



ΑΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ
ΦΩΤΟΣ, ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΑΛΕΥΡΙ.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ
ΠΑΝΑΚΙΔΗΣ ΘΕΟΔΟΣΗΣ

Θεσσαλονίκη 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	II
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	3
1 ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΑ	3
1.1 ΜΕΡΗ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΤΟΥ	3
1.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΛΕΥΡΟΥ ΣΙΤΟΥ	5
1.3 ΤΥΠΟΙ ΑΛΕΥΡΩΝ	7
1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΑΡΤΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΑΛΕΥΡΟΥ	8
2 ΓΛΟΥΤΕΝΗ- ΑΜΥΛΟ	10
2.1 ΓΛΟΥΤΕΝΗ	10
2.2 ΑΜΥΛΟ	12
3 ΘΡΑΥΣΗ-ΑΛΕΣΗ	15
3.1 ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	15
3.2 ΤΑΣΗ ΘΡΑΥΣΗΣ	15
3.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΛΑΤ- ΤΩΣΗΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ- ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΘΡΑΥΣΗΣ	16
3.4 ΑΛΕΣΗ	18
4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	20
4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	20
4.2 ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	21
4.3 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ	21
4.4 ΜΕΓΕΘΗ ΜΙΚΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	21
4.5 ΜΕΣΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	23
4.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	24
5 ΚΟΣΚΙΝΗΣΗ	26
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	26
5.2 ΚΟΣΚΙΝΗΣΗ	26
5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ (ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ). ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΚΟΣΚΙΝΩΝ	27
5.4 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΟΣΚΙΝΗΣΗΣ	30
5.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΣΚΙΝΗΣΗΣ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	31
6 ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ- ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	33
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	33
6.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	33
6.3 ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	35

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.4 ΘΕΩΡΙΕΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	37
6.5 Η ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	43
6.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	45
7 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	47
7.1 ΓΕΝΙΚΑ	47
7.2 ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ	47
7.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	48
7.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΕΧΡΙ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ	49
8 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	50
9 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ- ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ	51
9.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕ ΣΚΕΔΑΣΤΗ ΦΩΤΟΣ MASTERSIZER 2000	51
9.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	51
9.1.2 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ MASTERSIZER 2000	52
9.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	58
9.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΟ	59
9.3 ΑΛΕΣΗ ΣΙΤΑΡΙΩΝ	60
10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	61
10.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.	61
10.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ.	74
11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	83
12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86

Τα σιτηρά είναι από τα πρώτα φυτά τα οποία καλλιέργησε ο άνθρωπος και τα ίχνη των περισσότερων απ' αυτά χάνονται στο βάθος της ιστορίας. Από τις αρχές της ανθρώπινης ιστορίας η σπουδαιότητα των σιτηρών για το ανθρώπινο γένος υπήρξε σημαντική. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι αρχαίοι πολιτισμοί ήκμασαν σε περιοχές όπου καλλιεργούνταν κάποιο σιτηρό. Έτσι, οι πολιτισμοί των Βαβυλωνίων και Αιγύπτιων βασίστηκαν στο σιτάρι, των Κινέζων στο ρύζι, των Ινκας, Μάγιας και Αζτέκων στον αραβόσιτο (Αντωνίου, 2004).

Σήμερα, τα σιτηρά εξακολουθούν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια γεωργία και τα προϊόντα τους αποτελούν τη βάση της διατροφής του πληθυσμού του πλανήτη μας. Πλήθος προϊόντων διατροφής έχουν ως βάση κάποιο σιτηρό. Και δεν είναι μόνο εκείνα τα φαγητά και εν γένει σκευάσματα όπως ο άρτος, το ρύζι, τα ζυμαρικά ή πολλά άλλα προϊόντα που είναι γνωστά στο ευρύ κοινό ότι προέρχονται από τα φυτά αυτά, αλλά και πλήθος άλλων προϊόντων όπως η μπύρα, το ουίσκι και άλλα έχουν ως πρώτη ύλη κάποιο σιτηρό (Αντωνίου, 2004)

Το σιτάρι αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σιτηρά, μιας και αποτελεί την πρώτη ύλη για το αλεύρι. Το αλεύρι είναι μια σκόνη η οποία προέρχεται από τα δημητριακά και άλλες αμυλούχες πηγές τροφίμων όπως σίκαλη, κριθάρι, ρύζι κ.α. Συνήθως όμως όταν μιλάμε για αλεύρι, εννοούμε κυρίως το σιτάλευρο, το οποίο προέρχεται από το άλεσμα του καρπού του σιταριού. Πρόκειται για ένα φυτό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο και μάλιστα είναι παγκοσμίως το δεύτερο σε συγκομιδή, μετά τον αραβόσιτο. Η ιδιαιτερότητα του σιταριού είναι ότι ολόκληρο το φυτό είναι εκμεταλλεύσιμο. Ο καρπός του χρησιμοποιείται για την παρασκευή του αλεύρου, καθώς και ζωοτροφών, αλλά συγχρόνως χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων (Αντωνίου, 2004).

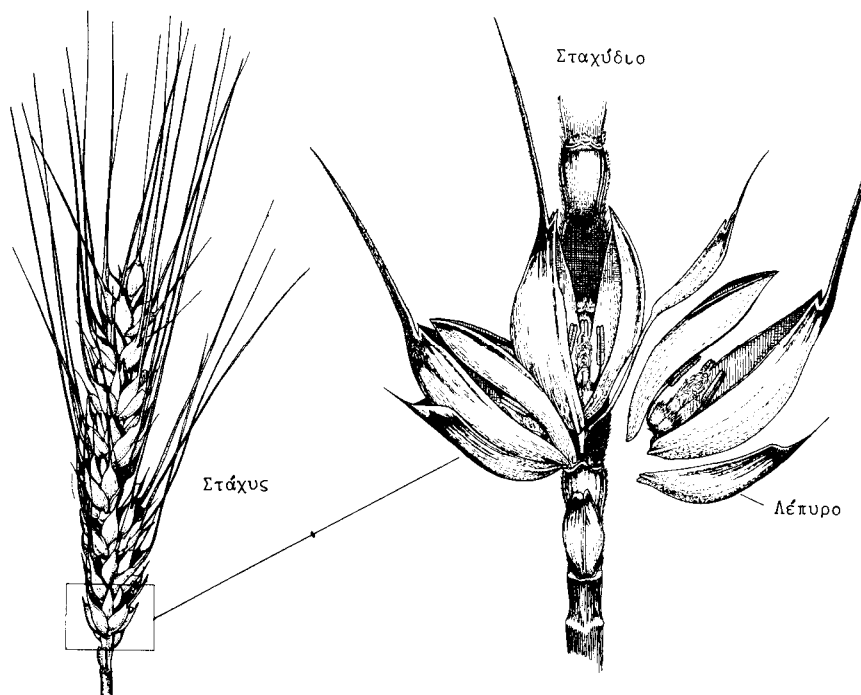
1.1 Μέρη σιταριού και είδη του

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι αυτοί που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του σιταριού, όπως είναι η υγρασία, το πρωτεϊνικό του περιεχόμενο και κατά συνέπεια, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αλεύρου που θα παραχθεί, γεγονός που μας ενδιαφέρει άμεσα γιατί έτσι εξασφαλίζονται οι αρτοποιητικές ικανότητες και διασφαλίζονται τα παραγόμενα προϊόντα μας.

Οι σπόροι του σιταριού αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη:

- ❖ Το εξωτερικό πίτυρο, το οποίο καλύπτει το 13-15% του κόκκου.
- ❖ Το εσωτερικό ενδοσπέρμιο, το οποίο καλύπτει το 82-83% και αποτελεί το κυρίως τμήμα του κόκκου και μας προσφέρει το αλεύρι.
- ❖ Το φύτρο από το οποίο θα προέλθει το νέο φυτό και καλύπτει το 1-3% του κόκκου. Βέβαια, υπάρχει και το γένη του σιταριού περιμετρικά

(Κριτσαντώνης, 2006) .



