Middle East Journal of Humanities and Cultural Studies
Homepage: http://meijournals.com/ar/index.php/mejljs/index
ISSN: 2710-2238 (PRINT)
ISSN: 2788-4686 (ONLINE)
مجلة الشرق الأوسط
للعلوم الإنسانية والثقافية

تحضير صباغ الآزو ودراسة بنيته وثباتيته وأضرار استخدامها

شاديمان إسماعيل حسي
كلية العلوم الطبيعية، قسم الكيمياء، جامعة كوباني، كوباني، شمال شرق سوريا

استلام البحث:24-11-2023 مراجعة البحث :28-02-2023 قبول البحث :06-03-2023

ملخص:

في هذا البحث قمنا باختيار موضوع الأصبغة العضوية وتحديد صبغة وهي صبغة الآزو بسبب أهمية هذا الموضوع حيث قمنا بتعريف الأصبغة وبيان تاريخ تطبيقها ومما يتكون وماهي المواد التي يدخل في تركيبها وماهي الشروط الجيدة التي يجب أن نطبق بها هذه الأصبغة على الملابس والاقمشة التي نستخدمها من حيث الوسط الموجود فيه كالأحماض والقواعد وكيف يتأثر الصبغة في الضوء والغسيل وتأثيرها مع الوسط المحيط وكيف يمكن معالجة هذه المشكلة وكيف يجب المحافظة على اللون من البهتان وذلك بعد تحديد أهمية البحث عن الأصبغة وأيضا تحديد المشكلة والهدف الرئيسي لهذه الأصبغة ومن ثم في القسم العملي قمنا بصناعة الأصبغة في المخبر وذلك بتوفير الشروط اللازمة من درجة الحرارة والمواد اللازمة وبعد ذلك تم صنع نوع من صباغ الآزو بنتيجة جيدة وطريقة الصحيحة وتجربة ذلك على القماش وبيان صحة الصبغة التي تم صنعها في المخبر بعد تعريض القماش لجميع العوامل التي تم ذكرها سابقا وقمنا بعرض نتائجنا وعرض المقترحات المناسبة للبحث لتطبيقها في المستقبل التي يمكن للباحثين الإعتماد عليها في الأبحاث القادمة.

الكلمات المفتاحية: صباغ الآزو، قماش ، الأحماض، القواعد ، الضوء .

مــقدّمـــة

لقد شهدت العقود الأربعة الأخيرة نهضة ملحوظة في مجال كيمياء أصبغة الآزو الحاوية على حلقات غير متجانسة. فقد أجريت مجموعة من الأبحاث لتحضيرهذه الأصبغة وذلك بهدف الجمع بين البريق والثباتية وقوة الصباغ بالاضافة الى الاهتمام بالناحية الاقتصادية والبيئية، وقد تحقق هذا الهدف مع أصبغة الآزو الحلقة غير المتجانسة التي تمتلك خواصاً مميزة مثل الثبات تجاه الضوء والألوان البراقة.

تستخدم هذه الأصبغة على نطاق واسع في مختلف المجالات مثل صباغة ألياف النسيج المختلفة ،الدراسات الحيوية والتطبيقات المتقدمة في الاصطناع العضوي. يتم الحصول على هذه الأصبغة إما باستخدام مركبات تزاوج حلقية غير متجانسة ،أو باستخدام مركبات ديازونيوم حلقية غير متجانسة وبسبب هذا التنوع في طرائق الاصطناع وإمكانية استخدام مركبات أولية متنوعة فقد يتم الحصول على العديد من الأصبغة التي يمكن أن تحوي في بنيتها زمراً مثل (هيدروكسي أو الأمين). فقد حضرنا أصبغة آزو كومارين ودرسنا إمكانية استخدامها كأصبغة ،بالإضافة إلى دراسة تطبيقاتها على الألياف الكيميائية المختلفة وتأثير هذه الأصبغة على صحة الإنسان(1).

مشكلة البحث:

صلب المشكلة:قلة توفر المواد

الزيارة الميدانية:لاتوجد

سؤال البحث:ماهي أصبغة الآزو؟

أهمية البحث:

يأتي أهمية هذا البحث في الحصول على نوع جيد من الأصبغة وكيفية استخدامها ودراسة فعاليتها في صباغة مواد نسيجية مختلفة ودراسة ثباتيتها.

مواد البحث وطرائقه:

يتحدث البحث عن الأصبغة وصبغة الآزو بشكل خاص وطريقة صناعة هذه الأصبغة في المخبر

أهداف البحث :

بما أنه تعد الأصبغة العامل الأول في عمليات التسويق للمنتجات النسيجية والصناعية المختلفة، لذلك تتوجه أنظار الصناعيين نحو تطوير الأصبغة وإيجاد أنواع جديدة ثابتة وسهلة التصنيع ورخيصة الثمن وغير ضارة بالبيئة و صحة الإنسان. لذا يهدف هذا البحث إلى التعريف بالاصبغة عموماً والاصبغة ازوتية على وجه الخصوص:

- ماهي الأصبغة؟
- ماهي أصبغة الآزو وطريقة تصنيع هذا الصباغ ؟
- كيفية الحصول على أنواع جديدة من هذه الأصبغة ودراسة فعاليتها في العديد من المواد المراد استخدامها ؟
- دراسة ثباتية الوان الأصبغة تجاه عوامل مختلفة ؟
- كيفية صناعة أصبغة الآزو مخبرياً وخاصةً الأصبغة الحاوية على الكومارين في بنيتها؟

مصطلحات البحث:

تعريف الاصبغة لغوياً: تعرف بأنها مواد كيميائية عضوية قادرة على أمتصاص وعكس الضوء بأطوال موجات انتقائية ضمن المجال المرئي،يحتاج الصباغ إلى وسط سائل غالبا ليتمكن من الانتقال إلى المادة الملونة ، وقد تحتاج إلى مرسخ لوني لتحسين ثباتية اللون في الألياف المصبوغة، ينتج اللون من الصباغ نتيجة إمتصاصهما لأطوال الموجات الضوئية(٢).

اصطلاحاً:الأصبغة هي مركبات عضوية تمتص نوع معين من الأشعة المرئية.

