ايتلين غليكول بنسب مختلفة لتصنع على شكل أفلام بالأصبغة المعلقة عند درجات حرارة عالية وذلك باعتبار البولي ايتلين غليكول مادة محبة للماء أي تحسن من أمتصاص السوائل للأفلام المحضرة.

3- مواد وطرق البحث:

يتضمن البحث إجراء المراحل التالية:

1- تحضير أسيتات السيللوز مخبرياً من عوادم القطن .
2- تحضير الأفلام .
3- تحضير الحمام الصباغي.
4-تحضير الحمام الإرجاعي.
5-صباغة العينات بالطريقة التقليدية .
6-تحديد الاستنزاف المئوي للعينات وذلك بقياس التراكيز البدائية والنهائية للمحاليل الصباغية.
7- اختبار ثباتية الغسيل للعينات المصبوغة بالصباغ المعلق.

3-1- الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

1-الأدوات الزجاجية (حوجلات وبياشر وسلندرات وميزان إلكتروني..) في تحضير حمام الصباغة ومحاليل الصباغ المعلق.
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 100C° من أجل صباغة العينات بالأصبغة المعلقة.

3-2- المواد الكيميائية المستخدمة في البحث:

3-2-1-المواد الكيميائية المستخدمة في عملية الأستلة:

1-حمض الخل الثلجي(Acetic acid):صيغته CH3COOH وسمي كذلك لأنه يتجمد إذا انخفضت درجة حرارة الجو عن 16.8C° إلى بلورات صلبة عديمة اللون.

2- بلا ماء حمض الخل (Acetic anhydride):هو مركب كيميائي يكون على شكل سائل عديم اللون صيغته (CH3CO)2O له رائحة واخزة قوية تشبه رائحة الخل.

3-حمض الكبريت المركز(Sulfuric acid): صيغته الكيميائية (H_2SO_4) حمض معدني قوي يذوب في الماء بجميع التراكيز ويستخدم كمحفز لتفاعل الأستلة.

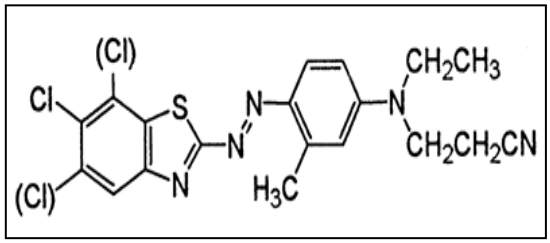
4- الماء المقطر: يستخدم في غسيل المركب الناتج.

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

- 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)

-عامل تسوية و بعثرة 122 -Calever.
-حمض الخل (CH_3COOH) تركيز 50%.
- كبريتات الأمونيوم وهيدروسلفيت الصوديوم وماءات الصوديوم50%.

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

1-هيدروسلفيت الصوديوم وماءات الصوديوم 50%.
2-منظف أومزيل زيت من فئة أملاح الأمونيوم الرباعية.

4- طرق البحث:

4-1- تحضير أسيتات السيللوز بالأستلة:

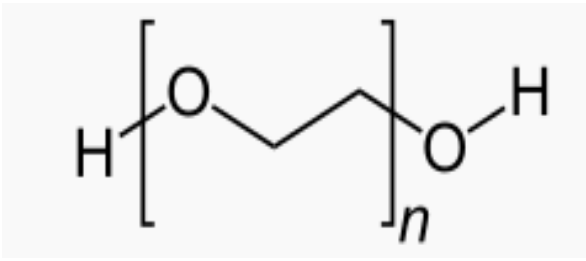
يؤخذ عينة من عوادم التمشيط المبيضة بوزن 5g وتعالج بمجموعة من الحموض في حمام مائي عند الدرجة 60C° باستخدام حمض الخل (50ml) وبلا ماء حمض الخل (50ml) وحمض الكبريت كمحفز للتفاعل (0.25ml) لمدة ثلاث ساعات نحصل بعدها على بودرة بيضاء اللون تمثل أسيتات السيللوز تجفف عند الدرجة 70C° لمدة 4 ساعات [4] كما في الشكل (3):

الشكل (3): أسيتات السيللوز المحضرة

4-2- تحضير عينات أسيتات السيللوز وأسيتات السيللوز مع البولي ايتلين غليكول:

تم تحضير فيلم لأسيتات السيللوز في مذيب من الكلوروفورم بتركيز 10% وتحضر بقية الأفلام بإضافة البولي ايتلين غليكول بتراكيز (2-4-6%) من وزن الأسيتات المضافة بحيث يكون تركيز البوليمرات 10% من كمية المذيب المستخدم ثم تم تجفيف الأفلام المحضرة في المجفف عند الدرجة 70C° لمدة ساعتين.

