هيئة الطاقة الذرية السورية
Biotechnology News
أخبار التقانة الحيوية
السنة السابعة عشر – العدد الأول – آذار – 2018
نشرة إعلامية فصلية يصدرها قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية في هيئة الطاقة الذرية

الجزيئات والمركبات النانوية وتطبيقاتها

يتضمن هذا العدد من نشرة التقانة الحيوية فكرة عن موضوع التقانة النانوية (النانو تكنولوجيا) واستعمالاتها على المستويات كافةً. بالتعريف، النانو هو 1×10^{-9} m وتتعامل التقانة مع بنى ذرات وجزيئات تتراوح بين1 و100 نانو متر، وتعتمد على تماسك بنيتها وشكلها الفراغي. وتُظهر هذه البنى _على هذا المستوى _ مواصفاتٍ فيزيائيةً جديدة، فيمكن أن تكون أقصى وأقوى وقابلة للانحلال والنفوذ في الأوساط المختلفة. وبالتدخل في بنية ذرات المركبات، يمكن للتقانة النانوية أن تشكل مركبات وأجزاء جديدة لها مواصفات مميزة. وللتقانة النانوية تطبيقات متعددة في حقول مختلفة، الطب والصيدلة والإلكترونيات وإنتاج الطاقة والزراعة، والبيئة. ففي الطب، تبدو استعمالاتها جلية في تصويب الترميم والبناء والتعديل الوراثي، وضبط أنظمة بيولوجية حيوية، وإيصال الأدوية إلى مناطق يصعب الوصول إليها بسبب حواجز طبيعية. نقدم في هذا العدد بعض استعمالات هذه التقانة.

التقانة النانوية في الزراعة المُحكَمة

تستعمل التقانة النانوية حالياً في الزراعات الحديثة ضمن إطار الزراعة المُحكَمة (precision agriculture)، والتي تعرَف من قبل الإدارة العامة للسياسات الداخلية التابعة للاتحاد الأوربي، بأنها مفهوم في الإدارة الزراعية وتُعنى بالقياس والاستجابة للمتغيرات من أجل الحصول على أفضل المُخرجات من الموارد المتاحة. تتضمن التقانة النانوية استخدام حبيبات نانوية ذات بعد أو أكثر من القياس 100 نانومتر أو أقل، ويمكن استعمالها في مجالات وقاية النبات وتغذيته نتيجة لصغر حجمها وارتفاع معدل السطح على الحجم وخصائصها البصرية المميزة. وهناك طيف واسع من المواد التي يمكن إنتاج الحبيبات النانوية منها، مثل: أكاسيد المعادن والسيراميك والمواد المغنطيسية وأنصاف النواقل والليبيدات والبوليميرات. إن تركيب الحبيبات النانوية يلعب دوراً مهمّاً في تطبيقاتها، فمثلاً تستعمل الحبيبات النانوية المغلفة بالبوليميرات كحوامل زراعية – كيميائية وذلك بسبب إطلاقها المُحكم، في حين تستعمل الحبيبات النانوية المعدنية، والتي تمتلك صفات مرتبطة بحجمها كالمغنطة والفلورة والانحلال الضوئي، في تطوير الحساسات وإصحاح الترب. ومن التطبيقات المهمّة للتقانة النانوية في المجال الزراعي استعمال الأسمدة النانوية التي تسهم في الإطلاق البطيء والتدريجي للأسمدة نظراً لقدرة الحبيبات النانوية على الاحتفاظ بالمادة السمادية فترة أطول بسبب ارتفاع التوتر السطحي لهذه الحبيبات بالمقارنة مع السطوح التقليدية. يسهم هذا الإطلاق البطيء في زيادة فعالية امتصاص المغذيات من قبل النبات. وتقوم الأسمدة النانوية بموازنة إطلاق السماد المغلف فيها مع امتصاص النبات وبالتالي تحول دون خسارة المغذيات وتمنع تفاعل هذه المغذيات مع الكائنات الحية في التربة ومع مصادر المياه. أما الحبيبات النانوية المعدنية فتستعمل في إصحاح الترب الملوثة بالمبيدات والمعادن الثقيلة نظراً لقوة ألفة الامتصاص فيما بينها. كما تمتلك الحبيبات النانوية المعدنية خصائص ممتازة في ربط التربة والتي تسهم في تشكيل تجمعات تربية ميكروية وماكروية. ومن التطبيقات الأخرى للمواد النانوية في المجال الزراعي استعمال المبيدات النانوية والتي تسهم في زيادة انتشار المبيد وألفته مع الهدف، لكن لابد لهذه