Εικόνα 1: Στάχυς και σταχύδιο σιταριού (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Το σιτάρι είναι το σπουδαιότερο από τα σιτηρά λόγω της ποικιλίας και της σπουδαιότητας των προϊόντων που παράγονται από αυτά (π.χ. ψωμί, είδη

ζαχαροπλαστικής). Από το σιτάρι είναι γνωστά 15 είδη από τα οποία μόνο τρία έχουν εμπορική σημασία:

α) το μαλακό σιτάρι από τις ποικιλίες του οποίου λαμβάνεται το κοινό άσπρο αλεύρι αρτοποιίας. Έχει μαλακή δομή και σε τομή του κόκκου το ενδοσπέρμιο είναι συνήθως αλευρώδες. Ανάλογα με την ποικιλία το χρώμα του ακέραιου κόκκου μπορεί να έχει απόχρωση προς το άσπρο ή προς το κόκκινο

β) το σκληρό σιτάρι. Από τις ποικιλίες του λαμβάνονται σιμιγδάλια για την παρασκευή ζυμαρικών. Οι κόκκοι του είναι πολύ σκληροί και η τομή του ενδοσπερμίου του είναι υαλώδης. Χρησιμοποιούνται οι ποικιλίες των οποίων η απόχρωση των κόκκων είναι προς το άσπρο. Οι ποικιλίες με κόκκινη απόχρωση προορίζονται συνήθως για ζωοτροφές.

γ) το είδος *Triticum compactum*. Έχει μαλακή δομή και χαμηλότερο από τα άλλα πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Το αλεύρι του χρησιμοποιείται για ορισμένα μόνο παρασκευάσματα για τα οποία απαιτείται πολύ χαμηλό ποσοστό πρωτεΐνης και αδύνατη γλουτένη.

(Κεφαλάς, 2003)

Πίνακας 1: Διάκριση μαλακού και σκληρού σιταριού.

Χαρακτηριστικά	Σκληρό σιτάρι	Μαλακό σιτάρι
Άγανα	μεγάλου μήκους	όταν υπάρχουν, μικρού μήκους
Όψη στάχυ	στενότερη της πλευράς	μεγαλύτερη ή ίση της πλευράς
Πλευρά στάχυ	πλατύτερη της όψης	μικρότερη ή ίση της όψης
Καρπός	επιμήκης, σκληρός	Ωοειδής, συνήθως μαλακός
Εσωτερικό καρπού (ενδοσπέρμιο)	υαλώδες	αλευρώδες

(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007)



Εικόνα 2: Στάχεις σκληρού και μαλακού σιταριού (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Η σκληρή ή η μαλακή δομή του ενδοσπερμίου και το κατά πόσον αυτό είναι αλευρώδες ή υαλώδες εξαρτώνται από το πόσο σφιχτά είναι δομημένοι οι αμυλόκοκκοι μέσα στο εσωτερικό του κόκκου (Κεφαλάς, 2003).

1.2 Χημική σύσταση αλεύρου σίτου

Το αλεύρι από πλευράς σύστασης, αποτελείται από υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρές ύλες, ανόργανα συστατικά, βιταμίνες, υγρασία και ένζυμα. Πιο αναλυτικά:

Υδατάνθρακες

Το μεγαλύτερο ποσοστό άμεσα στους υδατάνθρακες, καταλαμβάνει το άμυλο (περίπου 70%), καθώς επίσης και διάφορα διαλυτά σάκχαρα, κυτταρίνη και πεντοζάνες. Σε γενικές γραμμές δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αλεύρου, επηρεάζουν όμως το σχηματισμό της κόρας του ψωμιού ή γενικά το σχηματισμό του σκληρού τμήματος του τροφίμου, τη διόγκωση, την απορρόφηση-δέσμευση του νερού και το μπαγιάτεμά του, λόγω της αναδιάταξης του αμύλου (Κριτσαντώνης, 2006).

Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες των δημητριακών είναι κατανεμημένες με διαφορετικό τρόπο στα διάφορα ανατομικά μέρη του κόκκου. Το ενδόσπερμα του σίτου

έχει περίπου 13% πρωτεΐνη, ενώ το πίτουρο και κυρίως το φύτρο πολύ περισσότερο (15% και 26% αντίστοιχα).

Το 80% περίπου της πρωτεΐνης ενδοσπέρματος του σίτου είναι μια προλαμίνη, η γλοιαδίνη (συντελεί στη ρευστότητα, «φούσκωμα», αφράτη υφή του προϊόντος), και μια γλουτελίνη, η γλουτενίνη. Ο λόγος τους είναι 1:1. Αυτές οι δύο πρωτεΐνες σχηματίζουν τη γλουτένη, μια ελαστική μάζα από τις ιδιότητες της οποίας, εξαρτάται η ποιότητα του τροφίμου. Χαρακτηριστικό της γλουτένης από χημική άποψη είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε γλουταμίνη και προλίνη (δύο από τα είκοσι αμινοξέα, που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός για να συνθέσει τις πρωτεΐνες που του είναι απαραίτητες (Berg et al, 2007).

Η σύσταση αυτή πιστεύεται ότι είναι αιτία για τη μη οργάνωση της πρωτεΐνης σε ελικοειδή μορφή που έχει ως συνέπεια την ελαστικότητα. Υπολογίζεται ότι οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες που συνιστούν τη γλουτένη έχουν μοριακό βάρος 20.000-100.000 Daltons. Οι υπομονάδες αυτές συνδέονται με δισουλφιδικές γέφυρες και σχηματίζουν πολυμερή με μεγάλο μοριακό βάρος (50.000-1.000.000).

Οι πρωτεΐνες του σίτου που δε σχηματίζουν τη γλουτένη είναι αλβουμίνες και γλοβουλίνες και αποτελούν το 15% περίπου των πρωτεϊνών του αλεύρου. Δεν συμβάλλουν στη δημιουργία ζύμης και δεν είναι επακριβώς γνωστό αν και με ποιο τρόπο επηρεάζουν την αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου (Μπόσκου, 1997)

Από διατροφική άποψη η πρωτεΐνη των δημητριακών υστερεί σε λυσίνη (ένα από τα είκοσι αμινοξέα, που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός για να συνθέσει τις πρωτεΐνες που του είναι απαραίτητες (Berg et al, 2007).

Λιπίδια (λιπαρές ύλες)

Τα σκουρόχρωμα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπιδίων σε σχέση με τα λευκά άλευρα. Λόγω της διακύμανσης της περιεκτικότητας των αλεύρων σε λιπαρά, δεν έχουμε ιδιαίτερη επίδραση στις αρτοποιητικές ικανότητες του. Είναι όμως γεγονός ότι επιδρούν θετικά ως προς την ελαστικότητα της γλουτένης (Κριτσαντώνης, 2006).

Ανόργανα συστατικά

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σταριού, την κάθε σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Έχει θετική επίδραση πάνω στη γλουτένη ιδιαίτερα κατά το ψήσιμο (Κριτσαντώνης, 2006).

Βιταμίνες

Το σάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνη Ε και Β (Β1, Β2, Β6). Περιέχει ικανοποιητικό αριθμό βιταμινών κυρίως στο φύτρο και το πίτουρο του καρπού, γι' αυτό και όσο πιο λευκό είναι ένα αλεύρι τόσο πιο φτωχό είναι σε βιταμίνες (Κριτσαντώνης, 2006).

Υγρασία (νερό)

Η περιεχόμενη υγρασία του σταριού και κατά συνέπεια του αλεύρου, προκειμένου να μην προκαλέσει προβλήματα, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 15%. Με μεγαλύτερη υγρασία έχουμε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, προσέλκυση εντόμων, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης, μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι (Κριτσαντώνης, 2006).

Ένζυμα

Τα ένζυμα βοηθούν στη διεξαγωγή χημικών αντιδράσεων. Τα κυριότερα ένζυμα που περιέχονται είναι τα αμυλολυτικά (αμυλάσες), τα πρωτεολυτικά (πρωτεάσες) και τα λιπολυτικά (λιπάσες) (Κριτσαντώνης, 2006).

