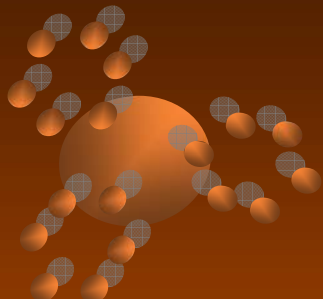


Les nanotechnologies dans le bioalimentaire

Veille technique et scientifique

Février 2013
Bulletin n° 9



Le soya absorbe-t-il les nanoparticules de zinc et de cérium présentes dans le sol ?
.....p. 1

Le nano-chitosane comme additif alimentaire pour les fruits de mer
.....p. 2

Protection thermique de la bêta-carotène lors de procédés de transformation alimentaire
.....p. 3

Des nanoparticules fluorescentes pour détecter les pathogènes dans les aliments et les cultures
.....p. 4

Le soya absorbe-t-il les nanoparticules de zinc et de cérium présentes dans le sol?

Collaboration : Mme Aurélie Munger, coordinatrice-adjointe, Observatoire sur les nanotechnologies dans le bioalimentaire

Les nanoparticules (NP) sont des produits dérivés de la nanotechnologie conçues à l'échelle nanométrique, leur conférant des propriétés uniques et intéressantes pour leur application dans des domaines variés allant de l'informatique aux cosmétiques. L'oxyde de zinc (ZnO) et le dioxyde de cérium (CeO₂) sont les NP les plus utilisées dans l'industrie, notamment dans les crèmes solaires, comme capteur de gaz et comme agent antibactérien. Le CeO₂, par ses propriétés antioxydantes, est un excellent catalyseur pour la combustion et est utilisé comme additif dans le diesel. Malgré les perspectives prometteuses de cette technologie en croissance, il est nécessaire d'étudier l'impact des résidus des produits intégrant des NP, car ils chemineront dans l'environnement et atteindront potentiellement les sols agricoles.

Une équipe de chercheurs, chapeautée par Jorge Gardea-Torresdey de l'Université du Texas, a conduit une étude nanotoxicologique sur le soya (*Glycine max*) en contact avec des NP de ZnO et de CeO₂ dans le sol. La nanotoxicologie végétale n'en est qu'à ses balbutiements et aucune étude ne s'est consacrée à la biotransformation des NP dans une plante

mature en milieu agricole. Les présents travaux sont la suite d'une publication de cette équipe qui a déterminé les effets de l'exposition à ces NP sur l'absorption et les paramètres de croissance du soya.

À la suite de la culture des plants de soya dans un sol amendé avec des NP, la distribution du zinc et du cérium a été étudiée dans les tissus de la plante, plus spécifiquement dans les cosques qui sont vouées à la consommation humaine et à la reproduction de la plante. De plus, les racines, les nodules, les tiges et les feuilles ont été analysés pour évaluer la translocation des NP. Des variantes de microscopie à rayon X ont été utilisées pour déterminer la forme chimique des NP, alors que les concentrations dans les tissus ont été déterminées avec la spectrométrie par torche à plasma comme dans l'étude précédente (Priester, et al 2012). La concentration des NP dans la plante a dû être normalisée par rapport à la quantité initiale dans le sol. Le facteur de bioconcentration est donc un ratio entre la concentration présente dans la plante et la quantité retrouvée dans le sol.

Les chercheurs ont révélé que le dioxyde de cérium est présent dans l'épiderme des nodules racinaires et a été transféré faiblement dans la cosse du soya. 79 % du cérium détecté se retrouve sous la forme originale de la nanoparticule CeO₂. Par contre, une infime part du cérium a subi une modification de son état d'oxydation allant de Ce (IV) à Ce (III), supposant

un changement structural lorsque la NP est absorbée.

Le zinc a été détecté dans les nodules, dans la tige et dans la cosse à une concentration supérieure à celle obtenue dans les plantes contrôles. La spéciation du zinc a révélé l'absence de zinc sous la forme originale ZnO, suggérant une biotransformation de l'élément lors de l'absorption dans la plante, un fait prévisible puisqu'il est assimilé de façon normale par une plante et qu'il possède des « partenaires chimiques ».

Les auteurs, par leur étude, ont fait la démonstration qu'un plant de soya est capable d'effectuer la translocation d'une nanoparticule de zinc dans la cosse du soya, l'organe reproducteur et l'organe consommé par l'humain. Toutefois, cette molécule semble être biotransformée comme le zinc naturellement absorbé du sol. L'absorption du cérium à très faible quantité par la plante a démontré que le soya est capable d'assimiler cette nanoparticule.

