الكيماوي بلال عبد الوهاب الرفاعي ***Chem. Bilal A. Al-rifaii***

مستشار في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية ومدرب التقنيات الصباغية في غرفتي صناعة دمشق وحلب

دمشق: هاتف: ٠١١ ٣٤٤٠٥٣٨ ، حلب: ٠٢١ ٢٢٦٢١٣٩ ، جوال: ٠٩٤٤ ٥٨٤٣١٦، b.rifatex@hotmail.com

الصباغة وتلو ث المياه " ١ "

مقالة نشرت في مجلة موسوعة الغزل والنسيج والألبسة *Textile* ، الإصدار الثاني ، نيسان /٢٠٠٥

أولا ـ المقدمة :

ما من شك في أن جميع من يعمل بحقل الصناعة النسيجية يدرك تماما أنه إن كان الصباغ قلب العملية الصباغية فإن الماء روحها ، ولا يمكننا بأي حال من الأحوال الاستغناء عن الماء كمقوم أساسي في الصناعة النسيجية ، بدء من ري القطن وسقاية الخروف المنتج للصوف أو لاصطناع الخيوط التركيبية حتى صباغتها وطباعتها وتحضيرها بشكلها النهائي كسلعة قماشية نطرحها في الأسواق.

ولقد مرت الصناعة النسيجية في بلدنا بأطوار عد يد ة ، إذ أنه وحتى سبعينات القرن الماضي كان جُلُ ما يتم صناعته وصباغته هو الأنسجة القطنية والصوفية والحريرية ، ووفق أساليب وتجهيزات تستنزف نسباً عاليةٍ جداً من الماء قد تصل أحيانا لمائتي ضعف من وزن النسيج فيما بين تجهيز أولي فصباغة فتحضيرٍ نهائي ، ومع ذلك فإن حجم الإنتاج الفعلي إذ ذاك لم يكن ليشكل خطرا على بيئتنا لوفرة المخزون المائي من جهة وضعف أرقام الإنتاج من جهة أخرى ، ولكن آل الأمر اليوم لصورة سوداوية بتنامي أرقام الإنتاج وتراجع المخزون المائي علاوة عن أسباب التلوث البيئي للصناعات الأخرى والمشافي ووسائط النقل ... وفوق هذا وذاك التلوث الاشعاعي الذي تسببه عشرات الأقمار الصناعية الفضائية التي تخد م التطور الاعلامي وعالم الإتصالات الخليوية ... فنحن إلى أين ؟

لقد انتبهت أوربة لما آلت إليه أرضها وأنهارها وبحيراتها وسمائها... فكان الحل الذي ارتأته أن تتحول بصناعتها الملوثة للبيئة نحو الشرق ، ووضع أنظمةٍ خاصة للمواصفات وربط دول العالم الصناعية الناشئة بجملة من الإتفاقيات والقوانين التي تضمن لها بقاء السيطرة عليها والتحكم بها ، وضمن هذه الأطر اتسعت دائرة الصناعة النسيجية في بلدنا وتطورت الأساليب الأوربية في طريقة تعاملنا معها تخوفا من تلوث البحر الأبيض المتوسط الذي يعتبر بصورة أو بأخرى بحيرة مغلقة تطل عليها أوربة .

وهكذا نجد أنفسنا اليوم بين جزرة التطور وعصا التلوث ، فاضطرت الدولة لوضع القوانين التي تنظم طريقة تعاملنا مع البيئة ، فبدأ العمل وفق قوانين تحدد :

١ – مواصفات المياه العادمة .

٢ – الممنوع من الأصبغة والمواد المساعدة .

ورافق ذلك إدخال آلات صباغة حديثة بنسب حمام منخفضة بما ييسر خفض نسب الاستهلاك المائية قدر الإمكان ، إذ ترتبط معدلات الاستهلاك المائي بـِ :

١ – نوعية النسيج المراد صباغته .

٢ – نوعية الصباغ المراد تطبيقه .

٣ – مواصفات التحضير النهائي المطلوبة .

٤ – نموذج آلات الصباغة والتحضير المتوفرة .

٥ – الوزن النوعي للنسيج المراد صباغته وبالتالي نسب الحمام .

٦ – إمكانية جمع أنواع الأصبغة المراد تطبيقها على المنسوجات المحاكة من خيوط وألياف مختلفة في حمام واحد ، إضافة لعوامل أخرى أقل أهمية.

ثانيا – محتوى المياه العادمة الخارجة من المصابغ : يتبع تركيب مياه الصرف الصناعية الخارجة المواد الداخلة في بناء الحمام الصباغي من :

١. المواد المساعدة .

٢. الأصبغة .

٣. مواد التحضير النهائي .

