



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΜΕΘΟΔΟΓΙΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ
ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ”**

**ΜΑΡΚΟΥΛΑΚΗ ANNA-ΔΗΜΗΤΡΑ (Α.Μ
2010118)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΚΑΠΟΛΟΣ**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΜΑΪΟΣ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κο. Καπόλο Ιωάννη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής μου εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει τη μελέτη και χρήση υλικών στη νανοκλίμακα. Εμφανίστηκε κι άρχισε να χρησιμοποιείται με σκοπό να καλύψει πολλές πτυχές της βιομηχανίας τροφίμων, όπως η βελτίωσης της ποιότητας των τροφίμων, η παρατεταμένη διάρκεια ζωής αυτών, οι νέες γεύσεις αλλά και τ' αυξημένα οφέλη για την υγεία. Η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει τεχνολογίες που έμμεσα επηρεάζουν σχεδόν όλους τους κλάδους της βιομηχανικής δραστηριότητας. Αφορά εργαλεία και διαδικασίες που επιτρέπουν έλεγχο και παραγωγή δομών σε νανοεπίπεδο, την πρωτογενή παραγωγή νανοϋλικών, τα οποία κατόπιν μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομα νανοπροϊόντα, είτε να ενσωματωθούν σε άλλα πιο «συνηθισμένα» προϊόντα μεταποίησης τα οποία έχουν βελτιωμένες ιδιότητες σε σχέση με τα συμβατικά.

Διάφοροι μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς για φυσικά ή τεχνητά νανοσωματίδια, οι οποίες με το πέρασ του χρόνου και την ανάπτυξη της έρευνας θα μπορούσαν να βελτιστοποιηθούν έτσι ώστε να παρέχουν σημαντικές και απαραίτητες πληροφορίες, όπως η μικροσκοπία, η φασματοσκοπία, η χρωματογραφία και άλλες συναφείς τεχνικές. Μάλιστα, όλες οι ανεπτυγμένες χώρες αναγνωρίζουν τη νανοτεχνολογία ως στρατηγική προτεραιότητα και επενδύουν σημαντικά ποσά στην Έρευνα και Τεχνολογική Ανάπτυξη: ενδεικτικά, το 2008 στην Ευρώπη η συνολική κρατική χρηματοδότηση ήταν 2,6 δισεκατομμύρια δολάρια σε σύγκριση με 1,6 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και περίπου 2,8 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ασία. Η σημασία της νανοτεχνολογίας για τη βιομηχανία φαίνεται επίσης από τους πόρους που η ίδια η βιομηχανία διαθέτει για έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη: ενδεικτικά, το 2008 δαπανήθηκαν 1,7 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ευρώπη, 2,7 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και 2,8 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ασία.

ABSTRACT

Nanotechnology involves the study and use of materials at the nanoscale. Appeared and began to be used in order to cover many aspects of the food industry, including improving food quality, prolonged lifespan of these new flavors but also increased health benefits. Nanotechnology involves technologies that indirectly affect almost all sectors of industrial activity. As shown in the value chain, nanotechnology refers to tools and procedures that allow control and production structures in nanoscale, the primary production of nanomaterials, which then can either be used as standalone nanotech products, either integrated into other more "common" manufacturing products which have improved properties compared to conventional. Several methods have been developed at times of natural or artificial nanoparticles, which with the end of the year and the development of research could be optimized so as to provide important and necessary information, such as microscopy, spectroscopy, chromatography and related techniques. Indeed, all developed countries recognize nanotechnology as a strategic priority and investing significant amounts in research and technological development: for example, in 2008 in Europe the total State financing was \$ 2.6 billion compared with \$ 1.6 billion in the u.s. and about \$ 2.8 billion in Asia. The importance of nanotechnology for the industry also appears from the resources that the industry itself has for research and technological development: for example, in 2008 spent \$ 1.7 billion in Europe, 2, \$ 7disekatommyria in the us and \$ 2.8 billion in Asia.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: NANOTΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ NANOEΠΙΣΤΗΜΗ	8
1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
1.2 NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ.....	9
1.2.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	10
1.2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	10
1.2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	12
1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ NANOTΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	14
ΣΚΟΠΟΣ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	17
2.1 ΤΑ NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	17
2.2 ΤΑ NANΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	18
2.3 ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	19
2.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	21
2.4.1 ΣΗΜΑΝΣΗ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ.....	23
3.1 ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ (SIZE EXCLUSION CHROMATOGRAPHY, SEC).....	23
3.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ (HYDRODYNAMIC CHROMATOGRAPHY, HDC).....	25
3.3 ΚΛΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΡΟΗΣ (FIELD FLOW FRACTIONATION, FFF).....	26
3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ (ELECTRON MICROSCOPY, EM).....	27
3.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ (TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY, TEM).....	28

3.4.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΣΑΡΩΣΗΣ (SCANNING ELECTRON MIRCROSCOPY, SEM).....	28
3.5 ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (LIGHT SCATTERING, LS).....	30
3.5.1ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (STATIC LIGHT SCATTERING, SLS).....	31
3.5.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (DYNAMIC LIGHT SCATTERING, DLS).....	31
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πεδίο της νανοτεχνολογίας έχει δημιουργήσει έναν ενθουσιασμό στην επιστημονική κοινότητα και γέννησε ελπίδες και προσδοκίες τα τελευταία έτη. Από τη φύση του το αντικείμενο έχει ιδιαίτερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον ασχολούμενο με «μικροσκοπικά» αντικείμενα στην κλίμακα των νανομέτρων. Έχει πράγματι ήδη επιτευχθεί σημαντική πρόοδος τόσο στη σύνθεση, οργάνωση και παρασκευή νανοϋλικών, όσο και σε πιθανές χρήσεις τέτοιων υλικών σε μία ευρεία κατηγορία τεχνολογικών εφαρμογών. Την ερχόμενη δεκαετία κατά πάσα πιθανότητα θα γίνουμε μάρτυρες μίας αλματώδους προόδου στην προετοιμασία-παρασκευή, στο χαρακτηρισμό και στη βιομηχανική αξιοποίηση και εκμετάλλευση νανοσωματιδίων, νανοσωλήνων και άλλων νανοαντικειμένων όπως και των δομών της αυτοοργάνωσής τους. Είναι ένας καινούριος τομέας της τεχνολογίας, ο οποίος αναπτύσσεται ραγδαία και στο μέλλον, αναμένεται ότι ολοένα και περισσότερα προϊόντα θα περιέχουν κάποιο είδος των νανουλικών. Ωστόσο μέχρι σήμερα λίγα είναι γνωστά σχετικά με την εμφάνιση, τα οφέλη αλλά και την τοξικότητα των νανοσωματιδίων, που σχετίζονται με τη χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων. Οι περιορισμοί, όμως, στις γνώσεις μας που οφείλονται εν μέρει στην έλλειψη μεθοδολογίας για την ανίχνευση και το χαρακτηρισμό νανοσωματιδίων σε πολύπλοκες μήτρες όπως είναι εκτός του φαγητού, το έδαφος αλλά και το νερό, φέρνουν νέες προκλήσεις στους τομείς της έρευνας, της ανάπτυξης και γενικότερα της επιστήμης. Μάλιστα πολλές από τις κύριες βιομηχανίες τροφίμων της γης, διευρύνουν δραστήρια τη δυνατότητα χρήσης της νανοτεχνολογίας στα τρόφιμα και τις συσκευασίες τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: NANOTΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ NANOEΠΙΣΤΗΜΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Διαμέσου της ιστορίας του ανθρώπου, από την εποχή του Δημόκριτου (440 π.Χ) και του Λεύκιππου, οι άνθρωποι, ιδιαίτερα οι επιστήμονες της εποχής είχαν σκεφτεί ό,τι η ύλη μπορούσε να διασπαστεί ως ένα ακατάλυτο σημείο, δηλαδή ως το βασικό συστατικό της ύλης, που σήμερα οι επιστήμονες ονομάζουν "άτομο". Μετά από πολλά πειράματα και δοκιμές, οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι υπάρχουν 108 άτομα μαζί με πολλά ισότοπα.

Τα επιτεύγματα της φυσικής, βιολογίας και χημείας βοήθησαν να συγκεντρωθούν πληροφορίες σχετικά με τις διαδικασίες της κατανόησης της νανοτεχνολογίας. Οι εξελίξεις αυτές αποδείχθηκαν αναγκαίες για τον προσανατολισμό του τομέα της νανοτεχνολογίας (Poole C. Jr., et al., 2003). Παραδείγματα αποτελούν η ανακάλυψη του Joseph Proust το 1799, ό,τι τα χημικά είχαν την τάση να συγχωνεύονται σε τύπους όπως του νερού H_2O αλλά φυσικά και το επίτευγμα ορόσημο του 20ου αιώνα, ο προσδιορισμός της δομής του DNA, από τους James Watson και Francis Drick, το 1953, οι οποίοι έφτασαν σε συμπεράσματα, όταν το DNA προσδιορίστηκε σε κλίμακα νανόμετρου, από την οποία κατασκευάζονται και οι επιθυμητές πρωτεΐνες (Poole C. Jr. et al., 2003).

Εν συνεχεία ο John Dalton, στις 21 Οκτωβρίου του 1803 σε μία συνεδρίαση της φιλοσοφικής εταιρείας του Manchester, διατύπωσε την Ατομική του θεωρία, υποστηρίζοντας πως η ύλη φτιάχνεται από άτομα, τα οποία είναι όμοια σε κάθε στοιχείο, αλλά διαφέρουν στη μάζα και στις ιδιότητες (Roko M. C., et al., 2000).

Όμως, παρά τις επιτεύξεις άλλων ο Richard P. Feymann είναι εκείνος στον οποίο αποδίδεται περισσότερο η αρχή του όλου θέματος. Το 1959 κατά τη διάρκεια ενός δείπνου έκανε μία ομιλία με τίτλο "Υπάρχει πολύ χώρος στον πάτο", στην Αμερικανική Φυσική Εταιρεία. Φαίνεται πως τότε εμφάνισε την ιδέα της νανοτεχνολογίας στο κοινό (Roko M. C., et al., 2000). Μίλησε για την πιστή αντιγραφή μεμονωμένων ατόμων σχετικά με τη συρρίκνωση των μεγεθών των υπολογιστών αλλά και για έναν τρόπο ικανότητας χειρισμού των ατόμων και μορίων "απευθείας", αναπτύσσοντας ένα σετ εργαλείων στην κλίμακα του ενός

δεκάτου. Φτάνοντας σήμερα, βλέπουμε τις πρώτες νανοκατασκευές να παίρνουν μορφή κατά το 1990, από την IBM, η οποία τοποθέτησε 35 άτομα ξένου για τη συλλαβή 3 γραμμάτων της επιχείρησης που αποτέλεσε το μικρότερο logo εταιρείας στον κόσμο. Ενώ μόλις 9 χρόνια αργότερα, το 1999 στο πανεπιστήμιο Cornell, παράχθηκε μια μη ορατή "νανοκιθάρα" και στη συνέχεια έχουμε και την κατασκευή κυκλωμάτων πάχους ενός μορίου, από επιστήμονες της εταιρείας Hewlett-Packard στην Καλιφόρνια (Roko M.C., et al., 2000).