البولي ايتلين غليكول هو بوليمير من أكسيد الإيثلين تم انتاجه أول مرة عام 1859 م يتميز بكونه جزيئاته محبة للماء أي ذواب في الماء وذو سمية منخفضة يستخدم في مجالات متعددة منها كيميائية طبية وبيولوجية له الصيغة التالية .H-(O-CH2-CH2)n-OH. [9]



الشكل(4): البولي ايتلين غليكول

4-3- 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: CH3COOH(50%)	1 ml/l

4-4- عملية الصباغة:

نجري عملية الصباغة لفيلم أسيتات السيللوز وأفلام أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول ضمن حمام مائي مزود بسخان حيث نبدأ بعملية التسخين حتى نصل للدرجة 60C° عندها تُغمر العينة في الحمام الصباغي الذي يحوي على 140ml ماء مقطر، ومن ثم المتابعة بعد10 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 60C° لكي نحافظ على بعثرته وعدم تكتله.ثم نحرك لمدة (5–10) دقائق وبعد مرور20 دقيقة نتأكد منpH الوسط ثم نبدأ برفع درجة الحرارة بمعدل(1) درجة/دقيقة، حتى نصل لدرجة حرارة الصباغة المطلوبة 100C°.

ثم نبرد ببطء حتى الدرجة (70°C–80°) وبعدها نجري عملية شطف بالماء البارد ثم عملية غسيل إرجاعي والهدف من هذه العملية التخلص من الصباغ الغير مثبت على الأفلام بعد الانتهاء من عملية الصباغة، ومن ثم شطف العينة وتجفيفها . نقوم أثناء عملية الصباغة بتحديد قيم الاستنزاف والثباتيات ونقارن النتائج مع بعضها [12],[11],[2],[1].

4–5–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 عند الدرجة 70C° لمدة 40 دقيقة باستخدام هيدروسلفيت الصوديوم 2g/l وماءات الصوديوم تركيزه 50% بنسبة 2g/l ومنظف كاتيوني من مركبات الأمونيوم 1 g/l

4–6– تحديد الإستنزاف المئوي (E%):

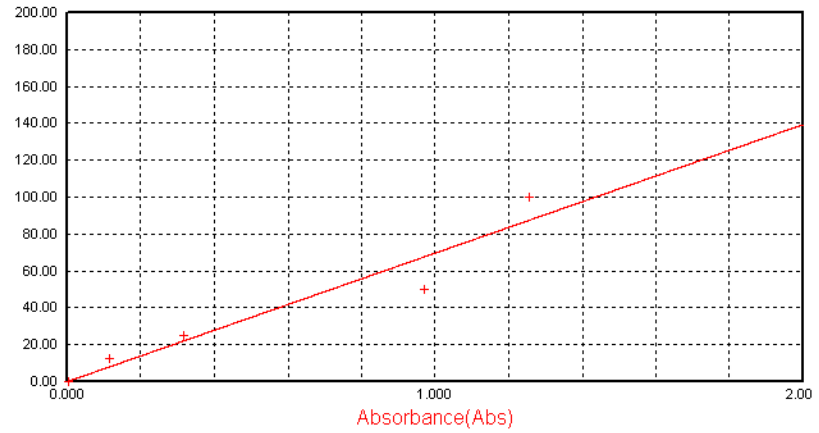
يتم باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر لقياس طول الموجة الأعظمي للصباغ الأحمر المعلق 152 حيث كانت (484 nm) تقابلها قيمة امتصاصية (Abs= 0.097) .

نقوم بقياس تركيز المحلول الصباغي في بداية عملية الصباغة $Cs_{initial}$ ثم نقيس تركيز المحلول الصباغي في نهاية كل عملية صباغية C_s ويحسب بعدها معدل الاستنزاف المئوي للصباغ الأحمر المعلق بالعلاقة التالية.[5]

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

يعتمد جهاز سبيكتروفوتومتر في قياس تركيز الصباغ المتبقي في المحلول الصباغي على رسم السلسلة المعيارية، حيث يتم تحضير عدة محاليل صباغية ممددة معروفة التراكيز، وتسجيل قيمة الامتصاصية لكل تركيز، ومن ثم يقوم الجهاز برسم الخط البياني بين هذه التراكيز والامتصاصية.

يتم قياس الطيف الخاص بالصباغ المعلق الأحمر (dispersered152) كما تم تحديد السلسة المعيارية للصباغ الأحمر المعلق 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 (5): يوضح قيم السلسلة المعيارية لصباغ المعلق الأحمر

على جهاز سبيكتروفوتومتر المحاليل.