لذا فإننا سنعرض للمواد الكيماوية والمساعدة والتحضير أولا ، في مراحل : التجهيز فالصباغة فالتحضير ، ومن ثم للأصبغة ثانياً :

٢ – ١ – المواد الكيماوية : وتشمل الحموض والقلويات والأملاح .
٢– ١– ١– الحموض : حمض الخل ، حمض النمل ، حمض كلور الماء ، حمض الفوسفور .
٢ – ١ – ٢ - القلويات : ماءات الصوديوم ، ماءات الأمونيوم ، كربونات الصوديوم ، ثلاثي فوسفات الصوديوم ، ثري بولي فوسفات الصوديوم .
٢ – ١ – ٣ – الأملاح : كبريتات الصوديوم ، كلور الصوديوم ، خلا ت الصوديوم ، كبريتات الأمونيوم ، بعض الأملاح الممكن اعتمادها كحموض لتأمين محلول موقي حمضي .
٢ – ٢ – المواد المرجعة : هيدروسلفيت الصوديوم ، كبريتيت الصوديوم ، كبريت الصوديوم .
٢ – ٣ – المواد المؤكسدة : الماء الأكسجيني ، هيبوكلوريت الكالسيوم أو الصوديوم ، كلوريت الصوديوم ، بربورات الصوديوم .
٢ – ٤ – مواد تحلية المياه : أملاح الفوسفات ، ايتيلين ثنائي الأمين ، رباعي حمض الخل *EDTA* ، مشتقات : بولي الكربوكسيليك ، بولي الأكريلات ، بولي الفوسفونات ، بعض مشتقات حمض أو مركبات الفوسفور العضوية .
٢ – ٥ – العوامل الفعالة سطحيا : وتشمل هنا الغواسل العضوية من مبللات ومنظفات ومزيلات بقع ، وتتوزع بين مركبات شاردية سالبة أو موجبة ولاشاردية ، ومذبذبة ، ومن أهم الوظائف والمركبات الكيماوية في هذا السياق : ألكيل فوسفات ، كبريتات الألكيل ، ايتوكسيلات الأغوال الدسمة ، استرات حمض الفوسفور ، كبريتات ألكيل ايتر ، كبريتات ألكيل أريل بولي غليكول ايتر، بعض مشتقات أميدات الحموض الدسمة ، بعض الأغوال الدسمة ، بعض أفراد مركبات الأمونيوم الرابعية ، ثنائي أوكتيل سلفوسوكسينات الصوديوم ، ومركبات أخرى أقل أهمية ، وقد تدخل بعض المذيبات العضوية في تحضير بعض أنواع مزيلات البقع .
٢ – ٦ – العوامل المبعثرة والمُسَوية : سلفونات النفتالين ، بعض الحموض الكربوكسيلية ، استرات عطرية ، ايتوكسيلات حموض عضوية ، سلفونات ألكيل أريل ، سلفونات عطرية ، منتجات تكاثف حمض السلفونيك مع الفورم ألدهيد " السيتامول "، ألكيل أمين ايتوكسيلات ، ايترات عطرية ، مشتقات ايتوكسيلات أمين حمض دسم ، بولي ڤينيل البيرليدون ، بعض الاسترات العطرية لحموض فوسفورية وكربوكسيلية ، بولي ايتوكسي ألكيل أمين ، بولي الأمين .
٢ – ٧ – الحوامل " الكارير " : مشتقات كلور البنزن (ممنوعة عالمياً) ، أورتو فينيل فينول ، ألكيل نفتالين ، مشتقات الفحوم الهيدروجينية المكلورة ، الاسترات عالية الوزن الجزيئي ، الاسترات العطرية .
ولكونها جميعاً مركبات عضوية غير قابلة للانحلال بالماء يضاف لها عوامل استحلاب " مواد فعالة سطحيا ".
٢ – ٨ – مضادات التكسير : فوسفات الألكيل ، أميدات حموض دسمة ، بعض استرات حمض الفوسفور ، حموض أميدية ، بعض البوليميرات المشتركة مع البولي ايتر ، بولي أكريل أميد .
٢ – ٩ – مانعات الرغوة : بولي سيلوكسان ، بعض استرات الحموض الدسمة ، كبريتات ألكيل ايتر، بعض الأغوال الصناعية ، مزيج بعض الفحوم الهيدروجينية الأليفاتية .
٢ – ١٠ - مزيلات النشاء : أنزيم الأميلاز .
٢ – ١١ - مثبتات أصبغة : حموض سلفون عطرية ، ثنائي ميتيلول ثنائي هيدروكسي ايتيلين يوريا ، يوريا فورم ألدهيد ، ميلامين فورم ألدهيد .
٢ – ١٢ – مضادات تكسير وتجعد : ثنائي ميتيلول ثنائي هيدروكسي ايتيلين يوريا معدلة .
٢ – ١٣ – مطريات : منتجات تكاثف حموض دسمة مع شموع ، بولي الايتيلين ، منتجات تكاثف ألكيل أمين ، استرات حموض دسمة ، أميدات ، حموض دسمة ، مركبات البولي سيلوكسان ، مركبات سيليكونية.
٢ – ١٤ – مضادات الكهرباء الساكنة : بولي غليكول ايتر، ايتوكسيلات ألكيل أمين ، فوسفات الألكيل ، مركبات أمونيوم رابعية .
٢ – ١٥ – المواد الكارهة للماء (وتربروف) : ريزينات فلوروكربونية مع منتجات تكاثف مركبات عالية الوزن الجزيئي وشموع ، مجموعة ثنائيات سوسيانات ، مركبات أمونيوم رابعية ، أغوال أليفاتية .
٢ – ١٦ – مواد تقسية وتقوية : بولي ڤينيل أسيتات ، نشاء .
٢ – ١٧ – مواد تلبيس : بولي أسترات أليفاتية مع بولي أوريتان ، بوليميرات مشتركة من البوتاديين واكريلونتريل ، بوليميرات مشتركة من البوتاديين والستيرين .