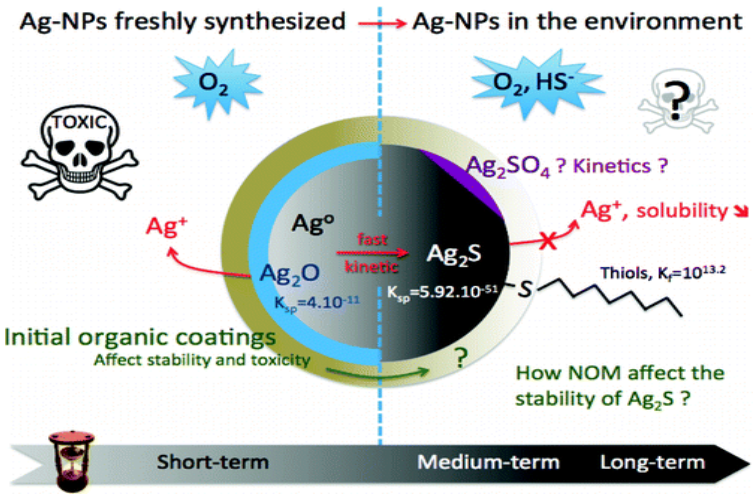
المبيدات النانوية أن تتحلل بسرعة في التربة وببطء على النبات مع الحفاظ على أثر متبقٍ ضمن المستويات المسموحة في الغذاء. ومن جهة أخرى، تُستعمل الحساسات النانوية التي تعتمد في عملها على المواد النانوية في الكشف عن الأثر المتبقي للمبيدات الكيميائية كبديل لتقنيات الكروماتوغرافيا الغازية أو السائلة مع مطيافية الكتلة والتي تتطلب، على الرغم من دقة الأخيرة، خطوات في جمع العينات واستخلاصها وتحليلها. وأما تطبيق الحبيبات النانوية في مجال تحسين النبات فيكمن في استعمال حبيبات الذهب النانوية كحوامل ناقلة للبلازميد الحاوي على المورثة المرغوب نقلها إلى النسيج النباتي الهدف باستعمال المدفع الجيني، مما يحقق معدلاً أعلى من المادة الوراثية المنقولة بالإضافة إلى إصابة عمق أكبر ضمن النسيج النباتي الهدف. على الرغم من الفوائد الكبيرة التي تعدُ بها المواد النانوية في مجال الزراعة، إلا أن هناك دراسات عدة مهتمة في البحث العميق عن الديناميكية السمية للمواد النانوية ضمن الأنظمة البيئية، بالإضافة إلى دراسة الجرع المناسبة ومدة التعريض وسرعة تحللها، أي لابد من دراسة تحليل المخاطر من أجل دراسة الفعالية من حيث التكلفة، وذلك قبل تبنيها.

