Chem. Bilal A. Al-Rifaii **الكيميائي بلال عبد الوهاب الرفاعي**
مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب
مشرف على الجوانب التطبيقية بكلية العلوم بجامعة دمشق
دمشق: هاتف: 011 3440538 ، حلب: 021 2262139 ، جوال: 0944 584316، b.rifatex@hotmail.com

مبادئ تقنية النانو

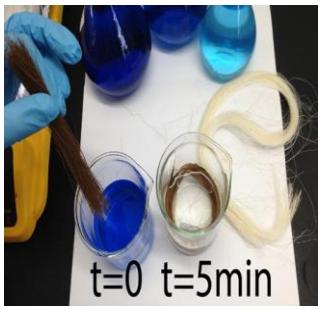
محطة معالجة بتقنية النانو

تعتبر تقنية الترشيح بالأغشية النانوية تقنية حديثة العهد نسبياً، وغالباً ما يتم تطبيقها على المياه المنخفضة المحتوى بالمواد المنحلة *Total Dissolved Solids: TDS* بهدف التخلص من الأيونات المتعددة التكافؤ، ما أدى لانتشارها في الكثير من الصناعات الغذائية.

ويقدر حجم المسام الواحد بنحو واحد نانومتر. كما تقدر أغشية المرشح النانوي عادةً بقطع الوزن الجزيئي بدلاً من مساحة المسام الواحد. في حين يقدر قطع أو عزل الوزن الجزيئي عادةً بأقل من 100 وحدة من وحدات الكتلة الذرية (دالتون). كما أن الضغط المطلوب عبر الأغشية (وهو نقطة الضغط من خلال الغشاء) أقل من الضغط المستخدم في عملية التناضح العكسي (RO) بحدود 3 ميلي بار، مما يقلل من تكلفة المعالجة بصورةٍ واضحة، وعلى الرغم من ذلك فإن أغشية الترشيح النانوي ما زالت عرضةً للتحجيم.

التنقية السريعة للمياه: نشرت الدكتورة ماريانا كومباريزا من جامعة كولومبيا عن إمكانية تنقية المياه بشكل كامل تقريباً وخلال دقائق من الأصبغة المستخدمة في الصباغة بتقنية بسيطة بالاعتماد على الألياف الطبيعية الحاوية على جسيمات نانوية، بسبب تهديد الأصبغة المصادر المائية المجاورة لمعامل النسيج، إذ يؤدي احتواء الماء على الأصبغة إلى انخفاض الضوء الوارد إلى النباتات المائية، وبالتالي لتراجع عملية التمثيل الضوئي وانخفاض تركيز الأكسجين في الماء.

فمن السهل عزل الجزيئات الملوثة باستخدام طرائق معالجة المياه التقليدية، ونعتقد بأن المواد المركبة الحيوية الخيار المناسب لإزالتها من المياه العادمة.



يقوم البحث على الاستفادة من التجاويف ذات الأبعاد النانوية *Nano-sized cavities*الموجودة في السيليلوز، ويمكننا الاستفادة من دراسات سابقة حول هذه التجاويف الموجودة في الألياف القطنية.

طريقة العمل: تُغمس ألياف النباتات الشوكية الكولومبية *Fique plant fibers* (المستخدمة لتصنيع أكياس القهوة) في محلول فوق منغنات البوتاسيوم، وتعالج بعدها بالأمواج فوق الصوتية، فتنمو جزيئات أكسيد المنغنيز في التجاويف السيليلوزية الصغيرة جداً.

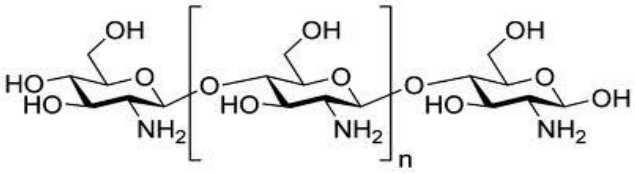
تتفاعل أكاسيد المنغنيز الموجودة ضمن السيليلوز مع الأصبغة وتقوم بتكسيرها أو تفكيكها لجزيئات غير ملونة، وتم في الدراسة المطروحة إزالة 99% من الصباغ الموجود في المياه خلال دقائق. وأكثر من ذلك، يمكننا استخدام نفس الألياف عدة مرات، ووجد أنه عند استخدامها للمرة الثامنة مازال باستطاعتها إزالة مابين 97%-99% من الصباغ الموجود في المياه.