ثالثا – الأصبغة :

تتنوع تراكيب الأصبغة تنوعا كبيرا وتصنف وفق مبدأين : كيماوي وتطبيقي :
فالتصنيف الكيماوي اعتمد ته مراكز البحث ، والتصنيف التطبيقي اعتمدته المصابغ ، لذا فإننا سنعرض لكليهما :
٣ – ١ – تصنيف الأصبغة كيماويا : تنضوي الأصبغة تحت إحدى البنى الكيماوية التالية :

النتروزو ، النترو ، أحادي وثنائي وثلاثي ومتعدد الآزو، الستلبين ، ثنائي فينيل الميتان ، ثلاثي أريل الميتان ، الأكسانتين ، الأكردين ، الكوينولين ، الميتين ، التيمازول ، الأندامين ، الاندوفينول ، الآزين ، الاوكسازين ، التيازين ، الكبريتية ، اللاكتون ، أمينوكوينونز ، هيدروكسي كينون ، انديكويد ، انتراكينون ، فتالوسيانيد ، أحادي أو ثنائي كلور التريازينيل ، ريمازول : ڤينيل سلفون أو كلور ايتيل سلفون .

ويرافق هذه المركبات أو الوظائف الفعالة عادة مجموعة مركبات ومواد مالئة محسنة لمواصفات مساحيقها ، مثل المبعثرات ومانعات الرغوة ومضادات الأكسدة ومضادات التعفن

٣ – ٢ – التصنيف التطبيقي للأصبغة : يتم تداول الأصبغة تجاريا وفق تطبيقها ، فنقول أصبغة مبعثرة " ديسبرس " لخيوط البولي استر ، أو أصبغة فعالة " رآكتيف " للألياف السيليلوزية أو الصوفية .

وتتباين الأصبغة فيما بينها وإن توافقت في رقم فهرس الألوان أي ***" COLOR INDEX : C.I "*** في :

١ – التركيز : فنقول مثلاً ديسبرس أحمر ٦٠ : ١٠٠% أو ٢٠٠% .

٢ – نوعية الزمر المساعدة : تتباين الأصبغة ذات فهرس الألوان الواحد عن بعضها بتركيب الزمر المساعدة " الأوكسوكروم " وعد د هذه الزمر بين شركة وأخرى بقصد تحسين درجة سطوع اللون أو الانحلال أو التبعثر ...

٣ – نوعية ونسب المواد المالئة : والتي تدخل في تركيب الصباغ المسحوق وبشكله التجاري مابين شركة وأخرى .

٤ – مكونات الأصبغة الممزوجة : كما هو حال أصبغة الكحلي والأسود والتي يتم تحضيرها من مجموعة أصبغة .

ونرى في الجدول " ١ " التصنيف التطبيقي للأصبغة :

الجدول ١

التصنيف التطبيقي للأصبغة	
الصباغ	نوعية الألياف والخيوط
الديسبرس " المبعثرة "	بولي أميد ، بولي استر ، أسيتات وثلاثي أسيتات ، بولي ڤينيل كلوريد *PVC*
الأسيد " الحمضية "	بولي أميد ، صوف ، حرير
المعدنية المعقدة ٢:١	بولي أميد ، صوف ، حرير
المعدنية المعقدة ١:١ ، الكرومية	بولي أميد ، صوف
الآزو " النفتول "	قطن
الديركت " المباشرة "	قطن ، سيليلوز ، حرير ، بعضها للبولي أميد
الرآكتيف " الفعالة "	بولي أميد ، قطن ، سيليلوز ، صوف ، حرير
الأندانترين " الأحواض "	قطن ، بعضها للبولي أميد
الليكو " اندانترين خاص "	قطن ، سيليلوز ، حرير ، بعضها للصوف
السلفور " الكبريتية "	قطن ، بعضها للبولي أميد
القاعدية " الاكريليك "	اكريليك ، بعضها للبولي أميد
البيغمنت	تضاف لعجينة الخيوط البولي أميد والبولي استر والخيوط التركيبية الأخرى

وعلاوة على ذلك يمكننا تصنيف الأصبغة حسب درجة حموضة حمامها :

١- قلوي $pH = 10 - 11$: الفعالة ، الأحواض ، الليكو .

٢ – قلوي خفيف $pH = 8 - 9$: المباشرة ، الكبريتية .

٣ – حمضي : المبعثرة ، الحمضية ، القاعدية ، المعدنية المعقدة ١:١ و ٢:٢ ، الكرومية .

٤ – معتدل : البيغمنت " وهي ملونات غير حلولة بالماء تضاف لعجينة الخيوط التركيبية قبل غزلها.

