تقنيات النانو في الغذاء والزراعة

*حسين فاضل الربيعي **عبد الجاسم محيسن الجبوري

*وزارة العلوم والتكنولوجيا ، دائرة البحوث الزراعية / بغداد – العراق

** جامعة النهرين ، مركز ابحاث التقنيات الاحيائية / بغداد – العراق

الخلاصة

تتسارع عمليات مقاربة تقنيات النانو التي تعنى بتطويع المواد على مستوى الذرات والجزيئات مع التقنيات الإحيائية والتقنيات المعلوماتية بهدف أحداث تغيراً جذرياً في الأنظمة الغذائية والزراعية الحالية ومن المتوقع وخلال العقدين القادمين أن يتجاوز تأثير التقنيات النانوية على الزارعة والغذاء ما أحدثته عمليات مكننة العمليات الزراعية او الثورة الزراعية الخضراء. فالزراعة وتبعاً للتصور النانوي الجديد بحاجة الى ان تصبح اكثر اتساقاً والُية على نحو أتم وقابلة للتصنيع وتوجه نحو إنجاز أعمال بسيطة. وفي المستقبل المعتمد على التنظيم والسيطرة على الجزيئات فان الحقل سيمثل معملاً بيولوجيا واسع المساحة بالإمكان مراقبته وأدارته بوساطة أجهزة الحاسوب المتنقلة وسيكون بالإمكان إيصال الأغذية وبصورة فعالة الى الجسم عبر مواد مصممة لهذا الغرض.

تعد هذه المقالة المرجعية محاولة لتشخيص التقنيات النانوية الرئيسة التي تستهدف إعادة تنظيم وترتيب ألانظمة الزراعية والغذائية والتعريف باحدث التطورات العلمية في هذا المضمار الحيوي.

كلمات مفتاحية: تقنيات النانو ، زراعة و غذاء

Nanotechnology in Food and Agriculture

Hussain F. Alrubeai * Abed- Aljassem M. Al-Jibouri **

*Ministry of Science and Technology, Directorate of Agricultural Research
Baghdad-Iraq

** Univ. of AL-Nahreen, Biotechnology Research Center / Baghdad-Iraq

E-mail: halrubeai@yahoo.com

Abstract

Nanotechnology, the manipulation of matters at the scale of atoms and molecules, is rapidly converging with biotechnology and information technology to radically change food and agricultural systems. Over the next two decades, the impact of nano-scale convergence on farmers and food will exceed that farm mechanization or of the Green Revolution. Agriculture, according to the new nano-vision, needs to be more uniform, further automated, industrialized and reduced to simple functions. In our molecular future, the farm will be a wide area biofactory that can be monitored and managed from a computer and food will be crafted from designer substances delivering nutrients efficiently to the body.

This review article is an attempt to identify the key nano-scale technologies which are reshaping our agricultural and food systems, and identifying the most recent scientific development in this vital field.

Key words: Nanotechnology, Agriculture and Food

المقدمة

بلغ عدد سكان الأرض حالياً حوالي ستة بلايين نسمة، يعيش نصفهم في قارة أسيا. ويواجه جزء كبير من سكان الدول النامية نقصاً حاداً في موارد الإنتاج والأغذية نتيجة للضغوط البيئية وعدم الاستقرار السياسي، في حين هناك فائض من الغذاء في البلدان المتطورة. من هذا المنطلق، تحاول الدول النامية تطوير أصناف من المحاصيل تتحمل ظروف الشد البيئي كالجفاف والملوحة وتقاوم الآفات الزراعية فضلاً عن كونها تتصف بإنتاجيه عالية. اما في البلدان المتطورة فان قطاع الأغذية يعمل على تلبية متطلبات المستهلكين والتي تنحصر في الوقت الحاضر في الحصول على مواد غذائية طازجة وبنوعية عالية وأكثر صحية وهذا يشكل قطاعاً تجارياً كبيراً، فعلى سبيل المثال، فان قطاع صناعة الأغذية في انكلترا يشهد توسعاً كبيراً وبمعدل زيادة سنوية تقدر بحدور 5.2%، وقد ازداد الطلب على الأغذية الطازجة بحدود 10% منذ بداية القرن الحالي (Ball, 2003).

اتضحت وبصورة جلية إمكانية التغيير الجذري الذي من الممكن ان تحدثه التقنيات المتناهية الصغر او تقنية النانو Nanotechnology في مجالات الرعاية الصحية وتقنيات صناعة الأنسجة والمواد والمعلومات والاتصالات والطاقة (Royal Society, 2004). وفي الحقيقة هناك حالياً العديد من المنتجات التي تم إنتاجها بمساعدة تقنية النانو مثل ضمادات مضادة للبكتريا ومحاليل شفافة واقية من أشعة الشمس وأقمشة مضادة للبقع وطلاء للسيارات غير قابل للخدش وزجاج ينظف ذاته. اما في مجال الزراعة والغذاء فان أول ما اشر إمكانية الاستفادة من تقنية النانو هي وزارة الزراعة الأمريكية (USDA , 2003) ومن المتوقع ان تحدث هذه التقنية تحولاً في عموم الأنظمة الزراعية وصناعة الأغذية، وبما يؤدي الى تغيير نظم الانتاج الزراعي و طرائق إنتاج وتصنيع وتعبئة ونقل واستهلاك الأغذية.

تهدف هذه الدراسة الى مراجعة الاوجه الرئيسة لمثل هذه التغييرات وتأشير الخطوط العامة للبحوث الحالية المتعلقة بتطويع تقنية النانو في مجالي الزراعة والأغذية وتأثيراتها المستقبلية.