1.2 NANOΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Τα νανοσωματίδια παρουσιάζουν μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς αποτελούν τη γέφυρα ανάμεσα στα συμπαγή υλικά και στις ατομικές και μοριακές δομές. Πιο συγκεκριμένα, στα διάφορα είδη νανοσωματιδίων εμφανίζουν μοναδικά χαρακτηριστικά που τα καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστικά, τόσο από θεωρητική όσο και από τεχνολογική άποψη (Sanguansri P., et al., 2006).

Το εξαιρετικά μικρό τους μέγεθος και οι εκπληκτικές τους ιδιότητες τα καθιστούν όλο και πιο συχνά πρόσθετα σε τρόφιμα και φαρμακευτικά είδη (Kuzma J. et al., 2006).

1.2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Ένα νανοσωματίδιο είναι ένα μικρό αντικείμενο που συμπεριφέρεται σαν μία ολόκληρη μονάδα στους τομείς των ιδιοτήτων του. Το πρόθεμα νανο- προέρχεται από την ελληνική γλώσσα και τη λέξη νάνος. Ένα νανόμετρο είναι ίσο με το ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου, 10^{-9} m (Taylor R. et al., 2013).

Η μορφή τους περιγράφεται κυρίως από το μέγεθος τους, κι αυτό γιατί παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού είναι της τάξεως των 1-100 νανομέτρων (nm). Για να μπορέσει κανείς ν' αντιληφθεί τη διάσταση αυτή αρκεί να σκεφτεί και να τη συγκρίνει με τη διάμετρο μιας τρίχας που είναι 80.000 nm ή ακόμα με τον κόκκο της άμμου που έχει μέγεθος 10.000 nm (Taylor R. et al., 2013).

Παρ' όλα αυτά το μέγεθος, το σχήμα τους αλλά και οι ιδιότητές τους επηρεάζονται σημαντικά από τις συνθήκες της κάθε αντίδρασης σύνθεσής τους, όπως, η θερμοκρασία, ο χρόνος, ο διαλύτης που χρησιμοποιείται αλλά ακόμα και το προϊόν/υλικό στο οποίο γίνεται η εφαρμογή του κάθε νανοσωματιδίου (Sanguansri P., et al., 2006).

1.2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Οι διαφορετικές τους ιδιότητες δεν είναι ένα φαινόμενο του σήμερα, αλλά έχουν χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν ως επικαλύψεις κεραμικών και γυαλιού ήδη από τον 10ο αιώνα π.Χ.

Σήμερα μπορούμε να κατασκευάσουμε και να εκμεταλλευθούμε τις ιδιότητες των νανοσωματιδίων που αποτελούνται από μερικές εκατοντάδες ή χιλιάδες άτομα.

Οι νέες δομές που κατασκευάζονται έχουν φυσικές και χημικές ιδιότητες που ποικίλλουν σχετικά με το μέγεθος και το είδος των σωματιδίων και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές. Όπως για παράδειγμα στην κατασκευή ελαστικών και στις συσκευασίες τροφίμων αφού έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνουν κατά πολύ τις μηχανικές τους ιδιότητες.

i. Θερμικές ιδιότητες:

Κάθε "ορατό" στο φυσικό κόσμο σώμα αποτελούμενο από σωματίδια χαρακτηρίζεται από μια θερμοκρασία "τήξης". Καθώς όμως μειώνεται το μέγεθος αυτών των σωμάτων και προσεγγίζοντας τις νανοδομές παύουν πλέον να ισχύουν οι κανόνες που αφορούν τη θερμοκρασία τήξης. Ακολουθεί, δηλαδή η μείωση της θερμοκρασίας αυτής ενώ παράλληλα έχουμε και μείωση του μεγέθους των σωμάτων. Αυτό οφείλεται στη μείωση των δεσμών μεταξύ των μορίων του σωματιδίου, η οποία επιφέρει την υψηλή ή θερμική αγωγιμότητα των σωματιδίων (Ali M. et al., 2004).

ii. Ηλεκτρικές ιδιότητες:

Οι ηλεκτρικές ιδιότητες μπορούν να ελεγχθούν μέσω των μεμονωμένων ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων. Η χημική φύση και το μέγεθος καθορίζουν το ιοντικό δυναμικό και την έλξη ηλεκτρονίων (Ali M. et al., 2004) .

iii. Οπτικές ιδιότητες:

Το χρώμα, η απορρόφηση, η εκπομπή των μηκών κύματος αλλά και άλλοι οπτικοί παράγοντες αλλάζουν όταν μεταβαίνουμε από μακροσκοπικά (bulk) υλικά στη νανοκλίμακα (Ali M. et al., 2004).

iv. Μαγνητικές ιδιότητες:

Έχει παρατηρηθεί ότι μειώνοντας το μέγεθος των νανοσωματιδίων (στη νανοκλίμακα) βελτιώνονται οι μαγνητικές ιδιότητες του υλικού, γεγονός που ενδιαφέρει πολύ την επιστημονική κοινότητα διότι βελτιώνοντας αυτές τις ιδιότητες βελτιώνεται παράλληλα και η ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων (Ali M. et al., 2004).

v. Μηχανικές ιδιότητες:

Σε αυτή την κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε διάφορα παραδείγματα όπως οι αντιμικροβιακές και αντιμυκητιακές επικαλύψεις επιφανειών, των συσκευασιών τροφίμων, με νανοσωματίδια από ασήμι, ψευδάργυρο, μαγνήσιο αλλά και η χρήση νανοσωματιδίων από ασήμι, τα οποία όταν μετατρέπονται σε νανομόρια, ενισχύονται σημαντικά οι αντιμικροβιακές ιδιότητες του ασημιού λόγω της νέας τεράστιας επιφάνειας τους (Kuzma J. et al, 2006), και γι' αυτό χρησιμοποιούνται από καλλιεργητές για τη συντήρηση φράουλας, έτσι ώστε να διατηρήσουν το προϊόν τους για περισσότερο χρόνο και χωρίς μυκητιακή ανάπτυξη (Taylor R. et al., 2013).

1.2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΑΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια δυναμική ανάπτυξη στη χρήση των νανোসωματιδίων σε διάφορους τομείς. Τα νανোসωματίδια ήδη εφαρμόζονται σε περιοχές της ιατρικής, όπως τα βιοϊατρικά υλικά και εργαλεία, η ανάπτυξη φαρμάκων για στοχευμένη χρήση, η εισαγωγή νέων βιοϊατρικών αισθητήρων και αναλυτικών συσκευών/οργάνων (Mujibur R. et al., 2011). Για παράδειγμα οι αντιμικροβιακές και απολυμαντικές ιδιότητες του αργύρου υπό μορφή νανোসωματιδίων, χρησιμοποιούνται σε ειδικά πλυντήρια, για την αποστείρωση από βακτήρια και βιολογικούς ρύπους. Ακόμα χρησιμοποιούνται και στη βιομηχανία καλλυντικών, για τη χορήγηση διατροφικών και αντιγηραντικών συστατικών (βιταμίνη Α, ρετινόλη κ.ά). Όπως και στη βιοϊατρική χρησιμοποιούνται κβαντικές κουκίδες για το χρωματισμό δεικτών καρκίνου του μαστού και σε βιοψίες με υπέρυθρο φθορισμό (Taylor R. et al., 2013).

Τα νανোসωματίδια βρίσκονται γύρω μας και περιέχονται σε πάρα πολλά προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά σε παγκόσμιο επίπεδο. Παράδειγμα αποτελούν οι εφαρμογές νανοδομημένων υλικών σε αθλητικά είδη, όπως μπαστούνια του γκολφ. Ακόμα και η χρήση νανোসωματιδίων διοξειδίου του τιτανίου (TiO_2) για τη δημιουργία βαφών, που χρησιμοποιούνται σε ρούχα, γυαλιά, μέταλλα και τα κάνουν να αυτοκαθαρίζονται. Η βαφή από νανোসωματίδια είναι υδροφοβική και κρατά την επιφάνεια στεγνή, ενώ διατηρεί την αποτελεσματικότητά της, ακόμα κι αν έχει εκτεθεί σε λάδι (Taylor R. et al., 2013).

Τέλος, τα νανোসωματίδια βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή σε όλους τους τομείς της νανοτεχνολογίας με εξαιρετικά και ποικίλα παραδείγματα, στην πρωτογενή παραγωγή, την επεξεργασία καθώς και τη συσκευασία τροφίμων (Chandry Q. et al., 2008).

-Πρωτογενής παραγωγή: Χρησιμοποιούνται νανোসωματίδια για τη χορήγηση DNA σε φυτά και νανοπλακίδια για τήρηση της ταυτότητάς τους (Chandry Q. et al., 2008).

-Επεξεργασία τροφίμων: Νανোসωματίδια χρησιμοποιούνται για την επιλεκτική σύνδεση και απομάκρυνση χημικών ή παθογόνων από τα τρόφιμα και τα

νανογαλακτώματα για την καλύτερη διάθεση και διασπορά των θρεπτικών συστατικών (Chandry Q. et al., 2008).

-Συσκευασία τροφίμων: Εφαρμόζονται αντιμικροβιακές και αντιμυκητιακές επικαλύψεις επιφανειών με νανοσωματίδια από ασήμι, μαγνήσιο και ψευδάργυρο (Chandry Q. et al., 2008).

ΣΧΗΜΑ 1 : Τομείς εφαρμογής των Νανοσωματιδίων



ΠΗΓΗ: <http://filonoi.gr/2012/12/31/mr-nanosomatidia-katanalonoyme-peripoy-100-tris-hmerhsios> , Νανοτεχνολογία.

1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Η νανοτεχνολογία ελκύει την προσοχή των επιστημόνων με ιδιαίτερο ενθουσιασμό λόγω της μελλοντικής δυνατότητάς της να φέρει στην κυριολεξία την επανάσταση σε κάθε τομέα στον οποίο γίνεται αντικείμενο αξιοποίησης.

Όπως φαίνεται η νανοτεχνολογία θα μας παρέχει ασφαλέστερα, υγιεινότερα, θρεπτικότερα και νοστιμότερα τρόφιμα, μ' ένα κόστος παραγωγής μειωμένο, καθώς οι τεχνικές θα γίνονται πιο αποδοτικές, ενώ με τη χρήση λιγότερης ενέργειας, νερού και χημικών ουσιών θα παράγονται λιγότερα απόβλητα. Αν και στην αγορά, σήμερα υπάρχουν λίγα προϊόντα διατροφής στα οποία έχουν ενσωματωθεί νανοσωματίδια, οι πιο εντυπωσιακές νέες εφαρμογές βρίσκονται σε διάφορα στάδια ανάπτυξης (Pray L. et al., 2012).

Με τη νανοτεχνολογία τα τρόφιμα, θα μπορούσαν να προσαρμοστούν σε συγκεκριμένες προτιμήσεις του κάθε καταναλωτή, αλλά και στις ανάγκες του σχετικά με την κατάσταση της υγείας του όπως αλλεργίες, ανάγκες πρόσληψης θρεπτικών ουσιών κ.τ.λ (Pray L. et al., 2012).

Εκτός απ' όλα αυτά, θα έχουμε ανάπτυξη και στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων, αφού προβλέπονται υλικά συσκευασίας πιο ελαφριά, πιο εύκαμπτα και ανθεκτικότερα στη ζέστη, στο φως, στις μηχανικές κι άλλες επιδράσεις που θα μπορούν να αυτοεπισκευαστούν, αλλά και υλικά που θα μπορούν να απορροφήσουν το οξυγόνο και την υγρασία με τελικό σκοπό τα τρόφιμα να διατηρούνται φρέσκα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Kuzma J. et al., 2006).