Nanotechnology, Science and Applications 2014, 7: 63–71.
Nanotechnology 2017, 15:11-23

الجزيئات النانوية في البيئة: مثابرتها وسُميتها

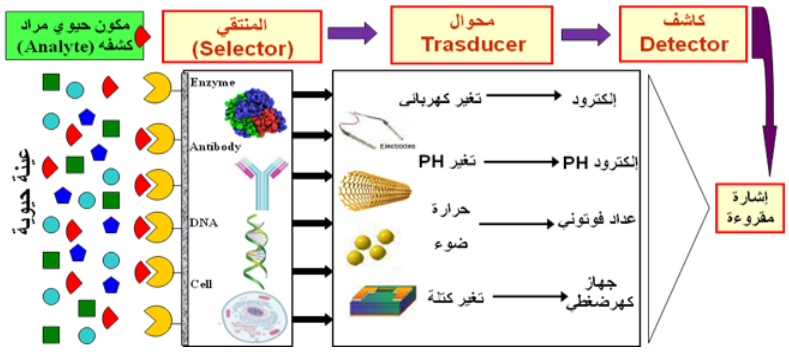
مع الاستعمال المتنامي للجزيئات النانوية المهندسة (Engineered Nanoparticles, ENPs) في العديد من المجالات الصناعية، بات وصول هذه الجزيئات إلى البيئة أمراً محتماً، في حين يبقى مصير وسلوك هذه الجزيئات، وبالتالي تأثيراتها على مفردات النظم الحيوية البيئية أمراً مجهولاً. هذا ما دفع العديد من مراكز البحوث إلى البدء في تقصي بعض الحقائق العلمية عن سبل انتقال وسلوك ومصير الجزيئات النانوية، وتأثيراتها البيولوجية المحتملة على جميع مكونات النظم الحيوية ابتداءً من البكتريا وانتهاءً بالإنسان. تُعدُ جزيئات الفضة النانوية (Ag-NPs) أكثر الجزيئات النانوية شيوعاً واستعمالاً نظراً لتفردها بخواص فيزيائية– كيميائية متميزة أهّلتها للاستعمال في العديد من المجالات الطبية والغذائية ومستحضرات التجميل، وفي العديد من الصناعات الإلكترونية. ركزت مراكز البحوث، في الآونة الأخيرة، الاهتمام على دراسة هذه الجزيئات بشكل خاص فيما يتعلق بتأثيراتها الكامنة على النظم الحيوية عامة. إذ بينت دراسات حديثة أن لـ Ag-NPs تأثيرات سُمية على النباتات المائية مثل نبات (Lemna minor)، والأرضية مثل نبات الليوم (Lolium multiflorum)، وعلى الأسماك (Zebra fish)، وعلى الكائنات الحية الدقيقة مثل (Escherichia coli) وعلى بعض الخطوط الخلوية المعزولة من بعض أنسجة الإنسان كالرئة والجلد. كما بينت الدراسات أن سُمية جزيئات الفضة النانوية قد ترجع بشكل مباشر إلى تحرر أيونات الفضة مباشرة أو إلى تشكل مركبات ذات سمية أقل أو أكثر، كما هو الحال في ارتباط عنصر الفضة مع الأكسجين أو الكبريت أو الكلور، وبالتالي، إن فهم عملية التحول الحيوي لعنصر الفضة قد يكون هو المسار الأكثر أهمية في فهم مصير وسلوك هذا العنصر في البيئة، مع إمكانية أن يقود هذا المسار إلى الكشف عن بعض النظم الحيوية وخاصة المتعضيات التي تتمتع بمقدرات حيوية متميزة في تحويل جزيئات الفضة حيوياً. يُلخص الشكل المرفق الآليات الممكنة للتحول البيئي–الحيوي لجزيئات الفضة النانوية.

المصدر من: (Levard et al., 2012, Journal of Environmental Science and Technology).