ماهي تقنيات النانو

تستخدم كلمة النانو nano في العلوم للإشارة الى وحدة قياس مقدارها واحد من مليون، وكمثال نقول نانومتر أي 10^{-9} من المتر. عموماً يستخدم مصطلح تقنية النانو للإشارة الى التقنيات المتناهية الصغر وعلى مستوى النانومتر. ان مثل هذه التقنيات تساعد في التوصل الى تحقيق انجازات مفيدة من خلال تطويع المواد على هذا المستوى المتناهي الصغر. وفي هذا الصدد فان الجمعية الملكية البريطانية تعرف تقنيات النانو على انها "تصميم ووصف وإنتاج وتطبيق تراكيب واجهزة وانظمة عبر السيطرة على الشكل والحجم على المستوى النانومتري (Institute of Nanotechnology).

وبالتالي فأن العمل ضمن هذه المستويات يبطل عمل القواعد الاعتيادية للفيزياء والكيمياء. على سبيل المثال لا الحصر، فان مواصفات المواد مثل اللون والقوة والتوصيل الكهربائي والمغناطيسية والتفاعلية الضوئية والكيميائية تختلف بصورة كبيرة مابين المستوى النانوي والمستوى الأكبر، فأنابيب الكربون النانوية تكون اصلب بمئة مرة اكثر من الحديد الصلب واخف منه بست مرات.

تقنيات النانو في الزراعة

تهدف الجهات العلمية في الدول المتقدمة الى تعظيم امكانيات التقنيات الاحيائية في خدمة الاقتصاد والمجتمع والبيئة. فهناك تحديات عديدة تواجه القطاع الزراعي تتضمن الطلب المتزايد على الاغذية الصحية والامينة وتزايد مخاطر الامراض والتهديدات الكبيرة التي تواجه الانتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني نتيجة التغيرات الحاصلة في انماط الظروف البيئية. علماً ان عمليات التحول نحو

اقتصاد حيوي تمثل ايضاً تحدياً يتطلب طرائق معقدة تتضمن مقاربة ما بين تفرعات العلوم المختلفة.

تشتمل تقنيات النانو على امكانية احداث تغيرات جذرية في الزراعة وصناعة الاغذية عبر ادوات جديدة للمعالجة الجزيئية للامراض والكشف السريع عنها وتحسين قابلية النباتات والحيوانات على امتصاص المغذيات ...الخ. فاجهزة التحسس النائي مثلا وانظمة الاتصال الذكية سوف تساعد الزراعة لمكافحة الفيروسات وغيرها من المسببات المرضية النباتية. وفي المستقبل القريب سيتم انتاج المواد المحفزة ذات التركيب النانوي التي ستزيد من فاعلية مبيدات الافات وبما يسمح باستعمال جرع منخفضة منها. كذلك ستتمكن تقنيات النانو من حماية البيئة بصورة غير مباشرة من خلال استعمال الطاقة البديلة (المتجددة) ونوعيات افضل من المرشحات او مواد محفزة لخفض التلوث وازالة ما موجود من ملوثات (Nordmann, 2004).

- **البيئات المسيطر عليها**

من الطرائق الزراعية المستعملة بصورة واسعة في الولايات المتحدة الامريكية واوربا واليابان، التي تستخدم التقنيات الحديثة في ادارة المحاصيل، ما يسمى بالزراعة ضمن بيئات مسيطر عليها Controlled Environment Agriculture (CEA)، وهي شكلاً متقدماً ومكثفاً للزراعة المائية hydroponic، حيث ينمو النبات ضمن بيئة مسيطر عليها وبذلك يمكن تقييس العمليات الزراعية وتحديد الافضل منها، حيث يتم توظيف انظمة الكومبيوتر لمراقبة وتنظيم البيئة المحيطة بالنباتات. وتشكل طريقة الزراعة ضمن بيئة مسيطر عليها الارضية المناسبة لدخول تقنيات النانو مجال الزراعة، حيث توفر اجهزة تقنيات النانو انظمة مراقبة وسيطرة ذات القابلية على القيام بعمليات الكشف والمراقبة مما يحسن من امكانية المزارعين على تحديد حيوية المحصول والوقت الانسب للحصاد فضلاً عن ضمان سلامة الاغذية من التلوث الجرثومي والكيميائي (Cornell Univ., 2003).

- **الزراعة المحكمة**

تعد الزراعة المحكمة Precision Farming من الوسائل الحديثة للوصول الى اقصى قدرة انتاجية وتقليص المدخلات (مثل الاسمدة والمبيدات ... الخ) وذلك من خلال مراقبة المتغايرات البيئية واتخاذ الاجراء المناسب.