عينة البحث:

تجربة الأصبغة على الأقمشة

حدود البحث:

الحد المكاني: كلية العلوم الطبيعية –قسم الكيمياء–جامعة كوباني .

الحد الزماني: الفصل الدراسي الثاني(من الشهر الثاني 2022–الشهر الرابع 2022).

الحد الموضوعي: كيفية صناعة أصبغة الآزو.

الدراسات السابقة:

–الدراسات المحلية: دراسة ،هاني سمان ، ٢٠١٦،سوريا

عنوان الدراسة : تحضير أصبغة الآزو كومارين واستخدامها في صباغة الألياف النسيجية المختلفة

عينة الدراسة: الأصبغة والأقمشة

منهج الدراسة :منهج تجريبي

نتائج الدراسة :

1. –تتمتع الأصبغة المحضرة بدرجات انصهار مرتفعة
2. –يتم تحديد بنية الأصبغة بالطرق الطيفية المتوفرة

3. –تتمتع الأصبغة المحضرة بثباتية جيدة جدا في الوسط القلوي بالنسبة لألياف البوليستر حيث تأخذ القيم ٥ في سلم المقياس الرمادي و كذلك بالنسبة لألياف القطنية كما تتمتع ألياف البوليستر المصبوغة بثباتية جيدة في الوسط الحمضي .

الجانب النظري: مواد البحث

لمحة عامة :

لمحة تاريخية عن الأصبغة **Synthesis Dyes Historical Revie**

تعتبر الصباغة من أقدم المهن المعروفة فقد عرفت واستخدمت في الصين والهند منذ عصور بعيدة،ثم انتقلت من الهند إلى مصر. وقد حضرت الأصبغة قديماً من أوراق الأشجار أو الجذور أو الثمار لمختلف الأنواع النباتية أو من مواد ذات منشأ حيواني وأول من قام باصطناع صباغ العضوي هو العالم Woulf وذلك عام 1771م،حيث اصطنع حمض البكريك وصبغ به الحرير باللون الأصفر الساطع. كما حضر الانكليزي W.H Perkin في عام 1856م صباغ الموف (Mauve).أو المورفين (Maurvein).مخبرياً وصبغ به الحرير أيضاً.

حددت صيغة صباغ المورفين بعد مضي عشرين عاماً على اكتشافه والتي دلت على أنه صباغ من أصبغة الآرزين(Azine).استمرت الأبحاث بعد اكتشاف صباغ المورفين بشكل تجريبي دون أساس نظري،حيث تم اكتشاف أصبغة اخرى مثل ماغنتا وازرق الروزأنيلين وبنفسجي المتيل وبنفسجي هوفمان وأسود الأنيلين واخضر الألدهيد. قام العالمان Graebe و Liberman في عام 1868م باصطناع أول صباغ طبيعي وهو الأليزارين (Alizarine).

لقد تم التعرف على عملية الديأزة عندما اكتشفها العالم Peter Griess عام 1858م ،بتأثير حمض الآزوتي المتشكل من تفاعل نتريت الصوديوم مع حمض مناسب على الأمينات العطرية في وسط مائي وعند درجات منخفضة من الحرارة . قام العالم Kekule عام 1865م بتوضيح بنية البنزن، ثم ربط الديأزو بنزن مع الفينول عام 1870 م وحصل لأول مرة على صباغ هيدروكسي آزو وحدد بنيته. كما حضر العالم A.von Bayer صباغ الأنديغو Indigo مخبرياً عام 1880م وطور K. Hermann عام 1890م صناعته تجارياً.

كما حضر العالم P.Boettiger عام 1884م صباغ أحمر الكونغو(Congo red) والذي يعد أول أصبغة القطن المباشرة Cotton Direct . حضر العالم A.G.Green عام 1885م أول أصبغة الكبريت وهو البريمولين (Primuline)، فيما طور كل من lauch و K krekeler و kazel. H بين عامي 1884و1890 اول صباغ كرومي للصوف. صنع العالم R E Schmidt خلال الفترة السابقة نفسها صباغي أخضر الأليزارين السيانيني وسافيرول الأليزارين.

قام العالم Edward وزملائه باصطناع أصبغة الآزو كومارين ودراسة خواصها الكيميائية والفيزيائية حيث اصطنع تسعة أصبغة جديدة وتأكد من بنيتها الكيميائية باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء وطيف الطنين المغناطيسي النووي H– NMR وحدد بعض الخواص الفيزيائية كدرجات الانصهار وشكل البلورات. قام العالم Saour باصطناع أصبغة نترو كومارين ودراسة عملية فصلها عن بعضها البعض مما يؤدي إلى زيادة فعاليتها الحيوية وتأكد من بنية المركبات الناتجة باستخدام طيوف IR H–NMR.

قام العالم Oliver وزملائه اصطناع صباغ 3–بنزوكسازول–كومارين–2–ون وتبين أن مردود التفاعل عند إدخال زمر النترو أقل الزمر السلفات، وعند استبدال زمرة الكربوكسيل بزمرة البنزو كسازول ازداد الطول الموجي(ازداد شدة اللون). وقد تمت دراسة اصطناع مشتقات الكومارين وفعاليتها الحيوية من قبل الباحث Smith و زملائه حيث تم اصطناع اثنا عشر مركباً جديداً واستخدمت جميعها كمضادات بكتيرية ومضادات مناعية، وتبين أيضاً ان لبعض مشتقات الكومارين تأثيراً كمضادات حيوية (٣).

بنية الأصبغة:

تمتلك الأصبغة بنى معقدة مقارنة مع بنى معظم المركبات العضوية المعروفة. ومع أن هذه البنى معقدة، إلا أن لهذه البنى سمات عامة، فمعظم جزيئات الصباغ تحتوي عددا من الحلقات العطرية متصلة بنظام مترافق، وهو نظام لتتابع طويل متناوب من الروابط الأحادية والثنائية بين ذرات الكربون وذرات أخرى، (مثال: C=C–C=C–C). يسمى هذا الترتيب حامل اللون أي الوحدة الحاملة للون. ويلزم

خمس أو ست ذرات كربون مترابطة على الأقل في هذا النظام المترافق لكي تعطي لونًا. يكون ارتباط الإلكترونات في النظام المترافق ضعيفًا بحيث يستطيع الضوء الساقط أن يهيج هذه الإلكترونات، ويعطيها الطاقة اللازمة لتقفز من مستوى طاقي إلى آخر، مما يعني امتصاص بعض أطوال موجات الضوء الساقط. المهم أن مزيجًا من أطوال الموجات الباقية تنعكس معطية اللون. على سبيل المثال يتضح من البنية الكيميائية للكاروتين بأنها تحتوي على إحدى عشر ذرة كربون في نظام تتابعي مترافق يشكل حامل اللون لهذا الجزيء. اذا كل صباغ يتألف من شقين:

حامل اللون: (Chromophores)

وهي مجموعات التي تمنح إمكانية إظهار اللون والجزيئات غير الحاوية على هذا القسم تكون عديمة اللون .