4-7-اختبار ثباتية الغسيل:

يتم اختبار الثباتية للغسيل بعد تجفيف العينات باستخدام بيشر وسخان كهربائي حسب تعليمات الإيزو ISO C03 حيث تتم المعالجة في الدرجة 60 ± 2°س لمدة 30 دقيقة بإضافة 2 غ/ل من كربونات الصوديوم و 5 غ/ل من الصابون، ثم تقارن العينات المغسولة مع عينات أخرى غير مغسولة باستخدام المقياس الرمادي.[3,1]

5- النتائج:

5-1- نتائج معدل الأستنزاف (E%):

تم صباغة العينات الأربعة المحضرة من أسيتات السيللوز ومن مزيج أسيتات السيللوز مع البولي ايتلين غليكول في حمام الصباغة المحضر بالطريقة المذكورة سابقاً باستخدام الصباغ الأحمر المعلق 152 حيث تم قياس تركيز الصباغ في المحلول الصباغي أثناء عملية الصباغة خلال الفترات الزمنية (60-40-20) دقيقة لدراسة الإستنزاف الحاصل للصباغ في كل عينة .

تم قياس التركيز البدائي للمحلول الصباغي عند بدء عملية الصباغة بواسطة جهاز سبيكتروفوتومتر المحاليل وكان التركيز البدائي للمحاليل الصباغية المحضرة 0.9 g/l عند البدء بعملية الصباغة للعينات المحضرة.

الجدول(2): معدل الإستنزاف للصباغ المعلق الأحمر 152 لعينة أسيتات السيللوز

العينة 1	AC		
الزمن	20 sec	40 sec	60 sec
تركيز الصباغ النهائي Cs(g/l)	0.351	0.292	0.175
النسبة المئوية للاستنزاف	61	67.55	80.55

E%			

الجدول (3):معدل الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر 152 لعينة أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول 2% .

العينة 2	عينة (AC+PEG 2%)		
الزمن	20 sec	40 sec	60 sec
تركيز الصباغ النهائي Cs(g/l)	0.269	0.194	0.099
النسبة المئوية للاستنزاف E%	70.11	83.44	89

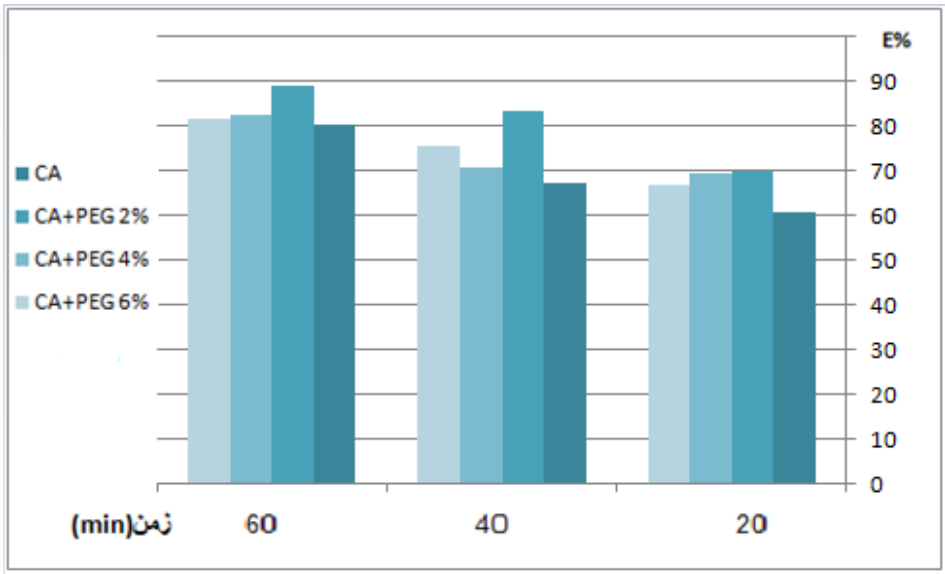
الجدول(4):معدل الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر 152 لعينة أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول 4% .

العينة 3	عينة (AC+PEG 4%)		
الزمن	20 sec	40 sec	60 sec
تركيز الصباغ النهائي Cs(g/l)	0.274	0.262	0.158
النسبة المئوية للاستنزاف E%	69.55	70.88	82.44

الجدول(5):معدل الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر 152 لعينة أسيتات السيللوز والبولي ايتلين غليكول 6% .