Références :

HERNANDEZ-VIEZCAS, J. A, *et al.* (2013). *In Situ Synchrotron X-ray Fluorescence Mapping and Speciation of CeO(2) and ZnO Nanoparticles in Soil Cultivated Soybean (Glycine max). ACS Nano*, 7(2):1415–1423.

PRIESTER, J. H., *et al.* (2012). *Soybean susceptibility to manufactured nanomaterials with evidence for food quality and soil fertility interruption. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(37): E2451–2456.

Le nano-chitosane comme additif alimentaire pour les fruits de mer

Collaboration : Mme Aurélie Munger, coordonnatrice-adjointe, Observatoire sur les nanotechnologies dans le bioalimentaire

Pourquoi ne pas utiliser des additifs alimentaires provenant des produits de la mer pour préserver les fruits de mer? Une équipe de recherche thaïlandaise a étudié des substances nanotechnologiques dérivées du chitosane pour proposer une

alternative aux additifs d'origine phosphatés utilisés actuellement en industrie.

Les fruits de mer sont des produits extrêmement propices à la contamination bactérienne et dont l'apparence et les qualités physiques sont examinées par le consommateur. Généralement, des sels inorganiques, comme des composés phosphatés, sont ajoutés aux produits afin de préserver la texture et la teneur en eau. Mais un traitement excessif en phosphate peut causer un déséquilibre de la diète humaine et diminuer la qualité du produit au niveau de la couleur et de la texture. C'est pourquoi une solution de rechange aux composés phosphatés est proposée dans la présente étude. Le chitosane, un polysaccharide très abondant dans la carapace des crustacés, possède des propriétés antimicrobiennes tout en étant biocompatible pour la consommation humaine. Des aliments imprégnés d'une solution de chitosane ont vu leur durée d'entreposage augmentée. Par contre, beaucoup de composés synthétiques dérivés de chitosane sont obtenus à la suite de modifications chimiques, questionnant encore la sécurité alimentaire pour l'utilisation de ces produits. L'équipe thaïlandaise a développé avec succès des particules nanométriques de chitosane à base d'eau qui sont chimiquement identiques au chitosane et non toxiques.

La présente étude compare la qualité des crevettes blanches du Pacifique (*Litopenaus cannemei*), suite à leur traitement avec des composés de nano-chitosane et avec des composés phosphatés (MCP). Les résultats obtenus permettent d'affirmer que ces nouveaux composés constituent de meilleurs additifs alimentaires pour les fruits de mer. Plus spécifiquement, un mélange de nano-chitosane CSWK, NaCl et NaHCO₃ a démontré une bonne performance pour la crevette. Une augmentation de 18 % du rendement de cuisson et 14 % de gain de poids est observée par rapport au traitement MCP témoin, qui est le produit le plus utilisé en industrie. La force de cisaillement, une mesure permettant d'évaluer la fermeté de l'aliment, a été maintenue à 83 % par rapport au

traitement témoin. Une analyse plus détaillée en microscopie électronique à balayage (SEM-EDX) suggère que le composé à l'échelle nanométrique CSWK pénètre dans le muscle, tout en étant bien dispersé dans la crevette traitée. Après l'analyse électrophorétique de la solution contenant le CSWK, le traitement avec le mélange de nano-chitosane démontre qu'il prévient la perte de protéine pendant le trempage des crevettes.

L'équipe du Dr Chantarasataporn a démontré que les nanoparticules peuvent être une alternative intéressante aux additifs d'origine phosphatés tout en préservant la qualité du produit.

Référence :

CHANTARASATAPORN, P., et al. (2013). *Water-based nano-sized chitin and chitosan as seafood additive through a case study of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei)*. Food Hydrocolloids, 32(2) : 341–348.

Protection thermique de la bêta-carotène lors de procédés de transformation alimentaire

Récemment, de nombreux efforts et investissements ont été réalisés dans le domaine de la nanotechnologie pour développer et tester des nanoparticules et des nano-systèmes applicables à l'industrie alimentaire.

Au cours des dernières années, différents nano-systèmes ont été développés et testés pour fournir des plateformes qui amélioreraient la biodisponibilité des composés bioactifs et des composés chimiques. On pense notamment aux systèmes à base de nanoémulsions pour améliorer la biodisponibilité orale et l'efficacité biologique de différents composés phytochimiques tels que la bêta-carotène (précurseur de la vitamine A) et l'alpha-tocophérol (précurseur de la vitamine E). Ou encore à des nanocapsules utilisées en nanomédecine pour la livraison de médicaments spécifiques.