ان انظمة المراقبة والتحسس الدقيقة الناتجة عبر تقنيات النانو سيكون لها تاثيراً واسعاً في مستقبل طرائق الزراعة المحكمة. تستفيد الزراعة المحكمة عملياً من الاجهزة الحاسوبية وانظمة تحديد الموقع عبر الاقمار الاصطناعية (SPS) وانظمة المعلومات الجغرافية (GIS) واجهزة الاستشعار عن بعد لقياس الظروف البيئية ضمن موقع محدد بدقة وبالتالي قياس فيما اذا كانت المحاصيل في ذلك الموقع تنمو بالمعدلات القصوى للكفاءة او التشخيص الدقيق لطبيعة وموقع أي من المشاكل التي تواجه زراعة المحاصيل. وبالاعتماد على معلومات مركزية متجددة يمكن تحديد ظروف التربة وتطور النباتات والبذار والتسميد واستعمالات المبيدات والمياه وكيفية تنظيمها وبدقة متناهية وبما يؤدي الى خفض كلف الانتاج وزيادة الانتاجية ويعود بالنفع على الدخل الوطني والمزارعين (Barlow, 2001). بامكان تقنية الزراعة المحكمة المساعدة في تقليص النفايات الزراعية وبالتالي خفض التلوث البيئي. ان إحدى أهم ادوار الأجهزة المنتجة عبر تقنية النانو سيكون زيادة استعمال المتحسسات الذاتية المرتبطة بأنظمة تحديد الموقع بهدف المراقبة الحقيقية خلال دورة حياة الكائن الحي. ان مثل هذه المتحسسات النانوية يمكن نشرها في الحقل لمراقبة ظروف التربة ونمو المحصول وحالته الصحية، حيث تستخدم حالياً المتحسسات المسيطر عليها عن بعد في بعض الحقول الزراعية للولايات المتحدة الأمريكية واستراليا. على سبيل المثال تستخدم بعض مزارع العنب في ولاية كليفورنيا أجهزة التحسس لأغراض تحسين نوعية الأعناب المنتجة مما يكسبها أفضلية في الأسعار (Accenture Inc., 2004) من خلال

إدارة عمليات السقي والتحري والتحذير من الانجماد واستعمال مبيدات الآفات وتوقيتات الحصاد ... الخ. من جهة اخرى تستخدم مثل هذه المتحسسات في تمكين اصحاب محلات المواد الغذائية من تشخيص الاغذية التى تجاوزت حدود الصلاحية. ان التقاء التقنيات الاحيائية وتقنيات النانو فى مجال اجهزة التحسس والمراقبة سوف تفضي الى انتاج معدات نانوية ذات حساسية عالية تسمح بالاستجابة المبكرة للتغايرات البيئية (Nanoforum Org., 2006)، كما يتم استخدام المتحسسات النانوية في قياس ومراقبة المتغيرات البيئية في مخازن الحبوب (شكل 1).

- **الانظمة الذكية**

شهد النصف الثاني من القرن العشرين ازدياد استعمال المبيدات الكيميائية في مكافحة مختلف الافات الزراعية. وقد وجد لاحقا ان العديد من المبيدات يمتلك سمية عالية ويؤثر على صحة الانسان والحيوان فضلاً عن التاثيرات السلبية على كامل النظام البيئى. تبعاً لذلك تم منع تداول واستعمال العديد منها، وللحفاظ على المحاصيل والمزروعات المختلفة تم تطوير انظمة الادارة المتكاملة للافات التى يتم خلالها تعزيزاستخدام الطرئق التقليدية للمكافحة مثل الدورات الزراعية مع عوامل المكافحة الاحيائية . ويتوقع في المستقبل القريب لاستخدامات الاجهزة النانوية ذات المواصفات الجديدة الدور الكبير في تغير من الانظمة الزراعية باتجاة جعلها انظمة ذكية smart (Culler and Mulder, 2004) systems. مثل هذة الاجهزة يمكن ان تستعمل فى تشخيص صحة النباتات قبل ان تتدهور وتصبح واضحة للعيان، هذا فضلاً عن امكانية استجابتها واتخاذ الفعل العلاجي المناسب وتبعا لكل حالة، وفي حالة عجزها عن القيام بذلك فانها على الاقل تقوم بتحذير المزارعين ولفت انتباههم نحو المشكلة. تعمل الاجهزة الذكية وكأنها انظمة وقاية وتحذير مسبق. من جهة اخرى فان من المحتمل ان تقوم الاجهزة الذكية النانوية بايصال المواد الكيميائية الى النباتات وبصورة مسيطر عليها وموجهة وكما في حالة "الطب النانوي nanomidicine " حيث يتم ايصال الدواء الى الموقع المطلوب علاجة وكما هو الحال في علاج السرطان.

ان اكتشاف واستعمال تقنيات مثل التغليف او الكبسلة encapsulation والاطلاق المسيطر عليه controlled release قد ساعد في احداث تغييراً جذرياً في استعمالات المبيدات. حيث قامت العديد من شركات المبيدات بانتاج مستحضرات تحوي على جزيئات نانوية ذات حجوم تتراوح ما بين 100– 250 نانومتر بامكانها الذوبان في الماء بصورة اكبر مما عليه في المبيدات الحالية وبذلك ازدادت فاعليتها وقامت شركات اخرى بانتاج عوالق suspensions من الجزيئات النانوية (مستحلبات نانوية nano emulsions) مائية او زيتية تحتوي على عوالق موحدة من الجزيئات النانوية للمبيد وبحجم يتراوح ما بين 200–400 نانومتر، وبالامكان توليفها على شكل سوائل او هلام او كريم ...الخ وبذلك يمكن استعمالها في اعمال الوقاية او العلاج او المحافظة على الانتاج بعد الحصاد.

في هذا الخصوص تقوم احدى اكبر الشركات العالمية للكيميائيات الزراعية باستعمال المستحلبات النانوية في منتجاتها من المبيدات او منظمات النمو النباتية مثل Primo MAXX (Syngenta Inc., a). وهناك ايضاً المبيد المكسبلZEON encapsulated Karate الخاص بمكافحة الآفات الحشرية على القطن والرز وفول الصويا والفول السوداني (Syngenta Inc., b)

الذي تتكسر كبسولاته النانوية حين تلامس الأوراق النباتية في المقابل هناك من المبيدات لا يظهر فعله الا عندما يصبح ضمن محيط قاعدي مثل ما موجود في معدة بعض الحشرات (Syngenta Inc., c). من جهة أخرى وجد ان اضافة اوكسيد الالمنيوم ذو

التركيبة النانوية الى الحبوب المخزونة يساعد في القضاء على الحشرات المتواجدة مع الحبوب (Stadler., 2010).

