الباب العاشر

التطورات التشريعية
فى مجال تكنولوجيا النانو

الباب العاشر

التطورات التشريعية فى مجال تكنولوجيا النانو

١- التشريعات الحالية

تبعا للإحصاءات المنشورة عام ٢٠٠٦ فقد قامت الشركات الأمريكية بانتاج معظم المنتجات الاستهلاكية المبنية علي تكنولوجيا النانو (١٢٦ منتجا) تليها الشركات الآسيوية (٤٢ منتجا) ثم الأوروبية (٣٥ منتجا) وباقي أجزاء العالم (٧ منتجات). ويستخدم في بعض الأسواق الآسيوية المصطلح "نانوتكنولوجي"، "الحجم الصغير" للترويج لتلك المنتجات بزعم أن الحجم الصغير للمكونات قد يؤدي الي سهولة إمتصاصها وبالتالي ظهور خصائص وظيفية جديدة لها. غير أن معظم تلك المنتجات أخفقت في إثبات هذا الزعم عند تقييمها بالأساليب العلمية التفصيلية الدقيقة.

وفي بعض البلدان (مثل الولايات المتحدة الأمريكية) فان بعض القوانين والتشريعات الحالية مثل الخاصة بالرقابة علي المواد السامة والسلامة والصحة المهنية والقانون الخاص بالأغذية والأدوية ومواد التجميل وحتي القوانين والتشريعات البيئية الأساسية ينظر اليها علي أنها توفر أساساً مناسباً لتنظيم وتداول منتجات النانوتكنولوجي.

وبالرغم من أن هيئة الكودكس هي المختصة بوضع المعايير الدولية للغذاء فلا يوجد حتي الآن بين نشاطاتها أي تشريعات تتعلق بتكنولوجيا النانو ومنتجاتها الغذائية.

وقد وضعت بعض الهيئات الحكومية في بلدان مختلفة مواصفات وتشريعات لتوصيف وتنظيم إستخدامات النانوتكنولوجي والتالي يوضح عرضا لبعض تلك الاجتهادات. وتجب الاشارة هنا الي أن معظم الدراسات علي سلامة مواد النانو في مختلف البلدان وتطوير تشريعات خاصة بالنانوتكنولوجي تهتم أساسا بمواد النانو غير الغذائية. ونظرا لأن تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال التصنيع الغذائي تنمو بسرعة فمن المنتظر أن تأخذ بحوث سلامتها وتطوير مواصفات تنظيمية لها وإعلام وتقبل المستهلك لمنتجاتها مكانه في القريب العاجل:

١- تعتبر هيئة الغذاء والدواء الأمريكية FDA من أوائل الهيئات الحكومية علي مستوي العالم فى التصدي لتوصيف النانوتكنولوجي ومنتجاتها. وبالرغم من أن هيئة FDA لم تضع توصيفا خاصا بها للنانوتكنولوجي الا أنها تبنت التوصيف من خلال المبادرة القومية الأمريكية للنانوتكنولوجي والتي ساهمت الهيئة في وضعها. وتبعا لذلك فان المصطلح "نانوتكنولوجي" يقصد به فهم والتحكم في المواد ذات الأحجام التي تتراوح بين ١-١٠٠ نانومتر والتي تظهر خواص جديدة تساعد علي استحداث تطبيقات مبتكرة علي أساسها. وعلي ذلك فتعريف النانوتكنولوجي يتضمن:

- البحوث والتطوير التكنولوجي علي المستوي الذري والجزيئي والجزيئات الكبيرة في مدي الحجم ١- ١٠٠ نانومتر بالتقريب.
- إبتكار واستخدام التركيبات والوسائل والنظم ذات الخواص والوظائف الجديدة الناشئة عن أحجامها الصغيرة و/أو أحجامها الوسطية.
- القدرة علي التحكم والعمل علي المستوي الذري.

ويبدو من هذا التوصيف الواسع نسبيا أنه يستهدف أساسا المواد غير الغذائية. فتبعا لهذا التوصيف فان المنتجات ذات حجم النانو (١-١٠٠ نانومتر) لها خواص علاجية لا تتوافر في الصور التقليدية من نفس المنتجات. كذلك فان التعريف قد يضيف بصورة غير مناسبة بعض الطرق الكيماوية الي التصنيع الغذائي. وعلي ذلك لا يمكن اعتبار التوصيف السابق للنانوتكنولوجي مناسبا للأغذية النانو.