المحسّات الحيوية النانوية:

المُحسّ هو نبيطة (device) تستجيب لظاهرة فيزيائية (حرارة، ضوء، صوت، ضغط، حركة...) وتقوم بجمع وقياس البيانات المتعلقة بخواص تلك الظاهرة ومن ثم تحولها إلى كمية مقيسة (إشارة كهربائية، مثلاً). المُحسّ الحيوي (biosensor) هو صنف خاص من نبائط التحسس التي تستخدم الآلية الحيوية (تفاعلات كيميائية–حيوية نوعية) لكشف وجود وتحديد تركيز مكون ما في عينة حيوية، باستعمال عنصر تعرفٍ حيويٍّ (selector) يكون بحالة تماس مع عنصر تحويل للطاقة (transduction). يتكون المُحسّ الحيوي بشكلٍ عام من ثلاثة عناصر أساسية، كما هو مبيّن بشكلٍ تخطيطي في الشكل (1). يتكّون المنتقي (عنصر التعرف الحيوي) عادةً من مستقبل حيوي (bioreceptor) مثل أنزيم أو بروتين أو ضد أو حمض نووي أو نسيج حيوي أو غير ذلك من الجزيئات الحيوية، التي تمتاز بخواص انتقائية ذاتية توفر انتقائية عالية للمُحسّات الحيوية بالمقارنة مع المُحسّات الكيميائية. يسبب هذا العنصر تغيراً في بعض المقادير الفيزيائية–الكيميائية عندما يتفاعل مع المادة المُراد كشفُها، ويقوم المحول (transducer) بتحويل هذا التغير إلى إشارةٍ قابلةٍ للقياس بشكلٍ فيزيائي، ومن ثم يقوم الكاشف بمعالجة وإظهار هذه الإشارة بشكلٍ مناسب (كيميائية–فيزيائية، ضوئية، كهركيميائية، حرارية، مغنطيسية).



الشكل (1): رسم تخطيطي لمكونات المحسّ الحيوي ومبدأ عمله.

للمحسّات الحيوية تطبيقات طبية وصيدلانية وبيئية وحيوية عديدة نذكر منها على سبيل المثال: تحديد مستوى السكر في الدم، كشف الحمل، كشف بعض الأمراض، اكتشاف وتطوير أنواع جديدة من الأدوية، عمليات نقل الأدوية ضمن الجسم الحي، تحسس البكتيريا في الهواء، تحديد مستويات السمية في المواد، هندسة البروتينات، كشف البكتيريا في الأطعمة وفحص الماء. تُصنّع نبائط التحسس الحيوي بشكلٍ تقليدي باستعمال مواد مثل الزجاج المسامي والبوليميرات كمنصة (حامل) تثبيت لعنصر التعرف الحيوي. مقارنةً مع ذلك، تتمتع المواد والبنى النانوية بخواص ضوئية وكهربائية ومغنطيسية وكهركيميائية وحرارية فريدة تجعل منها بديلاً مفضلاً في هذا المجال. حيث توفر المُحسّات الحيوية المرتكزة على هذه المواد أو ما يُصنّف حالياً بالمحسّات الحيوية النانوية مواصفات أفضل من حيث الاستقرارية والانتقائية والحساسية والتكرارية ودقة الكشف، وإمكانية التحليل السريع لعدة مواد في الزجاج (in vitro) وفي الجسم الحي (In Vivo)، كما توفر آليات جديدة للكشف وبحساسية لا يمكن تحقيقها تقليدياً. فعلى سبيل المثال، يتمتع السليكون المسامي، وهو أحد الأشكال النانوية للسليكون، بإصدار ضوئي شديد في المجال المرئي وبمساحة سطحية كبيرة مقارنةً مع السليكون الجرمي، مما يوفر إمكانية تصنيع مُحسٍّ حيويٍّ ضوئيٍّ حر الوسم (biosensor label free optical)، لكشف الدنا DNA بحساسيةٍ عاليةٍ بحدود كشفٍ من مرتبة (البيكوغرام في الميلي متر المربعpg/mm^2). ويجري العمل حالياً على تطوير محسّ حيوي مرتكز على المواد النانوية بأبعاد نانوية، قابل للحقن في الجسم من أجل مراقبة نسبة السكر في دم مرضى السكري.