1.3 Τύποι αλεύρων

Η γαλλική νομοθεσία σε ότι αφορά τα άλευρα προβλέπει την παραγωγή έξι καθορισμένων τύπων ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε τέφρα.

Πίνακας 2. Τύποι αλεύρων.

Ονομασία	Ποσοστό τέφρας % των ξηρών στοιχείων	Βαθμός άλεσης
Τύπος 45	κάτω από 0,50%	67-70
Τύπος 55	από 0,50 έως 0,60-0,62	75-78
Τύπος 65	από 0,62 έως 0,75	78-82
Τύπος 80	από 0,75 έως 0,90	82-85
Τύπος 110	από 1 έως 1,20	85-90
Τύπος 150	πάνω από 1,40	90-98

(Π.Ο.Ε.Σ.Ε, 2005)

Παρ' όλ' αυτά, στην Ελλάδα η Π.Ο.Ε.Σ.Ε. (Πανελλήνια Ομοσπονδία Εστιατορικών & Συναφών Επαγγελματιών) έχει αποφανθεί ότι, οι αλευρόμυλοι επιτρέπεται να παράγουν και διαθέτουν στην κατανάλωση, τους παρακάτω τύπους και κατηγορίες αλεύρων:

Α) Άλευρα από σιτάρι μαλακό ή ανάμικτο με τις ονομασίες:

(1) Άλευρα κατηγορίας Π

- (2) Άλευρα Τ. 70 %
- (3) Άλευρα Τ. 90 % με πρόσθετη ξηρά γλουτένη σε αναλογία 3 %
- (4) Άλευρα 100 % (ολικής αλέσεως)

Β) Άλευρα από σκληρό σιτάρι

- (1) Άλευρα κατηγορίας Μ
- (2) Άλευρα ολικής άλεσης για μακαρονοποιία

Τα άλευρα αυτά πρέπει να πληρούν τους όρους που καθορίζονται από τις σχετικές αποφάσεις του Α.Χ.Σ (Ανώτατο Χημικό Συμβούλιο) (Π.Ο.Ε.Σ.Ε, 2005).

Το αλεύρι τύπου 45 χρησιμοποιείται κυρίως στη ζαχαροπλαστική και για οικιακή χρήση. Το αλεύρι τύπου 55 είναι το λεγόμενο αρτοποιήσιμο αλεύρι. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπισκότων, για οικιακή χρήση, και στη ζαχαροπλαστική. Το αλεύρι τύπου 65 χρησιμοποιείται κυρίως στην μπισκοτοποιία. Μπορεί επίσης να αναμειχθεί με άλευρα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γαλλικού χωριάτικου ψωμιού. Οι τύποι 80, 110 και 150, περιορισμένης χρήσης, βρίσκονται στην παραγωγή «μαύρων» ψωμιών και ολικής (Παπαεμμανουήλ, 2006).

1.4 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά ενός αρτοποιήσιμου αλεύρου

Η αρτοποιητική αξία ενός αλεύρου είναι εκείνη που καθορίζει τις τεχνολογικές του ιδιότητες. Επιπλέον, αντιπροσωπεύει τις ικανότητές του να δώσει ένα ωραίο και νόστιμο ψωμί κάτω από άριστες συνθήκες εργασίας και απόδοσης και δεν μπορεί να καθοριστεί παρά μόνο με τη δοκιμή αρτοποίησης. Ωστόσο, εξαρτάται από δύο παράγοντες οι οποίοι έμμεσα μας επιτρέπουν να την αξιολογήσουμε:

1) Η αρτοποιητική δύναμη του αλεύρου, η οποία σχετίζεται με τον πλούτο και την ποιότητα των πρωτεϊνών και της γλουτένης που απορρέουν.

2) Οι ζυμωτικές ικανότητες του ζυμαριού που εξαρτώνται κυρίως από τη διαστασική του δύναμη και τον πλούτο του σε σάκχαρα.

(Παπαεμμανουήλ, 2006)

Η **αρτοποιητική δύναμη του αλεύρου**, καθορίζεται στη Γαλλία με τη βοήθεια ενός μηχανήματος που ονομάζεται αλβεογράφος του Chopin που υπολογίζει το **W**, που είναι το έργο παραμόρφωσης σε μορφή φούσκας, σε ένα κομμάτι ζυμαριού συγκεκριμένου βάρους και με συνήθη ενυδάτωση στο οποίο διοχετεύεται αέρας. Η παραμόρφωση αυτή καταγράφεται από τον αλβεογράφο και αποτυπώνεται με μια καμπύλη που ονομάζεται αλβεογράφημα. Το **W** είναι

το γράμμα που εκφράζει το έργο της παραμόρφωσης του ζυμαριού σε χιλιάδες ergs ανά γραμμάριο ζυμαριού. Το αλβεογράφημα ή αποτυπωμένη καμπύλη παρέχει, έτσι, το W σε σχέση με την επιφάνεια, την πίεση (P) και το ύψος της καμπύλης, τη διόγκωση (G) σε σχέση με το μήκος της (L) που δίνουν ενδείξεις για:

- A) τη δύναμη των αλεύρων
- B) τις δυνατότητές του να απορροφήσει νερό και την αντοχή του (P)
- Γ) την εκτατότητα (G) και τις ικανότητές του να κρατήσει τον όγκο των ψωμιών

Δ) σε όλα αυτά θα πρέπει να προσθέσουμε ότι είναι απαραίτητο να υπάρχει μια καλή σχέση (P / L) στο σχηματισμό της καμπύλης.

(Παπαεμμανουήλ, 2006)

Η διαστασική δύναμη του αλεύρου, μετρείται συνήθως, από τον δείκτη του χρόνου πτώσης του μηχανήματος Hagberg που ελέγχει το βαθμό ζελατινοποίησης του αλεύρου.

Είναι φρόνιμο στις δύο παραπάνω εξετάσεις να γίνει ο έλεγχος της οξύτητας του αλεύρου που μας δίνει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε την κατάσταση της διατήρησής του. Θα πρέπει, επίσης, να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα του αλεύρου σε νερό, από την οποία εξαρτάται η διατήρησή του, καθώς και η απόδοσή του σε ψωμί είναι δύο στοιχεία πολύ σημαντικά από τα οποία ο αρτοποιός θα βγει κερδισμένος, εάν τα γνωρίζει.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω εξετάσεις, το αλεύρι που είναι κατάλληλο για μια καλή παραγωγή γαλλικού ψωμιού μπορεί να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Παπαεμμανουήλ, 2006).

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά αλεύρων τύπου 55 που χρησιμοποιούνται στη Γαλλία

Χαρακτηριστικά αλεύρων τύπου 55 που χρησιμοποιούνται στη Γαλλία	
W	Από 158,00 έως 193,00
P	Από 51,70 έως 55,00
G	Από 21,60 έως 22,20
P/L	Από 0,54 έως 0,55
Πρωτεΐνες	Από 11,20 έως 11,50

(Παπαεμμανουήλ, 2006)

2.1 Γλουτένη

Η γλουτένη είναι ένα σύνολο από πρωτεΐνες (γλοιαδίνη, γλουταμίνη) στα δημητριακά και κυρίως στο σιτάρι. Το σιτάρι έχει στενή σχέση με κάποια άλλα δημητριακά, ιδιαίτερα τη σίκαλη, τη βρώμη και το κριθάρι, και συνεπώς και αυτοί οι σπόροι περιέχουν γλουτένη. Γλουτένη είναι η πρωτεΐνη που είναι υπεύθυνη για τη σκληρή δομή της ζύμης και ευθύνεται για το σύμπλεγμα που σχηματίζεται κατά τη διαδικασία παρασκευής ψωμιού καθώς και για το φούσκωμα του ψωμιού (Κάζης, 2007).

Ουσιαστικά, γλουτένη είναι η υγρή, κολλώδης και ελαστική μάζα που μένει στα χέρια (ή σε κατάλληλη συσκευή), μετά από το ξέπλυμα και τη συνεχή μάλαξη ζυμαριού (αλεύρι και νερό) κάτω από το τρεχούμενο νερό της βρύσης. Επομένως, γλουτένη είναι μόνο τα αδιάλυτα στο νερό, φυτικά λευκόματα του αλεύρου και έχουν την ιδιότητα να πήζουν (Σαραντόπουλος, 1962). Κατά την έκπλυση φεύγει το άμυλο, το πίτυρο και ένα μέρος (υδατοδιαλυτό) της ολικής πρωτεΐνης.