وتجب الاشارة هنا الي أن هيئة FDA تتناول تشريعاتها المنتجات وليست التكنولوجيات. وعلي ذلك فان الاعتبارات التشريعية لها قد لا تكون متاحة قبل التطوير المبدئي للنانوتكنولوجي ووضع التوصيف المناسب للمنتج ووضعة التقسيمي المناسب وهو ما يعني تأخر المرحلة التي تشارك فيها الهيئة في تنظيم النانوتكنولوجي. وحاليا تركز هيئة FDA نشاطاتها في بعض القطاعات التي يتوقع أن تلعب النانوتكنولوجي دورا في منتجاتها. ومن ناحية أخري قد تتجاوز منتجات النانوتكنولوجي الحدود بين القطاعات المحددة بالهيئة وهو ما يعني أن يختص بتلك المنتجات مكتب "المنتجات المتداخلة "بالهيئة. وقد وضعت الهيئة التشريعات للعديد من المنتجات الحبيبية ذات أحجام النانو وهو ما يعني أن الاختبارات الحالية لتقييم سمية المنتجات تعتبر مناسبة لتقييم سمية منتجات النانو الجديدة ومن ثم فان الهيئة تصرح بأن حجم الحبيبات ليس عاملا محددا للنشاط التشريعي للهيئة غير أنه لو ظهرت مخاطر سمية جديدة وغير معروفة لمنتجات النانو أو طرق التصنيع فقد يكون من الضروري إستحداث طرق إختبار جديدة لسلامة المنتجات.

وبالرغم من تلك الجهود فقد خلص تقرير لجهة مستقلة عن قدرات هيئة الأغذية والأدوية الأمريكية لتقييم مأمونية مواد النانو الي قصور إمكانيات الهيئة في هذا المجال باعتباره بعدا جديدا لم يسبق للهيئة التطرق اليه.

ومن الضروري وجود تنسيق بين جهود الهيئات الحكومية المختلفة المهتمة بتكنولوجيا النانو وتبادل المعلومات وتنسيق السياسات فيما بينها للتوفيق بين التشريعات المنظمة لتكنولوجيا النانو علي المستوي القومي والعالمي ما أمكن. ولذلك تتعاون هيئة FDA مع كل من المعهد الأمريكي للصحة والمعهد القومي الأمريكي للصحة البيئية في دراسات السمية لحبيبات النانو وتساهم بطريق مباشر في تقييم سمية المنتجات. وفي عام ٢٠٠٦ أنشأت FDA مجموعة عمل داخلية مستقلة للنانوتكنولوجي لتحديد الاتجاه التشريعي والاستمرار في تطوير طرق جديدة وفعالة لسلامة الأغذية التي تراقبها الهيئة والتي تستخدم فيها النانوتكنولوجي.

٢- بتكليف من حكومة المملكة المتحدة قامت الجمعية الملكية والأكاديمية الهندسية الملكية كل منهما مستقلة بدراسة الجوانب الايجابية ومشاكل النانوتكنولوجي. كذلك شاركت المجموعة الادارية للصحة والسلامة في مباحثات وضع وتطبيق التشريعات المنظمة لتصنيع حبيبات النانو في المملكة المتحدة. وقد أقترح أن التشريعات المختصة بالكيماويات الضارة والمسببة لمخاطر الحريق والانفجارات يمكن تطبيقها علي إستخدامات النانوتكنولوجي. كما أقترح ضرورة معاملة الكيماويات المصنعة علي صورة حبيبات النانو أو أنابيب النانو علي أنها مواد جديدة وتخضع للتشريعات المنظمة لها.