وهكذا نجد أنفسنا أمام مجموعة ضخمة من الكيماويات علينا الفصل بينها وبين الماء أولا ، ومعرفة كيفية التخلص منها كنفايات دون أو بأقل أذى بيئي ممكن مما يضعنا أمام السؤال المهم : كيف نبدأ وكيف نعمل ؟

لذا فإننا سنعرض هنا للمبادئ الأساسية في معالجة التلوث واضعين نصب أعيننا أولا أن للصناعة النسيجية دورها الكبير في تأمين الدخل القومي لبلدنا الحبيب ، لذا فإنه لا يجوز لنا وضع العراقيل في طريق عربتها .

رابعا – مفاهيم ومصطلحات عامة لدراسة التلوث المائي : اعتمدت لدراسة التلوث المائي مجموعة من المقايس الرقمية التي تمكننا من تقدير درجات التلوث :

٤ – ١ – الطلب الكيماوي للأكسجين" *C.O.D* ": وهو وزن الأكسجين الذائب اللازم لتفاعلات الأكسدة الكيماوية التي تؤدي للتنقية ، ويقاس عادة بتهضيم " تخمير" ليتر واحد من العينة بوسط من حمض الكبريت الكثيف وزيادة من ثاني كرومات البوتاسيوم ومادة وسيطة بحيث تتأكسد جميع العضويات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ، وجميع مركبات الآزوت إلى نشادر ليصار فيما بعد إلى تحديد كمية البيكرومات المرجعة وبالتالي كمية الأكسجين اللازمة للتفكك مقدرة بوحدات ج.م.م أي *p.p.m* والمعادلة لِـ : ملغ / ليتر

٤ – ٢ – الطلب البيولوجي أو الكيماوي الحيوي للأكسجين $B.O.D$ **:** وهو كمية الأكسجين اللازمة للبكتريا من أجل معدنة المواد العضوية في ليتر واحد من الماء الملوث ، وقد اتفق على إجراء هذا الاختبار بدرجة حرارة ٢٠ ْم ولمدة خمسة أيام في الظلام ، وبالتالي فإنه قد أصبح يرمز لها وفق شروطها النظامية على الشكل :

الطلب البيولوجي أو الكيماوي الحيوي للأكسجين خلال خمسة أيام بدرجة حرارة ٢٠ْم : $(BOD)_5^{20}$

٤ – ٣ - المواد الصلبة المعلقة " $T.S.S$ ": وهي عدد ميليغرامات المواد الصلبة المعلقة " غير المنحلة " في ليتر واحد من الماء الملوث .

٤ – ٤ – المواد الصلبة المنحلة " $T.D.S$ " : وهي عدد ميليغرامات المواد الصلبة المنحلة في ليتر واحد من الماء الملوث بعد تجفيف عينة مرشحة .

٤ – ٥ – المواد الصلبة الكلية " $T.S$ " : وهي مجموع المواد الصلبة المعلقة والمنحلة .

ونرى في الجدول " ٢ " محضراً رسمياً لتحليل عينة ماء ملوث من مصبغة متخصصة بالاكريليك وتم اجراؤه في مخبر كلية الهندسة بجامعة حلب.

الجدول ٢

تحليل عينة ماء عادم ملوث مخبر كلية الهندسة بجامعة حلب من مصبغة متخصصة بالاكريليك			
م	الموصفة	التركيز : ملغ/ل	الحد المسموح : ملغ/ل
١	المواد الصلبة الكلية TS	٨٦٦	-
٢	المواد الصلبة المعلقة TSS	٩٨	٥٠٠
٣	المواد الصلبة المنحلة TDS	٧٦٨	٢٠٠٠
٤	طلب الأكسجين الكيماوي COD	١٢١٠	١٦٠٠
٥	طلب الأكسجين الحيوي BOD	٥٢٠	٨٠٠
٦	الناقلية الكهربائية	٩٢٠	-
٧	الكروم الكلي	٠.١٢	٢
٨	الزيوت والشحوم	٢	١٠٠
٩	التركيز الهيدروجيني	٤.٣	*pH:6.5-9.5*
١٠	الكلور	٨٨	*600*
١١	الصوديوم	٦٨	-
١٢	النتريت	٤٠٧	-
١٣	القلوية " البيكربونات "	٢١٥	-
١٤	الألمنيوم	٠.٠١	١٠٠
١٥	الأمونيوم	٨	١٠٠٠
١٦	الكبريتات	٦٥.٨	-
١٧	النترات	٤٠	٢٠
١٨	الفوسفات	١.٣٦	-
١٩	الحديد	٠.٠٠١	١٠
٢٠	الرواسب بعد ٣٠ دقيقة	١	-
٢١	المواد الصلبة المتطايرة	٢.١٧	-
٢٢	المواد الصلبة المعدنية	٦٤٩	-

خامسا – قابلية التحلل الحيوي للمركبات العضوية : تتم عمليات التحلل الحيوي عادة بالاعتماد على البكتريا الموجودة في التربة أو ما نسميه بالوحل الحيوي ، وتجري عادة على مرحلتين اثنتين :

ا – مرحلة الإمتزاز السريع على الوحل الحيوي " الحمأة " .

ب – مرحلة الأكسدة البطيئة والتي يتم فيها تحول المركبات العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون وماء في وسط هوائي.