يعمل الباحثين في اماكن اخرى على تقنيات مختلفة تساعد في جعل انظمة ايصال الاسمدة والمبيدات تستجيب للتغايرات التي تحصل في البيئة وبذلك فان هدفهم النهائي هو تصميم مواد تطلق مكوناتها الفعالة بطريقة مسيطر عليها (ببطيء او بسرعة) وكاستجابة لمؤثرات مختلفة مثل المجال المغناطيسي و الحرارة و الامواج فوق الصوتية و الرطوبة... الخ. كما وتهدف بحوثاً حالية جعل النباتات تستفيد من المياه والمبيدات والاسمدة وبصورة اكثر فاعلية وبما يؤدي الى تقليص تلوث التربة والمياه بهذه الكيميائيات الزراعية (Millman, 2009 و DeRosa., 2010).

- **استعمالات زراعية أخرى**

كما هو الحال في تطوير أنظمة محسنة لمراقبة الظروف البيئية وأخرى لإيصال المغذيات والمبيدات وبصورة مسيطر عليها فان التقنيات النانوية بإمكانها تحسين ورفع مستوى المعرفة الانسانية عن حياتيه المحاصيل المختلفة وبما يمكن توظيفها في زيادة الإنتاج او القيمة الغذائية هذا فضلاً عن تطبيقات اقتصادية أخرى.

تعد زراعة الجسيمات particle farming أحد الأمثلة للاستخدام النانوي صناعياً عن طريق زراعة النباتات في ترب محددة. أظهرت البحوث القائمة بان زراعة نباتات الجت في ترب غنية بالذهب يمكن ان تقوم هذه النباتات بامتصاص جسيمات الذهب النانوية عبر جذورها وتجميعها في أنسجتها وبالإمكان فصل هذه الجسميات ميكانيكيا عن الأنسجة النباتية بعد الحصاد (Kalaughe, 2003)

وبالإمكان استعمال التقنيات النانوية أيضا في تنظيف المياه الجوفية، حيث تسعى إحدى الشركات الأمريكية لاستخدام الياف نانوية من مادة أو كسيد الألمنيوم بقطر 2 نانومتر تعمل كمصفاة للمياه الجوفية . ان المرشحات المصنوعة من هذه الألياف بإمكانها مسك الفيروسات والبكتريا والابتدائيات وتخليص المياه منها (Small times Com.). هناك ما يماثل هذه المشاريع القائمة في الدول المتقدمة في دول أخرى مثل الهند وجنوب افريقيا . من جهة اخرى تقوم شركات اخرى بانتاج جسيمات نانوية من فلز اللنثانوم بامكانها امتصاص الفسفور الموجود في البيئات المائية وازالتها لاحقاً بهدف منع نمو الطحالب المائية ضمن هذه البيئات وخصوصاً برك تربية الاسماك او المسابح (Altairnano Org.).

اظهرت البحوث التي تجرى في احدى الجامعات الامريكية بان استعمال مسحوق نانوي للحديد يعد وسيلة فعالة لتنظيف الترب والمياه الجوفية الملوثة، والذي يمثل احدى اكبر المشاكل المستعصية في الولايات المتحدة الامريكية والعديد من بلدان العالم (NanoApex Com.). من جهة اخرى تبين ان جسيمات اوكسيد الحديد النانوية تعد فعالة جداً في الارتباط بجزيئات الزرنيخ وازالتها من المياه الجوفية (CBEN).

التقنيات النانوية في صناعة الأغذية

اصبح من الواضح وخلال السنين القليلة الماضية إمكانية تأثير التقنيات النانوية في صناعة الأغذية وخصوصاً بعد عقد عدة مؤتمرات علمية عالمية في هذا المجال، والتي افرزت العديد من التطبيقات اهمها : التعبئة الذكية smart packaging والمواد الحافظة والغذاء التفاعلي interactive food (نوع من الأغذية يهدف الى تمكين المستهلكين من تحوير الغذاء وتبعاً لحاجتهم الغذائية او تذوقهم). يتضمن هذا المفهوم استعمال آلاف الكبسولات النانوية الحاوية على محفزات تذوقية أو لونية تحوي على عناصر غذائية مضافة (مثل الفيتامينات)، والتي تبقى كامنة في الغذاء وتطلق فقط حين يتم تحفيزها من قبل المستهلك

(Dunn, 2004). ان تعريف الغذاء النانوي nanofood يتضمن استعمال تقنيات او أدوات نانوية خلال زراعة او إنتاج او تصنيع او تعبئة الأغذية. يدعي الكثيرون ان الهدف من كل هذا هو تاكيد جودة المنتجات الغذائية وخلق ثقافة غذائية صحية، كذلك يأمل الباحثون في هذا المجال الى تحسين نوعية الغذاء من خلال إلاضافات المختارة والتحسينات في طريقة هظم وامتصاص الغذاء.