Trends in Biotechnology 27 (2009) 230-239
Trends Mol Med. 23 (2010) 584–593,

التفاعل بين أنابيب الكربون النانوية متعددة الجدران مع الحاجز الدماغي الدموي في البيئة الخلوية وتوصيلها إلى الدماغ

يلعب الحاجز الدماغي الدموي (BBB) دوراً مهمّاً في الحفاظ على سلامة الدماغ عن طريق تنظيم تدفق المواد إلى الدماغ، في حين يسمح فقط لبعض الجزيئات ذات الحجم أو الشحنة المناسبة للعبور والدخول إلى الدماغ. يتكون الحاجز الدماغي الدموي من طبقة رقيقة من الخلايا الوعائية المبطنة

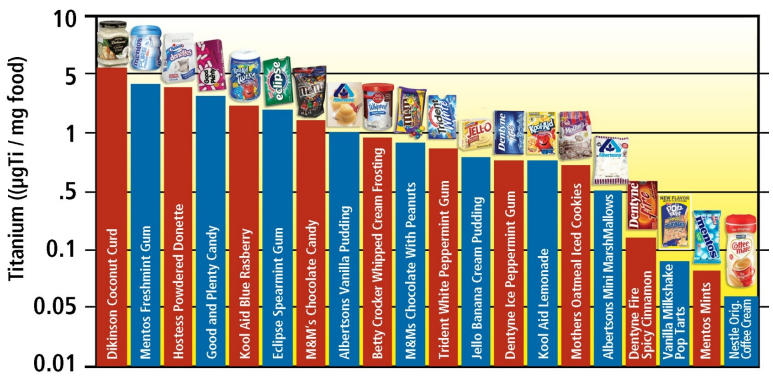
للشعيرات الدموية في الدماغ والتي تشكل واجهة بين الدم والدماغ. إن وجود هذا الحاجز الدماغي الدموي يمنع وصول معظم الأدوية إلى الدماغ، نظراً لانخفاض امتصاص الأدوية على مستوى الحاجز الدماغي الدموي، وبالتالي يمنع معظم العلاجات من الوصول إلى الدماغ (1, 3). تعدُّ أنابيب الكربون النانوية جسيمات نانوية غروية تتمتع بخواص فيزيائية وكيميائية مهمة مما يجعلها مثالية لتصميم ناقلات نانوية لتوصيل الأدوية. كما تتمتع بمساحة سطح عالية مقارنة بحجمها المتناهي في الصغر مما يسمح بتحميل جرعات عالية نسبياً من الدواء على سطحها الكربوني، جنبا إلى جنب مع روابطها المُستهدِفة لأنسجة متضررة على وجه التحديد. قمنا في هذا العمل بدراسة أنابيب الكربون ذات القطر العريض(w-MWNTs من ٢٠ إلى ٣٠ نانوميتر) المفعلة كيميائياً. أكدت نتائج المجهر الإلكتروني النافذ أن الـw MWNTعبرت طبقة الخلايا الوعائية PBEC عبر عملية النفاذ الخلوية التي تعتمد على استهلاك الطاقة. وقد لوحظت w-MWNT في الحويصلات الخلوية وضمن جسيمات متعددة بعد ٤ و ٢٤ ساعة. ولوحظ أيضاً العبور التام للنموذج الخلوي بعد ٤٨ ساعة، وهو ما أكده وجود-w MWNT داخل الخلايا النجمية. وقد بينت النتائج أيضاً أن تحضين الخلايا في ٤ درجات مئوية أدى إلى توقف عملية النفاذ الخلوي. ولم يتم ملاحظة الامتصاص الحويصلي، وهو ما يثبت أن نقل w-MWNT عبر الحاجز الدماغي الدموي يعتمد على توفر الطاقة وليس الاندثار. كما قمنا أيضاً بدراسة الـ w-MWNT في الفئران. تم حقن ال w-MWNT الموسومة بالإنديوم المشع وريدياً عبر الذيل في الفئران، وقيس التراكم في الدماغ باستخدام قياس أشعة غاما. لوحظ امتصاص كبير في الدماغ لـ w- MWNT-ANG بعد 5 دقائق من الحقن. وكان هذا أعلى من تراكم الـw-MWNT بشكل ملحوظ وأكدت دراسة التوزع الدماغي وجود الـw-MWNTوالـw-MWNT- ANG في الشعيرات الدموية وخلايا البارانشيم لكن الـw- MWNT-ANG تراكمت إلى حدٍّ أعلى في البارانشيم مقارنة بالـw-MWNT(2). أظهرت النتائج قدرة الـ w-MWNT لعبور الحاجز الدماغي الدموي في البيئة الخلوية، وتراكمها في دماغ الفئران بعد حقنها وريدياً. كما تم إثبات قدرة بيبتيد الـ ANG على تحسين النفاذ الخلوي في البيئة الخلوية للـw- MWNT والـw- MWNT-ANG، وأدى إلى زيادة التراكم في أدمغة الفئران. تمهد هذه النتائج الطريق لاستخدام f-MWNT لتوصيل الأدوية والعلاجات البيولوجية إلى الدماغ(3).