Les protéines du lait ont d'importantes propriétés fonctionnelles telles que la capacité à lier des molécules hydrophobes, d'interagir avec d'autres biopolymères, de stabiliser les émulsions, et dans une certaine mesure, de retarder l'oxydation. En outre, les caséines du lait se sont révélées être faciles à digérer dans l'estomac. Grâce à ces propriétés, les protéines du lait sont souvent proposées comme matière pour l'« emprisonnement » et le transport des composés bioactifs.

L'industrie alimentaire bénéficierait ainsi d'un système qui ne nuirait pas aux propriétés organoleptiques et nutritionnelles du produit alimentaire et qui permettrait de s'assurer d'une libération du composé « piégé » au cours des étapes régulières de la digestion humaine.

Les effets protecteurs contre les UV de la caséine et les basses températures (crio-protecteur) ont été étudiés. Cependant, l'effet protecteur de la caséine contre la chaleur n'avait pas encore été beaucoup analysé.

Une équipe espagnole s'est penchée sur cette question. Leur étude avait pour objectif de vérifier si l'incorporation de bêta-carotène dans des nanomicelles de caséine pouvait protéger ce caroténoïde contre la dégradation au cours de différents traitements industriels, y compris les traitements de chaleur, de cuisson et les traitements à haute pression. Le bêta-carotène est un composé instable facilement dégradé par la lumière, la chaleur et l'oxygène.

L'effet protecteur des nanostructures contre la dégradation pendant les traitements industriels les plus courants (stérilisation, pasteurisation, pression hydrostatique élevée et la cuisson) a été prouvé. Les pertes de bêta-carotène pendant ces traitements étaient inférieures dans les systèmes utilisant les nanomicelles de caséine.

Ceci ouvre de nouvelles possibilités pour introduire des ingrédients thermosensibles dans les

produits alimentaires transformés, des produits de boulangerie et dans le domaine des additifs.

Référence :

SÁIZ-ABAJÓ, M-J. et al. (2013). *Thermal protection of β -carotene in re-assembled casein micelles during different processing technologies applied in food industry*. Food Chemistry 138: 1581–1587.

Des nanoparticules fluorescentes pour détecter les pathogènes dans les aliments et les cultures

Les nouveaux outils en matière de nanotechnologie moléculaire peuvent être utiles pour surveiller la salubrité et l'innocuité des produits alimentaires et des cultures.

Les développements récents dans la fabrication et la modification des nanoparticules fluorescentes [les points quantiques/« quantum dots » (QD)], ont démontré un potentiel pour la détection et la quantification d'agents pathogènes et de toxines nocives pour la santé humaine au niveau inter- et intra-cellulaire et à la surface des aliments. Des recherches récentes ont démontré que l'utilisation des QDs est efficace en imagerie cellulaire *in vivo*, ce qui permettrait la détection directe d'une contamination bactérienne vivante dans les aliments et les cultures.

Des chercheurs de Knoxville au Tennessee envisagent de travailler sur le développement de système automatique incluant une détection quasi instantanée des contaminants alimentaires utilisant les nanotechnologies moléculaires. Dans leur article publié récemment dans *Trends in Food Science & Technology*, ils abordent également les limites potentielles de ces technologies émergentes et comment ces lacunes pourraient être prises en compte.

Il y a actuellement un certain nombre de méthodes standards de détection et de quantification des micro-organismes dans les aliments. Cependant, souvent ces méthodes sont laborieuses, ont une

spécificité et une sensibilité limitée, et nécessitent de plus longues périodes de temps pour l'identification.

Les nanotechnologies peuvent permettre la détection rapide et la surveillance de la contamination par un pathogène et des toxines à différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, ce qui pourrait radicalement réduire les coûts de l'inspection et les rappels coûteux pour la santé humaine.

Les tests rapides et sensibles par les nanotechnologies pourraient également augmenter l'efficacité chez les entreprises qui produisent des aliments périssables (ex. œufs, viandes et légumes) et qui doivent connaître le plus tôt possible l'innocuité des produits. En plus de l'enquête d'échantillonnage, ces méthodes peuvent également être utilisées pour vérifier l'efficacité des systèmes de salubrité des aliments tels que le HACCP ou la sécurité des produits finis.

En plus des délais importants entre le prélèvement et les résultats d'analyse, les méthodes standards de détection ont toutes une lacune en commun : elles reposent sur un échantillonnage destructif des produits alimentaires. Les QDs nanotechnologiques pourraient diminuer la nécessité de réaliser des échantillonnages destructifs.