التعبئة وسلامة الأغذية

تهدف العديد من الشركات التي تطوير مايدعى بالتعبئة الذكية وذلك لاطالة العمر التسويقي للأغذية . ان هذه الأنظمة من التعبئة بإمكانها إصلاح الثقوب والتشققات الصغيرة في الأغلفة والاستجابة للظروف البيئية (مثل التغايرات في درجات الحرارة والرطوبة) وتحذير المستهلك اذا ما كان الغذاء ملوث (شكل 2). فتقنيات النانو بإمكانها توفير مثل هذه الحلول وكمثال على ذلك تحوير السلوك التنافذي عبر أغلفة الألمنيوم الرقيقة foils وزيادة المواصفات المانعة او المعيقة (الميكانيكية والحرارية والكيميائية والجرثومية) وتحسين مواصفات المقاومة الميكانيكية والحرارية وتطوير أسطح نشطة مضادة للبكتريا والفطريات والتحسس، فضلاً عن التحذير في حالة حدوث تغير في المحتوى الجرثومي او الكيموحياتي للأغذية (Food Production Daily, a) تشير صفحة الاخبار لجامعة ميامي والبحث المنجز من قبل Wei (2010) التمكن من تطوير طريقة بسيطة للكشف عن مادة الميلامين في الحليب بأستخدام جزيئات الذهب النانوية ، فبوجود الميلامين يتغير لون الخليط من الزهري الى الازرق، وهناك حالياً تعاوناً ما بين إحدى شركات الأغذية العالمية وعدد من الباحثين في إحدى الجامعات الأمريكية من اجل تطوير ما يدعى باللسان الالكتروني electronic tongue لوضعة في عبوات الأغذية. يشتمل هذا النظام على متحسسات نانوية شديدة الحساسية للغازات التي تطلقها الأغذية التالفة فيعطي التحذير من خلال تغير لون شريط المتحسس الموضوع في العبوة الحاوية على الغذاء (Food Production Daily,b). من جهة اخرى قامت شركة اخرى متخصصة في صنع مواد التعبئة والتغليف بتطوير مواد تغليف Durethan تتصف بكونها اخف واقوى ومقاومة للحرارة مقارنة بما متوفر من اغطية تغليف الاغذية. ان الهدف الاساسي من هذا النوع من الاغطية الجديدة المسماه "بالنظام الهجين hybrid system" هو منع جفاف المحتويات وحمايتها من الرطوبة والاوكسجين، وتتاتى مواصفاتها من وجود العديد من جسيمات السليكا النانوية التي تقوم بتقليص دخول الاوكسجين وغيرة من الغازات وتسرب الرطوبة وبالتالي منع تلف الغذاء(Nanoforum Org., 2006). من جانب اخر، هناك الان نوعاً من القناني الخاصة بالمشروبات مصنعة باضافة جسيمات الطين النانوية تتصف بكونها اخف وزناً واقوى من نظيرتها الزجاجية وتقلص من فقدان ثنائى اوكسيد الكربون ودخول الاوكسيجين مما يطيل العمر الخزني لما في داخل القنانى طازجا ويصل عمرها التسويقى لاكثر من ستة اشهر (Wolfe, 2004). بالمقابل قامت شركة اخرى بانتاج اغشية تغليف باستطاعتها امتصاص الاوكسجين من محتويات العبوة وبذلك تحد من تلف الاغذية.

فى هذا المجال قامت احدى الشركات بتطوير بخاخ متحسس نانوي يحتوي على بروتين وميضي تمت هندستة لاجل الارتباط بسطح الجراثيم مثل بكتريا *Salmonella* و *E. coli* وعند حدوث ذلك يتم انبعاث توهج مرئى من السهل التعرف علية وبالتالي تحديد الأغذية اوالمشروبات الملوثة، علما ان شدة التوهج تشير الى مستوى التلوث البكتيري (AgroMicron Com.). ضمن استراتيجية مناظرة تهدف الى ضمان سلامة الأغذية يقوم الباحثين في الاتحاد الاوربي بتطوير متحسسات نانوية متنقلة للكشف عن المواد الكيميائية والجراثيم

والسموم في الاغذيـــة (Good Food Project و Brody, 2008)، وهذا يساعد في اختصار الوقت والكلف المطلوبة حاليا عند التأكد من سلامة الأغذية في المختبرات المركزية حيث يسمح هـــذا النظـــام بالقيام بهذه الكشوفات في الحقـــل او المجـــازر او خلال النقل او في معامل التصنيع والتعبئة. يقـــوم الباحثين في نفس المشروع علـــى تطـــوير جهـــاز يستعمل جزيئات مصنعه مـــن الحـــامض النـــووي DNAللتحري عن الجراثيم، وتحديد وجود مختلف أنواع البكتريا الضارة فـــي اللحـــوم والاســـماك او الفطريات في الفواكة مثل تحديد وجود البرايونـــات prions (جســـيمات بروتينيـــة معديـــة) كالعامـــل المسؤول عن الاصابة بمرض جنون البقـــر، عـــن طريق تطوير جهاز نانوي لتضخيم الصوت بأمكانه الكشف من البرايونات وبكميات ضئيلة جداً (Kish, 2008). يتضـــمن المشـــروع خططـــا لتطـــوير متحسسات بأمكانها تشخيص المبيدات على الفواكـــه والخضراوات فضـــلا عـــن متحسســـات لمراقبـــة الظروف البيئية للحقول. من جهة أخرى يتم تجربة جزيئات نانوية تقوم بأعاقة اصابة الخلايـــا، حيـــث تضاف هذه الجزيئات الى علائق الـــدواجن وعنـــد وصولها الى القناة الهظمية فأن الجراثيم الممرضـــة تقوم بالارتباط بهذه الجســـيمات النانويـــة لتشـــابه اسطحها لاسطح الخلايا داخل جسم الحيوان وبالتالي تلفظ الى الخـــارج (Clemson Public Service Activities). وجد ان اضافة بعض المواد النانوية الى علائق الحيوانات يمكن ان يثبط السموم الفطرية الافلاتوكسينات (Guillaume, 2011).