References: J .Control Release. 2016 Jan 22. J Control Release. 2015 Dec 30
Biomaterials. 2015;53:437-52

تطبيقات التقانة النانوية في تصنيع الأغذية وحفظها

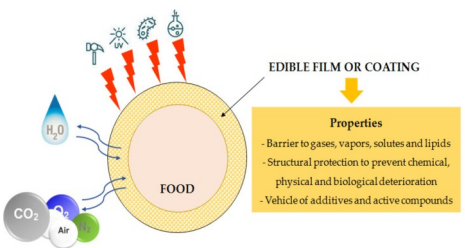
تتعامل التقانة النانوية مع أي شيء بمقياس 1–100 نانومتر حيث يساوي النانومتر واحد على مليار من المتر أي أنه أصغر من طول موجة الضوء المرئي 1/100000 من عرض الشعرة. تحتوي كافة الأغذية، عموماً، على جسيمات نانوية. فعلى سبيل المثال يحتوي الحليب على بروتين الكيزين وهو موجود على مقياس نانوي كما يحتوي اللحم على خيوط بروتين ذات قطر أقل من 100 نانومتر. إن ترتيب هذه الجسيمات وتغيّر بنيتها يؤثر على قوام ومواصفات الحليب واللحم. يتوفر في الأسواق حالياً عدد كبير من المنتجات الغذائية التي تحتوي على جسيمات نانوية. ويبين الهسيتوغرام التالي وجود عدد كبير من الأغذية التي تحتوي على نسب مختلفة من أكسيد التيتانيوم حيث تتواجد أعلى نسبة في حليب جوز الهند (5 ميكروغرام / مغ). وتضم القائمة عديد من الأغذية والمكملات

الـــــغـــــذائـــــيـــــة الـــــمـــــعـــــروفـــــة.



للتقانة النانوية دور حالي أو مستقبلي في عدة مجالات تتعلق بالغذاء بدءاً من الزراعة والتصنيع والتعامل مع المنتج ومن ثم الاهتمام بالنواحي التغذوية. ويأتي أهم تطبيقين من تطبيقات التقانة النانوية بشكل عام في مجالي تصنيع وتغليف الغذاء ونعرض فيما يلي أهم تلك التطبيقات:

الكبسلة النانوية Nanoencapsulation: وهي عبارة عن تقنية لرص (تغليف) المواد بشكل منمنم (مصغر) مع المحافظة على مستوى الرطوبة المطلوب في الغذاء. تستعمل الأغلفة القابلة للأكل لحفظ الفواكه والخضار واللحوم والشوكولا والسكاكر والمعجنات حيث تشكل حاجزاً أمام تسرب الرطوبة والدسم والغازات، كما تشكل حماية بنائية لمنع الفساد. تستخدم في هذه الأغلفة بوليميرات بيولوجية مثل البروتينات (الزيين" مركب عضوي في الذرة"، جيلاتين، كازين) والدهون وعديدات السكر (السللوز، النشاء، كيتوزان، كاراجيان، بكتينات) أو مزيج منها كحاجز لإنتاج أغلفة قابلة للأكل بخواص مضادة للميكروبات.