Το 80% της πρωτεΐνης συμμετέχει στο σχηματισμό της γλουτένης. Κατά την προσθήκη νερού η γλοιαδίνη γίνεται κολλώδης, ενώ η γλουτενίνη συνεκτική. Η γλουτένη έχει την ιδιότητα να προσροφά νερό και να διογκώνεται. Η ικανότητα του ζυμαριού να συγκρατεί διοξειδίο του άνθρακα εξαρτάται από την ποιότητα της γλουτένης που καθορίζεται γενετικά (Γεωργόπουλος, 2008).

Τα άλευρα, ανάλογα με την αρτοποιητική τους ικανότητα που έχει σχέση με την ποιότητα και ποσότητα της γλουτένης, διακρίνονται σε:

- ❖ Δυνατά άλευρα, που έχουν καλή αρτοποιητική ικανότητα και χρησιμοποιούνται για αρτοσκευάσματα που διογκώνονται με μαγιά.
- ❖ Αδύνατα άλευρα, που δεν έχουν καλή αρτοποιητική ικανότητα και χρησιμοποιούνται για βουτήματα, μπισκότα, κέικ. Τα δυνατά άλευρα έχουν ισχυρή γλουτένη, μεγάλη ποσότητα γλουτένης, μεγάλη απορρόφηση του νερού και δίνουν πολύ πιο αφράτο προϊόν από τα αδύνατα άλευρα.

(Γεωργόπουλος, 2008)

Η ποιότητα της προστιθέμενης γλουτένης εξαρτάται από :

- ❖ Την ποιότητα των σιταριών από τα οποία προέρχεται.
- ❖ Τις καιρικές συνθήκες της καλλιέργειας των σιταριών.
- ❖ Τις συνθήκες επεξεργασίας των αλεύρων ώστε να γίνεται σωστός διαχωρισμός του αμύλου από τη γλουτένη.

❖ Την παρουσία ή μη πιτύρου στην παραγόμενη γλουτένη.

(Γεωργόπουλος, 2008).

Οι πρωτεΐνες γλουτένης δημιουργούν ισχυρά συνεκτική και βισκοελαστική «πάστα» (ζύμη) κατά την ανάμειξη και μηχανική ζύμωση, παρουσία νερού και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην ουσία αποτελεί ένα δίκτυο που «συγκρατεί» τα υπόλοιπα στοιχεία του αλεύρου (Κάζης, 2007).

Η γλουτένη (glut) και η γλοιαδίνη (gli), εμφανίζουν μικρή διαλυτότητα σε ουδέτερο pH, λόγω του υψηλού τους μοριακού βάρους και του μικρού αριθμού πολικών αμινοξέων. Επίσης το μεγάλο ποσοστό της γλουταμίνης (33%), και των αμινοξέων με -OH (Ser, Thr, Tyr) στην γλουτένη, της δίνει τη δυνατότητα σχηματισμού μεγάλου αριθμού δεσμών -OH που σταθεροποιούν τη δομή της, όπως και ο μεγάλος αριθμός μη πολικών, υδρόφοβων αμινοξέων σε αυτή, συντελεί σε τάση για πρωτεϊνικούς (Π-Π) δεσμούς και δεσμούς με λιπαρά, που και αυτοί σταθεροποιούν τη δομή της. Τέλος η δομή της γλουτένης σταθεροποιείται από την ιδιαίτερα μεγάλη ικανότητα σχηματισμού δισουλφιδικών δεσμών (δεσμοί μεταξύ ατόμων θείου S-S)

Για να έχουμε βέλτιστη αρτοποιητική ικανότητα πρέπει να έχει το άλευρο τη σωστή αναλογία γλοιαδίνης-γλουτένης (Ταούκη & Ωραιπούλου, 2006).

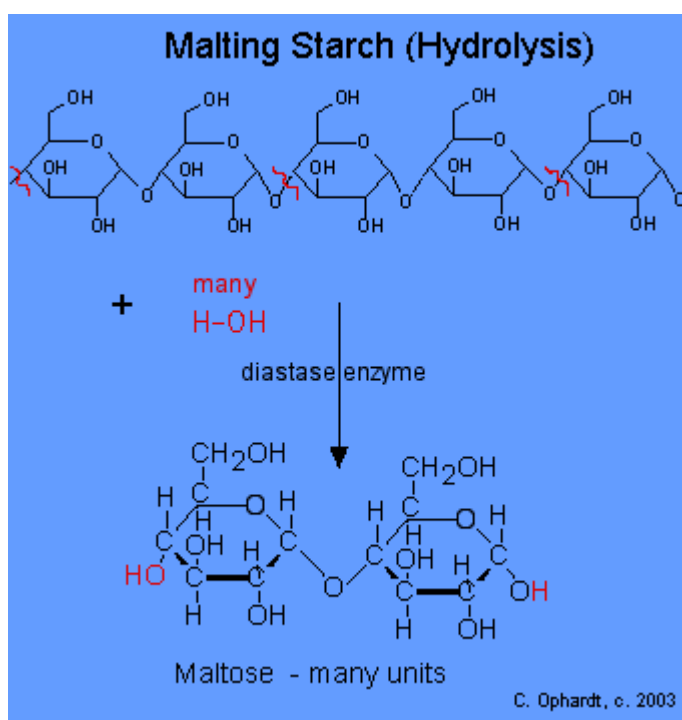
$$\frac{Glut}{Gli} \approx \frac{\text{ελαστικότητα, συνοχή}}{\text{εκτατικότητα, ρευστότητα}}$$

Για τους περισσότερους ανθρώπους η γλουτένη είναι μια κανονική πρωτεΐνη η οποία αφομοιώνεται εύκολα από το γαστρεντερικό σωλήνα, παρόλα αυτά ένα μικρό μέρος του πληθυσμού δεν μπορεί να αφομοιώσει τη γλουτένη. Αυτοί οι άνθρωποι έχουν δυσανεξία στη γλουτένη, η οποία συνήθως αναφέρεται ως ασθένεια κοιλιοκάκη.

Η γλουτένη είναι ένα μίγμα από μια σειρά πρωτεϊνών που κατατάσσονται σε **δύο κατηγορίες**, τις προλαμίνες και τις γλουτελίνες. Η κύρια πρωτεΐνη στην κατηγορία των προλαμινών, η γλοιαδίνη φαίνεται να δημιουργεί το μεγαλύτερο πρόβλημα στη δυσανεξία στη γλουτένη. Αντισώματα γλοιαδίνης βρίσκονται συχνά στα ανοσοποιητικά συμπλέγματα που σχετίζονται με την ασθένεια κοιλιοκάκη. Όταν άτομα με αυτή τη κοιλιακή πάθηση καταναλώνουν τρόφιμα που περιέχουν γλουτένη, το ανοσοποιητικό τους σύστημα ανταποκρίνεται τραυματίζοντας το λεπτό έντερο (Κάζης, 2007)

2.2 Άμυλο

Είναι ένας απόθετος υδατάνθρακας των φυτών. Οι κόκκοι του αμύλου είναι αδιάλυτοι στο ψυχρό νερό, όταν όμως παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα στη θερμοκρασία των 100 °C, μετατρέπεται σε διαλυτό (Αλευρουργία, 1962). Είτε σε ψυχρό όμως είτε σε θερμό νερό, οι κόκκοι του αμύλου έχουν την ιδιότητα να απορροφούν το νερό και να διογκώνονται. Με θερμό νερό οι κόκκοι σχηματίζουν ένα πηκτό διάλυμα (ζελατινοποίηση) που περιέχει δύο μορφές αμύλου, την **αμυλόζη** και την **αμυλοπηκτίνη**. Η επαναλαμβανόμενη μονάδα τους είναι η μαλτόζη. Η αμυλόζη είναι ένα γραμμικό πολυμερές ενώ η αμυλοπηκτίνη είναι ένα διακλαδισμένο. Αντίθετα με την αμυλόζη, η αμυλοπηκτίνη δε σχηματίζει εύκολα πηκτές (δε ζελατινοποιείται) και δεν υδρολύεται ποσοτικώς προς β-μαλτόζη από την β-αμυλάση (Μπόσκου, 1997).