Η νανοτεχνολογία είναι όντως μία «μικρή» επιστήμη αλλά η πραγματικότητα είναι πως τα οφέλη της είναι πολλά, όχι μόνο στον τομέα τροφίμων, αλλά και σε πολλούς άλλους, όπως της ιατρικής. Οι κυβερνήσεις θα συνεχίζουν να επενδύουν σ αυτή τη «μικρή» επιστήμη με σκοπό τον εμπλουτισμό των γνώσεων μας, αλλά και την καλυτέρευση του τρόπου ζωής μας (Kuzma J. et al., 2006).

ΣΧΗΜΑ 2: Σχεδιάγραμμα παγκόσμιας έρευνας προόδου χρήσης των νανοσωματιδίων.



ΠΗΓΗ : <http://www.nanotechproject.org> , The project on Emerging Nanotechnologies.

ΣΚΟΠΟΣ

Τα τελευταία χρόνια στη βιομηχανία τροφίμων παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την επιστήμη της νανοτεχνολογίας, για την ανάπτυξη νέων λειτουργικών υλικών και προϊόντων, την επεξεργασία σε νανοκλίμακα και το σχεδιασμό νανοαισθητήρων για την ασφάλεια των τροφίμων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται εκτενώς με τη διάθεση των νανოსωματιδίων στη βιομηχανία τροφίμων, παραθέτοντας τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει η χρήση τους είτε στα ίδια τα τρόφιμα, είτε στις συσκευασίες τους.

Παράλληλα, παρουσιάζει τους πιθανούς κινδύνους που συνεπάγεται η χρήση τους τόσο στα τρόφιμα, όσο και στην υγεία του καταναλωτή.

Τέλος, παρουσιάζονται οι μέθοδοι που είναι διαθέσιμες για την ανάλυση και τον χαρακτηρισμό των νανοςωματιδίων στα τρόφιμα, όπως και η προτροπή για μελλοντικές καινοτομίες, πάνω στον τομέα των τροφίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

2.1 ΤΑ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τα νανοσωματίδια προστίθενται σε πολλά τρόφιμα για να ενισχύσουν τη γεύση και τη σύσταση των τροφίμων, για να μειώσουν την περιεκτικότητα σε λίπος ή για να εξασφαλίσουν τη μακροζωία των τροφίμων (*Renton A., 2006*).

Ειδικότερα στην επεξεργασία τροφίμων χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια για τη χορήγηση ενισχυτικών του αρώματος και της γεύσης, για τη βελτίωση της βιοδιαθεσιμότητας συστατικών και της υφής, για τη διάχυση φυτοστεροειδών σε αντικατάσταση της χοληστερόλης του κρέατος, για βελτίωση του ιξώδους και ως ζελατινοποιητικοί παράγοντες (*Aswood P. et al., 2007*).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, η χρήση του διοξειδίου του τιτανίου, το οποίο είναι μία πρόσθετη ουσία, που χρησιμοποιείται κυρίως σε ζαχαρώδη προϊόντα αλλά και σε μερικά τυριά και σάλτσες, με σκοπό να τα κάνει πιο λευκά και λαμπερά, έτσι ώστε να είναι ελκυστικότερα στους καταναλωτές (*Aswood P. et al., 2007*).

Νανοσωματίδια χρησιμοποιούνται για την επιλεκτική σύνδεση και απομάκρυνση χημικών ή παθογόνων παραγόντων από τα τρόφιμα και νανογαλακτώματα για την καλύτερη διάθεση και διασπορά των θρεπτικών συστατικών (*B.A.S.F., 2005*). Συγκεκριμένα, για την ανίχνευση των παθογόνων μικροβίων στα τρόφιμα (π.χ. *E. coli* και *Listeria*), τοποθετούνται σε νανοσωματίδια δείγματα DNA τα οποία όταν έρχονται σε επαφή με το DNA της *E. coli* ή της *Listeria*, παράγεται φθορισμός οπότε και ανιχνεύεται ο παθογόνος παράγοντας (*Cha D. et al., 2004*). Άλλη μια εφαρμογή της νανοτεχνολογίας είναι η ενίσχυση του αρώματος των τροφίμων με ειδικά νανοσωματίδια τα οποία εμπεριέχουν χημικές ουσίες που θα απελευθερωθούν στο τρόφιμο, προσδίδοντας άρωμα ή συντηρητικές ουσίες που θα επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής του, όπως στο λάδι με ωμέγα-3 λιπαρά ή σε ποτά και αναψυκτικά (*Nu Mega, 2007*). Τα νανοσωματίδια έχουν τη δυνατότητα, να απελευθερώσουν στο νέο τους περιβάλλον (π.χ. πεπτικό σύστημα) θρεπτικές ή φαρμακευτικές ουσίες επιτρέποντας την άμεση και πιο αποτελεσματική δράση τους (*Powell J. et al., 2007*). Ακόμα η χρήση τους επιτρέπει, την καλύτερη

διάσπαση διάφορων πρόσθετων (π.χ αρώματα, συντηρητικά, χρώματα κ.τ.λ) στο νερό, χωρίς τη χρήση πρόσθετων λίπους (Powell J. et al., 2007).

Τέλος, πολλές από τις μεγαλύτερες εταιρείες, όπως η Heinz, η Kraft και η Nestle, επενδύουν στον τομέα της νανοτεχνολογίας. Για παράδειγμα, η Kraft απασχολείται ιδιαίτερα με τη δημιουργία “ενεργειακών ποτών” που περιέχουν νανοσωματίδια, που μπορούν ν’ αλλάξουν το χρώμα και τη γεύση τους, ενώ η Unilever και η Nestle προσπαθούν να φτιάξουν παγωτό με γαλακτώματα νανοσωματιδίων για τη βελτίωση της υφής τους (Nu Mega, 2007).

2.2 ΤΑ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Η εφαρμογή των νανοσωματιδίων στη συσκευασία των τροφίμων αποτελεί μια ακόμα σημαντική εξέλιξη που έχει σκοπό τον έλεγχο και την προστασία τους (Echegoyen Y. et al., 2013). Συγκεκριμένα μπορούν να τροποποιήσουν τις ικανότητες διαπερατότητας των υλικών, να αυξήσουν τη μηχανική θερμική και χημική αντοχή τους, όπως επίσης να αποκτήσουν ενεργές αντιμικροβιακές ιδιότητες ώστε να αντιλαμβάνονται μικροβιολογικές ή και βιοχημικές αλλαγές που μπορεί να συμβαίνουν στο περιεχόμενο προϊόν πληροφορώντας για την πραγματική υπολειπόμενη διάρκεια ζωής του προϊόντος (Duncan T. V., 2011). Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η παραγωγή ενός σύνθετου υλικού αποτελούμενο από φιλμ με ενσωματωμένα νανοσωματίδια αργίλου το οποίο προσφέρει εξαιρετικές μηχανικές, θερμικές ιδιότητες όπως και ιδιότητες αδιαπερατότητας (Duncan, T. V., 2011). Το συγκεκριμένο υλικό εφαρμόζεται σε φιάλες ανθρακούχων ποτών, όπου τα νανοσωματίδια, διασπείρονται σε όλη τη μάζα του υλικού και έχουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν τη δίοδο του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα και της υγρασίας στο συσκευασμένο τρόφιμο με αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής του προϊόντος (Duncan, T. V., 2011).

Παραδείγματα ακόμα αποτελούν, οι πλαστικοί περιέκτες τροφίμων, με νανοσωματίδια αργύρου που προστατεύουν τα τρόφιμα από κάθε είδους παθογόνο βακτήριο (Echegoyen Y. et al., 2013).

Τέλος, οι μεγάλες βιομηχανίες τροφίμων ήδη έχουν αρχίσει την ενημέρωση του κοινού για τις έξυπνες συσκευασίες (smart packaging), τα κατ' απαίτηση συντηρητικά (on demand preservatives) και τα διαδραστικά τρόφιμα (interactive food) με τα οποία οι καταναλωτές θα έχουν τη δυνατότητα να τα τροποποιούν ανάλογα με τις ανάγκες τους ή τις γευστικές τους προτιμήσεις (Echegoyen Y. et al., 2013).

2.3 ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Τα νανοσωματίδια έχουν κατά μοναδικό τρόπο ένα αυξημένο εμβαδόν επιφάνειας, που σε συνδυασμό με τη 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 δίνουν λόγους να υποψιαζόμαστε ότι τα νανοσωματίδια μπορούν να επιδράσουν τοξικά σε ζωντανούς οργανισμούς ή δείχνουν ένα υψηλό βαθμό αβεβαιότητας στην πρόβλεψη της τοξικότητας από τα νανοσωματίδια (Sorrentino A. et. al., 2007).

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 (European Commision Directorate General Health and Consumer Protection, Nanotechnologies, 2009).

Σε ειδικό φυλλάδιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που δημοσιεύθηκε το 2007 και είναι αφιερωμένο στη νανοτεχνολογία υπογραμμίζεται ό,τι η επίδραση των νανοσωματιδίων στον άνθρωπο και το περιβάλλον παραμένει άγνωστη. ***«Μάλλον είναι βάσιμος ο φόβος ότι τα νανοσωματίδια ενδέχεται να έχουν ανεπιθύμητες επιδράσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Θα μπορούσαν, για παράδειγμα, να έχουν βλαβερές συνέπειες για την υγεία εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους που τους επιτρέπει να διεισδύουν σε κύτταρα του σώματος και να υπερνικούν ακόμη και βιολογικούς φραγμούς- όπως ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός, που δημιουργείται από ενδοθηλιακά κύτταρα των τριχοειδών αγγείων***

του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος, με στόχο την προστασία του εγκεφάλου από τοξικές γι' αυτόν ουσίες», επισημαίνεται στο δημοσίευμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Ακόμα κι αν η επιστημονική γνώση είναι πολύ περιορισμένη όσον αφορά, την ασφάλεια των νανοσωματιδίων, πολλοί επιστήμονες και τοξικολόγοι υποστηρίζουν πως ο ενδεχόμενος κίνδυνος για την υγεία φαίνεται πως μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο, δεδομένου ό,τι τα νανοσωματίδια στη φύση είναι εξαιρετικά «κολλώδη». Αυτό σημαίνει ό,τι σχηματίζουν πολύ γρήγορα μεγάλα συσσωματώματα, τα οποία εκτιμάται ό,τι δε θα δημιουργούν προβλήματα στον οργανισμό (Maynard A.D, 2006).

Μερικά εύλογα ερωτήματα για τα οποία, οι γνώσεις, της επιστήμης, είναι ελάχιστες σχετίζονται με τη μεταφορά νανοσωματιδίων στο γάλα θηλαζουσών γυναικών, τη μακροχρόνια συσσώρευση και επιμονή των νανοσωματιδίων μέσα στο ανθρώπινο σώμα, την τοξικολογική επίδραση νανοσωματιδίων που εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα μέσω του στόματος, την συνένωση νανοσωματιδίων κατά την χώνευση μέσα στο γαστρεντερικό σύστημα, τις πιθανές επιδράσεις στην αναπαραγωγή και φυσικά και πολλά άλλα, τα οποία οι ειδικοί καλούνται, να απαντήσουν και μάλιστα άμεσα, αφού η νανοτεχνολογία αυξάνεται καθημερινά με ραγδαίους ρυθμούς.