وتتأثر هاتان المرحلتان عموما بعواملٍ كثيرة من أهمها :

١. أعداد البكتريا وأنواعها والمحمولة على الوحل الحيوي .
٢. كمية الأكسجين المنحلة في الوحل أو السائل الملوث .

٣. درجة الحرارة .
٤. نوعية مياه الصرف ومحتواها من العناصر المثبطة للفعل البكتيري والتي نذكر منها :

- تتناقص فعالية البكتريا بشكل كبير عند احتواء مياه الصرف على شوارد النحاس أو الكروم أو الكادميوم بنسبة ٠.١ ملغ / ل أي ٠.١ ج.م.م .
- يتوقف عمل البكتريا نهائياً عند احتواء مياه الصرف على شوارد الكبريت بنسبة ٢٥ ملغ/ ل أي ٢٥ ج.م.م ، ومن المركبات السامة للبكتريا نجد مركبات السيانور والمركبات الحلقية الهيدروكسيلية وبعض المضادات الحيوية .

وتتفاوت عموماً سرع التحلل الحيوي لبعض المركبات العضوية عن بعضها البعض كما يبين الجدول ٣ .

ومن الجدير ذكره هنا أن بعض المركبات العضوية لا تبدأ بالتحلل مباشرة ، إذ لا بد من مرور بعض الوقت عليها في الشروط المناسبة كي تبدأ البكتريا الخاصة بها بالتوالد والتكاثر ، ويمكننا استقراء هذه الملاحظة من الجدول ٤ الذي يبين قيمة " $B.O.D$ " لبعض المركبات العضوية بدلالة زمن تلامسها مع البكتريا مقدرة باليوم وعند درجة الحرارة ٥°م ، والذي يبين أن قيمة " $B.O.D$ " لأحادي ايتانول أمين لم تعانِ من أي انخفاض خلال الخمسة أيام الأولى لتزيد عن الـ : ٥٠ % في الأيام الخمسة التالية مما يدل على أن ظهور البكتريا الخاصة بها يستغرق أكثر من خمسة أيام ، بينما نجد أن ثلاثي إيتيل أمين ظل بطيء التحلل بحيث أنه لم يتحلل منه سوى ٦ % خلال عشرين يوما .

الجدول ٣

قابلية بعض المركبات الكيماوية للتحلل الحيوي		
المركبات العضوية		قابلية التحلل الحيوي
الفحوم الهيدروجينية المشبعة " الالكانات "		غير قابلة ، وتسمم عملية التحلل أحياناً
الفحوم الهيدروجينية الأوليفينية " الالكنات "		تتحلل بصعوبة
الفحوم الهيدروجينية المكلورة		غير قابلة للتحلل
الأغوال		يتحلل معظمها بشكلٍ جيد
الفينولات		تتحلل بشكلٍ جيد عدا الفينول البطيء التحلل
الألدهيدات		يتحلل معظمها بشكلٍ جيد
الحموض العضوية وأملاحها		جيدة التحلل
الايتيرات		غير قابلة أو بطيئة التحلل
السيتونات		تتحلل بسرعة متوسطة
الحموض الأمينية		جيدة التحلل
مركبات السيانور		تتحلل ببكتريا خاصة ولتراكيز دون ٥٠ ملغ/ل
المنظفات	كبريتات الألكيل	سهلة التحلل
	سلفونات الألكيل	تتحلل بسرعة بوجود بكتريا مناسبة
	الأغوال والحموض الدسمة	سريعة التحلل

الجدول ٤

قيم $(B.O.D)^{20}$ لبعض المركبات الكيماوية					
المركب	٥	١٠	١٥	٢٠	٥٠ يوم
أحادي ايتانول أمين	*0*	*58.4*	*61.2*	*64*	*75.6*
ثنائي ايتانول أمين	*09*	*1.4*	*3.2*	*6.8*	-
ثلاثي ايتانول أمين	*0*	*0.8*	*2.6*	*6.2*	-
ميتانول	*53.4*	*62.7*	*69.4*	*67*	*97.7*
أسيتون	*55.4*	*71.8*	*78.2*	*78.2*	-
ميتيل إيزو بروبيل سيتون	*4.4*	*49.3*	*55.9*	*56.6*	*64.8*
أسيتات إيزو بروبيل	*12.7*	*40*	*40*	*40*	-
بوتانول - ٢	*0*	*44.2*	*69.2*	*72.3*	*77.9*

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن التركيز العالي للأملاح في مياه الصرف يؤثر سلباً على العمليات الحيوية وبخاصة على عمليات النترجة ، كما أن تحولات قيم الحموضة تؤثر تأثيرا كبيرا أيضا إذ يُفضل أن يكون الوسط قلوياً برغم قدرة بعضها على التلائم مع الأوساط الضعيفة الحموضة .

سادسا – مبدأ معالجة مياه الصرف الصناعية : تتم معالجة مياه الصرف الصناعية عبر مراحل أساسية ثلاث :
التصفية ، الترسيب بالمكتلات ، المعالجة الكيماوية الحيوية .