٣- يهدف نظام التسجيل والتقييم وإتاحة الكيماويات في الاتحاد الأوروبي ضمان عدم الاعتراف بتسويق أي كيماويات جديدة في غياب بيانات تؤكد سلامتها. بمعني آخر "No data, no market" وبالرغم من ذلك ففي حالة المواد الطبيعية والمكونات الكيماوية بأحجام النانو (والتي ثبت مأمونية الصور ذات الحجم الأكبر منها) لا يزال إعتبارها "مواد جديدة" وضرورة تقييم سلامتها معلقا في ظل هذا التشريع. وتبعا للقوائم الأوروبية للمواد الكيماوية التجارية المتاحة حاليا وفي ظل التشريع Notification of new substances (NONS) فان المواد ذات أحجام النانو قد ينظر اليها علي أنها مواد موجودة حاليا أو جديدة تبعا لطرق التصنيع (بالتصغير Top-down approach) أو (البناء bottom-up approach) وعلي ذلك فالمواد التي يتم انتاجها بالتصغير هي المحضرة من مواد معروفة ولذلك لا تحتاج الي مراجعة فمثلا الصورة النانو من أكسيد التيتانيوم والمحضرة بطريقة التصغير تعتبر من المواد الموجودة حاليا ولا تحتاج الي مراجعة لسلامتها في حين أن مركب carbon fullerene والمحضر بطريقة البناء يعتبر من المواد الجديدة التي تحتاج مأمونيتها الي مراجعة.

٤- تدعم الحكومة اليابانية صناعة النانوتكنولوجي من خلال عدة جهات حكومية غير أن وزارة التعليم والثقافة والرياضة والعلوم والتكنولوجيا هي المظلة الأساسية للعلوم الأساسية المشجعة لتقبل الجمهور لتكنولوجيا النانو.

٥- مولت أكاديمية العلوم الصينية ووزارة التعليم المركز القومي لعلوم وتكنولوجيا النانو عام ٢٠٠٣ والذي يتكون من عدة أقسام وهي (١) معمل تصنيع ووسائل النانو (٢) معمل مواد وتركيبات النانو (٣) معمل تكنولوجيا النانو الحيوية وطب النانو (٤) معمل التركيب والتمييز وإختبارات النانو

(٥) معمل للتنسيق بين المعامل المختلفة. وفي عام ٢٠٠٥ تم اتباع هيئة المواصفات القياسية للنانوتكنولوجي لذلك المعهد لتكون مهمتها إستحداث مواصفات قومية للنانوتكنولوجي تنظم التعريفات ومتطلبات السلامة وقياسات حجم الحبيبات والتصنيع النانو ومواد ووسائل النانو وتكنولوجيا النانو الحيوية وطب النانو. وتشارك الهيئة في توجيه وتقيم وإعتماد منتجات النانو مما يساعد الصناعات القائمة علي النانوتكنولوجي من تحسين جودة منتجاتها وتقليل المخاطر الصحية والمحافظة علي سلامة المنتجات وإسراع تطوير منتجات جديدة.

٦- عهد الي معهد بحوث التكنولوجيا الصناعية بتيوان عام ٢٠٠٤ صلاحية إعطاء شهادات للمنتجات الاستهلاكية القائمة علي تكنولوجيا النانو وبذلك يكون أول هيئة علي مستوي العالم تمنح شهادة "Nano mark" لتمييز منتجات النانو .(http://www.nanomark.itri.org.tw/eng.2005) ففي ظل هذا النظام تمنح هذه الشهادة للترويج الصناعي لتكنولوجيا النانو وتشجيع وتطوير منتجات نانو ذات مستوي عالي وفي نفس الوقت حماية المستهلك وتطوير مدي تقبله لمنتجات النانو. فبمساعدة هيئة إستشارية يتم تقييم المنتج في الموقع والتفتيش علي المصنع المنتج. ويتم التقييم علي أسس مثل حجم الحبيبات والخواص الوظيفية والتصنيع ومراقبة الجودة وتقارير السلامة والتوكيد عليها بالنسبة للمنتج ولكي يحصل علي علامة Nanomark يجب إستيفاء شرطين أساسيين (١) أن يقع حجم المكونات الوظيفية الأساسية أو مكونات المنتج في المدي ١-١٠٠ نانومتر تقريبا (٢) أن يكون للمنتج خواص جديدة أو تحسين في خواصه الوظيفية وأن يرجع ذلك الي صغر حجم الحبيبات. وبجانب النظام الحكومي أنشئت هيئة غير حكومية في تيوان

عام ٢٠٠٦ هي أتحاد تصنيع وتفتيش النانو يهتم بتطـــوير طـــرق القيـــاس ووضع وتحليل بروتوكول التفتيش علي المنشآت ومنتجات النانو.