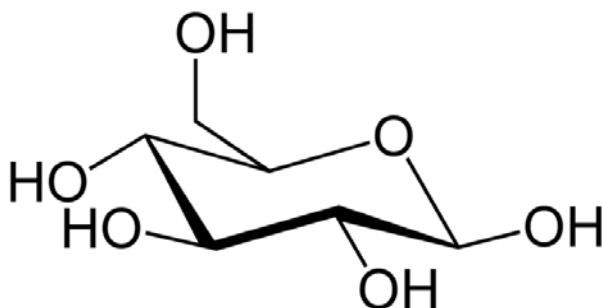


Σχήμα 1: Ενζυμική υδρόλυση αμυλόζης προς δομικές μονάδες β-μαλτόζης (www.elmhurst.edu).

Το άμυλο που προέρχεται από σιτάρι περιέχει μια μεγάλη ποικιλία ενζύμων, όπως α- και β- αμυλάσες, πρωτεάσες, λιπάσες, φωσφατάσες και οξειδάσες.

Οι αμυλάσες είναι τα ένζυμα που διασπούν το άμυλο. Η α-αμυλάση υδρολύει την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη (σε μικρότερο βαθμό) του αμύλου. Δρα τυχαία στους εσωτερικούς δεσμούς του μορίου γι' αυτό

ονομάζεται και ενδοαμυλάση. Οι αμυλάσες που προέρχονται από τα βακτήρια δίνουν προϊόντα υδρόλυσης, δεξτρίνες (μαλτοεξόζη, μαλτοπεντόζη) και λιγότερο μαλτόζη, ενώ οι α-αμυλάσες των μυκητών δίνουν κυρίως μαλτόζη και σε μικρότερο ποσοστό γλυκόζη.



Σχήμα 2: Στερεοχημική διαμόρφωση γλυκόζης.

Τα άλευρα που προορίζονται για την παρασκευή ψωμιού περιέχουν 75-80% άμυλο. Όταν το σιτάρι αλέθεται σε άλευρο, οι αμυλόκοκκοι υπόκεινται σε φυσικό τραυματισμό και ακόμα μπορεί να θρυμματιστούν. Κατά συνέπεια όλα τα άλευρα μπορεί να περιέχουν διάφορα ποσά θρυμματισμένου αμύλου. Η δραστηριότητα των αμυλασών είναι περισσότερο σημαντική, όταν το άμυλο θρυμματίζεται και ξεκινάει αμέσως, όταν το νερό προστίθεται στο αλεύρι. Κατά τη διαδικασία δημιουργίας του ζυμαριού, η κοκκώδης μορφή του αμύλου διατηρείται και η ενεργότητα του ενζύμου δεν επηρεάζεται (Γεωργόπουλος, 2005).

Το σκληρό σιτάρι παράγει περισσότερο θρυμματισμένο άμυλο απ' ό τι το μαλακό σιτάρι, επειδή πρέπει να εφαρμοστεί μεγαλύτερη πίεση στο υαλώδες ενδοσπέρμιο του σκληρού σιταριού. Οι αμυλόκοκκοι στο μαλακό σιτάρι ενώνονται χαλαρά στον κόκκο του σιταριού και ελευθερώνονται, χωρίς να υπόκεινται θρυμματισμό σε μεγάλο βαθμό. Σε αντίθεση, οι αμυλόκοκκοι στα σκληρά σιτάρια, είναι ενωμένοι σ' ένα πιο σκληρό πρωτεϊνικό καλούπι και γι' αυτό το λόγο λοιπόν υπόκεινται σε θρυμματισμό, καθώς τα θρύμματα του ενδοσπερμίου μειώνονται κατά τη διαδικασία της άλεσης (Γεωργόπουλος, 2005).

Σε οποιαδήποτε συζήτηση σχετικά με την επίδραση του θρυμματισμένου αμύλου στην Παρασκευή του ψωμιού είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η ενεργότητα των αμυλασών. Οι αμυλάσες και το θρυμματισμένο άμυλο είναι ιδιαίτερως σημαντικά για τους παρακάτω λόγους:

- ❖ Για τον προσδιορισμό της απορρόφησης νερού κατά τη διαδικασία της αρτοποιίας και

- ❖ Για την παραγωγή ζυμώσιμων υδατανθράκων και διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων κατά την ζύμωση και τα πρώτα στάδια κατά το ψήσιμο.

(Γεωργόπουλος, 2005)

Η πορεία της δράσης των αμυλασών είναι η εξής:

Θρυμματισμένο άμυλο + νερό + αμυλάσες → δεξτρίνες + μαλτόζη + γλυκόζη

Οι μη θρυμματισμένοι αμυλόκοκκοι είναι μη διαλυτοί στο νερό όπως είπαμε και απορροφούν μόνο το μισό του βάρους του νερού. Από την άλλη πλευρά, Οι θρυμματισμένοι αμυλόκοκκοι απορροφούν σχετικά μεγάλη ποσότητα νερού. Η ενυδάτωση του θρυμματισμένου αμύλου πραγματοποιείται πολύ γρήγορα. Με την παρουσία του νερού, το θρυμματισμένο άμυλο λειτουργεί ως σφουγγάρι και μ' αυτό τον τρόπο αυξάνεται η απορρόφηση του νερού του αλεύρου και η αρτοποιητική του απόδοση. Καθώς αυξάνει το ποσοστό του θρυμματισμένου αμύλου ενός αλεύρου, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα νερού για την παραγωγή ζυμαριού μεγαλύτερης συνεκτικότητας (Γεωργόπουλος, 2005).

Η ενεργότητα των αμυλασών, εξαρτάται από την ποικιλία, τις συνθήκες καλλιέργειας και συγκομιδής των σιτηρών. Σε υγρά κλίματα, όταν φυτρώνει το στάχυ, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή χαμηλής ποιότητας ψωμιού, λόγω της υπερβολική ενεργότητας της α-αμυλάσης με προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας άλατος. Αυτό το γεγονός έχει ως συνέπεια να μειώνεται ο όγκος του ψωμιού και η υγρή και κολλώδης ψίχα που σχηματίζεται, να δημιουργεί προβλήματα κατά τον τεμαχισμό του ψωμιού. Στα ζεστά και ξηρά κλίματα, όπως είναι οι περιοχές της βόρειας Αμερικής, το σιτάρι παρουσιάζει πολύ μικρή ενεργότητα αμυλάσης, με αποτέλεσμα να έχουμε παραγωγή ψωμιού με μικρό όγκο και ακανόνιστή δομή της ψίχας (Γεωργόπουλος, 2005).

3.1 Ελάττωση μεγέθους

Ο όρος «ελάττωση μεγέθους» αναφέρεται σε όλους τους τρόπους με τους οποίους κόβονται ή σπάζονται τα στερεά σε μικρότερα κομμάτια. Στις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες το μέγεθος των στερεών μειώνεται με διάφορες μεθόδους και για διάφορους λόγους. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα εμπορικά προϊόντα πρέπει να πληρούν πολύ αυστηρές προδιαγραφές ως προς το μέγεθός τους και πολλές φορές ως προς το σχήμα των σωματιδίων που περιέχουν. Μειώνοντας το μέγεθος των σωματιδίων αυξάνεται η ικανότητα των στερεών να αντιδρούν, επιτρέπεται ο διαχωρισμός των μη επιθυμητών συστατικών με μηχανικές μεθόδους και μειώνεται ο όγκος των ινωδών υλικών για ευκολότερη επεξεργασία (McCabe et al., 2002).