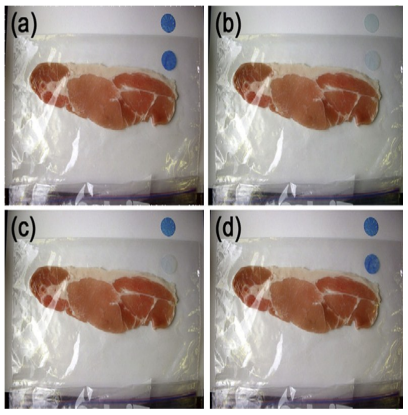
كما يمكن استعمال جسيمات الفضة النانوية AgNPs كمادة تغليف غذاء بخاصية مضاد ميكروبي، حيث تسبب جسيمات الفضة النانوية ضرراً للبكتريا عندما تلتصق عليها وتؤدي لحدوث ثقوب في أغشيتها.

تحسين المواصفات:

يمكن أن تطلق هذه الأغلفة مواد مضادةً للأكسدة والملونات والمدعمات الغذائية داخل الأغذية أو المشروبات وذلك لإطالة فترة الصلاحية أو تحسين النكهة أو اللون أو القيمة الغذائية. كما تم تطوير عبوات غذائية نانوية يمكنها امتصاص أي نكهات أو روائح غير مرغوب فيها تنشأ داخل العبوات الغذائية. كذلك يجري إنتاج عبوات غذائية تحتوي على أنابيب كربونية نانوية تستطيع ضخ غازات ثنائي أكسيد الكربون أو الأكسجين إلى خارج العبوات الغذائية في حالة تعرضها للتلف.

كشف تسرب الغازات:

جرى تطوير حبر ذكي يحتوي على جزيئات نانوية (أكسيد التيتانيوم TiO_2)، حساسة للأكسجين وحساسة جداً للأشعة فوق البنفسجية، حيث يتغير لون الحبر عند نفاد الأكسجين داخل العبوة الغذائية وبالتالي يتم تحذير المستهلك بفساد المادة الغذائية وأنها ستفقد صلاحيتها للاستهلاك البشري خلال وقت قصير.



Journal of Colloid and Interface Science. doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.017.

Nanoscience in Food and Agriculture 1. DOI. 10.1007/978-3-319-39303-2_6

التوظيف الحيوي للمواد النانوية باستعمال أضداد الجمل النانوية

تعدُّ الأضداد Antibodies أحد أهم الوسائل الدفاعية التي يستخدمها الجهاز المناعي للكائن الحي للتخلص من الإصابات والعوامل الممرضة، وعلى مدار عقود عدة، استطاع الإنسان بوسائل مختلفة الحصول عليها،