٢- تطوير تشريعات للأغذية النانو

لاشك أن تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال الغذاء والتعبئة آخذة في النمو السريع غير أنه لا توجد إشتراطات خاصة ببطاقة بيانات المنتجـــات الغذائيـــة المحتوية علي حبيبات نانو كما لا توجد مواصفات منظمة لذلك أيـــضا. وحاليـــا تستخدم عدة مصطلحات في الأسواق مثـــل "Nanofoods", "Ultrafine foods" غير أنه من الصعب الحصول علي منتج يمكن أن يطلق عليه أسم "Nano" طبقا لتعريف حبيبات النانو والسابق الأشارة اليه من أن تكون حبيبات الغذاء النـــانو في الحدود ١-١٠٠ نانومتر الموضوعة.

وحتي الآن لا يعلم المستهلك في الدول الأوروبية غالبا باستخدام تكنولوجيا النانو في الغذاء وفي الولايات المتحدة الأمريكية لا يوجد سوي عدد محدود من المصنعين الذين ادعوا إستخدام النانوتكنولوجي في منتجهم سواء في التصنيع أو في تركيب المنتج. غير أنه في الدول الآسيوية فان مصطلح "Nanofoods" آخـــذ في الانتشار للتأكيد علي نعومة المنتج لأسباب تسويقية الا أنه لا يوجد تـــشريع ينظم هذه الادعاءات.

ونظرا للمخاطر المحتملة من التعرض لمختلف صور حبيبات النانو كمـــا سبق أن أشرنا وهي غير معروفة بالتفصيل فقد يثير السماح بتـــداول الأغذيـــة القائمة علي تكنولوجا النانو التساؤلات حول مدي مأمونيتها للتداول وهـــو مـــا يدعو الي الاسراع بوضع تشريعات منظمة لتداولها. ومن ناحية أخـــري فـــان إختلاف خواص الأغذية المحتوية علي حبيبات نانو أدغي لوضـــع مواصـــفات خاصة بها تحدد توصيف الأغذية التي يمكن أن يطلق عليها أغذية نانو وطـــرق

الكشف عنها والبيانات التي تدون علي بطاقاتها ... الخ. وقد أستعرضت أحدى الدراسات المرجعية الحديثة هذا الاتجاه وأقترحت النقاط الآتية للأخذ في الاعتبار عند وضع مواصفات وتشريعات خاصة بأغذية النانو علي النحو التالي:

١- حجم الحبيبات وطرق قياسها

- ما هي الأحجام الحبيبية المحددة لوصف الغذاء كأغذية نانو
- البحث عما يمكن أن يطلق عليه من الأغذية نانو فعلا true nano أو مواد متقدمة تظهر خواص أو وظائف جديدة في هذا الحيز من الأحجام.
- ما هي الأجهزة وطرق القياس المستخدمة في تحديد حجم الحبيبات النانو
- هل يتم قياس حجم الحبيبات في المواد الخام أو الوسيطة أو المنتج النهائي أو في أي مرحلة من مراحل التصنيع.

٢- الخواص الطبيعية والكيماوية

- تحديد ما إذا كانت المواد من الدرجة المأمونة غذائيا GRAS أو مواد طبيعية عادة ما تستهلك أو مواد صناعية.
- هل يتم هضم الأغذية النانو الي مكوناتها البنائية ويتم إمتصاصها وتمثيلها بصورة مماثلة لصورها ذات الأحجام الحبيبية الأكبر.
- هل توجد المواد في مدي القياس النانو علي صورة حبيبات منفردة أم علي صورة تجمعات مختلفة في الحجم.
- خواص المواد الخام في مدي الأحجام النانو من حيث ذوبانها وقدرتها علي الامتصاص والقوام والكتلة والمساحة السطحية والتركيز.
- الأخذ في الاعتبار الخواص الميكانيكية والحرارية والثبات مع التغير في ال pH لمواد النانو.

٣- التصنيع

- طريقة تحضير مواد النانو سواء عن طريق نظام التصغير (top-down approach, milling) أو البناء (bottom-up approach, synthesis)
- نظرا للمساحة السطحية الكبيرة وقدرة الامتصاص العالية لحبيبات النانو هل هناك متبقيات ضارة من عملية التصنيع.