٦ – ١ – التصفية : وتتم بهدف فصل الرواسب الصلبة وبعض النفايات على شبك معدني بأقطار فتحات متباينة .

٦ – ٢ – الترسيب بالمكتلات : تؤخذ المياه بعد التصفية إلى حوض الترقيد حيث يتم تجميعها ليصار إلى قياس معدل حموضتها وتعديله بما يتلائم ونوعية العامل المكتل الواجبة إضافته ، فعند استخدامنا لأملاح الألمنيوم مثل كبريتات الألمنيوم المائية $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ أن أفضل درجة عمل عند $pH:5.5–7$ إذ تتحول إلى هيدروكسيد الألمنيوم الذي يرفع سرعة الترسب بإزالته للقوى الدافعة المتمركزة على سطح الدقائق الغروية المعلقة في الوسط المائي ، ومن ثم تجميع هذه الدقائق بعضها إلى بعض نتيجة الحركة البروانية في السائل لتصبح دقائق ذات أبعاد ٠.١ ميكرون لا تلبث أن تنمو شيئا فشيئا حتى تصبح قادرة على الرسوب السريع إلى قاع الحوض ، ويتم الاعتماد عادة على الكلس الحي في تعديل درجات الحموضة المنخفضة لترتفع حتى ٥.٥ – ٧ ، ويمكننا الاستعاضة عن كبريتات الألمنيوم المائية بألومينات الصوديوم $NaAlO_3$.

أما عند استخدامنا لأملاح الحديد فيكون مجال درجة حموضة العمل بين ٥ – ١٠ ، لنحصل على متكتلات أثقل من متكتلات الألمنيوم مما يجعل سرعة ترسبها أعلى ، ولكن عيبها يكمن بإعطائها كميات رواسب كبيرة يصعب علينا التخلص منها بسهولة ، ومن أهم أملاح الحديد المستخدمة لهذه الغاية نجد : كلور الحديد $FeCl_3$ ، كبريتات الحديدي $FeSO_4$ ، كبريتات الحديد $Fe_2(SO_4)_3$

وظهرت حالياً مكتلات عضوية ذات فعاليات عالية مثل : بيري فلوك FAL لشركة الدكتور بتري والتي تحضر من مشتقات حموض بولي كربوكسيلية السالبة الشحنة ، وتتميز مثل هذه المواد بمجال حموضتها الواسع $pH: 6 – 12$ ، ويعيبها أنها لا تستخدم إلا مع المياه ذات الملوثات السالبة الشحنة أو اللاشاردية .

أما للملوثات السالبة المنحلة مثل الأصبغة الفعالة فتنتج الشركة مادة بيري فلوك WT مثلا والتي تُحَضَر من أمينات متكاثفة شاردية موجبة ، ويمكنها تزغيب الأصبغة السالبة بحيث تبدأ بالترسب بعد ساعة أو ساعتين . وتتميز بإمكانية مزجها مع المكتلات العضوية واللاعضوية .

ولأحواض الترقيد أشكالها ومواصفاتها المختلفة ، ولكن الشرط المهم في اختيارها هو زمن البقاء في الحوض بما يضمن فترة زمنية كافية لترسيب المتكتلات الناتجة وخروج المياه بدرجة النقاوة المطلوبة ، وتصل سرعة الترقيد حتى ٢ م^3 / ساعة في حال استخدام الأملاح المعدنية كمكتلات ، وتعطي عمليات الترقيد عادة مردوداً يتراوح بين ٣٥ – ٧٠ % من قيمة $C.O.D$ و١٠-٣٠% من قيمة $B.O.D_5$ ، ومع ذلك فإنها تطبق وبانتشار واسع على مياه الصرف الصناعية في الصناعة النسيجية وغيرها على الرغم من انخفاض مردودها عموما لاحتواء هذه المياه على مواد سامة للبكتريا ولا يمكننا التخلص منها إلا بالترقيد ، ويُعَدُ حصولنا على كميات رواسب كبيرة وعديمة الفائدة واحدة من أهم مساوئ هذه الطريقة مما يضطرنا لاستخدام المرشحات الضاغطة في تنشيف كتل الرواسب ليصار إلى طرحها فيما بعد في أماكن خاصة بالمخلفات الصناعية الصلبة .

٦ – ٣ – المعالجة الكيماوية الحيوية : بعد الانتهاء من عمليات التصفية والترقيد نبدأ بتطبيق المعالجة الكيماوية الحيوية بأحواض تحوي مزارع بكتريا محمولة على الوحل المنشط بالهواء أو على سطوح مسامية خفيفة يمكنها احتواء مثل هذه المزارع .

وغالبا ما تتم المعالجة في أبراج يرذ فيها الماء الملوث من أعلى ويضخ فيها الهواء الجوي من الأسفل مع فتحات جدارية زجاجية تسمح لضوء الشمس بالدخول إلى البرج ، وقد تتجاوز قيمة $B.O.D_5$ هنا نسبة ٨٠ % بحسب :

- زمن البقاء أو سرعة المرور.
- كمية ونوع البكتريا .
- كمية الضوء الداخلة إلى برج المعالجة أو الحوض . ودرجة الحرارة.
- غزارة الهواء الجوي الداخل للبرج .
- نوعية وطبيعة الملوثات الداخلة مع الماء .