مثبت اللون :(Auxochromes)

لاتساعد في تقوية اللون لكنها تساعد الجزيء على أن يكون قابلاً للإذابة في الماء.

تتشرب الألياف بالأصبغة انطلاقا من الحمام الصباغي وتتوضع في الجزء الغير البلوري داخل الألياف. وتساهم محاليل الصباغة في الامتصاص المتساوي للصباغ لأنها تزيد من انحلاليته. تساهم محاليل الصباغة في تشكيل قوى ترابط بين الصباغ والبوليمير في الألياف،فتحسن ثباتية ألوان المواد المصبوغة أو المطبوعة، وتبقى الأصبغة داخل الالياف بفعل الروابط الهيدروجينية أو الروابط الشاردية أو بفعل ميكانيكي ،غير أن هناك قلة من الأصبغة تتفاعل مع البوليميرات في الألياف لتشكل روابط تساهمية مثل الأصبغة التفاعلية .

يلعب حجم جزيئات الأصبغة دورا هاما في تحديد خصائصها أثناء عملية الصباغة وفي مواصفات المنتج النهائي، فالأصبغة ذات الوزن الجزيئي المنخفض ذات ميل أكبر للانتشار داخل الألياف، وكلما زاد حجم جزيء الصباغ كلما كانت احتمالية بقائه داخل الألياف أكبر ، أي تتحسن ثباتية الصباغ في الماء. يمكن تشبيه الأصبغة بالشرائط الورقية،فهي ذات طول وعرض لكنها ذات ثخانة ضئيلة .هذه البنية الخطية والمتوزعة في نفس المستوى الفراغي تنفي وجود زمرة كيميائية حجمية تساعد أو تمنع أمتصاص الأصبغة داخل الالياف. هذا الشكل الخطي يساعد الصباغ على أن يتوزع بين جزيئات البوليمير في الألياف ويرتبط معها بروابط مختلفة. نستنتج مما بأن ثباتية الأصبغة تعتمد على كثافة ونوع قوى الترابط مع الألياف(٤).

انواع الأصبغة المتعارف عليها :

تتراوح أنواع الاصبغة من الاصبغةالطبيعية والأصبغة التركيبية والأصبغة الكيميائية:

الأصبغة الطبيعية :هي أصبغة من مصادر نباتية وحيوانية وفلزية وجميع هذه الأصبغة استخرجت من النباتات والزهور وجذور النباتات والحشرات والمحار والمعادن وتكمن مشكلة تصنيع الأصبغة الطبيعية بأنها لايمكن في أي حال من الأحوال الحصول على دفعتين متشابهتين بدرجات وقوة اللون كما أن ثباتية اللون تتفاوت بشكل واسع بين الأصبغة الطبيعية ومن أهم هذه الصبغات والتي تتواجد:

الصبغات النباتية: تعتبر الصبغات النباتية المستعملة في الصباغة على جانب كبير من الأهمية وتستخلص معظم الصبغات من النباتات، ولاتوجد قاعدة عامة لمعرفة موضع الصبغة في النباتات بالضبط إلا انها توجد غالبا في الأوراق والزهور وتقل في الثمار والفروع ومن اهم هذه النباتات: النيلة,الكركم ,الفستق, خشب البلوط والعصفر

الصبغات الحيوانية : وهي صبغات التي تستخلص من المصدر الحيواني مثل:

–الدودة القرمزية: وتعتبر صبغة الدودة القرمزية من أقدم الصبغات ذات اللون الأحمر وأكثر الصبغات الطبيعية الحيوانية معروفاً .

–اللعلي :ويمكن الحصول على صبغة الأحمر اللعلي من المسحوق الجاف لحشرة من نوع الخنافس .

الصبغات المعدنية : يمكن الحصول على ألوان مختلفة منها وتتفاوت هذه الاصبغة في ثباتها ضد الغسيل والضوء ويعود وذلك الى تفاعل بعض المواد الكيميائية المعدنية مع بعضها بحيث تنتج رواسب مختلفة الألوان على الخامات وقد كانت هذه الاصبغة شائعة الاستعمال غير انها فقدت قيمتها عند اكتشاف الصبغات الكيميائية(٥).

الأصبغة التركيبية : هي أصبغة تتركب من جزيئات عضوية يتم تحضيرها في معامل الأصبغة وتخضع هذه الأصبغة لعمليات ضبط مختلفة بحيث تعطي في النهاية منتج متماثل في كل مرة حسب الالياف المصنوعة. ان عملية الحصول على لون مطابق من دفعة إلى أخرى يتطلب مهارة عالية لأن عملية إنتاج الأصبغة تخضع للعديد من المتغيرات التي تؤثر على امتصاص الصباغ في الألياف(٦).

الأصبغة الكيميائية: تسمى صبغات القطران لانها تستخرج من قطران الفحم الحجري الذي يحصل عليه كمادة جانبية في تحضير غاز الاستصباح. وكانت هذه الصبغات قبل ذلك تعرف بصبغات الأنيلين. وذلك لأن اول نوع منها استخلص من مادة الأنيلين التي هي جزء من القطران (٧). وتصنيف الأصبغة الكيميائية حسب الاستعمال الى عدة أنواع وهي:

1-أصبغة الخلات Acetate Dyes

تحضر هذه الأصبغة خصيصا لصباغة ألياف الخلات التركيبية والتي تختلف عن معظم الألياف الطبيعية أو التركيبية الأخرى وتتم الصباغة بطريقة مباشرة أو عن طريق تفاعل ديأزة على النسيج وتتفاوت درجة ثبات هذه الأصبغة فالبعض يكون ثابتاً لا يتأثر بعمليات التنظيف الجاف بينما يتأثر البعض الآخر تجاه الغسيل والضوء.