٤- اعتبارات السلامة

- الأخذ في الاعتبار المخاطر المحتملة علي الصحة والبيئة من إستخدام مواد النانو في مدي القياس السابق تحديده حتي ولو كانت الصور الأكبر لتلك المواد سبق التأكد من مأمونيتها.
- ما إذا كانت مواد النانو المستخدمة قد تم تحويرها كيماويا.
- ما إذا كانت مواد النانو سينظر اليها كمواد جديدة أم لا.
- مراعاة المخاطر المحتملة لسمية أو ثبات أو تراكم أو إنتقال حبيبات النانو من مكان لآخر في الجسم
- ما هي الطرق والوسائل المستخدمة لمتابعة سلامة أو سمية مواد النانو.

الخلاصة

تمثل سلامة الأغذية النانو ومأمونيتها لصحة المستهلك وحماية البيئة أحد الموضوعات الهامة التي لم تأخذ القدر الكافي من الدراسة بالرغم من أهميتها القصوي في التعريف والترويج لأغذية النانو كجزء هام من المنظومة الصناعية والتجارية والرقابية في هذا المجال. فبالرغم من أن رصد بعض المخاطر الصحية والبيئية لمواد النانو الأخري الا أن ذلك قد لا ينسحب بالضرورة علي أغذية النانو خاصة وأن معظمها يقوم علي إستخدام مواد طبيعية. ونظرا للتطور

السريع في إستحداث وتسويق أغذية يطلق عليها أغذية نانو فمن الـضروري أن يتواكب مع ذلك وضع تشريعات توصف الأغذية النانو وتضع الحدود والضوابط وطرق القياس والتميز لها.

خاتمة

من المؤكد أن تطبيق تكنولوجيا النانو في مجال الصناعات الغذائية يثير جدلا واسعا ما بين مؤيد ومعارض له ولكل أسبابه وحججه التي يسوقها دعما لرأيه. بداية يجب أن نسلم أنه من الصعب الوقوف أمام عجلة التقدم في هذا المجال كما حدث أيضا في مجالات أخري للتطوير، فعلي سبيل المثال لم يوقف اعتراض البعض المضي في دراسات وتطبيقات الهندسة الوراثية. فقد أشارت الجمعية الدولية لعلوم الأغذية الي "أن إستخدام تكنولوجيا النانو في مجال التصنيع الغذائي قد بدأ ليبقي ويتطور ولا سبيل الي الوقوف أمام هذا التطور الذي يحمل آفاقا غير مسبوقة وامكانيات أوسع لا حدود لها من التطبيقات في هذا المجال".

فمن وجهة نظر المؤيدين للتوسع في تطبيق تكنولوجيا النانو في ضوء ما تحقق من إنجازات حتي الآن نشير الي ما يلي:

١- أن التطورات في تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجالات أخري مثل مجال الاليكترونات والمواد الجديدة قد أسهمت بفعالية في تطوير معدات التصنيع الغذائي وجمع وتحليل البيانات بما يزيد من الكفاءة التصنيعية لتلك المعدات.

٢- أن تكنولوجيا النانو قد أسهمت في إستحداث طرق تصنيع جديدة ساعدت في تطوير منتجات جديدة وأسهمت في تحسين الأداء والجودة للمنتجات الناتجة.

٣- أن تكنولوجيا النانو أسهمت في استحداث طرق فحص وتحليل جديدة مثل ميكرسكوب الدفع الذري مما ساعد علي معرفة أفضل بالتغيرات التي

تحدث في الغذاء أثناء التصنيع والحفظ والتداول بما ينعكس علي امكانيـــة تطوير طرق التصنيع والحفظ والتداول التقليدية.

٤- أن تكنولوجيا النانو قد أسهمت في تطوير التعبئة والتغليف للمنتجات الغذائية بما ساعد علي إطالة مدد صلاحية المنتجات للتداول والمحافظة عل الجودة والقيمة الغذائية لتلك المنتجات أثناء التداول. ومما لاشك فيه أن ذلك سوف يزيد من فرص التسويق العالمي للمنتجات.

٥- أن تكنولوجيا النانو ذات آفاق واعدة في مجال الكـــشف الـــسريع والـــدقيق للملوثات الكيماوية والطبيعية والميكروبيولوجية من خلال تطوير المحسات الحيوية مما يساعد في زيادة التحكم في سلامة الغذاء.

٦- أن تكنولوجيا النانو قد أسهمت في تطوير منتجات ومـــضافات ومكمـــلات غذائية جديدة تزيد من كفاءة الاستفادة من المكونات الغذائية لصحة الانسان وهو أحد الاهتمامات الرئيسية عالميا في مجال التغذية والتصنيع الغذائي.