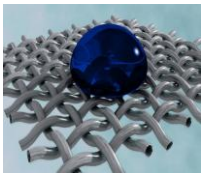
تقول كومباريزا: لا يوجد مواد مرتفعة التكلفة مطلوبة لتشكيل هذه المواد المركبة الحيوية، يمكن تحسين الاصطناع ضمن مختبر كيميائي اعتيادي.

يقوم الباحثون على اختبار عمليتهم على أنواع أخرى من الملوثات، وعلى ألياف أخرى، ومواد مركبة جديدة. حيث يتطلعون لاستخدام أكاسيد معدنية أخرى قد تظهر فعالية أكبر في عملية تفكك أنواع أخرى من الأصبغة.

المرشح النانوي ومياه الصالحة الشرب: تشير الإحصائيات إلى أن نحو عُشر سكان العالم، لا يحصلون على مياه شرب نظيفة، ويحصد الماء الملوث بالجراثيم والفيروسات والرصاص والزرنيخ ملايين الأرواح سنوياً.

لذلك طور باحثو معهد التكنولوجيا الهندي بمدراس نوعاً جديداً من الأنظمة المحمولة لتنقية المياه المعتمدة على نظم الترشيح النانوية للجسيمات متناهية الصغر، ويجمع هذا النظام بين القدرة على قتل الجراثيم والقدرة على إزالة الملوثات الكيميائية مثل الرصاص والزرنيخ في آن واحد. إذ يعتمد على مرشحين بمكونات منفصلة لتنقية المياه من الجراثيم والمواد الكيميائية، فيمكن تخصيص نظام لتخليص المياه من الملوثات الجرثومية أو الملوثات الكيميائية أو كليهما اعتماداً على احتياجات المستخدم.





يعتمد مرشح الجراثيم على الفضة النانوية المضمن في " قفص " مصنوع من الألمنيوم والكيتوزان، وهو نوع من الكربوهيدرات المشتقة من كيتين القشريات.

واستخدم الفريق الجزيئات النانوية التي تطلق أيونات الحديد والزرنيخ المحصورة لصنع المرشح الكيميائي. ويمكن أن تستخدم تقنية " القفص " مع الجسيمات النانوية الأخرى لتنقية الملوثات المستهدفة مثل الزئبق.

يقتل الغشاء المرشح في الجزء العلوي البكتيريا والفيروسات، والكتلة المحورية في الجزء السفلي يمكن أن تخصص للتزود بالمرشح الثاني للرصاص أو الزرنيخ، ولا يتطلب ترشيح المياه أي كهرباء لأنها مصنوعة من المرشحات الشبيهة بالطمي في درجة حرارة الغرفة، وتتحد ألياف الكيتوزان مع جزيئات هيدروكسيد الألمنيوم النانوية (AlOOH Np) لتشكيل" قفص" من مادة شبيهة بالطمي لحماية الفضة النانوية من الترسب حتى لا تقلل من قوة قتل الجراثيم.

وأوضح فريق العلماء في بحثهم الذي نشر في دورية الأكاديمية الوطنية للعلوم مؤخراً، كيف يؤدي جهازهم الجديد وظيفته، وكيف يعمل على إزالة الملوثات النانوية والمخاطر الحيوية، والمعادن الثقيلة السامة أيضاً. ويتكون هذا النظام الجديد من عملية ترشيح على مرحلتين، ويوفر 10 لترات من المياه النظيفة في غضون ساعة واحدة.

ويقول فريق البحث: إن التحدي الأكبر الذي واجهنا كان معرفة كيفية نقل أيونات الفضة إلى المياه لتتم معالجتها من دون استخدام أي كهرباء، وكان على العلماء الالتزام أيضاً باستخدام كمية ضئيلة من أيونات الفضة لتلبية معايير السلامة الدولية.

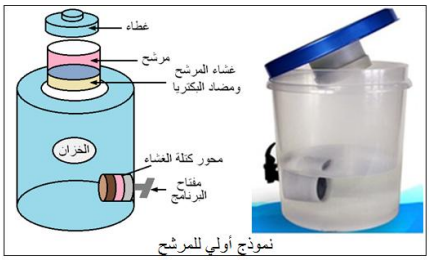
وتغلب العلماء على هذه المشكلة باستخدام المواد الجديدة التي توظف الفضة النانوية عن طريق حصارها داخل بنى صغيرة تشبه القفص مصنوعة من مواد صلصالية. واستخدم العلماء جسيمات نانوية أخرى لإنشاء مرشحات تقتل الجراثيم وتمتص المعادن الثقيلة من المياه، مما يجعلها صالحة للشرب واستخدامها في أغراض الطهي.

