



ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ και τρόφιμα

● Του Φίλιππου Γεωργιάδη
Υγειονομικού Επιθεωρητή

Εισαγωγή

Η νανοτεχνολογία είναι ένας σχετικά καινούργιος τομέας της τεχνολογίας. Τα οφέλη και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνολογίας αυτής στη βιομηχανία τροφίμων δεν είναι πλήρως κατανοητά, φέροντας έτσι νέες προκλήσεις. **Η νανοτεχνολογία ωστόσο είναι έτοιμη για να επηρεάσει σημαντικά τα συστήματα τροφίμων. Πολλές από τις κύριες βιομηχανίες τροφίμων της γης διερευνούν**

δραστήρια τη δυνατότητα της χρήσης της νανοτεχνολογίας στα τρόφιμα και στις συσκευασίες τροφίμων.

Ορισμός της νανοτεχνολογίας

Υφίστανται πολλοί ορισμοί της έννοιας «νανοτεχνολογία» αλλά λίγη συμφωνία ανάμεσα στους ενδιαφερόμενους στο πώς να συμβιβασουν τις διαφορές τους. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Υγεία και τους Καταναλωτές (DG SANCO) ορίζει την νανοτεχνολογία ως «...την επιστήμη του σχεδιασμού, της παραγωγής και της χρήσης δομών και

συσκευών εκ των οποίων η μία ή περισσότερες διαστάσεις είναι στα 100 νανόμετρα ή λιγότερο. Ένα νανόμετρο ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου. Μια ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο περίπου 80,000 νανόμετρα (nm). Ακόμη δεν υπάρχει συμφωνημένος ορισμός για τα νανοσωματίδια αλλά ο πιο συνηθισμένος ορισμός είναι ότι τουλάχιστο μία διάσταση έχει μέγεθος 100nm ή λιγότερο. Διεθνείς οργανισμοί για τα συμφέροντα των καταναλωτών ζητούν επέκταση του ορισμού για τα νανοσωματίδια ώστε να προβλέπει για ελάχιστες διαστάσεις μέχρι τα 300nm, θέτοντας ως επιχείρημα κάποιες επιστημονικές αποδείξεις ότι σωματίδια διαστάσεων μέχρι 300nm προκαλούν παρόμοιους κινδύνους με αυτούς που προκαλούνται από νανοσωματίδια μεγέθους 100nm (1). Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) εισηγείται όπως και στον ορισμό των νανοσωματιδίων συμπεριληφθεί και το εμβαδόν της επιφάνειας του σωματιδίου.

Τοξικολογία

Τα νανοσωματίδια έχουν κατά μοναδικό τρόπο ένα αυξημένο εμβαδόν επιφάνειας, που σε συνδυασμό με την χημική τους δομή τους δίνει μια τεράστια δυναμική για εφαρμογές, αλλά και την πιθανότητα τοξικών επιδράσεων στο ανθρώπινο σώμα που δεν είναι προφανή με πιο ογκώδη ύλη. Μερικές μελέτες μας δίδουν λόγους να υποψιαζόμαστε ότι τα νανοσωματίδια μπορούν να επιδράσουν τοξικά σε ζωντανούς οργανισμούς ή δείχνουν ένα ψηλό βαθμό αβεβαιότητας στην πρόβλεψη της τοξικότητας από τα νανοσωματίδια (2).

Το ανθρώπινο σώμα δεν είναι τόσο αποτελεσματικό στο να αποβάλλει τα νανοσωματίδια από το γαστρεντερικό σύστημα και τα όργανα όσο με τα μεγαλύτερα σωματίδια. Τα νανοσωματίδια μπορούν να μετακινηθούν από το σημείο εισόδου τους σε άλλα μέρη του ανθρώπινου σώματος, ακόμη και στο αίμα και τον εγκέφαλο (3).

Η επιστημονική γνώση είναι πολύ περιορισμένη όσον αφορά:

- Την μεταφορά νανοσωματιδίων στο γάλα θηλαζουσών γυναικών.
- Την μακροχρόνια συσσώρευση και επιμονή των νανοσωματιδίων μέσα στο ανθρώπινο σώμα.
- Την λήψη νανοσωματιδίων μέσω του στόματος.