Τα στερεά σπάζονται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, από τους οποίους μόνο τέσσερις χρησιμοποιούνται συνήθως σε μηχανήματα μείωσης μεγέθους: (1) συμπίεση, (2) κρούση, (3) άλεση ή τρίψιμο και (4) κοπή. Μερικές φορές η μείωση του μεγέθους είναι αποτέλεσμα της τριβής ενός σωματιδίου με ένα ή περισσότερα άλλα σωματίδια ή της ισχυρής διάτμησης στο φέρον ρευστό. Γενικά η συμπίεση χρησιμοποιείται για χονδρική μείωση του μεγέθους σκληρών στερεών, ώστε να προκύψουν σχετικά λίγα νέα κομμάτια. Με την τριβή προκύπτουν πολύ λεπτόκοκκα προϊόντα από μαλακά υλικά. Με την κοπή επιτυγχάνεται ένα συγκεκριμένο μέγεθος σωματιδίων και πολλές φορές και ένα συγκεκριμένο σχήμα, με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα σωματίδια (McCabe et al., 2002).

3.2 Τάση θραύσης

Το στερεό σώμα αποτελεί ένα χρήσιμο εξιδανικευμένο μοντέλο. Όμως, δεν μπορούμε πάντοτε να αγνοούμε ορισμένες σημαντικές συνέπειες της εφαρμογής δυνάμεων σε ένα πραγματικό σώμα όπως, η επιμήκυνση, η θλίψη και η στρέψη του σώματος (Young, 1991).

Για κάθε είδος παραμόρφωσης εισάγουμε ένα μέγεθος που ονομάζουμε **τάση** και ορίζει τη δύναμη που προκαλεί την επιμήκυνση, τη συμπίεση, ή τη στρέψη, συνήθως με την έκφραση «δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας». Ένα

δεύτερο μέγεθος, η **παραμόρφωση**, περιγράφει ακριβώς την παραμόρφωση που προκαλεί η αντίστοιχη τάση. Για μικρές τιμές της τάσης και της παραμόρφωσης, διαπιστώνεται συνήθως ότι το ένα μέγεθος είναι ευθέως ανάλογο του άλλου, ο δε συντελεστής αναλογίας ορίζεται ως μέτρο ελαστικότητας. Όσο πιο δυνατά τεντώνετε κάτι, τόσο περισσότερο επιμηκύνεται, και όσο πιο πολύ το συμπιέζετε τόσο περισσότερο συστέλλεται (Young, 1991).

Η γενική συμπεριφορά μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\frac{\text{Τάση}}{\text{Παραμόρφωση}} = \text{Μέτρο..ελαστικότητας}$$

Παραπάνω αύξηση του φορτίου πέρα από κάποιο σημείο, προκαλεί δυσανάλογα μεγάλη παραμόρφωση για κάθε σχετικά μικρή αύξηση της τάσης ώσπου, σε κάποιο σημείο επέρχεται η **θραύση**.

Η τάση που απαιτείται για να υποστεί το υλικό πραγματική θραύση ονομάζεται **τάση θραύσης**, ή **μέγιστη αντοχή**, ή (για τάση εφελκυσμού) **αντοχή εφελκυσμού** (Young, 1991).

3.3 Μηχανισμός της διαδικασίας ελάττωσης μεγέθους- Μηχανισμός θραύσης

Η ελάττωση μεγέθους των στερεών επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εξωτερικών μηχανικών δυνάμεων, που επιδρούν στα στερεά με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπερνικούνται οι δυνάμεις συνοχής τους. Ο μηχανισμός της διεργασίας ελάττωσης του μεγέθους είναι αρκετά πολύπλοκος και δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί πλήρως. Αν το τεμάχιο ενός υλικού υποβληθεί σε απότομη κρούση, γενικά θα σπάσει με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκύψουν σχετικά λίγα μεγάλα τεμαχίδια και ένας σημαντικός αριθμός λεπτόκοκκων σωματιδίων, με σχετικώς λιγότερα στερεά ενδιάμεσου μεγέθους. Αν αυξηθεί η **ενέργεια** στο κτύπημα της κρούσης, τα μεγάλα τεμαχίδια θα είναι μικρότερου μεγέθους και περισσότερα σε αριθμό, ενώ ο αριθμός των λεπτών σωματιδίων θα αυξηθεί σημαντικά και ταυτόχρονα, το μέγεθός τους δεν θα αλλάξει πολύ. Φαίνεται επομένως, ότι το μέγεθος των λεπτών σωματιδίων που παράγονται κατά τη θραύση ενός υλικού εξαρτάται κυρίως από την **εσωτερική δομή** του υλικού, ενώ το μέγεθος των μεγαλύτερων τεμαχιδίων συνδέεται κυρίως με τη συγκεκριμένη **διαδικασία**, η οποία εφαρμόστηκε ώστε να επιτευχθεί η ελάττωση του μεγέθους (Ζουμπούλης, 2004).

Η ενέργεια που απαιτείται για την ελάττωση του μεγέθους, είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη για την καθαυτό θραύση των στερεών,

συσχετίζεται με την εσωτερική δομή του υλικού, ενώ η σχετική διαδικασία θεωρείται ότι αποτελείται κυρίως από δύο (διαδοχικά) τμήματα:

(α) αρχικά τη διάνοιξη σχισμών στο υλικό (που μπορεί πιθανώς να προϋπάρχουν σε κάποιο μικρό βαθμό), και

(β) στη συνέχεια, το σχηματισμό νέας επιφάνειας.

(Ζουμπούλης, 2004)

Ο ακριβής τρόπος που ακολουθείται κατά τη θραύση των στερεών δεν είναι γενικά γνωστός, αλλά έχει διαπιστωθεί, ότι η εφαρμογή της συμπιεστικής δύναμης παράγει αρχικά μικρές ρωγμές στο υλικό. Όταν η συγκέντρωση της ενέργειας στα σημεία αυτά ξεπεράσει μία ορισμένη κρίσιμη τιμή, τότε οι ρωγμές αυτές θα διακλαδωθούν και θα αυξηθούν με γρήγορο ρυθμό (*ρωγμάτωση* του υλικού), με αποτέλεσμα τη θραύση των σωματιδίων. Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης είναι επίσης σημαντικός, καθώς υπάρχει γενικά μια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην επικράτηση του μέγιστου φορτίου και στη θραύση του υλικού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή μιας μικρότερης δύναμης είναι δυνατό να επιφέρει τη θραύση του υλικού, εφόσον διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός με τον οποίο εφαρμόζεται το φορτίο, τόσο λιγότερο αποδοτικά θα χρησιμοποιείται η παρεχόμενη ενέργεια και ταυτόχρονα, τόσο μεγαλύτερη αναλογία λεπτόκοκκου υλικού (συνήθως ανεπιθύμητου) θα παράγεται. Η ενέργεια δηλ. που εφαρμόζεται *σταδιακά* σ' ένα στερεό, είναι ικανή να παράγει πολλαπλάσια επιφάνεια, συγκριτικά με την περίπτωση που η ίδια ενέργεια θα εφαρμοστεί απότομα (δηλ. σε μικρό χρονικό διάστημα) στο ίδιο στερεό (Ζουμπούλης, 2004)

Γενικά, έχει αποδειχτεί ότι τα μεγαλύτερα τεμάχια στερεών σπάζουν ευκολότερα από τα μικρότερα. Επίσης, ότι η λεπτή λειοτριβήση (δηλ. η παραγωγή των λεπτομερών στερεών) απαιτεί την εφαρμογή πολύ μεγαλύτερης ενεργειακής *ισχύος*, καθώς επιτυγχάνεται πολύ μεγαλύτερη αύξηση στην επιφάνεια από τη θραύση ορισμένης ποσότητας λεπτόκοκκου υλικού, σε σχέση με την ίδια ποσότητα αδρομερούς υλικού (Ζουμπούλης, 2004)

Από την άποψη της χρησιμοποίησης της ενέργειας, η ελάττωση μεγέθους των στερεών αποτελεί μία κατ' εξοχή μη-αποδοτική διεργασία, καθώς μόνον το 0,1-2% της παρεχόμενης συνολικής ενέργειας στη συσκευή κατάτμησης, χρησιμοποιείται για το σχηματισμό της καινούργιας επιφάνειας στα στερεά που υπέστησαν κατάτμηση, δηλ. οι σχετικές μηχανές έχουν πολύ μικρό βαθμό απόδοσης. Η υπόλοιπη ενέργεια χάνεται με τη μορφή κυρίως της θερμότητας. Επίσης, για τη λειτουργία των μηχανημάτων θα πρέπει να δοθεί ενέργεια στο σύστημα, ώστε να υπερνικηθούν οι διάφορες τριβές στα κινούμενα μέρη τους. Σε αντίθεση, η μηχανική απόδοση, που είναι ο λόγος της μηχανικής ενέργειας, η οποία παρέχεται στα στερεά, προς την ολική

ενέργεια η οποία παρέχεται στο μηχάνημα, κυμαίνεται γενικά από 25-60% (Ζουμπούλης, 2004).