Οι μέθοδοι εκτίμησης κινδύνου που υπάρχουν για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό νανοσωματιδίων έχουν περιορισμούς όταν εφαρμόζονται για δείγματα τροφίμων (Food Safety Authority of Ireland, 2008). 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 (De Azaredo H.M.C, 2009). 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. Δεν υπάρχει αρκετή γνώση για την πιθανότητα πρόσθετων τοξικών επιδράσεων από την ταυτόχρονη έκθεση σε διαφορετικά νανοσωματίδια (De Azaredo H.M.C, 2009).

2.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η υφιστάμενη Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα τρόφιμα δεν περιλαμβάνει ειδικές πρόνοιες για τα ναοσωματίδια αλλά θεωρείται ότι τα τρόφιμα ναοτεχνολογίας καλύπτονται από τον γενικό νόμο για τα τρόφιμα. Εντούτοις, ειδικές πρόνοιες για τη ναοτεχνολογία πρόκειται να ενσωματωθούν σε αναμενόμενες Ευρωπαϊκές νομοθεσίες τροφίμων (*Food Safety Authority of Ireland, 2008*). Επικρατεί η αντίληψη ότι η πλειονότητα των ναοσωματιδίων στα τρόφιμα εμπίπτει στην κατηγορία των νεωτεριστικών τροφίμων και για αυτό υπόκεινται σε διαδικασία έγκρισης (*Food Safety Authority of Ireland, 2008*). Παρά ταύτα, το Ηνωμένο Βασίλειο πιστεύει ότι κάποια ναοσωματίδια μπορεί να έχουν ιστορικό χρήσης στα τρόφιμα και ως εκ τούτου να εκφεύγουν της διαδικασίας έγκρισης για τα νεωτεριστικά τρόφιμα (*Friends of the Earth Australia, Europe and USA, 2008*). Αναμένεται ότι η αναθεώρηση της νομοθεσίας για τα νεωτεριστικά τρόφιμα θα αναφέρει συγκεκριμένα τη ναοτεχνολογία (*Food Safety Authority of Ireland, 2008*). Ήδη, η νομοθεσία για τα πρόσθετα τροφίμων περιλαμβάνει συγκεκριμένες πρόνοιες για τα πρόσθετα τροφίμων που έχουν μορφή ναοσωματιδίων. 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 ναοτεχνολογία. Συνίσταται όπως η νομοθεσία τροποποιηθεί ώστε να απαιτεί όπως όλα τα ναοσωματίδια υπόκεινται σε διαδικασία εκτίμησης κινδύνου (*Food Safety Authority of Ireland, 2008*).

2.4.1 ΣΗΜΑΝΣΗ

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθμ. 1223/2009, ο οποίος ψηφίστηκε από τα νομοθετικά σώματα στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, είναι απαραίτητη η συμπερίληψη στη σήμανση τροφίμων ένδειξης για την ύπαρξη ναοσωματιδίων/ χρήσης της ναοτεχνολογίας 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 ναοσωματιδίων ή τη χρήση ναοτεχνολογίας για την παρασκευή τροφίμου (*Wernette R., 2009*). 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 νανοτεχνολογίας. Η βιομηχανία ενδεχομένως να είναι επιφυλακτική στο να σημάνει ένα προϊόν με ένδειξη που το συνδέει με την νανοτεχνολογία, γνωρίζοντας ότι ένα σημαντικό μέρος του κοινού δεν επιθυμεί όπως τα τρόφιμα που καταναλώνει είναι «προϊόντα μηχανολογίας» (Wernette R., 2009).

ΣΧΗΜΑ 3: Ετικέτα συμπληρώματος διατροφής με νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου (TiO₂).

180 Caplets	
Serving Size 3 Caplets	
Servings Per Container 60	
Amount Per Serving	% Daily Value
NaNOx9® Hardcore Pro Series™ Proprietary Blend	3,062 mg †
ArgiProX9™	†
L-Arginine	†
L-Arginine Alpha-Ketoglutarate	†
L-Arginine Pyroglutamate	†
L-Arginine HCL	†
VasoAMP™	†
L-Citrulline	†
L-Carnosine (Beta-Alanine And Histidine Dipeptide)	†
Asian Ginseng Extract (As Panax Ginseng) (Root)	†
Co-Enzyme Q10	†
† Percent Daily Values not established	
Other Ingredients:	
Microcrystalline Cellulose, Hydroxypropyl Cellulose, Coating (Polyethylene Glycol, FD&C Red No. 40, Talc, Titanium Dioxide, FD&C Blue No. 2), Carboxymethylcellulose, Croscopidone, Vegetable Stearine, Magnesium Stearate, Silica, Acesulfame-Potassium.	

ΠΗΓΗ : <http://infitnity.com/products/nano-x9-hardcore-pro-series>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ

Η ραγδαία ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας στα σημερινά επίπεδα, καθώς και οι μελλοντικές της προοπτικές δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς κάποια απαραίτητα εργαλεία. Απαιτείται εξοπλισμός που επιτρέπει στους επιστήμονες να βλέπουν με ακρίβεια, να ελέγχουν κ και να κατασκευάζουν υλικά και συσκευές κατηγορίας νανοκλίμακας (*Calzolari L. et al. 2012*).

Ο χαρακτηρισμός των νανοσωματιδίων είναι μία κουραστική κι αβέβαιη δουλειά. Κι αυτό γιατί υπάρχουν πολλά βήματα, στα οποία τα σωματίδια μπορούν ν' αλλάξουν δομή, μέγεθος κ.τ.λ σε σχέση με αυτά που θα είχαν στο φυσικό τους περιβάλλον (*von der Kammer F. et al., 2011*). Η ταυτότητα και η δραστηκότητά τους εξαρτώνται από την πληθώρα των ιδιοτήτων τους (*Tiede K. et al., 2008, von der Kamer F. et al., 2011*).

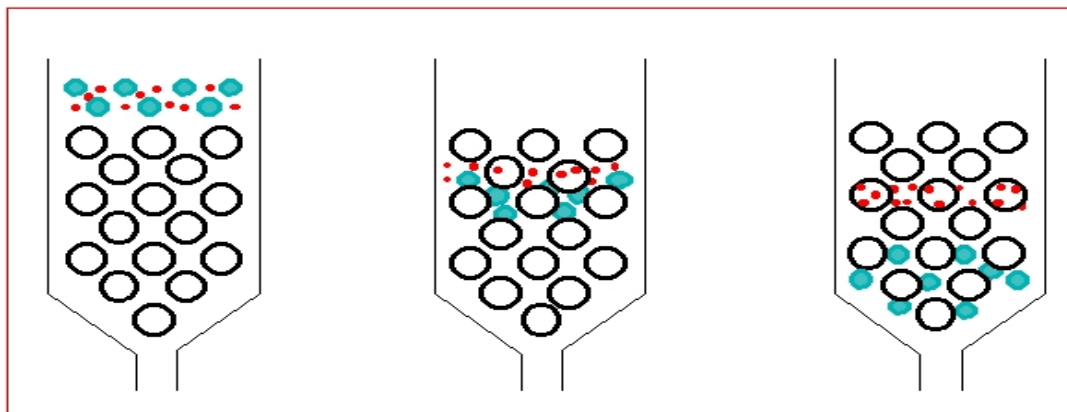
Συνεπώς, ανάλογα με την κάθε μέθοδο που χρησιμοποιείται μπορούν να ανιχνευθούν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Έτσι δεν υφίσταται μόνο οπτικοποίηση των νανοσωματιδίων, αλλά και των ιδιοτήτων τους, του σχήματός τους, της δομής τους, της απορρόφησής τους αλλά και του μεγέθους τους (*Luykx D.M. et al., 2008*).

3.1 ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ (SIZE EXCLUSION CHROMATOGRAPHY, SEC)

Η χρωματογραφία διαχωρισμού μεγεθών, είναι ένας τύπος υγρής χρωματογραφίας, στην οποία τα μόρια της διαλυμένης ουσίας διαχωρίζονται κατά μέγεθος, ως συνέπεια της διόδου τους μέσα από γεμάτους διαλύτη πόρους στο υλικό πληρώσεως της στήλης (*column packing*) (*Ismail B., 2010*). Τα μεγάλα μόρια αποκλείονται από μερικούς ή όλους τους πόρους του υλικού πληρώσεως λόγω του μεγέθους τους. Αυτά εκλύονται από τη στήλη πριν από τα μικρότερα μόρια, τα οποία λόγω του μικρού υδροδυναμικού τους όγκου έχουν τη δυνατότητα να διέλθουν από μεγαλύτερο ποσοστό πόρων (*Tiede K. et al., 2008*). Σε κάθε σύστημα SEC υπάρχει κατάλληλη αλληλουχία στηλών με διαφορετικό μέγεθος πόρων και πειραματικώς προσδιοριζόμενα όρια μεγέθους, μεταξύ των οποίων είναι δυνατός ο διαχωρισμός (*Krueger K.M. et al. 2005, , Ziegler K.J. et al., 2005*). Τέλος, είναι μία μέθοδος η οποία προσφέρει μικρό χρόνο ανάλυσης και σαφή διαχωρισμό

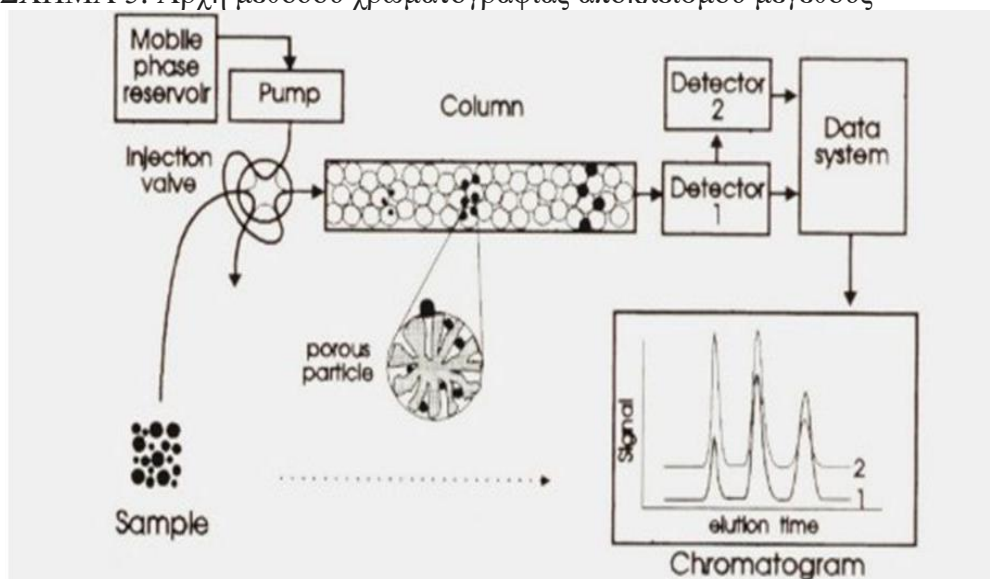
σωματιδίων μεγάλης μάζας ακόμα κι αν βρίσκονται σε μικρή συγκέντρωση, ενώ απ' την άλλη, το κόστος της είναι υψηλό και το δείγμα χρειάζεται να επεξεργαστεί, έτσι ώστε να απαλλαγεί από σκόνες, που μπορεί να καταστρέψουν τις στήλες (Krueger K.M. et al. 2005, Ziegler K.J et al., 2005).