Les QDs sont sphériques et conçus de nanoparticules semi-conductrices. Ils sont constitués d'éléments des groupes II-VI, III-V, IV-VI de la classification périodique des éléments chimiques. Les éléments chimiques les plus utilisés pour concevoir des QDs sont le cadmium (Cd), le zinc (Zn), le sélénium (Se), le tellure (Te), l'indium (In), le phosphore (P) ou l'arsenic (As). Pour les applications biologiques, les QDs sont composés le plus souvent de CdSe/ZnS (cœur/coquille).

Les matériaux semi-conducteurs de dimension nanométrique confinent leurs électrons à un petit espace. Leurs caractéristiques électroniques sont étroitement associées au diamètre des particules et

à leur forme. À ces caractéristiques, une couleur est étroitement corrélée. Plus leur taille est petite, plus une grande quantité d'énergie est requise pour l'excitation des molécules et plus la couleur tendra vers le bleu pour la fluorescence émise.

Les QDs peuvent être calibrés en fonction de leur taille pour émettre de la fluorescence dans des longueurs d'ondes différentes. Par exemple, les QDs de CdSe peuvent émettre entre 450-650 nm. On fixe ensuite à la surface des QDs des biomolécules de reconnaissance. Il est possible de fixer ces biomolécules par des réactions chimiques ou par des interactions électrostatiques.

Des dosages fluorescents ont été développés en utilisant une variété de biomolécules destinées à la biorecognition et la détection de contamination bactérienne et de toxines pathogènes. La capacité de chaque biomolécule pour détecter une cible bactérienne spécifique peut être très dépendante de la matrice de l'aliment et la croissance des bactéries. Les matrices alimentaires sont complexes et leurs composantes peuvent entraîner une dégradation ou une liaison non spécifique de la biomolécule, résultant en des faux positifs ou des faux négatifs. Par conséquent, le choix de la biomolécule à joindre au fluorophore QD est critique.

Des essais ont été réalisés avec des biomolécules détectant la salmonelle (*Salmonella typhimurium* et *S. enteritidis*), *Escherichia coli* O157:H7 (« maladie du hamburger »), *Shigella flexneri* (shigellose, ou dysenterie bacillaire), la toxine du choléra, les composés du ricin, la vérotoxine (toxine *Shiga-like*) et l'entérotoxine B de *Staphylococcus Aureus*. Les auteurs regardent aussi l'utilisation des acides nucléiques, des anticorps et des hydrates de carbone comme biomolécules dans leur article.

L'utilisation des QDs conçus avec des nanocomposantes peut donc aider pour la détection rapide des pathogènes et des toxines dans de faibles concentrations d'échantillons, avec une meilleure sensibilité et spécificité et aussi avec une meilleure stabilité de l'émission de la fluorescence.

Les recherches ne font que commencer pour l'utilisation de nanocomposantes comme le fluorophore pour la détection des pathogènes d'origine alimentaire. Le potentiel est présent et le travail doit continuer pour l'optimisation de tests afin d'obtenir un signal précis pour de faibles niveaux d'agents pathogènes dans les systèmes les plus complexes, qu'ils soient alimentaires, dans les plantes ou dans les cellules de mammifères.

Référence :

BURRIS, K.P. (2012). *Fluorescent nanoparticles: Sensing pathogens and toxins in foods and crops*. Trends in Food Science & Technology 28: 143-152.

Note : une base de données sur le nouveau sujet d'actualité des nanotechnologies dans le bioalimentaire est en élaboration. Vous pouvez communiquer avec la responsable de cette cellule de veille pour obtenir des documents ou en fournir des nouveaux. Si vous avez des sujets que vous souhaitez voir traiter dans ce bulletin de veille, veuillez communiquer avec la responsable aux coordonnées ci-dessous.

Ce bulletin est destiné aux membres de la cellule de veille Nano et ne peut être diffusé sans l'autorisation préalable des responsables.

MAPAQ

Pour de plus amples renseignements sur le contenu de ce bulletin ou pour transmettre des informations et/ou des commentaires, vous pouvez vous adresser à :

Madame France Brunelle, biochimiste Ph. D.
Conseillère scientifique experte en biotechnologie
Direction de l'appui à la recherche et à l'innovation
200, chemin Sainte-Foy, 10^e étage
Québec (Québec) G1R 4X6

Téléphone : 418 380-2100, poste 3196
Télécopie : 418 380-2162
Messagerie : france.brunelle@mapaq.gouv.qc.ca

*Soyez des nôtres
à la prochaine*
Cellule de veille Nano 