2-الأصبغة الحمضية Acid Dyes

تعرف الأصبغة الحمضية بأنها أملاح الصوديوم أو الكالسيوم لعدد من الحموض العضوية الملونة. وتنقسم إلى ثلاث مجموعات (النترو والسلفو والآزو) وترجع الصفة الحمضية لهذه الأصبغة لوجود مجموعات كيميائية حمضية مثل كربوكسيل أو السلفونيك, وتستعمل هذه الأصبغة في أحواض ذات وسط حمضي فيتصاعد الحمض العضوي وبروتين الألياف وفي هذا التفاعل تتحد المجموعات القاعدية في البروتين مع الحمض العضوي الملون وينتج عن ذلك صباغة النسيج

وتستعمل الأصبغة الحمضية لصباغة الصوف والحرير، وتختلف درجة ثبات هذه الأصبغة فمنها ماهو ثابت ومنها ما يتأثر بالضوء والغسيل.وعند غسل المنسوجات المصبوغة بالأصبغة الحمضية يجب استبعاد المحاليل القلوية لتأثيرها الضار سواء على الألياف البروتينية أو على الأصبغة ذاتها.

3- الأصبغة القاعدية Basic Dyes

تعرف الأصبغة القاعدية بأنها أملاح القواعد العضوية الملونة وتحضر بإستبدال ذرات الهيدروجين في الأمونيا بمجموعات كيميائية أخرى. وتتحد هذه الأصبغة كيميائياً مع بروتين الألياف في الألياف الحيوانية . أما في حالة الألياف السيللوزية فهي تحتاج لمادة مثبتة قبل تفاعل الأصبغة مع الألياف مثل حمض الستانيك كما تستخدم هيدروكسيدات الألمنيوم، الكروم ،الحديد،والقصدير كمواد مثبتة عندما تترسب قبل عملية الصباغة على النسيج وتعطى هذه الأصبغة ألواناً زاهية غير ثابتة تجاه الضوء أوالغسيل وتستخدم أساسا لصباغة الورق والجلود والمركب الأساسي للصباغ عديم اللون وغير قابل للذوبان في الماء ولكنه بالاتحاد مع الأحماض ينتج ملحاً يكون ملوناً وقابلاً للذوبان في الماء.

يقوم بروتين ألياف النسيج بدور الحمض فيفكك ملح الصباغ ثم يتحدد البروتين القاعدي مع الصباغ بعد ذلك ويسبب الصباغ مع ألياف النسيج حدوث انتفاخ للألياف ومن أمثلة هذه الأصبغة صباغ الماجنتا

4- الأصبغة المباشرة Direct Dyes

تتميز هذه الأصبغة بقلة تكاليفها وسهولة استعمالها وعملية الصباغة في الحالة الصلبة عبارة عن عملية امتصاص أكثر منها عملية اتحاد كيميائي بين الصباغ والالياف. وتستخدم الأصبغة المباشرة لصباغة المنسوجات القطنية والصوفية وهي غالباً ماتكون مشتقات أمينية وفينولية قابلة للذوبان في الماء, ولذلك فهي عديمة الثبات في عمليات الغسيل.

تعالج هذه الاصبغة بحمض الخل وثنائي كرومات البوتاسيوم لإكساب الألياف الكيميائية المصبوغة مقاومة أكثر لعمليات الغسيل. بينما عملية غسلها بكبريتات النحاس فالهدف منها تحسين درجة الثبات للضوء. ومن الملاحظ أن الأصبغة المباشرة حتى بعد معالجتها كي تصبح أكثر ثباتية تجاه الغسيل والضوء تظل مفتقرة إلى عدم إمكانية إعطاء لون متجانس الشدة والثبات.

5- الأصبغة المباشرة المتطورة Derect Dyes

تعتبر هذه الأصبغةأحد انواع الأصبغة المباشرة والتي تحتوي على مجموعة أمينو ويمكن أن يتم عن طريقها تفاعل ديأزة يطور المركب ليعطي مركب جديد أكثر ثباتاً تجاه الغسيل وفي هذه العملية تصبغ الألياف بالصباغ المطلوب ثم تجري عليها عملية ديأزة(٨).

الروابط بين الأصبغة والشعيرات Bonds between Dyes and Filaments

هناك العديد من أشكال الروابط التي تحدث ما بين الصباغ وبنية الشعيرات.

1 -الرابطة الشاردية :(logic Bond)

تصادف هذه الرابطة أثناء صباغة الصوف بالأصبغة الحمضية والأصبغة الحاوية على المعادن.

2 -الرابطة المشتركة :(Covalent Bond)

تعتبر هذه الرابطة ذات طاقة منخفضة،وتقوم بتثبيت الأصبغة الفعالة على الشعيرات السيللوزية والبروتينية.

3 -الرابطة التساندية :(Coordination Bond)

تنشأ هذه الرابطة بفضل زوج من الإلكترونات تقدمه إحدى الذرات المتفاعلة ليكون مشترك بينها وبين ذرة أخرى تقدم مداراً فارغاً، وتوجد مثل هذه الروابط في الأصبغة الحاوية على مجموعة نترو، حيث تلعب هذه الرابطة دوراً اساسيا في تثبيت الأصبغة الحاوية على المعادن أو الأصبغة الكرومية.

4 -الرابطة الهيدروجينية :(Hydrogen Bond)

تنشأ هذه الرابطة بين زمر الهيدروكسيل أو أمينو أو آزو الموجودة في الأصبغة ،وزمر الهيدروكسيل المتواجدة في السيليلوز.

5- الرابطة الناشئة عن قوى فاندرفالس(Vander fuls Bond):

تنشأ هذه الروابط نتيجة تجاذب الكهربائي بين الأقطاب، فعندما يكون لدينا مركب ثنائي القطب فإنه يؤثر على جزيئات أخرى، فإذا كانت هذه الجزيئات تشكل قطباً فيتم التفاعل فيما بينها ، وإذا لم تكن كذلك فقد تؤثر على إعادة توزيع إلكتروناتها حتى تستطيع التفاعل معها(١٠).