يدعم الاتحاد الأوربي حاليا مشروعا يهدف الى تطوير "أدوات تشخيصية متعددة الاســـتعمالات وغير مكلفة وسهلة الاستخدام للأغراض الصـــحية والبيئية وغيرها من التطبيقات" التي وجد ان العديـــد منها تقع ضمن مجال سلامة الأغذية. توظف هـــذه ألاجهزه تقنية الكابول cantilever، حيـــث تطلـــى نهاية الدعامة الكابولية بمواد كيميائية تساعدها على الانحناء وإصدار رنين عنـــد ارتباطهـــا بجزيئـــات محددة (مثل تلك الموجودة على ســـطح البكتريـــا)، صممت هذه الاجهزة على شكل رقائق دقيقة تمكـــن استخدامها لمرة واحدة (Biofinger Project). من جهة أخرى يقوم الباحثون في الجامعـــات الالمانيـــة بتطوير أغلفة طاردة للأوســـاخ لأغـــراض تعبئـــة الأغذية مستفيدين من التراكيـــب النانويـــة للطبقـــة الشمعية المغلفة لاسطح الأوراق النباتية، وهذا مـــا يفيد في تغليف الذبائح واللحـــوم المصـــنعة (ETC group, 2004). اعلن الباحثون في جامعات إنكلترا ان الجسيمات النانوية لاكاسيد المغنســـيوم والزنـــك تكون فعالة جداً في تحطيم الأحياء المجهرية ولكونها ارخص من مثيلاتها من الفضة فانها ستدخل ضمن العديد من التطبيقات في مجال تعبئة الاغذية (Food Product Daily, c). هنـــاك تطبيقـــات عديـــدة للتقنيات النانوية في مجال مراقبـــة وتعلـــيم المـــواد الغذائية، حيث يتم استعمال تقنية تشـــخيص التـــردد الراديوي المستخدمة منذ مـــدة طويلـــة مـــن قبـــل الجيوش، في مراقبة الأغذية وفي كافة المراحل من المخزن وحتى تصل المســـتهلك (Wired News) حيث يمكن بوساطتها مسح كافة المواد آليا.

- **تصنيع الأغذية**

بالإضافة الى ما ذكر انفاً عن التعبئة فـــان التقنيات النانوية تدخل حالياً في مجـــالات تطـــوير الأغذية التفاعلية التي تستجيب لمتطلبـــات الجســـم التغذوية والتي بإمكانها من إيصال المغذيات بصورة كفوءة الى الجسم. يسعى الكثير من الباحثين العمـــل على تطوير أغذية "حســـب الطلـــب on demand" جديدة، اذ تبقى ساكنه داخل الجسم ولحين الحاجة لها حيث توصل المغذيات الى الخلايـــا. ان التطـــوير الأساسي في هذا المجال هو الكبســـولات النانويـــة المدخلة في الغذاء بهدف إيصال المغذيات الى كافة خلايا الجسم (شكل 3). ومن التطورات الاخرى في مجال تصنيع الأغذية هي إضافة جســـيمات نانويـــة للأغذية تمكن الجسم من زيادة معدلات امتصـــاص المغذيات، حيث قامت إحدى المخابز الكبـــرى فـــي استراليا بإضافة جسيمات نانوية حاوية على زيـــت

سمك التونة (كمصدر مهم للأحماض الدهنية اوميكا 3-) الى أحد أهم أنواع الخبز المنتج من قبلها وقد صممت الكبسولات الصغيرة بحيث تتكسر عندما تصل الى المعدة لتجنب الطعم غير المستساغ لزيت التونة (CSIRO).

وفي مجال ايصال المغذيات بحجوم نانوية الى الخلايا يتم حاليا تصنيع جسيمات كروية فارغة وبقطر 30 نانومتر (Biodelivery Sciences International) تستخدم لحمل المغذيات مثل اللايكوبين والكاروتين والستيرولات النباتية وغيرها داخل هذه الجسيمات. وتسوق مثل هذه الجسيمات ممزوجة في زيت نبات السلجم (الكانولا) الذي يساعد على خفض نسبة الكوليسترول في الدم. قامت شركات اخرى بتسويق مستحلب من الجسيمات ذات القطر الاقل من 5 نانومتر تدعى انه يقوم باصطياد الجذور الحرة ويزيد من رطوبة الجسم ويعدل الاس الهيدروجينيpH (Royal Body Care). كما قامت نفس الشركة بتطوير مسحوق جسيماته نانوية يمزج مع مضافات تغذوية عند استهلاكها تحفز من امتصاص المغذيات.

وهناك من يقوم بتطوير آليات جديدة لإيصال فيتامين E مباشرة الى خلايا الجلد بعد امتصاصه ويسوق حاليا منتوج سيراميكي نانوي جديد يخفض من استخدام الزيت في الطبخ الى النصف. وكنتيجة لمساحته السطحية الكبيرة فان المنتوج يمنع من تأكسد وتكتل الشحوم في اواني القلي وبهذا يساعد أيضا في إطالة عمر الزيت المستخدم هذا فضلاً عن كونه يغلي بسرعة اكبر ويقلص الطاقة اللازمة للطبخ (Oilfresh Corporation). للاستزادة من هذا الموضوع فأن هناك العديد من المنتجات المسوقة التي تدخل فيها التقنيات النانوية وخصوصاً في الولايات المتحدة الأمريكية نجدها في العديد من مواقع الانترنيت المتخصصة (Nanotechnology Project).