ΣΧΗΜΑ 4: Διαχωρισμός με αποκλεισμό μεγέθους με τη χρωματογραφία SEC



ΠΗΓΗ: Thiberge S, Zik O, Moses E. 2004b. An apparatus for imaging liquids, cells, and other wet samples in the scanning electron microscopy.

ΣΧΗΜΑ 5: Αρχή μεθόδου χρωματογραφίας αποκλεισμού μεγέθους



ΠΗΓΗ: Luykx DM, Peters RJ, van Ruth SM, Bouwmeester H. A review of analytical methods for the identification and characterization of nano delivery systems in food. J Agric Food Chem, 2008

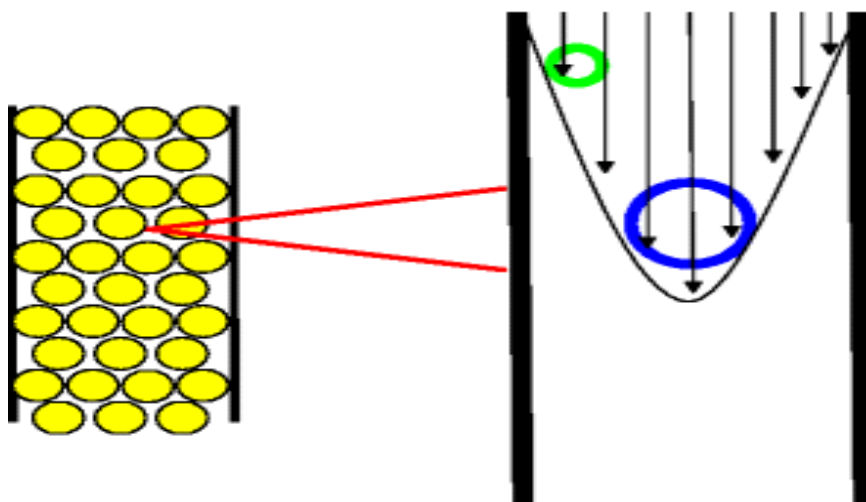
3.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ (HYDRODYNAMIC CHROMATOGRAPHY, HDC)

Η υδροδυναμική χρωματογραφία διαχωρίζει κι αυτή κατά μέγεθος όπως και η χρωματογραφία αποκλεισμού μεγέθους (SEC). Η υδροδυναμική ακτίνα, που λαμβάνεται υπόψη σ αυτό το είδος χρωματογραφίας, αναφέρεται στην ακτίνα ενός μορίου, το οποίο βρίσκεται μέσα σ' ένα διάλυμα συμπεριλαμβανομένου και του διαλύτη (Tiede K. et al., 2008). Η στήλη στη συγκεκριμένη χρωματογραφία είναι πληρωμένη με μη πορώδη σφαιρίδια, σε αντίθεση με τη στήλη της μεθόδου SEC, δημιουργώντας διαύλους ροής, έτσι ώστε τα σωματίδια να διαχωρίζονται ανάλογα με την ταχύτητα της ροής τους (Tiede K. et al., 2008, Luykx D.M. et al., 2008). Ως εκ τούτου, τα μεγαλύτερα σωματίδια εκκλούνται ταχύτερα από τη στήλη σε σχέση με τα μικρότερα (Tiede K. et al., 2008).

Οι στήλες στην υδροδυναμική χρωματογραφία επιλέγονται ανάλογα με το μέγεθος του προς εξέταση δείγματος (Luykx D.M. et al., 2008). Πιο συγκεκριμένα για νανοσωματίδια, που έχουν διάμετρο 30-1000nm, χρησιμοποιούνται στήλες πληρώσεως (διαμέτρου: 20μm, μήκους: 50cm, εσωτερικής διαμέτρου: 0.78 cm), ενώ αντίθετα, για νανοσωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους χρησιμοποιούνται τριχοειδείς στήλες (Luykx D.M. et al., 2008).

Στην υδροδυναμική χρωματογραφία δε χρειάζεται επεξεργασία δείγματος, όπως στη χρωματογραφία διαχωρισμού μεγέθους. Επιπροσθέτως, επειδή, χρησιμοποιούνται διαφορετικές στήλες ανάλογα με το μέγεθος του προς εξέταση δείγματος, έχουμε μεγαλύτερη ιχνηλασιμότητα για σωματίδια μικρού μεγέθους, σε σχέση με τη SEC. Όμως, το κόστος της είναι υψηλό, ενώ το μη επεξεργασμένο δείγμα μπορεί να αλλοιώσει την ευαισθησία του ανιχνευτή (Luykx D.M. et al., 2008).

ΣΧΗΜΑ 6: Σχηματικό διάγραμμα της στήλης πλήρωσης της υδροδυναμικής χρωματογραφίας (HDC), που απεικονίζει τη σειρά έκλουσης (μεγάλα νανοσωματίδια (μπλε) εκλούνται πιο γρήγορα από τα μικρά (πράσινα) μέσα από μη-πορώδη σφαιρίδια (κίτρινα)



ΠΗΓΗ: Chmela E. A chip system for size separation of macromolecules and particles by hydrodynamic chromatography., 2002. pg. 3474

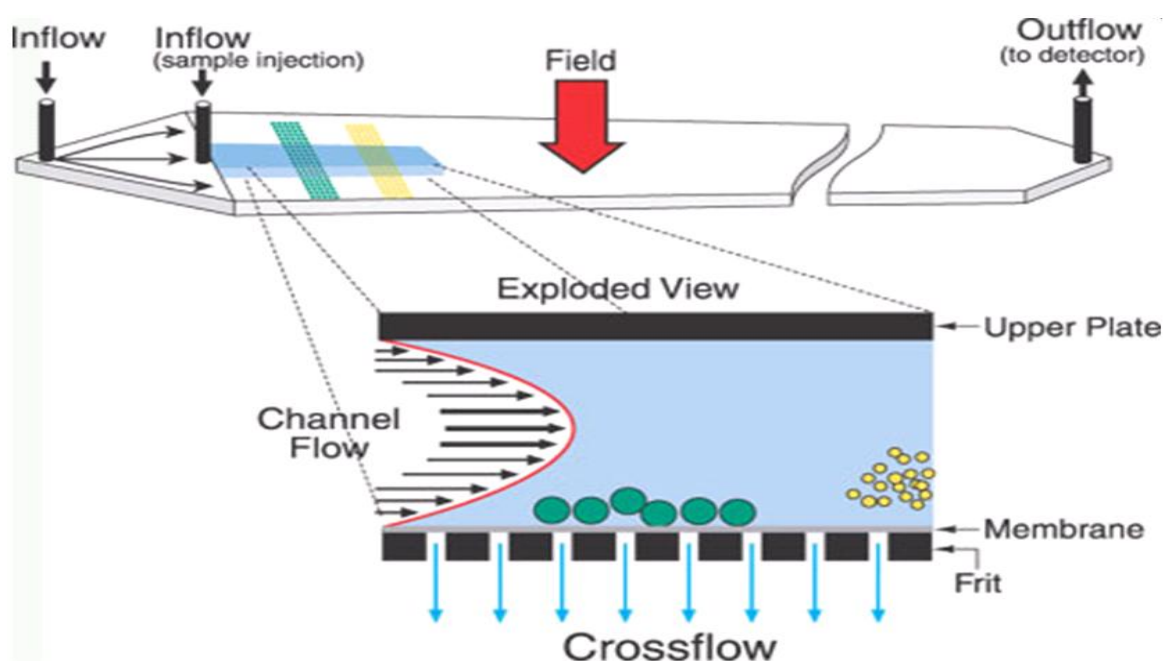
3.3 ΚΛΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΡΟΗΣ (FIELD FLOW FRACTIONATION, FFF)

Μία πολλά υποσχόμενη τεχνική για το διαχωρισμό μεγέθους σε πολύπλοκα φυσικά δείγματα είναι η κλασματοποίηση πεδίου ροής (FFF) (*Giddings J.C., 1993, Beckett and Hart, 1993, Schimpf M. et al., 2000*). Είναι παρόμοια με τις άλλες δύο χρωματογραφικές τεχνικές αλλά ο διαχωρισμός βασίζεται αποκλειστικά στο φυσικό διαχωρισμό, χωρίς να στηρίζεται σε μία στατική φάση (*Stegeman G. et al., 1994*).

Μια τυπική κλασματοποίηση πεδίου ροής αποτελείται από ένα λεπτό επίπεδο διάλυτο. Χρησιμοποιείται ένας διάλυτος διαχωρισμού αντί της στήλης, που είναι απαραίτητη στη χρωματογραφία (*Morrison and Benoit, 2001*). Ένα εξωτερικό πεδίο εφαρμόζεται

κάθετα στο διάλυτο και οδηγεί τα συστατικά σ' ένα τοίχο του διαλύτου (τοίχος συσσώρευσης), όπου αποκτούν μία σταθερή διανομή στο χώρο του διαλύτου (Kowalkowski T. et al., 2006). Η συμπίεσή τους, ως δύναμη που εφαρμόζεται από το εξωτερικό πεδίο στα μόρια αυξάνεται. Το πεδίο μπορεί να είναι θερμικό, ηλεκτρικό, μαγνητικό ή βαρυτικό (Morrison and Benoit, 2001). Τα μόρια οδηγούνται στον τοίχο συσσώρευσης και μεταφέρονται προς την έξοδο του διαλύτου, κι έπειτα στον ανιχνευτή. Η έξοδος των μορίων επηρεάζεται από το εφαρμοζόμενο πεδίο. Ως εκ τούτου τα μόρια που βρίσκονται κοντά (μεγάλα σωματίδια) στον τοίχο του διαλύτου θα μεταφερθούν πιο αργά σε σχέση με αυτά (μικρά σωματίδια) που βρίσκονται μακριά απ' αυτόν (Baalousha M. et al., 2005).

ΣΧΗΜΑ 7: Αρχή λειτουργίας της κλασματοποίησης πεδίου ροής (FFF). Το πεδίο που ασκείται κάθετα στον άξονα του διαλύτου οδηγεί τα μεγάλα σωματίδια(πράσινα) στο τοίχωμα του διαλύτου, ενώ τα μικρότερα (κίτρινα) πιο μακριά, από αυτό. Με αποτέλεσμα, τα μεγάλα σωματίδια (πράσινα) να βγουν έξω απ' το διάλυτο πιο αργά σε σχέση με τα μικρά (κίτρινα).



ΠΗΓΗ : Fathi A., MessaudRon D., Sanderson J., Ray Runyon^b, Tino O., Harald Ph., S. K.R. Williams. An overview on field-flow fractionation techniques and their applications in the separation and the characterization of polymers, 2009.

3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ (ELECTRON MICROSCOPY, EM)

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία είναι μία ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την ανίχνευση και τον χαρακτηρισμό των νανοχωματιδίων, δεδομένου ότι έχει τη δυνατότητα να απεικονίσει τα μόρια ενός δείγματος (*Calzolari L. et al., 2012*). Όλες οι μικροσκοπικές μέθοδοι περιλαμβάνουν μία διαδικασία, βασισμένη είτε στο φωτισμό από το φως είτε το βομβαρδισμό των ηλεκτρονίων (*Blasco C. et al., 2010*). Η χρήση της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας, είναι ιδανική για σωματίδια που κυμαίνονται από 0,001 έως 200 μm (*Mason C.W, 1983*).