تقنية الصباغة Technology of Dyeing

تقسيم عملية الصباغة إلى أربع مراحل:

1. انتقال جزيئات الأصبغة من حوض الصباغة باتجاه المواد المراد صباغتها.
2. توضع الجزيئات على السطح الخارجي للشعيرات.
3. نفوذ الصباغ داخل الشعيرات .
4. تثبيت الصباغ داخل الشعيرات .

نفوذ الصباغ داخل الشعيرات هو انتقال جزيئات الصباغ دون تأثير خارجي بسبب الاختلاف بين تركيز الصباغ داخل الشعيرات والمحلول حيث تزداد سرعة النفوذ بازدياد السطح الذي يجري عبره النفوذ وبازدياد الفرق في تركيز المحلول خارج وداخل المادة النسيجية .تتناسب سرعة نفوذ الصباغ طردا مع درجة انتفاخ الشعيرات بالماء، وعكساً مع حجم جزيئات الصباغ وذلك لأن سرعة انتقال الأصبغة في الماء أكثر بمقدار 1000-10000مرة من سرعة نفوذها في كتلة الشعيرات.

تزداد سرعة النفوذ بازدياد درجة الحرارة حتى حالة التوازن، ويمكن تفسير ذلك اعتمادًا على ازدياد حركة جزيئات الأصبغة وازدياد قطر مسام الألياف المراد صياغتها(٩).

الشروط التقنية في عملية الصباغة Effect of Technological Factors on Dyeing

ونذكر هنا بعض من هذه الشروط وهي كما يلي:

1 –تأثير تركيز الصبغة: تزداد كمية الصباغ الذي تمتصه الشعيرات بشكل كامل كلما زادت نسبة الصباغ في المحلول.

2 –تأثير الأملاح المنحلة في عملية الصباغة : يعتقد أن وجود الأملاح يساعد على دفع جزيئات الصباغ إلى داخل الشعيرات، ومن ثم يؤدي ذلك إلى زيادة امتصاص الأصبغة و قد لوحظ أنه لدى إضافة الشوارد ذات التكافؤ الكبير فإن ذلك يساهم في دفع جزيئات الصباغ داخل الشعيرات بشكل أكبر.

3 –تأثير الحرارة : يلاحظ في بداية الصباغة تزايد كمية الصباغ التي تمتصها الشعيرات كلما ارتفعت درجة الحرارة إلى قيمة معينة حيث بعدها تثبت كمية الصباغ التي تمتصها الشعيرات ومن ثم تتناقص كمية الصباغ التي تمتصها الشعيرات كلما ارتفعت درجة الحرارة .

4 –تأثير مدة الصباغة : بشكل عام يكون هناك امتصاصاً أعظمياً للصباغ خال الدقائق العشرة الأولى ،ثم تبدأ عملية امتصاص الصباغ بالإنخفاض.

5– تأثير طبيعة الشعيرات: تؤثر طبيعة الشعيرات في عملية الصباغة تأثيراً كبيراً وذلك بحسب القنوات المجهرية للألياف المنتفخة (١١).

الشروط الواجب توفرها كي تكون المادة صباغية

The Conditions that must be provided in Order to be material pigmentary

1 .يجب أن يكون لها لون محدد ومستقر.
2 .يجب أن تكون قادرة على صباغة النسيج بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.
3 .يجب الا تكون سريعة الزوال عندما تثبت على النسيج بمعنى أنها يجب أن تكون ثابتة اللون نحو الضو ء.
4 .يجب أن تكون مقاومة لتأثير الماء إلى حد ما وللأحماض المخففة والقلويات وخاصة الأخيرة وذلك بسبب الطبيعة القلوية لصودا الغسيل(١٢).

–اختيار الصباغ Choosing Dyeing

يعتمد اختيار الصباغ المناسب على العوامل الآتية:

1. حسب نوع ألياف المادة النسيجية
2. شكل المادة النسيجية ودرجة التجانس اللوني المطلوبة،فصباغة الألياف لا تحتاج إلى تجانس عالي لأنها ستختلط في العمليات اللاحقة.
3. خصائص الثباتية المطلوبة
4. طريقة الصباغة المعتمدة.
5. الكلتة الكلية
6. 6الآلات المتوفرة.
7. اللون الذي يطلبه الزبون(١٣).

ثباتية الأصبغة

يتم تقييم الاصبغة عادة من خلال قدرتها على تحقيق مواصفات خاصة وفق معايير نظامية تشير لها شركات منتجة عادة وفق نظام الاختبار الذي اخذت به ومشار إليه بقيم رقمية وتعتبر نظم الاختبار التي تحدد الثباتية المرجع الأهم في تحديد القيمة العملية والمادية للصباغ وهذا الجدول يبين اهم الاختبارات السائدة في العالم

The American Assocyion of textile Chemisist Colorists	AATCC	الجمعية الأمريكية لكيماويات وصباغة النسيج
Organization Of Standardization International	ISO	معايير المنظمة الدولية للمقاييس
The European Convention for Fastness	ECF	الاتفاقية الأوربية لاختبار الثباتيات

الشكل رقم (١) هذا الجدول يبين اختبارات السائدة على ثباتية الأصبغة

يتوقف نجاح عملية الصباغة على اختيار نوع الصباغ ومايمتاز به من ثباتية ومقاومة للعوامل المختلفة التي قد تتعرض لها الالياف النسيجية أثناء الاستعمال (١٤).

ثباتية الأصبغة نحو الاستعمال : يجب أن تتمتع الألياف المصبوغة بثبات نحو المؤثرات التي تتعرض لها أثناء الاستعمال وأهمها:

١-الثبات نحو الغسيل:

نادرا ماتكون الأصبغة متساوية الثباتية لجميع التأثيرات المختلفة أثناء اللبس او استعمال الخامات المصبوغة فمثلا يكون لصباغ ما ثباتية عالية للغسيل بينما ثباتيته تجاه الضوء ضعيفة ويعبر عن الثباتية بتدرج عددي يستعمل تدريجياً من ١-٥لجميع أنواع الثباتيات بإستثناء الثباتية للضوء التي تكون من ١-٨

تعتبر ثباتية اتجاه الغسيل عن عدم قدرة الصباغ على تحركه من النسيج لمحلول الغسيل الحاوي على الصابون بتركيز معين وعند درجتي قلوية وحرارة معلومتين وترتبط هذه الثباتية عادة بتوعية الرابطة التي تربط بين الصباغ والنسيج وبنية الصباغ نفسه(١٥).