توظفها في العديد من الاستخدامات التشخيصية والعلاجية. وفي عام 1993 تم اكتشاف نوع خاص من الأضداد في عائلة الجمال وظهر أنها مؤلفة من نوع واحد من السلاسل الببتيدية (الثقيلة Heavy) ودعيت أضداد السلسلة الثقيلة. وتبع ذلك استخدام الهندسة الوراثية لتشذيب هذه الأضداد للوصول إلى قطع ضدية مختزلة مؤلفة من المجال المتغير variable منها والتي يُرمز لها VHH وتدعى الأضداد النانوية ويصل حجمها إلى –12) (15 kDa والتي لا تزال محتفظة بألفة قوية إزاء أهدافها. تتميز الأضداد النانوية Nanobodies بالإضافة إلى حجمها الصغير Nanoscale، البنية القوية، القدرة على الانحلال والاستقرار في المحاليل المائية، النوعية والألفة العالية لهدف وحيد أو مستضد Antigen، إمكانية الوصول إلى الأماكن الخفية واختراق النسج العميقة، إضافة إلى استدامة القدرة على إنتاجها بصورة مؤشبة ورخيصة بوساطة الجراثيم المخبرية. هذا ما جعل الأضداد النانوية تتفوق على مثيلاتها من الأضداد الأخرى،وجعلها أدوات بحثية مثالية في تطوير التقانة الحيوية Biotechnology بصورة عامة. لقد واكبَ تطور علوم التقانة الحيوية منهجٌ آخرٌ هو علم التقانة النانوية Nanotechnology، وهو علم جديد ينطوي على مواد ومعدات قادرة على التلاعب بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة للحصول على جزيئات بالحجم النانوي Nanoparticles. ومن جهة أخرى، أدى تطبيق التقانة النانوية في مجالات بيولوجية إلى ظهور العلم الحديث Nanobiotechnology. وفي هذا الصدد، تم اشتقاق العديد من الأشكال المختلفة من الأضداد النانوية، والتي أثبتت نجاحها كأدوات قوية في مجالات التقانة الحيوية النانوية في أبحاث الطب الحيوي الأساسي كالإيصال الدوائي والمعالجة وتشخيص الأمراض. فنظراً لما تتمتع به الأضداد النانوية من صغر الحجم والألفة العالية ضد عدة أهداف مثل جزيئات داخل خلوية، وواسمات سرطانية، فقد أمكن توظيفها كجزيئات حيوية يمكن تتبعها داخل الكائنات الحية بالتصوير الحيوي وذلك بعد دمجها بأنواع مختلفة من الواسمات. كما أمكن ربط هذه الأضداد بجزيئات الذهب النانوية واستخدامها كجزيئات إشارية يمكن تتبع ارتباطها مع بروتينات داخل أو خارج خلوية في الخلايا الحية. فعلى سبيل المثال، تم استخدام الأضداد النانوية الموسومة بالنظائر المشعة ^{99m}Tc-VHH بنجاح في التصوير الحيوي للأورام in vivo من خلال ارتباطه مع مستضده HER2 النوعي. أما في مجال العلاج، فلا يزال استخدام الأضداد النانوية في المراحل المبكرة رغم وجود بعض المحاولات المبشرة. فقد بينت دراسة قدرة جزيئات الذهب المغلفة بأضداد anti-HER2 النانوية على تدمير الخلايا السرطانية بالتسخين بالاعتماد على خصائص الذهب بنقل الحرارة من جهة، وعلى نوعية الضد النانوي تجاه مستضده من جهة أخرى، كما عملت دراسة أخرى على تقييم عبور الأضداد النانوية خلال الحاجز الدموي الدماغي للوصول إلى الظهارة، مما يعد بإمكانية تطوير علاج معتمد على أضداد تستهدف الدماغ. ويتوقع في المستقبل تطبيق الأضداد النانوية كجزيئات متعددة الاستعمالات لما تمتلكه من خصائص، وخاصة مع الإمكانيات الواعدة لدى دمجها مع التقانة النانوية الحيوية، في مختلف المجالات الطبية والدوائية والزراعية.

Molecular Biology 2015, 87(4

Int J Nanomedicine 2016, 11:3287-3303

ساهم في هذا العدد:

د. نزار مير علي، د. وليد الأشقر، د. بسام الصفدي، د. عبد السميع هنانو، د. عبد القادر عبادي، د. همام كفا، د. منذر نداف، د. دانا جودت، البيولوجية دانيا سكحل، م.م. رنا زكريا.

التدقيق اللغوي: حسان بقلة - ر. دائرة الإعلام

للاستعلام والمراسلة:

هيئة الطاقة الذرية، ص ب 6091 دمشق، سورية

هاتف 3921503/6، فاكس 6112289

Email: atomic@aec.org.sy