٧- أن الغذاء بطبيعته يحتوي علي تراكيب نانوولا يوجد لها أي آثـــار جانبيـــة علي صحة الانسان وأن المواد الغذائية النانو يقتصر التغييـــر فيهـــا علـــي الحجم فقط دون التدخل في التركيب. واذا كان تصغير حجم المواد الغذائية يؤدي الي تغير في خواصها فان ذلك مردود علية باحتواء الغذاء بطبيعتـــه الي تراكيب نانو.

٨- أن تكنولوجيا النانو في مجال العقاقير مستخدمة في تحـــضير كثيـــر مـــن التحضيرات الصيدلانية ومطبقة علي نطاق واسع في كثير من التحضيرات التي يتناولها المستهلك عن طريق الفم.

أما بالنسبة للمعارضين لاستخدام تكنولوجيا النانو فـــي التـــصنيع الغـــذائي فيرون ما يلي:

١- أنه لا توجد دراسات كافية علي الآثار الجانبية لتلك التطبيقات علي صحة الانسان.

٢- أن الدراسات المختلفة علي حبيبات النانو الصلبة من المواد غير الغذائية تشير الي الآثار الضارة لها علي صحة الانسان.

٣- قصور التشريعات المنظمة لتطبيقات النانو في الغذاء.

٤- صعوبة الكشف عن تواجد حبيبات النانو الملوثة في الغذاء.

إن تقييم المخاطر ووضع الضوابط للحد من آثارها السلبية يمثل ركنا أساسيا في منظومة تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال التصنيع الغذائي غير أن ذلك يجب الا يمثل عائقا في سبيل المضي قدما في تطبيقات هذا المجال الواعد الذي ينتظر أن يلعب دورا هاما في تطوير التصنيع الغذائي مستقبلا خدمة لرفاهية المستهلك ودعما لاقتصاديات المجال. واذا كانت تطبيقات الجيل الحالي من تكنولوجيا النانو تقتصر في معظمها حاليا علي كبسلة المواد الغذائية بهدف تعظيم الاستفادة من المكونات الغذائية فان الجيل القادم من التطبيقات سوف يمتد الي أنظمة نانو معقدة والي آلات نانو بل قد يمتد الي ادخال مكونات مصنعة في التركيبات البيولوجية والعكس وقد يمتد الي انتاج انواع جديدة من الميكروبات تجمع بين الخلايا الحية والتراكيب النانو الصناعية أو ما يطلق عليه التصنيع البيولوجي Synthetic biology لاستخدامها في التصنيع الغذائي. ولذلك فمن الضروري الاعداد المناسب لاستيعاب التطورات المتوقعة في هذا المجال.

المراجع

Acosta,E. (2009). Bioavailability of nanoparticles in nutrient and nutraceutical delivery. Current openion in Colloid & Interface Sci., 14: 3-15

Annon (2005). Some figures about nanotechnology R&D in Europe and beyond. http://cordis.europa.eu.int/nanotechnology .

Arora,K., Chand,S. and Malhotra,B.D. (2006). Recent developments in bio-molecular electronic techniques for food pathogens. Anal. Chem. Acta, 568: 259-274.

Avella,M., Vlieger,J.J.D.; Errico,M.E.; Fischer,S.; Vacco,P.; and Volpe, M. (2005). Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. Food Chem., 93: 467-474.

Bai,Y-X, Li,Y-F, Yang,Y. and Yi,L-X (2006). Covalent immobilization of triacylglycerol lipase onto functionalized nanoscal SiO2spheres. Process Biochemistry, 41: 770-777.

Baeumner,A.J. (2003). Biosensors for environmental pollutants and food contaminants. Anal. Bioanal. Chem., 377: 434-445.

Beck,L.R., Cowsar, D.R., Lewis, D.H., Cosgrove,R.J., Riddle,C.T., Lowry, S.I. and Epperly,T. (1979). A new long-acting injectable microcapsule system for the administration of progesterone. Fertil & Stril., 31: 545-551.

Bhattacharya,S.; Jang, J.; Yang,L.; Akin, D. and Bashir, R. (2007). Biomems and nanotechnology-based approaches for rapid detection of biological entities. J. Rapid Methods & Automation in Microbiol., 15: 1-32.