Μέθοδοι ηλεκτρονικής μικροσκοπίας :

- Ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης (Transmission Electron Microscopy, TEM)
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning Electron Microscopy, SEM)

3.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ (TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY, TEM)

Στην κατηγορία των ανιχνευτών διέλευσης ηλεκτρονίων, χρησιμοποιείται τεχνική απεικόνιση κατά την οποία μία δέσμη ηλεκτρονίων διαδίδεται, μέσα από ένα υλικό μ' αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας εικόνας, η οποία μεγεθύνεται και οδηγείται σε κατάλληλη απεικονιστική διάταξη για να τροποποιηθεί σε μορφή ορατή για το ανθρώπινο μάτι (*Mendez-Vilas A. et.,al. 2007*).

Στην ηλεκτρονική μικροσκοπία μετάδοσης, ένα δείγμα βομβαρδίζεται από μία δέσμη ηλεκτρονίων. Η δέσμη αυτή διαβιβάζεται διαμέσου του δείγματος. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δέσμης ηλεκτρονίων και του δείγματος παρουσιάζονται έπειτα στην εστίαση από τον αντικειμενικό φακό σε μια εικόνα. Έπειτα η εικόνα

αυτή, χτυπά την οθόνη φωσφόρου και δημιουργείται φως, που επιτρέπει στον αναλυτή να δει την εικόνα (Cockayne D. ,2005).

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη σκέδαση φωτός, τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις βαρέα μέταλλα (όσμιο, ουράνιο) στο δείγμα. Η ενισχυμένη εκτροπή των ηλεκτρονίων από την ευθεία πορεία της δέσμης ενισχύει την ανάλυση (Wilson R. et al., 2002).

3.4.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΣΑΡΩΣΗΣ (SCANNING ELECTRON MICROSCOPY, SEM)

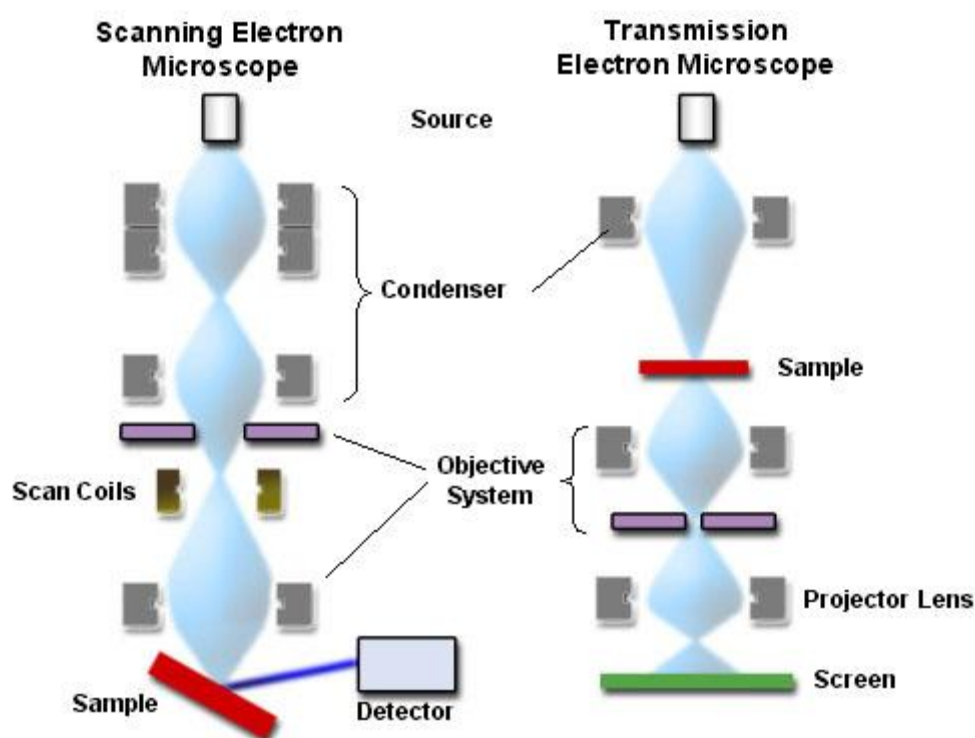
Η λειτουργία του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης βασίζεται στην αλληλεπίδραση μίας δέσμης ηλεκτρονίων με τα άτομα της επιφάνειας ενός στερεού συνήθως σε περιβάλλον κενού. Σε αντίθεση, με τη μικροσκοπία διέλευσης, τα ηλεκτρόνια προσκρούουν στην επιφάνεια του δείγματος (Chescoe D. et al., 1984). Δεδομένου ό,τι η δέσμη των ηλεκτρονίων αλληλεπιδρά με το δείγμα, τα ηλεκτρόνια εκτινάσσονται από την επιφάνεια του δείγματος. Ο ανιχνευτής ελέγχει, σε κάθε σημείο του δείγματος, το ποσό ενέργειας που χάνεται από τη δέσμη των ηλεκτρονίων (Chescoe D. et al., 1984). Οι διαφορές στην ένταση της δέσμης των ηλεκτρονίων μεταξύ αυτών που προσπίπτουν στο δείγμα και αυτών που αποσπώνται, μετατρέπονται σε εικόνα, που αποτυπώνει σε κάθε σημείο της, τη μορφολογία της επιφάνειας του δείγματος. (Chescoe D. et al., 1984).

Οι εικόνες που παράγονται και από τη μικροσκοπία σάρωσης (SEM) και από τη μικροσκοπία διέλευσης (TEM) είναι σε μια ασπρόμαυρη κλίμακα. Οι σκοτεινοί τομείς της εικόνας αντιπροσωπεύουν εκείνες τις περιοχές του δείγματος από τις οποίες παρήχθησαν λίγα ηλεκτρόνια, ενώ οι φωτεινότεροι τομείς αντιπροσωπεύουν εκείνες τις περιοχές που παρήχθησαν περισσότερα ηλεκτρόνια. (Pyrz W. D. et al., 2008).

Η ανάλυση με τη χρήση μικροσκοπίας και με τις δύο μεθόδους, έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους, δεδομένου ότι μπορεί να παρέχει τις πληροφορίες για το μέγεθος σωματιδίων, τη μορφή και τη σύσταση της επιφάνειας για ένα μεγάλο εύρος μεγέθους μορίων. Από την άλλη όμως, οι αναλύσεις γίνονται με

τη χρήση υψηλού κενού, το οποίο απαιτεί την ξήρανση του δείγματος, συνεπώς είναι πολύ πιθανή η αλλοίωση του δείγματος (von der Kammer F. et al., 2011).

ΣΧΗΜΑ 8: Σχηματικό διάγραμμα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM),αριστερά, και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου μετάδοσης (TEM), δεξιά. Και στις δύο μεθόδους παράγονται ηλεκτρόνια από την κορυφή τους, όμως στο μικροσκόπιο σάρωσης (SEM),αριστερά, η δέσμη ηλεκτρονίων διασχίζει την επιφάνεια του δείγματος, ενώ στο μικροσκόπιο μετάδοσης (TEM), δεξιά, διαπερνά το δείγμα.



ΠΗΓΗ : Chescoe D., Goodhew P.J. The operation of Transmission and Scanning Electron Microscopes, Oxford: New York, 1990.

3.5 ΣΚΕΛΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (LIGHT SCATTERING, LS)

Όταν μια δέσμη φωτός προσπέσει σε ένα υλικό, τα ηλεκτρόνια του υλικού αλληλεπιδρούν με το φως, διεγείρονται και επανεκπέμπουν την απορροφούμενη ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις με το ίδιο ακριβώς μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Σκέδαση του φωτός ονομάζεται ο διασκορπισμός των φωτεινών ακτινών που λαμβάνει χώρα όταν προσπέσουν σε μικροσκοπικά

σωματίδια, με αποτέλεσμα τη διάχυσή τους στο χώρο (Wyatt P.J., 2003). Η τεχνική της σκέδασης του φωτός χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μεγέθους σωματιδίων σε κolloειδή συστήματα, εναιωρήματα, κτλ. και αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πειραματικές τεχνικές για το χαρακτηρισμό των πολυμερών σε αραιά διαλύματα (Wyatt P.J., 2003). Συνίσταται στη μέτρηση της ακτινοβολίας η οποία σκεδάζεται από το διάλυμα, σε διάφορες κατευθύνσεις σε σχέση με την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός εξαρτάται από το μήκος κύματος του προσπίπτοντος φωτός, το μέγεθος και το σχήμα των κέντρων σκέδασης, τις οπτικές ιδιότητες των σκεδαστών και τη γωνία παρατήρησης (Waychmnas G.A., 2001). Η τεχνική της σκέδασης του φωτός είναι μια γρήγορη μέθοδος, μη καταστρεπτική για το δείγμα, απόλυτη (αφού δεν χρειάζεται βαθμονόμηση) και μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα τα οποία αποτελούνται από μεγάλο αριθμό σωματιδίων. Έχει όμως δύο μειονεκτήματα: το δείγμα δεν πρέπει να είναι πολύ πυκνό για να μην γίνεται πολλαπλή σκέδαση και δεν πρέπει να υπάρχει πουθενά στο σύστημα σκόνη, διότι τα σωματίδια σκόνης αποτελούν και αυτά κέντρα σκέδασης.

Η τεχνική της σκέδασης του φωτός διακρίνεται στη:

- Στατική σκέδαση φωτός (static light scattering)
- Δυναμική σκέδαση φωτός (dynamic light scattering) (Wyatt P.J., 2003).