والجدول التالي يبين ثباتية اللون حسب التدرج العددي

العدد 5	لاتغير في اللون بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول
العدد ٤	تغير طفيف جدا بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير مغسول
العدد ٣	تغير متوسط بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير مغسول
العدد ٢	تغير واضح بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول
العدد ١	تغير كبير بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول

الشكل رقم (٢) جدول يبين ثباتية اللون

2- الثبات نحو التعرق:

تعني معايرة التعرق تحديد مقاومة الأقمشة المصبوغة أو المطبوعة لتأثيرات تعرق الإنسان. ومن الصعوبة بمكان تطبيق العدد الكبير من الإختبارات اللازمة لأنواع التعرق, لذا فقد تم اعتماد طريقة عامة غالباً ما تمكننا من الوصول للنتائج الأقرب من الواقع العملي. طريقة العمل: تخاط قطعة قماش خام مع القطعة المراد اختبارها وتغمر بمحلول الإختبار على مركب الهيستدين بوسط حمضي أوقلوي بحسب المطلوب ،ليصار فيما بعد تجفيفها ومقارنة لون القطعة الملونة فيما بين قبل و بعد المعالجة وتحديد درجة تلوث القطعة الخام بحسب مقياس السلم الرمادي.

محاليل الإختبار: يتم تحضيرها من مواد عالية النقاوة وفق الجدول التالي:

محلول الإختبار القلوي	محلول الإختبار الحمض
هيستيدين احادي هيدرو كلوريد ١٠،٥g/l	هيستيدين احادي هيدرو كلوريد ١٠،٥g/l
كلوريد الصوديوم ٥ g/l	كلوريد الصوديوم ١٥g/l
الفوسفات الثنائية الصوديوم ١٥g/l	الفوسفات الثنائية الصوديوم ٥ g/l

محلول ٠,١نظامي من ماءات الصوديوم 8pH	محلول ٠،١ نظامي من ماءات الصوديوم 5.5pH

الشكل رقم (٣) جدول يبين اختبارات الحموض والاسس على نقاوة الأصبغة

3-الثباتية نحو الاحتكاك:

يتم اختبار الثباتية على الاحتكاك بترك قطعة قماش مصبوغة على قطعة بيضاء وملاحظة مقدار التلون الحاصل على القطعة البيضاء. وهذه التجربة بعيدة كل البعد عن الأسلوب العلمي كونها تتباين في شروطها بين تجربة وأخرى ،وبحيث يصبح التمييز بين عينتي صباغ على درجة عالية من الخطأ أو الإنحراف الناجم عن عدم تطابق عوامل الزمن والشروط

تسمية ومصطلحات الأصبغة Nomenclature of Dyes

هناك تسمية نظامية لكل صباغ ولكن المتداول هو الاسم التجاري أو الشائع فالعديد منها لها أسماء أطلقها عليها المصنعون ولذا فمن العادي أن نجد صباغاً يمتلك أسماء متعددة وعادة كل صباغ أحرف فمثاُ Y أو G =أصفر ,O =برتقالي ,R =أحمر له اسم تجاري كما أن التدرج اللوني يشار إليه ب,B =أزرق ,أحياناً يعاد الحرف ,ورقم الأحرف تشير إلى شدة وقوة اللون B6فمثلا بنفسجي المثيل ,هو لون أرجواني غامق جدا ،حيث تعني D هنا

أن الصباغ يلون القطن مباشرة direct ,الفوشين S حيث يشير الحرف S إلى أن الصباغ حمضي،والحرف F يستعمل أحياناً للدلالة على أن الصباغ ثابت Fast تجاه الضوء. ولتجنب الصعوبة في اختيار تسمية منتظمة وموحدة ,اقترحت colorists dyers of Society دليلا للألوان والذي يتحدد فيه كل صباغ ورقمه اللوني الخاص به وتصنف الأصبغة عادة حسب تركيبها الكيميائي ،أو حسب استعمالها على النسيج غير أن التصنيف الأول ذو قيمة نظرية بالنسبة للكيميائي ولكنها أقل أهمية بالنسبة للصباغ والذي يكون مهتما بشكل أساسي بتفاعل الصباغ مع القماش أو النسيج أو الألياف المراد صبغها(١٧).

أصبغه آزو(AZO _ DYES): الكروموفور في أصبغة آزو وهي مجموعة الآزو ، و الإكسوكروم المعروفة والشائعة هي:NH2و OH و NR2 . أصبغه أزو من وجهة نظر عملية تصنف كأصبغة قاعدية، و حمضية ، و مباشرة ،و راسخة ،ومرسخة. إن بنية وتركيب صباغ الآزو يستحصل عليها بالاختزال بكلور القصدير وحمض الهيدروكلور،أو بهيبوسلفيت الصوديوم (ثنائي ثيو نيت)، حيث مجموعة الآزو تتمزق عند تشكل أمينات أولية(١٨).

إستخدامات وأنواع أصباغ الآزو (Azo Dye):

تستخدم هذه الأصباغ في صبغ الأقمشة و الجلود و الورق و المطاط و في صناعة الدهانات و الطباعة و غيرها كما يستعان بها كأدلة في الكيمياء التحليلية وهي غير قابلة للذوبان في الماء والمذيبات الأخرى. إن لأصباغ الآزو ألوانا زاهية ، خاصة الأحمر ، والبرتقالي ، والأصفر. تستخدم بعض مركبات الأزو ، على سبيل المثال ، برتقالي الميثيل كدليل لتفاعلات الحمض – القاعدة. و تستخدم معظم أقراص DVD-R / + R وبعض أقراص CD-R صبغة أزو الزرقاء كطبقة التسجيل. و اعتمادًا على السمات الكيميائية الأخرى ، تندرج هذه الأصباغ ضمن عدة فئات و ذلك بناء على تركيبها النسيجي أو بالطرق التي تطبق بها.