Bocanegra,R., Gaonkar,A.G., Barrero,A., Losecertales,I.G., Pechack,D. and Marquez,M. (2005). Production of cocoa butter microcapsules using an electrospray process. J.Food Sci., 70: 492-

Bouwmeester,H., Dekkers,S., Noordam,M.Y., Hagens,W.I., Bulder,A.S., deHeer,C., ten Voorde, S.E.C.G., Wijnhoven, S.W.P., Marvin, H.J.P. and Sips, A.J.A.M. (2009) Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. Regul. Toxicol. Pharmacol.

Chen, C-S., and Durst, R.A. (2006). Simultaneous detection of Escherichia coli 0157: H7, Salmonella spp and Listeria monocytogenes with an array-based immunosorbent assay using universal protein G-liposomal nanovesicles. Talanta, 69:232-238.

Chen,H., Weiss,J. and Shahidi,F. (2006). Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. Food Technol., 60(3):30-35. .

Chen,X., Jia,L., Yin,X. and Cheng,J. (2005). Spraying modes in coaxial electrospray with outer deriving liquid. Physics of Fluids, 17:032101-7.

Cryan,S-A. (2005). Carrier-based strategies for targeting protein and peptide drugs to the lung. The AAPS J , 7: E20-E-41 (www.aapsj.org).

Fessi,H., Puisieux, F., Devissaguet,J.P., Ammoury,N. and Benita,S. (1989). Nanocapsule formation by interfacial deposition following solvent displacement. Int.J.Pharm., 55: R1-4.

Friends of the Earth (2008) Out of the laboratory and onto our plates. Nanotechnology in food & agriculture. (http://www.nano . foa . org . au) pp 68.

Graaf,S.van der, Schroen,C.G.P.H. and Boom,R.M. (2005). Preparation of double emulsion by membrane emulsification-a review. J.Membrane Sci., 251:7-15.

Graveland-Bikker,J.F. and de Kruif,C.G. (2006). Unique milk protein based nanotubes: food and nanotechnology meet. Trends in Food Sci., 1&: 196-203.

Hoet,P.H.M., Bruske-Hohlfeld,I. And Salata,O.V. (2004). Nanoparticles - known and unknown health risks. J. Nanobiotech., 2:12-27.

Hong Youn-Ho, and McClements, D.J. (2007). Formation of hydrogel particles by thermal treatment of β-lactoglobulin-chitosan complexes. J.Agric.Food Chem., 55: 5653-5660.

Huppertz,T. and deKruif,C.G. (2008). Structure and stability of nanogel particles prepared by internal cross-linking of casein micelles. Inter. Dairy J., 18: 556-565.

Ibrahim,H., Bindschaedler,C., Doekler,E., Buri,P. and Gurny,R. (1992). Aqueous nanodispersions prepared by a salting out-process. Int. J. Pharm., 87: 239-46.

Jianrong,C., Yuqing,M., Nogyue,H., Xiaohua,W. and Sijao,L. (2004). Nanotechnology and biosensors. Bioech. Adv., 22: 505-518.

Joscelyne,S.M. and Tragardh,G. (1999). Food emulsions using membrane emulsification: conditions for producing small droplets. J.Food Eng. ,39: 59-64.

Joscelyne,S.M. and Tragardh,G.(2000). Membrane emulsification- a literature review. J.Membrane Sci., 169: 107-117.

Kheader, E.E., Vachon, J.F., Paquin,P. and Fliss, I. (2002). Effect of dynamic pressure on microbiological, rheological and microstructural quality of cheddar cheese. Intr.Dairy J., 12: 435-446.

Kuzama,J. (2006). Nanotechnology in agriculture and food production: anticpated applications. Report PEN 4. Project on emerging nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for scholars, pp 44.

Laye.C., McClements, D.J. and Weiss, J. (2008). Formation of biopolymer - coated liposomes by electrostatic deposition of chitosan. J.Food Sci., 73: N-7-N15.

Lambrich,U. and Schubert,H. (2005). Emulsification using microporous systems. J.Membrane Sci., 257:76-84.

Loscertales,I.G., Barrero,A., Guerrero,I., Cortijo,R., Marquez,M. and Ganan-Calvo,A.M.(2002). Micro/nanoencapsulation via electrified coaxial liquid jets. Science, 295:1695-1698.