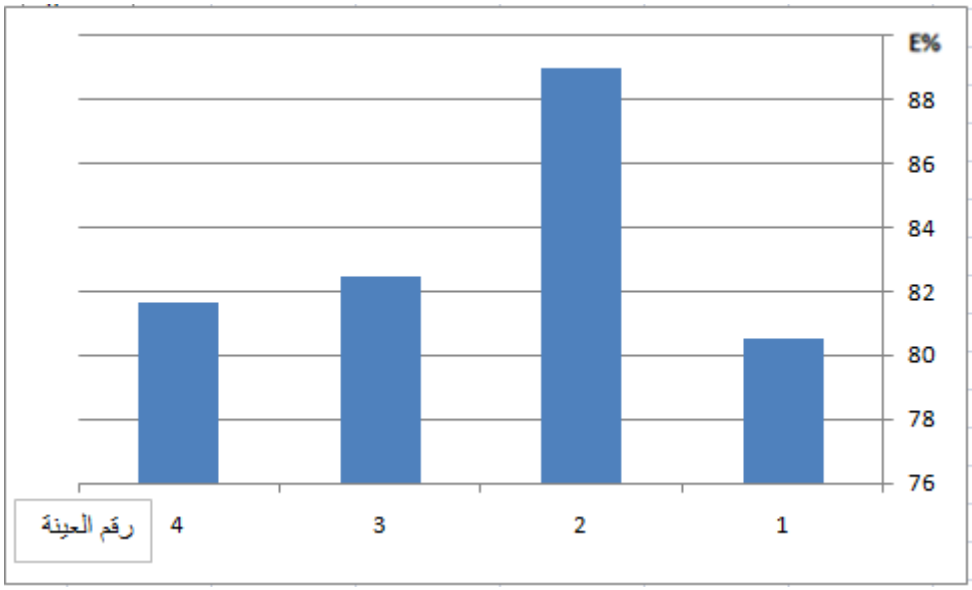
العينة 4	عينة (AC+PEG 6%)		
الزمن	20 sec	40 sec	60 sec
تركيز الصباغ	0.296	0.220	0.165

النهائي(g/l)Cs			
النسبة المئوية للاستنزاف E%	67.11	75.55	81.66



المخطط (1): يوضح معدلات الاستنزاف للصباغ المعلق الأحمر152عند الدرجة (100°C)

نلاحظ زيادة في معدل استنزاف الصباغ عند اضافة البولي ايتلين غليكول وتوضح هذه الزيادة في المخطط التالي .



المخطط(2): الزيادة في معدل الإستنزاف للعينات المصبوغة بزيادة تركيز البولي ايتلين غليكول بعد الصباغة لمدة ساعة كاملة

الجدول(6): الزيادة في معدل الإستنزاف عند زيادة تركيز البولي ايتلين غليكول

نسبة PEG	ΔE%
2%	9.5
4%	2.29
6%	1.36

5-2- نتائج اختبار الثباتية للغسيل:

تم إجراء اختبار الثباتية للغسيل حسب المعيار ISO C03 ذي الشروط التالية : [1], [10]

- نسبة الحوض 1:50 .

- محلول غسيل يحوي : صابون (5g/l) وكربونات الصوديوم (2g/l) وتمت المعالجة بالتسخين لدرجة (60 ± 2C°) لمدة 30 دقيقة.

– تغسل العينات بعد انتهاء الغسيل بالماء البارد النظيف لمدة 10 دقائق، ثم تجفف العينات بتيار هواء ساخن بدرجة حرارة لا تتجاوز 60C° .

الجدول (7): الثباتيات اتجاه الغسيل للعينات المصبوغة عند الدرجة (100°C)

رقم العينة	1	2	3	4
الثباتية للغسيل	5	5	5/4	5/4

6– مناقشة النتائج:

– تم الحصول على أسيتات السيللوز بمعالجة عوادم التمشيط بمزيج من الحموض على شكل بودرة بيضاء ذوابة في الكلوروفورم عند مزجها مع البولي ايتلين غليكول حصلنا على أفلام صلبة.

– نلاحظ تصبغ لعينة أسيتات السيللوز باستخدام الصباغ المعلق الأحمر 152 عند الدرجة 100C° حيث وصل استنزاف الصباغ للدرجة 80.55% بعد ساعة صباغية كاملة.

–عند اضافة البولي ايتلين غليكول لأسيتات السيللوز بمعدل 2% تحسن معدل الإستنزاف بشكل كبير وذلك بسبب قابلية البولي ايتلين غليكول للذوبان في الماء وانتفاخ سلاسله البوليميرية التي ارتبطت بين سلاسل أسيتات السيللوز والذي أعطى جزيئات الصباغ إمكانية للتغلغل والإرتباط بالسلاسل البوليميرية وبالتالي سبب ذلك زيادة في معدل الإستنزاف والإرتباط.