3.5.1 ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (STATIC LIGHT SCATTERING, SLS)

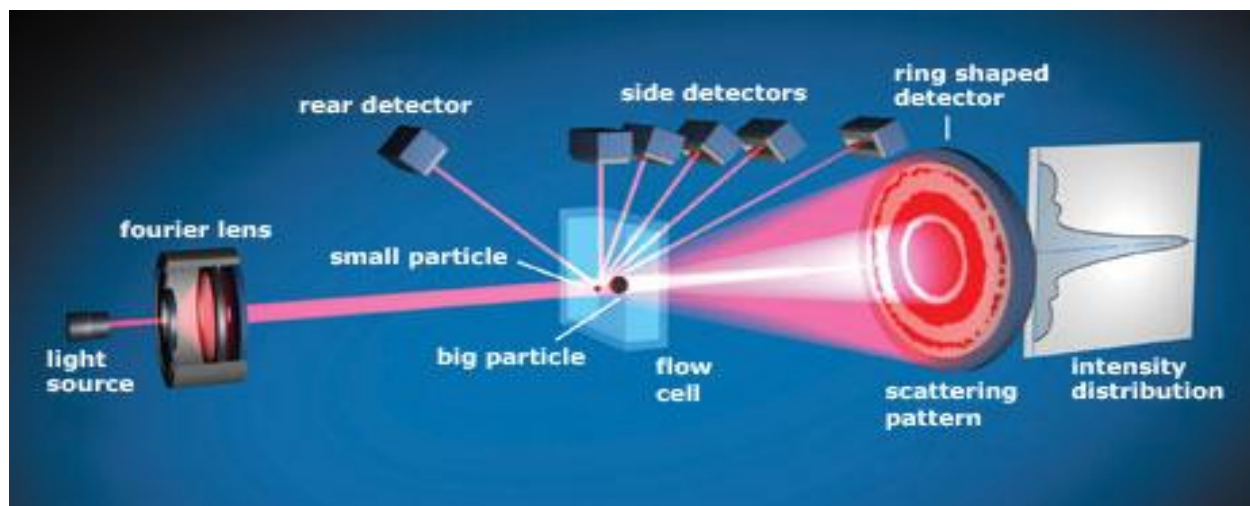
Η τεχνική της στατικής σκέδασης του φωτός βασίζεται στην πολωσιμότητα των σωματιδίων, στα οποία επάγεται διπολική ροπή όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα αλληλεπιδρά με τα ηλεκτρόνια τους. Μετράται η ένταση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας υπό συγκεκριμένες γωνίες για ένα συγκεκριμένο εύρος συγκεντρώσεων του πολυμερούς στο διάλυμα. Υπάρχουν δυο κυρίως θεωρίες οι οποίες περιγράφουν τη στατική σκέδαση του φωτός και χρησιμοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων. Η πρώτη είναι η θεωρία Rayleigh που αναφέρεται στη σκέδαση του φωτός από ισότροπα αιωρούμενα σωματίδια με διαστάσεις μικρότερες από το μήκος

κύματος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ($<\lambda/20$). Η δεύτερη είναι η θεωρία Debye, η οποία περιγράφει τη σκέδαση του φωτός από σωματίδια, των οποίων οι διαστάσεις είναι συγκρίσιμες με το μήκος κύματος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ($>\lambda/20$) (Wyatt P.J., 2003)

3.5.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ (DYNAMIC LIGHT SCATTERING, DLS)

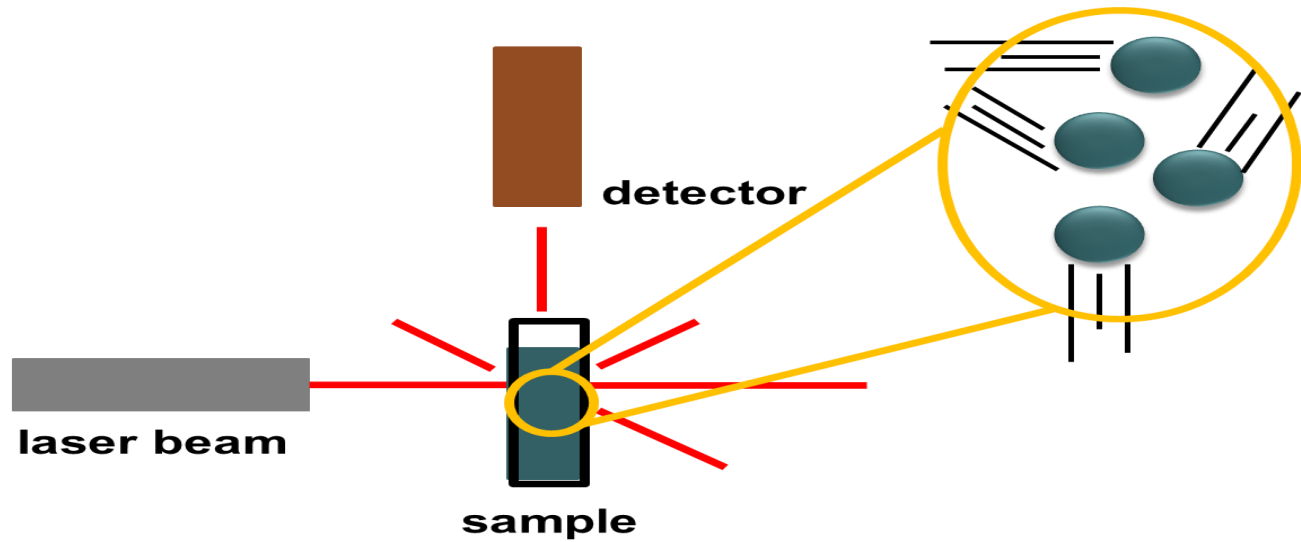
Η δυναμική σκέδαση είναι επίσης γνωστή ως ψευδο-ελαστική σκέδαση φωτός (quasi-elastic light scattering, QELS) ή φασματοσκοπία συσχέτισης φωτονίων (photon correlation spectroscopy). Σήμερα η τεχνική της δυναμικής σκέδασης του φωτός χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του συντελεστή διάχυσης (μεταφοράς και περιστροφής) σε αραιά διαλύματα, του μεγέθους και του σχήματος των σωματιδίων (Wyatt P.J., 1993).

ΣΧΗΜΑ 9: Αναπαράσταση των βασικών στοιχείων συσκευής στατικής σκέδασης φωτός (Static Light Scattering, SLS)



ΠΗΓΗ : Maradudin Alexei A., Light Scattering and Nanoscale Surface Roughnes, 2007.

ΣΧΗΜΑ 10 : Αναπαράσταση των βασικών στοιχείων συσκευής δυναμικής σκέδασης φωτός (Dynamic Light Scattering, DLS)



ΠΗΓΗ : **Wolfgang S.**, Light Scattering from Polymers solutions and Nanoscale Dispersion and Springer Laboratory, 2007.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εποχή μας, η ανθρωπότητα, βιώνει μία τεχνολογική επανάσταση εφάμιλλη της βιομηχανικής επανάστασης, του περασμένου αιώνα, την επανάσταση της νανοτεχνολογίας. Η νανοτεχνολογία διεισδύει σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας συμπεριλαμβανομένης της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας. Η επίδραση της είναι καταλυτική σε οποιαδήποτε βιομηχανία, από τη βιομηχανία φαρμάκων και καλλυντικών, μέχρι των υφασμάτων και των ελαστικών, ενώ αναμένεται να αλλάξει ριζικά τη βιομηχανία τροφίμων.

Πολλές χώρες έχουν προσδιορίσει τη δυνατότητα της νανοτεχνολογίας στον αγροδιατροφικό τομέα και επενδύουν καθημερινά σημαντικά ποσά χρημάτων, στην έρευνα και στην ανάπτυξη. Ειδικότερη συμβολή της νανοτεχνολογίας τροφίμων φαίνεται να παρέχεται, στο πεδίο διασφάλισης και τον έλεγχο της ασφάλειας και ποιότητας προϊόντων, με την ανάπτυξη μεθόδων και ενόργανων εφαρμογών εποπτείας και ελέγχου των διεργασιών παραγωγής αλλά και των κρίσιμων σημείων ελέγχου, στα πλαίσια της εφαρμογής συστημάτων αυτοελέγχου (HACCP). Στα προσδοκώμενα πλεονεκτήματα συγκαταλέγεται και η πρόοδος στις παρεχόμενες δυνατότητες συντήρησης ενός προϊόντος σε συνδυασμό με τον προσδιορισμό και τη βελτίωση των τεχνικών εποπτείας του εκτιμώμενου χρόνου ζωής. Ιδιαίτερα τονίζεται η πρόοδος στον τομέα της συσκευασίας, στον έλεγχο της αποθήκευσης και διακίνησης των προϊόντων, στην σήμανση και στην εφαρμογή συστημάτων ιχνηλασιμότητας.

Τα νανοσωματίδια εμφανίζουν μοναδικές και πρωτοφανείς ιδιότητες, που οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, δηλαδή στο σχήμα και το μέγεθός τους. Ο βασικότερος λόγος για τη διαφορετική συμπεριφορά των υλικών στις νανοδιαστάσεις αποτελεί το γεγονός πως σε αυτήν την περίπτωση διαθέτουν πολύ μεγάλο λόγο επιφάνειας προς μάζα, καθώς, δηλαδή τα σωματίδια σμικρύνονται μειώνεται σημαντικά η μάζα τους, ενώ αυξάνεται αναλογικά η επιφάνειά τους. Υπερτερούν έτσι, σημαντικά οι επιφανειακές ιδιότητες έναντι των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του υλικού αυτού, κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να παρουσιάζονται νέες ιδιότητες ή να ενισχύονται σημαντικά, οι ήδη υπάρχουσες, όπως για παράδειγμα, η υφή ενός τροφίμου.

Για το χαρακτηρισμό και την ανίχνευση των νανοσωματιδίων αναπτύχθηκαν και συνεχώς εξελίσσονται διάφορες μέθοδοι. Οι οποίες, έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν σωματίδια κλίμακας nano. Η καθεμία, έχει τη δική της αρχή λειτουργίας ενώ δε χρησιμοποιούνται όλες για τον ίδιο σκοπό. Αρχικά, οι χρωματογραφικές μέθοδοι (SEC, HDC, FFF) χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό σωματιδίων με βάση το μέγεθός τους. Στις δύο πρώτες, γίνεται χρήση διαλύτη για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός μικρών και μεγάλων σωματιδίων, ενώ στην κλασματοποίηση ροής πεδίου, ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο, κάνοντας χρήση κάποιου εξωτερικού πεδίου. Παρόλο το ακριβό κόστος τους, χρησιμοποιούνται γιατί παρέχουν γρήγορη ανάλυση. Από την άλλη, η κλασματοποίηση ροής πεδίου είναι μία πρωτοεμφανιζόμενη μέθοδος, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν πολλές εφαρμογές της κι έτσι δεν μπορούμε να έχουμε μία πλήρη εικόνα των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της.

Εν συνεχεία, οι τεχνικές μικροσκοπίας μπορούν να παρέχουν ανάλυση δειγμάτων με μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τις χρωματογραφικές, ενώ παράλληλα μπορούν να προσφέρουν και την οπτική απεικόνιση σωματιδίων. Το κόστος τους είναι μικρότερο σε σχέση με άλλες μεθόδους, ενώ χρησιμοποιούνται ευρέως διότι μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τη σύσταση και τη μορφή των σωματιδίων.

Επιπροσθέτως, η μέθοδος της σκέδασης του φωτός, είναι μία σχετικά γρήγορη μέθοδος, στην οποία το δείγμα δεν καταστρέφεται ακόμα κι αν επεξεργάζεται, αφού δε θα πρέπει να είναι πυκνό, έτσι ώστε να γίνει σωστή σκέδαση, επιπλέον όπως και στις χρωματογραφικές μεθόδους, το σύστημα θα πρέπει να έχει απαλλαγεί από τη σκόνη.

Τα νανοσωματίδια απατώνται σε πρωτοποριακές εφαρμογές και σε διάφορους τομείς της καθημερινής μας ζωής, βλέποντας τα πρώτα προϊόντα να κάνουν ήδη την εμφάνισή τους. Σε αυτό το σημείο ξεκινά ένας καταγισμός ερωτημάτων, που περιστρέφεται γύρω από το αν η χρήση τους είναι ασφαλής κι αν εγκυμονεί κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία.

Συμπερασματικά, μπορεί να ισχυριστεί κανείς πως δεν μπορούν να δοθούν διαβεβαιώσεις πως η νανοτεχνολογία και τα προϊόντα της, είναι απολύτως ασφαλή. Αλλά το ίδιο ισχύει όμως και για το αντίθετο. Αυτό συμβαίνει, διότι είναι

μία επιστήμη που, αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια, κι όπως συμβαίνει με κάθε τέτοια τεχνολογία δεν είναι δυνατό να γνωρίζουμε εξαρχής όλες τις πιθανές επιδράσεις θετικές ή αρνητικές. Χρειάζεται χρόνος κι εμπειρία για να γίνουν γνωστές.