وهذا ما يستوجب المراقبة المستمرة للشروط التي يعمل فيها البرج .

وعموما يبقى مردود إزالة الألوان ضعيفا لضعف التحلل الحيوي للمواد الملونة عموما ، ولكي نضمن مياه صافية غير ملونة لابد لنا من اللجوء لوحدات المعالجة بظاهرة الحلول عبر أغشية خاصة ترفع من التكاليف بشكل كبير نسبياً.

سابعا – مواصفات الماء الصالحة للاستخدام في العمليات الصباغية : طرحت شركة BASF مواصفات الماء الصالح للصباغة في ندوتها التي أقامتها في حلب ودمشق عام ١٩٩٧ ، كما طرحت شركة ICI مواصفات الماء اللازم لبناء حمام صباغة بروسيون اكسل وكما هو مبين في الجدول (٥) .

الجدول ٥

مواصفات مياه بناء الحمام الصباغي			
عديم اللون ، خالي من الشحوم والدهون ، طري وخالي من شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم ومركبات الحديد والشوارد المعدنية الأخرى			
م	المواصفة	بحسب *BASF*	بحسب *ICI*
١	درجة الحموضة	*pH: 6-8*	*pH: 7*
٢	القساوة	$6^{\circ}GB$	*50 p.p.m*
٣	المعلقات	*< 1 p.p.m*	
٤	الرصاص العضوي	*< 20 p.p.m*	
٥	بقايا الاحتراق	*< 50 p.p.m*	
٦	ثاني أكسيد الكربون الحر " خوفاً من التآكل "	صفر قدر الإمكان	
٧	الحديد	*< 0.1 p.p.m*	*< 0.05 p.p.m*
٨	المنغنيز	*< 0.05 p.p.m*	
٩	النحاس	*< 0.01 p.p.m*	*< 0.05 p.p.m*
١٠	النترات	*< 50 p.p.m*	
١١	النتريت	*< 5 p.p.m*	
١٢	شوارد الكلور		*< 300 p.p.m*
وحدة القساوة البريطانية *GB* : ١٠ ملغ كربونات الكالسيوم في ٠.٧ ليتر ماء			

الصباغة وتلوث المياه ٢

مقابلة نشرت في مجلة النسيج السوري " *Textil* " ، العدد الأول ، كانون الأول ، عام : ٢٠٠٥

إثر نشر بحث علمي بعنوان : الصباغة وتلوث المياه لكاتبه الكيماوي بلال الرفاعي في العدد الثاني من موسوعة الغزل والنسيج ، تباينت ردود الأفعال بشكل لافت ، وتوزعت المواقف بين حذر وخوف وسرور وإعجاب ، وفيما بين مسؤولي تلوث وأصحاب مصانع ومطابع ، وتجار أصبغة ، لذا فقد وجدنا أنه من الضروري الاسترسال في هذا الموضوع مع كاتبه لبيان أكثر ... وكان الحوار التالي :

كيف ترى التلوث وما دفعك للكتابة عنه ، وتحت هذا العنوان ؟

التلوث أولا يعني ارتفاع نسبة مكونات مادية أو لامادية بما يعود بالضرر على التوازن البيئي من حولنا ، مادية بأشكالها الثلاثة : صلبة ، سائلة ، غازية ، ولامادية كالإشعاعات النووية والأمواج الكهرطيسية التي تزخر بها الأجواء من حولنا والتي تبثها مئات من الأقمار الصنعية ، وأخيرا الضجيج على اختلاف درجاته التي تقدر بوحدة الديسبل وتؤدي لاعتلال في القلب .

وقد يكون للتلوث مفهوم نسبي ... فازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو يعتبر تلوثا من وجهة النظر الإنسانية ، وعلى العكس من وجهة النظر النباتية التي تجد في تدني نسبته تلوثا لا يمكنها من عملية التمثيل اليخضوري .

وتتجلى المشكلة الأساسية في تقييم التلوث بالسؤال : كيف يجب أن نفكر بالتلوث ؟ وبمعنى أصح : إلى أي مدى يجب أن تكون نظرتنا سوداوية ؟ فكلنا يحزن عندما يرى سبعا يأكل غزالا ، ولكن القليلين يدركون أنه لو لم يأكله لطغت قطعان الغزلان هائمةً في الأرض بحيث قد لا يكون هناك مكان لإنسان ، وهكذا التلوث قد لا نعرف معنى لأرقامه على الأقل حتى الآن .. فمن يدري قد يأتي المستقبل بعالم يقول لنا : في أجواء ملوثة كهذه يموت كم هائل من الجراثيم والفيروسات !! وقد تكون هذه كلها جملا فلسفية غير ذات معنى .. فمن يدري ؟

إن أهم ما يجب فهمه وإدراكه جيدا يمكننا اختزاله في نقطتين اثنتين :

١ – ما من نشاط إنساني إلا ويلازمه تلوث ، سواءا أكان معيشيا أو صناعيا أو زراعيا ، وما من صناعة إلا ويلازمها تلوث ، من صناعات الأدوية والغذائية حتى البتروكيماوية والكيماوية والتعدينية ، وزراعة اليوم بما تستلزم من آلات ومبيدات وأسمدة في مراحل اصطناعها أو استخدامها لابد لها من تحدث تلوثا .. بل حتى فيما تخلفه المشافي من مياه ملوثة بما تحويه مياهها العادمة من مضادات حيوية ومعقمات تفتك بالبكتريا اللازمة لتحلل المواد الملوثة العضوية .