وتقوم المرحلة الأولى بالتخلص من الفيروسات والبكتيريا وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الخطيرة الأخرى، وتقوم المرحلة الثانية بامتصاص المعادن الثقيلة مثل الرصاص و الزرنيخ.

والنتيجة النهائية هي جهاز محمول رخيص الكلفة لتنقية المياه مقارنة بأنظمة الترشيح المحمولة المشابهة الأخرى، ولكن المعالجة في حد ذاتها أرخص من أي نظام بديل، وتصل كلفتها إلى أقل من ثلاثة دولارات سنويا فقط دون استخدام أي مصدر للطاقة. وتعمل هذه المرشحات جيداً لسنة واحدة (3600 لتر تقريباً) حتى يتم استبدالها، ويمكن تشغيل الترشيح أكثر من مرة في اليوم إن لزم الأمر.

ويمكن أن يساعد الجهاز في إنقاذ حوالي 2 مليون شخص سنويا. فقد لاحظ الباحثون أن الحصول على مياه الشرب النظيفة لا يزال يشكل مشكلة كبيرة في جميع أنحاء العالم، وأن وجود ابتكارهم في متناول أيدي الجميع من شأنه أن ينقذ حوالي 2 مليون شخص سنوياً حوالي 42.6 في المئة من الوفيات بسبب الإسهال وحده ومعظم ضحاياه أطفال.

ويعتقد الباحثون أن جهازهم قادر على توفير مياه الشرب لأسرة مكونة من خمسة أفراد. ولكنهم لم يعلنوا عن الجهة التي ستصنع الجهاز الجديد أو متى يمكن إتاحته للبيع.



اختراع جديد لتحلية المياه باستخدام تقنية النانو: بدأ استخدام هذا المصطلح في مجال الصناعات الإلكترونية المتصلة بالمعلوماتية. وتستخدم هذه التقنية الخصائص الفيزيائية المعروفة للذرات والجزيئات لصناعة أجهزة ومعدات جديدة ذات ميزات غير عادية. وأطلق على الغشاء الجديد اسم "i-Phobe"، نظراً لتركيبته الكيمائية الفريدة من المواد الكارهة للماء (الهيدروفوبي) المؤينة التي تمكنه من التغير الجذري عند مواجهته لظروف مختلفة فيتحوّل إلى غشاء محب للماء (هيدروفيلي)، كما تتحول كفاءة تمرير الماء من خلال الغشاء إلى كفاءة عالية في الظروف البسيطة ما أدى إلى تسميته "الطريق السريع للماء"من قبل الباحثين.

تطبيقات واعدة تساهم في تحقيق الأمن المائي: لعل من أبرز الفوائد المبشرة والملموسة لتقنية النانو هي مساهمتها في الحصول على مياه صحية خالية من الملوثات والشوائب الضارة بواسطة أنظمة معالجة متقدمة تتضمن وسائل تنقية نانومترية. وتصنف منتجات تقنية النانو المستخدمة في معالجة وتنقية المياه إلى ثلاثة أنواع:

1. مرشحات غشائية بمسامات نانو مترية.
2. حبيبات نانو مترية ماصة للسموم والملوثات.
3. حبيبات حفازات نانومترية مفتتة للسموم والملوثات.

كما وفرت التقنية منتجات خدماتية مفيدة كأجهزة التحسس بمقاسات نانو مترية، يمكنها استكشاف الكائنات الجرثومية. وسنعرض في ما يلي عدد من تطبيقات النانو في صناعة تحلية ومعالجة المياه لنطرح الجوانب المختلفة المرتبطة بالخلفية العلمية، ونستكشف مدى ملائمة هذه التطبيقات وفقاً للإمكانات المتوفرة.

المرشحات النانومترية: تستعمل أغشية الترشيح النانومترية على نطاق واسع لإزالة الأملاح الذائبة الموجودة في المياه المالحة، ولإبعاد الملوثات الميكرومترية مثل عنصري الزرنيخ والكادميوم، ولإزالة عسر الماء. وتصنع مرشحات النانو بأشكال متعددة وبكثافة وأبعاد مسامية مختلفة من أجسام نانومترية، مثل أنابيب النانو الكربونية وألياف أكسيد الألمنيوم (الألومينا).