Τέλος, όπως κάθε νέα τεχνολογία, έτσι και η νανοτεχνολογία και τα προϊόντα της πρέπει να αντιμετωπίζονται με σύνεση, υπευθυνότητα και σοβαρότητα, όχι με χαλαρότητα και απροσεξία, ούτε όμως με πανικό και καχυποψία. Άλλωστε, ακόμα και αν αποδειχθεί τελικά ότι τα νανοσωματίδια εμπεριέχουν κινδύνο, αυτό δεν πρέπει να τελματώσει τη χρήση μιας τεχνολογίας που μπορεί να προσφέρει τεράστια οφέλη σε πολυάριθμους τομείς της κοινωνίας μας. Απλά θα πρέπει να εφαρμοστούν παράλληλα και μέθοδοι προστασίας από τους κινδύνους. Άλλωστε όλες οι τεχνολογίες μπορούν να αποβούν καταστροφικές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, όταν η χρήση τους γίνεται αλόγιστα και επικίνδυνα, θα ήταν άδικο όμως να ταυτιστούν με την καταστροφικότητα και να καταδικάζονται. Γιατί στην πραγματικότητα όλες οι τεχνολογίες υπηρετούν τον άνθρωπο, την ευημερία και την πρόοδό του, αρκεί να χρησιμοποιούνται με μέτρο, υπευθυνότητα και τις κατάλληλες προφυλάξεις.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ali M., Hashim, U., Mustafa, S., Che Man Y.B., Islam Kh. N. Gold Nanoparticle Sensor for the Visual Detection of Pork Adulteration in Meatball Formulation, *Journal of Nanomaterials*, 2012.
2. Ashwood P., Thompson R. and J. Powell. Fine particles that adsorb lipopolysaccharide via bridging calcium cations may mimic bacterial pathogenicity towards cells. *Journal article of Experimental Biology and Medicine*. pg. 107-117, 2007.
3. B.A.S.F. Solu TM E 200 BG: Water soluble Vitamin E compound. Products for the Dietary Supplement, Beverage and Food Industries – Technical Information, pg. 31-45, 2005.
4. Baalousha M., Kammer F.V.D, Motelica-Heino M, Hilal HS, Le Coustumer P. Size fractionation and characterization of natural colloids by flow-field flow fractionation coupled to multi-angle laser light scattering. *Journal Chromatography A*, pg. 217-281, 2006.
5. Beckett R., Hart B.T. Use of field-flow fractionation techniques to characterize aquatic particles, colloids, and macromolecules. In: J.Buffle, H.P. van Leeuwen, editors. *Environmental Particles*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pg. 165-205, 1993.
6. Blasco C., Picó Y. Determining nanomaterials in food. *Trends Anal. Chem.* pg. 67-83, 2010.
7. Calzolari L, Gilliland D, Rossi F. Measuring nanoparticles size distribution in food and consumer products: a review. *Food Additives and Contaminants Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, pg. 1183-1193, 2012.
8. Chescoe D., Goodhew P.J. Particle size determination using TEM: The operation of Transmission and Scanning Electron Microscopes. Oxford, New York, pg. 115-123, 1990.
9. Cha D. and M. Chinnan Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review. *Critic Rev. Food Science Nutrition*, pg. 223-237, 2004.
10. Chaudry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken, R., Watkins, R. Applications and Implications of

- Nanotechnologies for the Food Sector. Food Additives and Contaminants, pg. 241-258, 2008.
11. Cao A., Light scattering. Recent applications, pg. 3185-3225, 2003.
 12. Chmela E. A chip system for size separation of macromolecules and particles by hydrodynamic chromatography, pg. 3474, 2002.
 13. Cockayne D., We can see atoms, Journal article of Science, 2005.
 14. Duncan, T.V. Applications of Nanotechnology in Food Packaging and Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials and Sensors. Journal of Colloid and Interface Science, pg. 1-24, 2011.
 15. De Azeredo H.M.C. Nanocomposites for food packaging applications. Food Research International., pg. 1240-1253, 2009.
 16. Echegoyen, Y., Nerín, C., “Nanoparticle release from nano-silver antimicrobial food containers”, Food Chemical Toxicology., pg. 16-22, 2013.
 17. European Commission Directorate General Health and Consumer Protection. Nanotechnologies, <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/1-3/9-conclusion.htm>, 2009.
 18. Fathi A., MessaudRon D., Sanderson J., Ray Runyon, Tino O., Harald Ph., S. K.R. Williams. An overview on field-flow fractionation techniques and their applications in the separation and the characterization of polymers. Progress in Polymer Science. pg.351-368, 2009.
 19. Food Safety Authority of Ireland. The Relevance for Food Safety of Applications of Nanotechnology in the Food and Feed Industries, www.fsai.ie/assets/0/86/204/b81b142b-9ef7-414c-9614-3a969835b392.pdf, 2008.
 20. Friends of the Earth Australia, Europe & U.S.A. Out of the Laboratory and on to our Plates, Nanotechnology in Food & Agriculture, www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf, 2009.
 21. Giddings J.C. Field-Flow Fractionation - Analysis of Macromolecular, Colloidal and Particulate Materials, Science. pg. 1456-65, 1993.

22. Ismail B., Nielsen S.S., Food Analysis, chapter 27: Basic principles of chromatography. Food Science Texts series, Springer Science, pg. 473-498, 2010.
23. Kowalkowski T., Buszewski B., Cantado C., Dondi F., Field-flow fractionation :theory techniques, applications and the challenges. Crit. Rev. Anal. Chem., pg. 129-135, 2006.
24. Krueger K.M, Al-Somali AM, Falkner JC, Colvin VL. Characterization of nanocrystalline CdSe by size exclusion chromatography. Analytical Chemistry, pg. 3511-3515, 2005.
25. Kuzma J., Romanchek J. and Kokotovich A. Upstream Oversight assessment for Agrifood Nanotechnology: A Case Studies Approach. Journal article of Risk Analysis. pg. 1081-1098, 2008.
26. Luykx D.M., Peters R.J., van Ruth S.M., Bouwmeester H. A review of analytical methods for the identification and characterization of nano delivery systems in food. J. Agric. Food Chem. pg. 8231-8247, 2008.
27. Maradudin Alexei A.,L. Light Scattering and Nanoscale Surface Roughness. Nanostructure Science and Technology. pg. 1-33, 2007.
28. Mason C.W. Handbook of Chemical Microscopy. pg. 78-95, 1983.
29. Maynard A.D., Nanotechnology: assessing the risks. Nanotoday. pg. 22-33, 2006.
30. Mendez-Vilas A., Diaz J., Scanning electron microscopy and transmission electron microscopy of molecules: challenges and opportunities. Modern research and educational topics in microscopy. pg. 23-56, 2007.
31. Morrison M.A., Benoit G., Filtration artifacts caused by overloading membrane filters. Environmental Science & Technology, pg. 3774-3779, 2001.
32. Mujibur R., Kwon L.J, Jeong J., Rok S.Y., Usage of nanoparticles with their potential toxicity assessment and regulatory guidelines., Toxicology and Environmental Health Sciences. pg. 49-54, 2013.
33. Nu Mega. Personal communication with company representative. pg. 63-82, 2007.

34. Poole C. Jr., Owens F. Introduction to Nanotechnology. The review of structure and properties, manufacturing techniques, methods of research and areas of applications of nanomaterials. pg. 35-79, 2003.
35. Powell J.J., Thoree V., Pele L.C. Dietary microparticles and their impact on tolerance and immune responsiveness of the gastrointestinal tract. Br J Nutr. pg.59-63, 2007.
36. Pray L., Yaktine A., Nanotechnology in food products, Institute of Medicine, pg. 59-71, 2009.
37. Pyrz W.D., Buttrey D.J., Particle size determination using TEM : A discussion of image acquisition and analysis for the novice microscopist. Langmuir, pg. 11350-11360, 2008.
38. Roko M.C., Williams R.S, Alivisatos P., eds. Nanotechnology Research Directions : Vision for Nanotechnology in the Next Decade. pg. 183-227, 2000.
39. Renton A. Welcome to the world of nanofoods. Guardian Unlimited, <http://observer.theguardian.com/foodmonthly/futureoffood/story/0,,1971266,00.html>, 2006.
40. Sanguansri, P., Augustin, M.A. Nanoscale materials development- a food industry perspective. Trends Food Sci. Technol. pg. 547–556, 2006.
41. Schimpf M., Caldwell K., Giddings J.C. Field-Flow Fractionation Handbook. New York: John Wiley & Sons, Inc., pg. 345-358, 2000.
42. Sorrentino, A.; Gorrasi, G., Vittoria, V. Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications. Trends in Food Science & Technology, pg. 84–95, 2007.
43. Stegeman G., Vanasten A.C., Kraak J.C., Poppe H., Tijssen R. Comparison of Resolving Power and Separation Time in Thermal Field-Flow Fractionation, Hydrodynamic Chromatography, and Size-Exclusion Chromatography. Analytical Chemistry, pg. 1147-1160, 1994.
44. Taylor R., Coulombe S., Otanicar T., Phelan P., Gunawan A., Lv W., Rosengarten, G., Prasher R., Tyagi H. Journal of Applied Physics. pg. 154-198, 2013.
45. Thiberge S., Zik O., Moses E. An apparatus for imaging liquids, cells, and other wet samples in the scanning electron microscopy, pg. 99-114, 2004.

46. Tiede K., Boxall A.B., Tear S.P., Lewis J., David H., Hasselov M. Detection and characterization of engineered nanoparticles in food and the environment. Food Addit. Contam., Chem. Anal. Control Expo Risk Assess, pg. 93-137, 2008.
47. Wernette R. Recall the hard lessons from GMOs, and let's get it right this time. pg. 25-30, 2009
48. Wilson R., Bullen H., Introduction to Scanning Probe Microscopy (SPM), Basic Theory , Atomic Force Microscopy (AFM), Department of Chemistry, pg.315-365, 2007.
49. Wolfgang S., Light Scattering from Polymers solutions and Nanoscale Dispersion and Springer Laboratory, pg.77-89, 2007.
50. Wyatt P.J., Light scattering and the absolute characterization of macromolecules, Wyatt Technology Cooperation, pg. 1-40, 1993.
51. Von der Kammer F, Baborowski M, Tadjiki S, Von Tumpling W. Colloidal 1484 particles in sediment pore waters: Particle size distributions and associated element 1485 size distribution in anoxic and re-oxidized samples, obtained by FFF-ICP-MS 1486 coupling. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica. pg. 400-10, 2004.
52. Ziegler K.J., Schmidt D.J., Rauwald U., Shah K.N., Flor E.L., Hauge R.H., Smalley R.E. Length-dependent extraction of single-walled carbon nanotubes. Journal article of Nano Letters. pg. 2355-2359, 2005.
53. <http://filonoi.gr/2012/12/31/mr-nanosomatidia-katanalonoy-me-peripoy-100-tris-hmerhsios/>, Νανοτεχνολογία
54. <http://www.nanotechproject.org>, The project on Emerging Nanotechnologies.
55. <http://infinty.com/products/nano-x9-hardcore-pro-series>