– زاد معدل الإستنزاف في العينة الثانية بنسبة 9.5% وذلك بسبب التوزع المنتظم لسلاسل البولي ايتلين غليكول بين سلاسل الأسيتات حيث يعمل البولي ايتلين غليكول على تباعد السلاسل فيما بينها وبالتالي تقليل الإحتكاك فيما بينها مما يعمل على تقليل التوتر السطحي ويزيد من انجذاب الصباغ نحو السلاسل البوليميرية .

– نلاحظ في عند زيادة تركيز البولي ايتلين غليكول بنسبة 4% و 6% زيادة في معدل الإستنزاف بنسبة 2.29% و 1.36% على التوالي بنسبة قليلة وذلك بسبب حدوث بعض الإنتفاخات في العينة بسبب قابلية البولي ايتلين للذوبان في الماء سببت هذه الإنتفاخات عدم حدوث تثبيت للصباغ ضمن السلاسل البوليميرية وبقاء مناطق الإنتفاخ دون حدوث ارتباط للصباغ بسبب حدوث انفصال في الطور.

– نلاحظ من اختبار ثباتية الغسيل تحسن ثباتية للصباغ عند اضافة نسبة قليلة من البولي ايتلين إلى عينة الأسيتات بينما في العينات التي تحتوي تراكيز عالية من البولي ايتلين غلكول والتي ظهر فيها انتفاخات حدث تجمع للمحلول الصباغي ضمن هذه الإنتفاخات وخروج الصباغ منها عند عملية الغسيل والذي يؤكد عدم حدوث ارتباط جزيئات الصباغ مع السلاسل البوليميرية.

– ظهرت في العينات 3 و4 مناطق الإنتفاخ بلون شفاف بعد عملية الغسيل الذي يثبت أن زيادة تركيز البولي ايتلين غليكول أعطى نتيجة عكسية وحدوث هجرة معاكسة لجزيئات الصباغ باتجاه المحلول الصباغي نتيجة حدوث ظاهرة انفصال الطور أي ظهور طورين مختلفين واضحين والتباعد الكبير بين سلاسل البولي ايتلين غليكول نتيجة انتفاخه أثناء عملية الصباغة.

6-الاستنتاجات و التوصيات:

– نقترح امكانية تحسين معدل الإستنزاف لصباغة عينات أسيتات السيللوز مع البولي ايتلين غليكول باستخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية أو أمواج الميكرويف التي من المتوقع أن تعزز من تغلغل جزيئات الصباغ بين السلاسل البولميرية وارتباطها .

–نقترح امكانية تحسين صباغة أسيتات السيللوز باستخدام مزائج من بوليميرات أخرى مع أسيتات السيللوز .

–نقترح دراسة معدل الإستنزاف لأنواع أخرى من اسيتات السيللوز ذات درجات أستلة مختلفة ودراسة تأثير درجة الأستلة على صباغة أسيتات السيللوز بالأصبغة المعلقة.

–نقترح دراسة صباغة أسيتات السيللوز بأنواع أخرى من الأصبغة المعلقة ومقارنة نتائج الصباغة الناتجة فيما بينها.

- **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-Bao,c 2015. Cellulose acetate / plasticizer systems : structure, morphology and dynamics. Polymers Université Claude Bernar

5- Ludwig Bottenbruch (Hrsg)- Kunststoff-Handbuch 3/1 – TechnischeThermoplaste: Polycarbonate, Polyacetate, Polyester, Celluloseester. Carl HanserVerlag, München/Wien 1992. ISBN 3-446-16368-9, S. 404-408

6-MenachemLewin (Hrsg)- Handbook of Fiber Chemistry. Third Edition. Taylor & Francis Group, Boca Raton 2007, ISBN 0-8247-2565-4, S. 778-784

7-M.M. Kamel, W.M. Raslan, H.M. Helmy, E. Al-Ashkar, Improving properties of polyester and cellulose acetate fabrics using laser irradiation, J. Text. Sci. Eng. 2(5) (2012) 1-6.

8-McCrum N. G., Buckley C. P., Bucknall C. B., Principles of Polymer Engineering, Oxford University Press, 1997, p1.

9-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.

10- Gralén, N & Sumner, J 1938, The molecular weight of crystalline catalase. Institute of physical chemistry ,vol. 87,p 33-36.

11-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.

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