واستطاع كلٍ من معهد رينزلر التقني في الولايات المتحدة الأمريكية وجامعة بان راس هندو في الهند من ابتكار وسلية مبسطة لإنتاج مرشحات أنابيب النانو الكربونية والتي بإمكانها وبكفاءة عالية إزالة ملوثات بأحجام الميكرون والنانومتر من الماء، مثل فيروسات شلل الأطفال وبكتيريا الإيكولا. وفي الحقيقة، وجد أن مرشحات أنابيب النانو الكربونية أكثر مرونة في إعادة استخدامها من الأغشية التقليدية، وذلك بعملية تطهير إما بواسطة التسخين أو التعقيم. ويرتكز جوهر فكرة تصنيع مرشحات أنابيب النانو الكربونية ببساطة على أساس غرس أنابيب نانو كربونية بتزاحم شديد وبوضع متماثل ومتجاور لتشكيل هيكل متين وقوي يشبه الغشاء

وأجريت خلال السنوات القليلة الماضية بحوث تطبيقية أدت إلى تقديم عدة حلول واعدة تتعلق بمجال تقنيات النانو وتطبيقاتها الحالية والمستقبلية في معالجة الملوثات البيئية في الماء والتربة والهواء وتجنب حدوثها مرة أخرى.

يمثل الماء أهمية بالغة للإنسان وإن العجز في توفير مصادر آمنة ونظيفة للماء، لن يؤدي فقط إلى تدمير صحة الإنسان، إنما سيؤدي إلى تدمير الحياة على سطح هذا الكوكب الذي نعيش عليه.

أصبحت البشرية في حاجة ماسة وملحة لإيجاد طرق مبتكرة ومواد فعالة ليتم توظيفها في معالجة وتنقية المياه، وأظهرت النتائج البحثية والميدانية التي نفذت على مصادر متنوعة للمياه، باستخدام المواد النانوية والأجهزة المبنية على تقنية النانو تحسناً واضحاً وكبيراً في مستوى ملاءمة المياه المعالجة للاستخدام الآدمي.

وأظهرت نتائج التجارب المعملية قدرة فائقة لحبيبات الحديد النانوية وذلك بقيامها بتخليص المياه من مركبات الكلور كما تنتزع الأكسجين من جميع أكاسيد النتروجين السامة الموجودة بالمياه الملوثة وتنقيتها أيضا من العناصر المعدنية الثقيلة مثل الزرنيخ.

كما يتم استخدامها في تنقية المياه الجوفية الملوثة بالمخلفات الصناعية وتخليصها مما تحتويه من مركبات عضوية سامة ومسرطنة.

دخلت تقنية النانو بقوة في إنتاج عدد من مرشحات المياه التي تستخدم في تنقية مياه الشرب الملوثة للحصول على ماء عالي الجودة حيث تقوم المرشحات بتنقية المياه من البكتريا والفيروسات والعناصر المعدنية الثقيلة وأيضاً من المركبات العضوية العالقة بها.

أعطت تقنية النانو الأمل في تطوير تقنيات تحلية المياه وقد أكدت التجارب المعملية والميدانية أنه مع استخدام أنابيب الكربون النانوية فإن تكلفة عمليات التحلية انخفضت بنسبة ٥٧٪ إذا ما قورنت بالتقنيات المستخدمة حاليا.

وتعد البلورات النانوية التي تقل أقطار حبيباتها عن 10 نانومترات مواد واعدة تستخدم للتخلص من أبخرة الزئبق التي تنطلق في الهواء الجوي نتيجة حرق الفحم بمحطات توليد الكهرباء. كما تستخدم للتخلص من أكاسيد النيتروجين السامة وإزالتها من الهواء الجوي.

أتاحت تقنية النانو من خلال القياسات الأرضية التي تجري باستخدام أجهزة قياس محمولة مزودة بحساسات نانوية دقيقة تحدد مستويات تلوث الهواء ومتابعته لحظيا بربط هذه الأجهزة لاسلكيا بنظم المعلومات الجغرافية GIS، ولم تبخل تقنية النانو في توفير الحلول التقنية الخاصة بتقديم مصغرات من أجهزة الاستشعار خفيفة الوزن وصغيرة الحجم تنفرد بحساسيتها الفائقة في التمييز بين المواد المتفجرة وتصفيتها بدقة عالية.

وتم توظيف الحساسات النانوية في رصد وتعقب حرائق الغابات التي اندلعت بولاية كاليفورنيا الأمريكية في عام 2007 باستخدام تقنية التصوير الحراري.. وأقدمت ناسا على هذه الخطوة بعد عجز الطائرات التي أقلعت لتحلق فوق مناطق الحرائق المندلعة.