Luong,J.H., Bouvrette,P. and Male,K.B. (1997). Developments and applications of biosensors in food analysis. Tibtech., 15: 369-377.

Marenties,R. (2006). Particle formation using supercritical carbon dioxide. www.supercriticalfluid.Com /download documents.

Maul,P. (2005). Barrier Enhancement using additives in "Pira International Conference, Brussels, Belgium December 5-6 2005 pp 10.

Meziani,M.J., Pathak,P., Hurezeanu,R., Thies,M.C., Enick,R.M. and Sun,Y.P. (2004). Supercritical fluid processing technique for

nanoscale polymer particles. Angewandte Chemie International Edition, 43: 704-707.

Mozafari,M.R., Flanagan,J., Matia-Merino,L., Awati,A., Omri,A., Suntres, Z.E. and Singh,H. (2006). Recent trends in the lipid-based nanoencapsulation of antioxidants and their role in foods. J. Sci. Food & Agric., 86: 2038-2045.

Murphy,L. (2006). Biosensors and bioelectrochemistry. Current opin. Chem Biol., 10: 177-184.

Nakamura,H. and Karuhe,I. (2003). Current research activity in biosensors. Anal.Bioanal.Chem., 377: 446-468.

Motaru,C.I., Panchapakesan,C.P., Huang,Q., Takhistov,P., Liu,S. and Kokini,J.L. (2003). Nanotechnology: a new frontier in food science. Food Technol., 57(12): 24-29.

Nanotechnology applied to ration packaging (2004) .http:// ww.natick.army.mil/about/pao/04-21-html.

Pumera,M., Sanchez, S., Ichinose, I. and Tang, J. (2007). Electrochemical nanobiosensors. Sensors and Actuators B 123: 1195-1205

US Environmental Protection Agency (2007). Nanotechnology white paper. EPA 100/B-07/001 pp 132.

Roy,S.; Quek,S.Y.; Easteal,A. and Chen.X.D. (2006). The potential use of polymer-clay nanocomposites in food packaging. Intr.J.Food Eng., 2: Article 5.

Saglowicz,L., Leser,M.E., Watzke,H.J. and Michel,M. (2006). Monoglyceride self-assembly structures and delivery vehicles. Trends in Food Sci. & Tech., 17: 204-214.

Sanguansri,P. and Augustin,M.A. (2006). Nanoscale materials development. A food industry perspective. Trends Food Sci. & Tech., 17: 547-556.

Santipanichwong,R., Suphantharika, M., Weiss, J. and McClements, D.J. (2008). Core-shell biopolymer nanoparticles produced by electrostatic deposition of beet pectin onto heat-denatured β-lactoglobulin aggregates. J.Food Sci., 73: N23-N30.

Sorrentio,A., Gorrasi,G. and Vittoria,V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. Trends Food Sci. & Tech., 18: 84-95.

Souto,E.B. and Muller, R.H. (2006). Application of lipid nanoparticles (SLN and NLC) in food industry. J. Food Technol., 4: 90-95.

Taylor,M.R. (2006). Regulating the products of nanotechnology: Does FDA have the tools it needs. Report PEN 5. Project on emerging nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for scholars, pp 63.

Tudorache,M. and Bala,C. (2007). Biosensors based on screen-printing technology, and their applications in environmental and food analysis. Anal. Bioanal. Chem., 388: 565-578.

Vladisavljevic,G.T. and Schubert,H. (2003). Influence of process parameters on droplet size distribution in SPG membrane emulsification and stability of prepared emulsion droplets. J.Membrane Sci., 225: 15-23.

Vladisavljevic,G.T. and Williams, R.A.(2006). Manufacture of large uniform droplets using rotating membrane emulsification. J.Colloid &Interface Sci., 299: 396-402.

Yam,K.L.; Takhistov,P.T. and Miltz,J. (2005). Intelligent packaging: concepts and applications. J.Food Sci., 70: R1-R10

Weiss,J., Decker, E.A., McClements, D. J., Kristhergsson, K., Helgason,T. and Awad,T. (2008) Solid lipid nanoparticles as delivery systems for bioactive food components. Food Biophysics, 3: 146-154

Weiss,J., Takhistov,P. and McClements, J. (2006). Functional materials in food nanotechnology. J.Food Sci., 71:R107-R115.