التأثيرات الصحية والبيئية لتقنيات النانو

أثارت تطبيقات التقنيات النانوية في الزراعة والغذاء العديد من الاهتمامات البيئية والصحية منطلقاً من كون ان الجزيئات النانوية قد تنطوي على سمية مختلفة عن مثيلاتها الأكبر والعائدة لنفس المركب، بل قد تكون اكثر تأثيرا نتيجة لصغر حجمها وبإمكانها من الحركة داخل الجسم بسهولة عبر الأغشية الواقية مثل الجلد والحاجز الدموي الدماغي أو ربما حتى المشيمة. وفي إحدى التجارب وجد ان تعرض اسماك ذئب البحر (bass) لكميات قليلة من الجزيئات النانوية لذرات الكاربون نتج عنها ظهور سريع لتلف في الدماغ وموت نصف يرقات البعوض الموجودة في نفس المياه التي تعيش فيها هذه الأسماك وأظهرت دراسات أخرى ان بإمكان الجزيئات النانوية التحرك بطرق غير متوقعة خلال التربة واحتمالية نقل مواد اخرى معها (ETC group, 2004). وبصورة عامة ان من الواضح ولحد الوقت الحاضر عدم توفر معلومات دقيقة عن تأثيرات الجزيئات النانوية على الإنسان وغيره من الأنواع او عن كيفية سلوكها في الأوساط الهوائية او المائية او التربة او عن قابليتها التجمع ضمن السلاسل الغذائية.

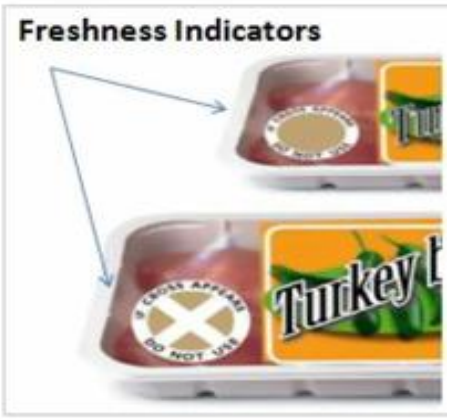
الاستنتاجات

يتضح مما تقدم ان هناك العديد من بلدان العالم قد شخصت إمكانية الاستفادة من التقنيات النانوية في مجال الزراعة والغذاء وقامت تبعاً لذلك باستثمارات متعاظمة فيه. يشهد عالم اليوم خططاً طموحة قصيرة وبعيدة المدى بهدف اكتشاف هذه الظاهرة الجديدة وتحديد الطرائق والوسائل اللازمة للتصدي للتحديات التي تواجه قطاع الزراعة والغذاء. وبالرغم من ان معظم نشاط البحث والتطوير في هذا الجانب يقع في البلدان المتقدمة الا انه هناك بعض من بلدان العالم النامي مثل ايران والهند تقوم بأنشطة في هذا المجال، حيث تقوم وزارة الزراعة الايرانية بدعم تجمع 35 مختبراً علمياً يعملون على مشروع توسيع استخدامات

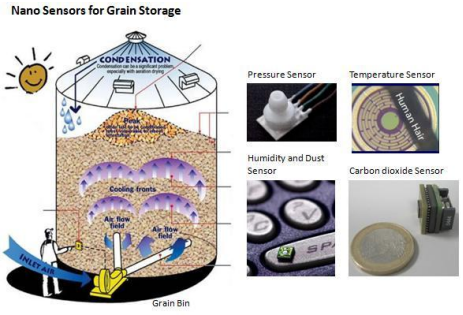
التقنيات النانوية في قطاع الزراعة (Iran Mania News)، حيث يتضمن المشروع برامج تدريبية بهدف تطوير متخصصين في هذا المجال، وقد استطاعوا من إنتاج أول منتوج تجاري بوساطة تقنيات النانو، وهو عبارة عن مضاد بكتيري فعال جداً يؤمل استعماله في الصناعات الغذائية، كذلك له استخدامات متعددة أخرى في صناعات المنظفات والأصباغ والسيراميك وأنظمة التكييف ... الخ. اما الهند فقد رصدت عام 2006 مبلغ مقداره 226 مليون دولار أمريكي لإحدى الجامعات دعماً لها في تطوير وسائل وتقنيات نانوية جديدة تفيد في قطاع التصنيع الزراعي (Nanoforum Org., 2006).

اما العراق فان هذا الموضوع لم يتم تناوله بالصورة المطلوبة لحد الان على المستوى الوطني، ولاهميته البالغة في الزراعة والغذاء ومجالات مهمة اخرى، نرى من الضروري ان تقوم وزارة العلوم والتكنولوجيا بأيلاء الموضوع الاهتمام المطلوب من خلال تبني سياسة استراتيجية وطنية لبناء القدرات المؤسساتية والبشرية في هذا المضمار الحيوي.