Επομένως, ο σχεδιασμός των μηχανημάτων ελάττωσης μεγέθους των στερεών αποσκοπεί κυρίως στην *πρόβλεψη της απαιτούμενης ισχύος* για την εφαρμογή της διεργασίας αυτής, το κόστος της οποίας θα είναι η κυριότερη δαπάνη κατά τη θραύση, ή τη λειοτρίβηση των στερεών. Επιπλέον, η απόδοση της διεργασίας θα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται το μηχανικό φορτίο (δηλ. οι δυνάμεις που θα προκαλέσουν την κατάτμηση) και από το μέγεθός του (Ζουμπούλης, 2004).

Επίσης, η φύση της δύναμης που ασκείται είναι σημαντική παράμετρος.

Ανάλογα με τις φυσικοχημικές ιδιότητες και το μέγεθος των προς κατάτμηση υλικών, επιλέγονται διάφοροι τρόποι επίδρασης της ασκούμενης δύναμης, οι κυριότεροι από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια:

- (α) με χτύπημα-πρόσκρουση,
- (β) με θραύση-συμπίεση,
- (γ) με τρίψιμο-άλεση,
- (δ) με κοπή-διάτμηση.

(Ζουμπούλης, 2004)

3.4 Άλεση

Η διαδικασία της άλεσης έχει στόχο να ανοίξει το σπόρο του σιταριού και να αποξέσει το ενδόσπερμα, να απομακρύνει το πίτυρο, να αλέσει το ενδόσπερμα σε αλεύρι και να κοσκινίσει το αλεύρι ώστε να αποκτήσει τη σωστή κοκκομετρία και να μην περιέχει πίτυρο και φύτρο. Η μυλωνική είναι μιά σύνθετη διεργασία που αποτελείται από συνεχείς αλέσεις και διαχωρισμούς. Η άλεση πραγματοποιείται με τη βοήθεια κυλίνδρων και αποτελείται από τρία μέρη: Το σύστημα σπασίματος, που διαχωρίζει και απομακρύνει το ενδόσπερμα από το πίτυρο σε σχετικά μεγάλα κομμάτια, το σύστημα απόξεσης, που απομακρύνει μικρά κομμάτια πιτύρου και φύτρου που είναι προσκολλημένα στο ενδόσπερμα και τέλος το σύστημα μείωσης, που αλέθει το ενδόσπερμα σε αλεύρι. Κατά τη φάση του διαχωρισμού γίνεται το κοσκίνισμα και ο καθαρισμός. Το κοσκίνισμα, γενικά, επιτυγχάνει την ταξινόμηση του ενδοσπέρματος ανάλογα με το μέγεθος. Ο καθαρισμός είναι η διεργασία κατά την οποία το σιμιγδάλι και τα άλλα κλάσματα που προκύπτουν από το σπάσιμο του καρπού καθαρίζονται από το πίτυρο (Σπύρος, 2005).

Ο βαθμός άλεσης ή τράβηγμα καλείται το ποσό του αλεύρου σε χιλιόγραμμα, το οποίο παράγεται από την άλεση 100 χιλιόγραμμων σίτου, όχι όμως όπως αυτό παραλαμβάνεται από τις αποθήκες, αλλά καθαρισμένο και

πλυμένο, κάθε φορά που αυτό εισέρχεται στο πρώτο ζεύγος κυλίνδρων προς άλεση.

Ο κάθε τύπος αλεύρου, μπορεί να παραχθεί στους μύλους, αλλάζοντας κάθε φορά το βαθμό άλεσης. Όσο ο βαθμός άλεσης είναι μικρότερος τόσο το αλεύρι θα είναι πιο μουντό, άρα καλύτερης ποιότητας (Σαραντόπουλος, 1962).

Προκειμένου για τα λευκά άλευρα, να αυξηθεί το τράβηγμα, αφήνονται να εισέλθουν στη σύνθεση του αλεύρου, ορισμένες μουντές φαρίνες, από τις αντίστοιχες εξαγωγές των Πλανσίχτερ. Αν όμως, είναι επιθυμητό να βελτιωθεί ποιοτικά το λευκό αυτό αλεύρι, τότε απορρίπτονται οι μουντές φαρίνες οπότε το τράβηγμα του αλεύρου μειώνεται (Σαραντόπουλος, 1962).

Ο βαθμός άλεσης, παίζει καθοριστικό ρόλο στη γεύση του ψωμιού. Γνωρίζουμε ότι ο σπόρος του σιταριού αποτελείται από τον καρπό και από το περικάρπιο, μέχρι την πρωτεϊνική μεμβράνη, από πολλά περιβλήματα και το πρόβλημα, κατά τη διάρκεια της άλεσης είναι να διαχωριστούν τα περιβλήματα από τον καρπό (ή λευκωματίνη) και ο τελευταίος να μετατραπεί σε αλεύρι (Παπαεμμανουήλ, 2006).

4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

4.1 Χαρακτηρισμός των στερεών σωματιδίων

Η κατανόηση των χαρακτηριστικών των μαζών των μικρομερών στερεών είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό των διεργασιών και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τέτοιου είδους στερεά.

Τα στερεά σωματίδια χαρακτηρίζονται με βάση το μέγεθος, το σχήμα και την πυκνότητά τους. Τα σωματίδια των ομογενών στερεών έχουν την ίδια πυκνότητα με τον κύριο όγκο του στερεού. Το μέγεθος και το σχήμα των ομαλών σωματιδίων (όπως οι σφαίρες και οι κύβοι) προσδιορίζεται εύκολα, όμως όταν τα σωματίδια είναι ανώμαλα (όπως οι κόκκοι της άμμου ή οι νιφάδες μίκας), οι όροι *μέγεθος* και *σχήμα* είναι λίγο ασαφείς και θα πρέπει να οριστούν αυθαίρετα (McCabe et al., 2002).

4.2 Σχήμα των σωματιδίων.

Το σχήμα ενός μεμονωμένου σωματιδίου μπορεί να περιγραφεί συναρτήσει της σφαιρικότητας Φ_s , η οποία είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του σωματιδίου. Για ένα σφαιρικό σωματίδιο διαμέτρου D_p , ισχύει $\Phi_s = 1$. Η σφαιρικότητα ενός μη σφαιρικού σωματιδίου ορίζεται από τη σχέση:

$$\Phi_s \equiv \frac{6v_p}{D_p s_p} \quad (4.1)$$

όπου D_p = ισοδύναμη διάμετρος ή ονομαστική διάμετρος του σωματιδίου

s_p = εμβαδό της επιφάνειας ενός σωματιδίου

v_p = όγκος ενός σωματιδίου

(McCabe et al., 2002)

Η ισοδύναμη διάμετρος ενός σωματιδίου ορίζεται πολλές φορές ως η διάμετρος μιας σφαίρας με όγκο ίσο με τον όγκο του σωματιδίου. Όμως, όταν

τα υλικά είναι λεπτόκοκκα, είναι δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια ο όγκος και το εμβαδό της επιφάνειας των σωματιδίων. Στην περίπτωση αυτή ως D_p θεωρείται συνήθως το ονομαστικό μέγεθος με βάση την ανάλυση με κόσκινα (κοκκομετρική ανάλυση) ή τη μικροσκοπική εξέταση. Το εμβαδό της επιφάνειας υπολογίζεται από μετρήσεις προσρόφησης ή από την πτώση πίεσης σε μια κλίνη σωματιδίων και στη συνέχεια υπολογίζεται το Φ , από την Εξ.(4.1). Για πολλά θραυσμένα υλικά το Φ , κυμαίνεται από 0.6 έως 0.8. Ωστόσο για σωματίδια που έχουν στρογγυλοποιηθεί με τριβή το Φ , μπορεί να φτάσει έως 0.95 (McCabe et al., 2002).