- Την τοξικολογική επίδραση νανοσωματιδίων που εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα μέσω του στόματος.

- Πιθανές επιδράσεις στην αναπαραγωγή και τερατογενικές επιδράσεις.

- Την σχέση μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων και της τοξικότητάς τους.

- Την τοξικότητα νανοσωματιδίων που χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά πρόσθετα σε τρόφιμα.

- Την βιολογική συμπεριφορά των νανοσωματιδίων (διανομή, μεταβολισμός, αποβολή, τοξικότητα σε συγκεκριμένα όργανα).

- Την σύνεση νανοσωματιδίων κατά την χώνευση μέσα στο γαστρεντερικό σύστημα.

Εκτίμηση κινδύνων

Οι μέθοδοι εκτίμησης κινδύνου που υπάρχουν για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό νανοσωματιδίων έχουν περιορισμούς όταν εφαρμόζονται για δείγματα τροφίμων. Νέες μεθοδολογίες χρειάζονται επειγόντως (4). Η γνώση για την διαθεσιμότητα τροφίμων που κατά την παρασκευή τους χρησιμοποιήθηκε η νανοτεχνολογία είναι περιορισμένη και έτσι η έκθεση του ανθρώπου σε τέτοιου είδους τρόφιμα είναι περιορισμένη. Οι πληροφορίες για την έκταση της μετανάστευσης νανοσωματιδίων από υλικά και αντικείμενα που προορίζονται για επαφή με τρόφιμα και κατά την παραγωγή τους χρησιμοποιήθηκε η νανοτεχνολογία είναι και αυτή περιορισμένη, όπως και οι τοξικολογικές τους επιδράσεις (5). Δεν υπάρχει αρκετή γνώση για την πιθανότητα πρόσθετων τοξικών επιδράσεων από την ταυτόχρονη έκθεση σε διαφορετικά νανοσωματίδια.

Η έλλειψη λεπτομερών τοξικολογικών δεδομένων, σε συνδυασμό με στοιχεία που δείχνουν ότι ορισμένα νανοσωματίδια έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν ζημιά μας αναγκάζει όπως κάνουμε χρήση της αρχής της προφύλαξης για ορισμένες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα συνιστά την χρήση της αρχής της προφύλαξης κατά την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας χωρίς όμως αυτό να εμποδίζει την πρόοδο.

Υπάρχουν πολλές δυνατότητες για την εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Την νανο-τροποποίηση σπόρων και λιπασμάτων/φυτοφαρμάκων

- Τον εμπλουτισμό τροφίμων με θρεπτικές ουσίες
- Την δημιουργία διαδραστικών «έξυπνων» τροφίμων (που π.χ. δίνουν την δυνατότητα στον καταναλωτή με κάποια απλή ενέργεια να επλέξει τη γεύση/άρωμα του τροφίμου).
- Την δημιουργία «έξυπνων» συσκευασιών τροφίμων που π.χ. αλλάζουν χρώμα όταν κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό του τροφίμου υποβαθμίζεται και που δίνουν τη δυνατότητα λεπτομερούς ανιχνευσιμότητας του τροφίμου.

Οι πολλές αυτές εφαρμογές ενδεχομένως να προκαλέσουν τελεμάτωση στα υφιστάμενα νομοθετικά συστήματα έγκρισης. Είναι για αυτό πολύ σημαντικό όπως οι ίδιες οι βιομηχανίες διεξάγουν και αυτές από μόνες τους τις απαραίτητες εκτιμήσεις κινδύνου για κάθε εφαρμογή/προϊόν ναυτοτεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων (4).