و تتضمن أقدم الطرق لتطبيق صبغات الآزو على القطن بمعالجة متتالية بمحلول مكون من مادتين كيميائيتين يتفاعلان معا لتشكيل الصبغة داخل الألياف أو على سطحها. فالأصباغ المطبقة بهذه الطريقة تسمى الأصباغ المُظهرة. و أكثر أصباغ الآزو سهولة من حيث التطبيق هي تلك المصنفة على أنها مباشرة: فهي تحتوي على بدائل كيميائية تجعلها قابلة للذوبان في الماء و من ثم يتم امتصاصها من المحلول بالقطن. إن أول صبغة مباشرة كانت الكونغو الاحمر و التي اكتشفت في عام 1884 و التي تم استبدالها لاحقا و إلى حد كبير بأصباغ مقاومة للحموض و البهتان.

تمتلك صبغات الآزو الحمضية ميلا نحو الصوف والحرير ويتم تطبيقها من خلال نفس الإجراء المستخدم في الأصبغة المباشرة، و المثال عليها صبغة الترترازين Tartrazine هو صبغة آزو حمضية صفراء اللون اكتشفت في عام 1884 ولا تزال شائعة الاستخدام.

و تحتوي أصباغ الآزو الأخرى على مجموعات كيميائية ترتبط بأيونات المعادن، و من بين العديد من الأملاح المعدنية المستخدمة مع هذه الأصباغ ، الكروم و النحاس وهي الأكثر شيوعًا؛ و في كثير من الأحيان ، يتحد أيون المعدن أيضًا مع الألياف ، مما يحسن مقاومة الصبغة للغسيل.و هناك عدد قليل من أصباغ الأنثراكينون وبعض الأصباغ المشتتة التي تنتمي أيضًا مركبات آزو، و هذه الأخيرة ليست قابلة للذوبان في الماء ولكن يمكن تعليقها في الماء بالصابون وفي هذه الحالة يتم امتصاصها من التعليق بواسطة ألياف خلات السليلوز(١٩).

أضرار أستخدام أصبغة الآزو:

تستخدم أصباغ الآزو الاصطناعية على نطاق واسع في مختلف الصناعات. ومع ذلك ، فقد كشفت الأبحاث في السنوات الأخيرة أن بعض أصباغ الآزو مسببة للسرطان. تعود السرطنة للعديد من أصباغ الآزو إلى منتجات التكسير مثل البنزيدين. ينشط بنزيدين الأورام المختلفة في الإنسان والحيوان. باختصار ، من المعروف أن الأمينات العطرية الموجودة في العديد من أصباغ الآزو تؤثر على صحة الإنسان وتسبب الحساسية وأمراض أخرى. يتعرض الإنسان لصبغات الآزو عن طريق الابتلاع أو الاستنشاق أو ملامسة الجلد.

يعد التعرض للمنسوجات المصبوغة بصبغات الآزو مصدر قلق بسبب ملامستها للجلد لفترة طويلة. المواد التي أساسها Azo هي مركبات عضوية تحتوي على واحد أو أكثر من روابط الآزو. تستخدم هذه المواد الكيميائية في الغالب كأصباغ في صناعات النسيج ومستحضرات التجميل. في دول الاتحاد الأوروبي ، يحذر استخدام استخدام 22 صبغة أزو في منتجات المنسوجات والجلود. يجب اختبار المنتجات الجلدية والنسيجية المستوردة إلى هذه البلدان من دول أخرى وفقًا لمعايير معينة. لا يُسمح باستيراد المنتجات التي تحتوي على صبغة الآزو المحددة. باختصار ، azo dyes هو الاسم الذي يطلق على مجموعة الصبغات الاصطناعية القائمة على النيتروجين ، والتي تستخدم على نطاق واسع في صناعة النسيج. تنقسم بعض أصباغ الآزو في ظل ظروف معينة لإنتاج أمينات عطرية مسببة للسرطان ومسببة للحساسية.

تحدث الحساسية تجاه أصباغ النسيج عندما تتسرب الأصباغ غير الملتصقة من الملابس الملونة إلى الجلد. تذوب العديد من الأصباغ في الماء والعرق. هذا يزيد من خطر الإصابة بالحساسية(٢٠).

منهج البحث:

لقد اعتمد الباحث في هذا البحث المنهج التحليلي والمنهج التجريبي.

القسم العملي

طريقة تحضير الصباغ:

يتم تحضير صبغة الازو بعد تحضير ملح الدايزونيوم عن طريق تفاعلات الازدواج وتعتبر من التفاعلات المهمة لأنها يتم الكشف فيها عن الأمينات الاورمانية الأولية , وينتج صبغة الازو من تفاعل أملاح الدايزونيوم مع مجموعة اروماتية تحوي مجاميع دافعة مثل$OH - NH_2$ ،NHR، NR_2 – قابلة للاستبدال لتكوين مركبات الازو (Azo Dyes) أي يكون التفاعل على شكل نواتين مرتبطة بمجموعة الازو (N=N) تمتاز بأنها مواد مستقرة غير فعالة يمكن الحصول عليها بألوان متعددة اعتمادا على المجموعة المرتبطة بالنواتين.

الأجهزة والمواد المستخدمة Instruments and Chemicals

1- بيكر
2- دورق مخروطي
3- اسطوانة مدرجة

4- قمع بخنر
5- نفثول
6- هيدروكسيد الصوديوم
7- محلول ملح الدايزونيوم المحضر.

طريقة العمل Procedure

- حضر محلول مكون من g0.1 من 2-نفثول مذاب في 2مل من هيدروكسيد الصوديوم 10% المخفف ب 5مل من الماء , نبرد المحلول إلى درجة C°5نضيف بضعة غرامات من جريش الثلج إلى مزيج التفاعل عند الضرورة للحصول على درجة الحرارة المطلوبة.
- نحرك محلول النفثول بشدة , ثم نضيف 2مل من محلول ملح الدايزونيوم المحضر من التجربة السابقة
- بعد ذلك تتفصل بلورات حمراء اللون وهي (1 فنيل ازو-2-نفثول).
- نضع المحلول النهائي في حمام ثلجي لمدة (min15) لكي يستقر المحلول.
- نرشح باستخدام قمع بخنر ونغسل البلورات بالماء.