٢ – يجب ألا نفكر بالقضاء على التلوث – لأننا نكون إذ ذاك كمن يبحث عن المستحيل ليقبض عليه ويحاكمه – بل أن نفكر بكيفية تخفيض معدلاته عملا بإرشاده تعالى **" ألا نكون من المفسدين في الأرض "** ، وأظن أن أمرا كهذا يجعل

من كل القوانين الوضعية الصالحة بمرتبة ما من مراتب التكليف الإلهي وبالتالي فإن فيه ما يكفي ليحرك وجدان كل فرد منا : **ليغير المنكر بيده أو بلسانه أو بقلبه وذلك أضعف الإيمان .**

ما الطريقة الأمثل لمحاربة التلوث ؟

لا نستطيع وضع استراتيجية واحدة لمحاربة جميع أنواع التلوث ، فالاستراتيجية تتأتى من خصوصية كل مصدر وكل سبب ، طبيعة الصناعة وحجم الإنتاج مثلا ، أما فيما يخص موضوع الصباغة فيبدأ الحل من تلاقي مسؤولي التلوث والصباغين على الحل الإقتصادي الأمثل لا على تجاذب القوانين والمخالفات ... لأن المخالفات التي تؤدي بالمنشأة الصناعية إلى الإغلاق قد تؤدي لضرر اجتماعي وإنساني كبير فنكون كمن استجار من الرمضاء بالنار ، فالاستراتيجية يجب أن تقوم إذا على منع الأصبغة والمواد المساعدة ذات الأثر الضار بيئيا ، وخاصة على البكتيريا في مياه الصرف الصحي والصناعي .

أما عن الأصبغة فقد صدرت عدة قوائم لأصبغة تم تحريمها عالميا ، ومن الجيد أن الدولة قد اعتمدتها ومنعت توريدها وبالتالي فإن نصف المشكلة قد تم حله ، وبقي أمامنا نصفها الآخر الذي يخص مواد بناء الحمام الصباغي أي المواد المساعدة .

إن أهم ما يجب الأخذ به لحل مشكلة المواد المساعدة هو تصنيفها إلى فئتين : صديق وغير صديق للبيئة ، والأخذ بغير الصديق ووضع بدائله في عمليات شتى .

هل من مثال واضح في هذا السياق ؟

يستخدم هيدروسلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_3$ كعامل مرجع في الصباغة لعمليات الغسيل الإرجاعي وبناء حمام صباغة الأحواض VAT ، ولاحتواء هذا المركب على الكبريت فإن أثره شديد الضرر بيئيا ، لذا علينا البحث في قوائم العوامل المرجعة بحثا عن البديل المناسب ، وليكن الغلوكوز مثلا الذي يتم انتاجه محليا وبخطوط انتاج صناعية كبيرة ، ولا شك في أننا نمتلك عددا كبيرا من مراكز البحث والكفاءات التي يمكنها المشاركة في عمليات البحث مثل :

- هيئة المواصفات العربية السورية .
- مركز البحوث والاختبارات الصناعية .
- مركز البحوث العلمية .
- كليات العلوم والهندسة في الجامعات السورية .

وكلها مراكز يمكنها دراسة قابلية هذه المواد للتحلل وقيم BOD_5 و COD لكل منها ، وتحديد بدائلها الممكنة بالتعاون مع خبراء الصباغة والقواعد العلمية المنتشرة في المصابغ ، وقد يكون من فوائد عمل كهذا تقديم مادة غنية لرسائل شهادات الدراسات العليا في كلية العلوم تحت شعار ربط الجامعة بالمجتمع .

ما الآلية الممكنة التطبيق أو الأقرب للتطبيق العلمي ؟

على الجهات المختصة – وخاصة هيئة المواصفات – وقبل منح أي إجازة استيراد الطلب من المورد تقديم شهادة من الشركة الصانعة للمادة على أنها :

- صديقة للبيئة .
- طلب عينة من المادة المراد توريدها وإجراء الاختبارات البيئية المعتمدة في مخابر هيئة المواصفات أو كليتي الهندسة والعلوم مثلا وأخذ الموافقة على الصلاحية .
- تناول عينة من المادة الموردة عند وصولها المنطقة الحرة ومطابقتها مع العينة السابقة .
- السماح فقط للمواد غير المطابقة للمواصفات وليس لها بديل وذات ضرورة ملحة انتاجياً بالتوريد ، ومن الضروري هنا اعتماد بيت خبرة عن طريق برامج الأمم المتحدة الإنمائية أو مشروع تطوير صناعة الألبسة الجاهزة التابع للإتحاد الأوروبي للتقصي عن وجود بدائل في حالة الشك بالخبرات المحلية .