Ηθική πτυχή και ανάμιξη του κοινού

Μια από τις σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την εφαρμογή της ναυτοτεχνολογίας στα τρόφιμα είναι η πληροφόρηση του κοινού με τέτοιο τρόπο που θα τους επιτρέψει να κάνουν πληροφορημένες επιλογές χωρίς να τους προκληθεί υπερβολικός φόβος ή ενθουσιασμός. Η λήψη αποφάσεων στον τομέα της ναυτοτεχνολογίας απαιτεί μεγαλύτερη ανάμιξη του κοινού. Η ανάπτυξη της ναυτοτεχνολογίας δεν είναι παραλληλισμένη ακόμη με ανάλογη αύξηση της ενημέρωσης του κοινού για την τεχνολογία αυτή και την σημασία της για την κοινωνία (6). Το κοινό πρέπει να ενημερώνεται πολύ πριν τα τρόφιμα ναυτοτεχνολογίας φθάσουν στα ράφια. Το θέμα των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων στην Ευρώπη έδειξε ότι η παραγνώριση ανησυχιών για την υγεία και το περιβάλλον μπορεί να εμποδίσει την δημόσια αποδοχή νέων τεχνολογιών τροφίμων για αυτό και οι δημόσιες απόψεις για τα τρόφιμα ναυτοτεχνολογίας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης προϊόντων (7). Πιθανό όμως να είναι ήδη αργά για αυτό.. (8).

Η ενημέρωση του κοινού για την ναυτοτεχνολογία θα πρέπει να περιλαμβάνει και πολιτικές, κοινωνιολογικές και ηθικές πτυχές, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κοινού. Η εμπιστοσύνη του κοινού στη βιομηχανία και τους θεσμούς είναι πολύ σημαντική. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα συνιστά όπως η έρευνα στον τομέα της ναυτοτεχνολογίας είναι ηθική και κατανοητή από το κοινό.

Σήμανση

Τα νομοθετικά σώματα στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχουν συμφωνήσει ότι είναι απαραίτητη η συμπερίληψη στη σήμανση τροφίμων ένδειξης για την ύπαρξη ναυτοσωματιδίων/ χρήσης της ναυτοτεχνολογίας για την παρασκευή του τροφίμου, ώστε οι καταναλωτές να μπορούν να λαμβάνουν πληροφορημένες αποφάσεις. Αντίθετα, στις Η.Π.Α. το αρμόδιο νομοθετικό σώμα αρνείται ότι είναι αναγκαία η σχετική σήμανση τροφίμων για την ύπαρξη ναυτοσωματιδίων ή τη χρήση ναυτοτεχνολογίας για την παρασκευή τροφίμου. Πολλοί υποστηρίζουν ότι η σχετική σήμανση είναι απαραίτητη βάσει της ηθικής αρχής της συγκατάθεσης (9). Πολλές οργανώσεις καταναλωτών ζητούν επιτακτικά τη σήμανση τροφίμων και υλικών και αντικειμένων που προορίζονται για επαφή με τρόφιμα, για τα οποία κατά την παρασκευή/ παραγωγή έγινε χρήση της ναυτοτεχνολογίας. Η βιομηχανία ενδεχομένως να είναι επιφυλακτική στο να σημάνει ένα προϊόν με ένδειξη που το συνδέει με την ναυτοτεχνολογία, γνωρίζοντας ότι ένα σημαντικό μέρος του κοινού δεν επιθυμεί όπως τα τρόφιμα που καταναλώνει είναι «προϊόντα μηχανολογίας» (10).

Νομοθεσία

Η υφιστάμενη Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα τρόφιμα δεν περιλαμβάνει ειδικές πρόνοιες για τα ναυτοσωματίδια αλλά θεωρείται ότι τα τρόφιμα ναυτοτεχνολογίας καλύπτονται από τον γενικό νόμο για τα τρόφιμα. Εντούτοις, ειδικές πρόνοιες για την ναυτοτεχνολογία πρόκειται να ενσωματωθούν σε αναμενόμενες Ευρωπαϊκές νομοθεσίες τροφίμων (4). επικρατεί η αντίληψη ότι η πλειονότητα των ναυτοσωματιδίων στα τρόφιμα εμπίπτει στην κατηγορία των νεωτεριστικών τροφίμων και για αυτό υπόκεινται σε διαδικασία έγκρισης (4). Παρά ταύτα, το Ηνωμένο Βασίλειο πιστεύει ότι κάποια ναυτοσωματίδια μπορεί να έχουν ιστορικό χρήσης στα τρόφιμα και ως εκ τούτου να εκφεύγουν της διαδικασίας έγκρισης για τα νεωτεριστικά τρόφιμα (1). Αναμένεται ότι η αναθεώρηση της νομοθεσίας για τα νεωτεριστικά τρόφιμα θα αναφέρει συγκεκριμένα την ναυτοτεχνολογία (4). Ήδη, η νομοθεσία για τα πρόσθετα τροφίμων περιλαμβάνει συγκεκριμένες πρόνοιες για τα πρόσθετα τροφίμων που έχουν μορφή ναυτοσωματιδίων.