النتائج:

أهم النتائج التي توصلت إليه في هذا البحث:

- معرفة الأصبغة وأنواعها وبنية الأصبغة.
- ثباتية الأصبغة تجاه بعض المواد والعوامل المؤثرة على ثباتية الأصبغة.
- تحضير صباغ الآزو المزدوج.
- معرفة الروابط بين الأصبغة والشعيرات وأهم الشروط الواجب توافرها في المادة الصباغية.
- معرفة الأضرار التي تسببها الأصبغة الصناعية وتأثيرها على الإنسان والبيئة.

المناقشة:

كما اسلفنا سابقاً ان الأصبغة هي مركبات عضوية تمتص نوع معين من الأشعة المرئية وبذا تتلون، ولها قدرة على تلوين مواد مختلفة. وتختلف الأصبغة عن الملونات أنها تنحل في الماء أو المحلات العضوية، وتعتمد المركبات العضوية الملونة على وجود الزمر الكروموفورية في جزيئاتها والتي هي عبارة عن مجموعة ذرات تحتوي على روابط ثنائية. للأصبغة خواص مختلفة ولها مميزات مختلفة أيضًا وللأصبغة أنواع كثيرة وهنا قمنا بذكر كيف يمكننا اختبار نوع الصباغ وماهي اختبارات التي نقوم بها لإثبات فعاليتها وأيضا ثباتيتها ضدد المؤثرات أو الوسط المحيط وإن لاختيار الاصبغة قواعد واساسيات يجب اتباعها وأيضا لاننسى أن للأصبغة أضرارة كما لها فوائد يجب أن نتعرف عليها قبل أختيار النوع الذي نرغب به

ومن خلال هذا البحث قمنا بصنع نوع من انواع الأصبغة في المخبر وهو صبغة الآزو وقمنا بتوفير الشروط المناسبة والمواد التي تدخل في تركيبها وتمت التجربة بنجاح وبعد ذلك قمنا بإجراء اختبار على قطعة القماش التي صبغناها بالصبغة التي قمنا بصنعها ومن خلال التجربة تبين أن الصبغة ذات جودة جيدة ويسكنها الاعتماد عليها كمنتج جيدة يمكن الاستفادة منها في المستقبل ويمكن أن نقوم بإنشاء منتج خاص بنا يمكن للمصانع الاعتماد على خبراتنا ومنتجاتنا.

المقترحات والتوصيات:

من خلال تجربة عمل صباغ الآزو ودراسة بنيته وفوائده وأضراره وكما أشرنا في البحث إن لهذا الصباغ تأثير ضار على صحة الإنسان والبيئة ايضاً لذا لانستطيع ولانحبذ استخدامها في مجال الصناعي الحالي ويجب استبدالها بالأصبغة الطبيعية قدر الإمكان لتقليل نسبة الحساسية التي يتعرض له الإنسان حين يرتدي ملابس مصبوغة بصباغ الآزو وأيضا لتقليل ضرر الناتج عن المياه التي تنتج عن غسل هذه الأصبغة في البيئة بشكل عام.

المراجع والمصادر:

-(١)-سمان ،هاني. ٢٠١٦:تحضير أصبغة الآزو كومارين واستخدامها في صباغة الألياف النسيجية المختلفة. رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية جامعة حلب قسم الكيمياء. (حلب، سوريا).

-(٢) شروف،هدى،٢٠١٨:دراسة تأثير استخدام المرسخات المختلفة على عملية صباغة الأقمشة القطنية بمستخلص أوراق الكينا ،مجلة جامعة البعث،مجلة ٤٠، العدد ١ ، (حمص-سوريا).

-(٣) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(٤) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(٥) الشريف،سميرة،٢٠٠٧-٢٠٠٨:الصباغة المستوى الأول، الطبعة الاولى، وزارة التعليم العالي، (الكويت -الكويت).

-(٦)الشريف، سميرة، ٢٠٠٧-٢٠٠٨:الصباغة المستوى الأول، الطبعة الأولى، وزارة التعليم العالي، (الكويت-الكويت).

-(٧)الشريف، سميرة، ٢٠٠٧-٢٠٠٨: الصباغة المستوى الأول، الطبعة الاولى، وزارة التعليم العالي، (الكويت- الكويت).

-(٨) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(٩) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(١٠) كاخيا،طارق، الكيمياء الصناعية،الجزء الثاني، طبعة الأولى ،جامعة حلب،(حلب-سوريا).

-(١١)سمان،هاني، ٢٠١٦: تحضير أصبغة الآزو كومارين واستخدامها في صباغة الألياف النسيجية المختلفة، رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية جامعة حلب قسم الكيمياء، (حلب-سوريا).

-(١٢) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(١٣) خضري كمال،٢٠١٥,اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(١٤) هاني، سمان، ٢٠١٦:تحضير أصبغة الآزو كومارين واستخدامها في صباغة الألياف النسيجية المختلفة.رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية جامعة حلب قسم الكيمياء. (حلب-سوريا).

-(١٥) شروف،هدى،٢٠١٨:دراسة تأثير استخدام المرسخات المختلفة على عملية صباغة الأقمشة القطنية بمستخلص أوراق الكينا ،مجلة جامعة البعث،مجلة ٤٠، العدد ١ ، (حمص-سوريا).

-(١٦)هاني، سمان،٢٠١٦: تحضير أصبغة الآزو كومارين واستخدامها في صباغة الألياف النسيجية المختلفة. رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية جامعة حلب قسم الكيمياء. (حلب-سوريا).

-(١٧) خضري كمال،٢٠١٥:اصطناع أصبغة هيدروكسي ونترو آزو كومارين واستخدامها
في صباغة ألياف القطن والبوليستر ،مجلة بحوث جامعة حلب،سلسلة العلوم الأساسية، العدد 115.

-(١٨)كاخيا، طارق،الكيمياء الصناعية ،الجزء الثاني، طبعة الأولى، جامعة حلب، (حلب-سوريا).

-(١٩)أ،علي ،أمير، موسوعة المواد الكيميائية (أصباغ الآزو)

-(٢٠)منظمة TURCERTمنظمة للعمل على الاختبارات الكيميائية للنسيج، تجارب أصبغة الآزو.اصباغ مسرحية ومسببة للحساسية.