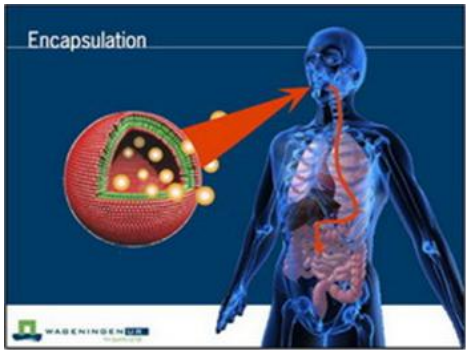
شكل (2–A) يوضح الية عمل التعبئة الذكية و مؤشرات طراوة المواد الغذائية المعبئة



شكل (2–B)



شكل(1) المتحسسات النانوية في مخازن الحبوب



شكل(3) الكبسولات النانوية الحاملة للمغذيات

Reference

Accenture, I.n.c. ,(2004) Virtual Vineyard. *http:// www. accentre. com/xdoc /en/ ideas/ outlook/3 2004/pdf/case sensor. Pdf*

AgroMicron, *http:// www. agromicron. com /BTP. Html*

Altairnano Org., *http://www. altairnano .com /applications . html*

Ball, Philip ,(2003) Nanotechnology sciences next frontier or just a load of bull? New Statesman, *http:// www.findarticles. com /p/articles/mi-m 0f Qp/is- 4643-123/ai-0452040.*

Barlow, Jim ,(2001) Remote- Sensing Lab Aims to Foster Growth of Precision Farming. University of Illinois at Urbana- Champaign Press Release, *www. news. uiuc.edu /scitips /01/05 farmlab. html.*

Biodelivery Science International . *http:// www. nutraleaes .com /technology . asp.*

Biofinger,Org. *http:// www. biofinger org.*

Brody, A.L. ,(2008) Innovative Food Packaging Solutions. J. Food Sci. 73.8, R 107- R116.

Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) *http://cohesion rice. edu / centersandinst /cben research. cfm ?doc id = 5100.*

Clemson Public Service Activities Jeremy Tzeng : Intelligent chicken feed, *http: // www Clemson. edu/ public/ pastv / ag/ intelligent chicken feed. html.*

Cornell University ,(2003) Nano-Scale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. *www. nseafs. cornell. edu.*

CSIRO. *http:// www. foodscience. afisc. csiro. au/ foodfacts foodfacts11- fishoil. html .*

Culler, David E. and Hans Mulder ,(2004) Smart to Network the World. ScientificAmerican,*www.scientific american. com.*

DeRosa,M.C. ,(2010) Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotechnology, 5(2),91-93.

Dunn, John ,(2004) A Mini Revolution. *http:// www. foodmanufacture .co.uk/ news/ fullstory. Php/ aid/472/A mini revolution. html.*

ETC Group ,(2004) Down on the Farm. *www. etcgroup. org/ documents/ETC DOTFarm 2004. Pdf.*

Food Production Daily (a). Nanotechnology targets new food packaging products, *www. foodproductiondaily. com.*

Food Production Daily (b). *http:// www. foodproductiondaily.com/ news/ ng.asp?id = 63704.*

Food Production Daily (c) . *http;// www. foodproductiondaily.com /news/ ng . asp? = 59980- nanotech – discovery- promises.*

Good Food Project. *http:// www. goodfood- project. org.*

Guillaume, G. ,(2011) Agriculture Food, and waters Nanotechnologies for the poor:Opportunities and Constraints .IFPRI Policy Brief 19.

Guma- Diaz, Marie. *http://www. miami . edu / indx. php/ news/ releases.* Iran Mania News. Iran agro sector developing nanotech, *www. iranmania .com /News.*
Institute of Nanotechnology. *www. Nano. Org. uk// what is nano?/ .*

Kalaughe, L.i.z. ,(2003) Alfalfa Plants Hharvest Gold nano Particles Nanotech - web, *www. nanotechwed . org/ articles / news/1/8/4/1*

Kish, S. Nanotechnology Improves Food Safety by Detailing Prions. *http. // www. nifa. usda. gov/newsroom/ impact/ 2008/ nri/10091 prions. html.*

Millman, G.,(2009) *Virtual Vineyard, Case Study : Sensor Telematry.*

NanoApex Com. *http;// news. Nanoapex .com/ modules ,php? Name = News and file = article and sid = 3790.*

Nanoforum, Org. ,(2006) European NanotechnologyGateway. *www . nanoforum. com.*

Nanotechnology Project *http;// www. nanotechproject. Org/ index. Php? = 44and id = 44and action = viewand dbq= food and p = 0.*

Nordmann, Alferd ,(2004) Converging Technologies- Shaping the Future of European Societies. *www. Europe. eu. int/ comm./ research/ conferences /2004/ntw/pdf/ final-report-en. Pdf.*

Oilfresh Corporation. *http;// www. oilfresh. com /of1000. html*
Royal Body Care. *http:// smartwoman . royalbodycare.*
com/Nanotechnology Revolution. Aspx.

Royal Society ,(2004) Nanoscience and Nanotechnology, Opportunities and Uncertainties. P80. *http: //www. Nanotech. Org.uk/final report. html.*

Small times Com. *http://www. smalltimes .com/document display . cfm ? document id = 6959.*

Stadler, T. ,(2010) Novel use of nanostructured alumina as an insecticide. Pest Management Science, 66.6,577-579.
Syngenta, I.n.c.(a). *http:// www. Syngenta professional products. com/ to/prod/ primo/.*

Syngenta, I.n.c. (b). *http://www. syngentacropprotection-us. Com/prod/ insecticide /karate.*

Syngenta, I.n.c.(c). CU Patent No. 6,544,540, Base- Triggered.

USDA ,(2003) Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems –USDA workshop. *www. nseafs. Cornell edu/ web. roadmap. Pdf.*

Wei, Fang ,(2010) Rapid Detection of Melamine in whole Mediated by Unmodified gold Nanoparticles. Applied Physics Letters , 96,133702.

Wired News. Radio ID Tags: Beyond Bar Coodes. *http:// www. wired. com/ news / technology/ 0, 1282, 52343, 00, html.*
Wolfe, Josh ,(2004) Safer and Guilt Free Nano Foods. Forbes/ Wolfe Nanotech Report. *www. Forbes. com .*