Η νομοθεσία για τα υλικά και αντικείμενα που προορίζονται για τα τρόφιμα δεν διαφοροποιείται

ανάμεσα στις συμβατικές χημικές ουσίες και τις χημικές ουσίες που παρασκευάζονται με την νανοτεχνολογία. Συνίσταται όπως η νομοθεσία τροποποιηθεί ώστε να απαιτεί όπως όλα τα νανοσωματίδια υπόκεινται σε διαδικασία εκτίμησης κινδύνου (4).

Οργανώσεις καταναλωτών επικρίνουν το γεγονός ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη νομοθεσία που να διέπει την διανομή στην λιανική αγορά των τροφίμων για την παρασκευή των οποίων έγινε χρήση της νανοτεχνολογίας ή που περιέχουν ως συστατικό νανοσωματίδια.

Έρευνα και ανάπτυξη

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα επιθυμεί να βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της έρευνας και ανάπτυξης της νανοτεχνολογίας. Υπάρχει ωστόσο έλλειψη μιας συνολικής στρατηγικής (11). Απαιτείται διεπιστημονική έρευνα για την ορθή ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας.

Συμπεράσματα

Είναι γενικά παραδεκτό ότι υπάρχει πολύ σημαντικό έλλειμμα όσον αφορά τα απαραίτητα τοξικολογικά δεδομένα. Κάθε εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στα τρόφιμα θα πρέπει να εκτιμάται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση και να λαμβάνει υπόψη την αρχή της προφύλαξης. Χρειάζεται ένας σαφής ορισμός για την νανο-



τεχνολογία και τα νανοσωματίδια. Η έλλειψη επαρκών πληροφοριών που απαιτούνται για την διεξαγωγή εκτίμησης κινδύνου επιτάσσει την συνεργασία μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων. Απαιτείται συντονισμός και συνεργασία σε παγκόσμιο επίπεδο. ■

Βιβλιογραφικές παραπομπές:

1. Friends of the Earth Australia, Europe & U.S.A. *Out of the Laboratory and on to our Plates, Nanotechnology in Food & Agriculture*. 2008 [cited 5 October 2009]. http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf
2. Sorrentino A., Gorrasi G. and Vittoria V. *Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications*. *Food Science and Technology*. 2007; 18, 84-95.
3. European Commission Directorate General Health and Consumer Protection. *Nanotechnologies, Level 3 Questions*. N.d. [cited 21 September 2009]. <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/1-3/9-conclusion.htm>
4. Food Safety Authority of Ireland. *The Relevance for Food Safety of Applications of Nanotechnology in the Food and Feed Industries*. 2008 [cited 15 October 2009]. <http://www.fsai.ie/assets/0/86/204/b81b142b-9ef7-414c-9614-3a969835b392.pdf>
5. De Azeredo H.M.C. *Nanocomposites for food packaging applications*. *Food Research International*. 2009; 42, 1240-1253.
6. Cameron N.M.S. *Nanotechnology and the Human Future. Policy, Ethics, and Risk*. *Annals New York Academy of Sciences*. 2006; 1093, 280-300.
7. Siegrist M., Stampfli N., Kastenholz H. and Keller C. *Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging*. *Appetite*. 2008; 51, 283-290.
8. Fusaro D. *The food industry needs to publicly research the technology, assess benefits and risks and take a unified stand, according to Food Processing's Editor Dave Fusaro, in his monthly column*. 2006 [cited 4 October 2009]. <http://www.foodprocessing.com/articles/2006/226.html#>
9. Kuzma J., Romanchek J. and Kokotovich A. *Upstream Oversight assessment for Agrifood Nanotechnology: A Case Studies Approach*. *Risk Analysis*. 2008; 28(4), 1081-1098.
10. Wernette R. *Recall the hard lessons from GMOs, and let's get it right this time*. 2009 [cited 24 September 2009]. <http://www.foodprocessing.com/articles/2009/066.html>
11. Maynard A.D. *Nanotechnology: assessing the risks*. *Nanotoday*. 2006; 1(2), 22-33.