4.3 Μέγεθος του σωματιδίου.

Στη γενική περίπτωση για κάθε σωματίδιο με ίσες διαστάσεις, μπορούν να οριστούν "διάμετροι". Τα σωματίδια που δεν έχουν ίσες διαστάσεις, δηλαδή εκείνα των οποίων η μία διάσταση είναι μεγαλύτερη από τις άλλες, χαρακτηρίζονται μερικές φορές από τη δεύτερη μεγαλύτερη κύρια διάσταση. Κατά σύμβαση, τα μεγέθη των σωματιδίων εκφράζονται σε διάφορες μονάδες, ανάλογα με την περιοχή του μεγέθους. Το μέγεθος των χονδρόκοκκων σωματιδίων μετριέται σε μm ή mm , των λεπτόκοκκων σωματιδίων εκφράζεται συναρτήσει του μεγέθους του κόσκινου, ενώ των πολύ λεπτόκοκκων σωματιδίων μετριέται σε μm ή σε nm . Μερικές φορές το μέγεθος των υπερλεπτόκοκκων σωματιδίων (ultrafine particles) εκφράζεται συναρτήσει του εμβαδού της επιφάνειάς τους ανά μονάδα μάζας, συνήθως σε τετραγωνικά μέτρα ανά γραμμάριο (McCabe et al., 2002).

4.4 Μεγέθη μικτών σωματιδίων και ανάλυση μεγέθους.

Ο ολικός όγκος των σωματιδίων ενός δείγματος ομοιόμορφων σωματιδίων διαμέτρου D_p είναι m/ρ_p , όπου το m είναι η ολική μάζα του δείγματος και το ρ_p η πυκνότητα των σωματιδίων. Επειδή ο όγκος ενός σωματιδίου είναι u_p ο αριθμός των σωματιδίων στο δείγμα είναι

$$N = \frac{m}{\rho_p u_p} \quad (4.2)$$

Το εμβαδό της ολικής επιφάνειας των σωματιδίων υπολογίζεται από τις Εξ.(4.1) και (4.2)

$$A = N_{S_p} = \frac{6m}{\Phi_s \rho_p D_p} \quad (4.3)$$

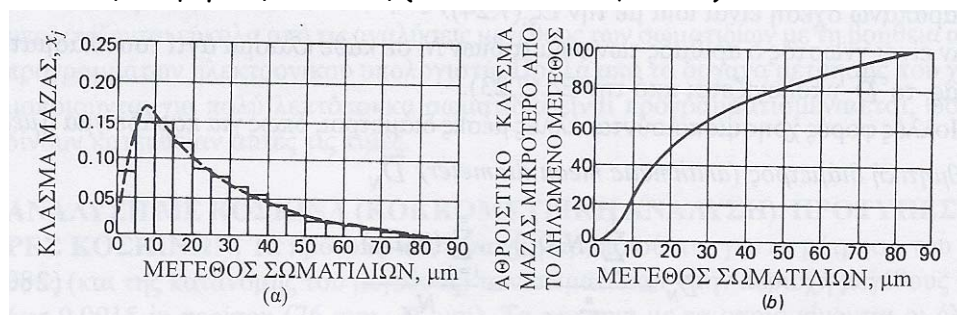
Για να εφαρμοστούν οι Εξ.(4.2) και (4.3) σε μίγματα σωματιδίων με διάφορα μεγέθη και πυκνότητες, το μίγμα χωρίζεται σε κλάσματα σταθερής πυκνότητας και περίπου σταθερού μεγέθους. Στη συνέχεια ζυγίζεται κάθε κλάσμα ή εναλλακτικά μετριοούνται τα μεμονωμένα σωματίδια μέσα σε αυτό με διάφορες μεθόδους. Στο τέλος εφαρμόζονται οι Εξ.(4.2) και (4.3) σε κάθε κλάσμα και προστίθενται τα αποτελέσματα (McCabe et al., 2002).

Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας ανάλυσης μεγέθους ταξινομούνται, ώστε να φανεί το κλάσμα της μάζας ή του αριθμού των σωματιδίων σε κάθε διάστημα (περιοχή) μεγέθους συναρτήσει του μέσου μεγέθους των σωματιδίων στο διάστημα. Μια τέτοια ανάλυση ονομάζεται *διαφορική ανάλυση (differential analysis)*. Τα αποτελέσματα της διαφορικής ανάλυσης παρουσιάζονται συχνά με τη μορφή ιστογράμματος, όπως αυτό του Σχήματος 3α, στο οποίο η συνεχής καμπύλη (όπως η διακεκομμένη γραμμή του σχήματος) χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της κατανομής. Ένας άλλος τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μεγέθους είναι με την *αθροιστική ανάλυση (cumulative analysis)*. Η ανάλυση αυτή προκύπτει προσθέτοντας διαδοχικά τα μεμονωμένα διαστήματα (αρχίζοντας με αυτά που περιέχουν τα μικρότερα σωματίδια) και ταξινομώντας ή σχεδιάζοντας τα αθροίσματα ως προς τη μέγιστη διάμετρο των σωματιδίων στο διάστημα. Στο Σχήμα 3b παρουσιάζεται ένα διάγραμμα της αθροιστικής ανάλυσης της κατανομής του Σχήματος 3α. Τα δεδομένα μιας αθροιστικής ανάλυσης μπορούν να παρασταθούν από μια συνεχή καμπύλη (McCabe et al., 2002).

Τα αθροιστικά διαγράμματα μπορούν να σχεδιαστούν και σε ημιλογαριθμικό χαρτί ή σε λογαριθμικό χαρτί πιθανοτήτων (όπως συμβαίνει συχνότερα), στο οποίο ο άξονας των τετμημένων είναι διαβαθμισμένος σύμφωνα με μια κατανομή πιθανοτήτων Gauss. Οι αναλύσεις μεγέθους δειγμάτων από ένα μηχάνημα θραύσης ή άλεσης δίνουν συχνά γραμμικά διαγράμματα σε τέτοιο χαρτί, τουλάχιστον για το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μεγέθους των σωματιδίων (McCabe et al., 2002).

Ο υπολογισμός του μέσου μεγέθους των σωματιδίων, της ειδικής επιφάνειας ή του πληθυσμού των σωματιδίων ενός μίγματος μπορεί να βασιστεί σε μια διαφορική ή σε μια αθροιστική ανάλυση. Οι μέθοδοι που βασίζονται σε αθροιστική ανάλυση είναι πιο ακριβείς από εκείνες που βασίζονται σε διαφορική ανάλυση, επειδή όταν χρησιμοποιείται η αθροιστική ανάλυση, δε χρειάζεται να γίνει η παραδοχή ότι όλα τα σωματίδια σε ένα

κλάσμα έχουν το ίδιο μέγεθος. Συνήθως όμως, η ακρίβεια των μετρήσεων του μεγέθους σωματιδίων δεν είναι αρκετά μεγάλη για να δικαιολογήσει τη χρήση της αθροιστικής ανάλυσης. Κατά συνέπεια οι υπολογισμοί βασίζονται σχεδόν πάντα στη διαφορική ανάλυση (McCabe et al., 2002).



Σχήμα 3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων διαφορικής ανάλυσης (McCabe et al., 2002).

4.5 Μέσο μέγεθος σωματιδίων.

Το μέσο μέγεθος των σωματιδίων ενός μίγματος μπορεί να οριστεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ο πιο συνηθισμένος είναι η μέση διάμετρος όγκου επιφάνειας (*volume-surface diameter mean diameter*), \overline{D}_s , η οποία συνδέεται με την ειδική επιφάνεια A_w . (McCabe et al., 2002).

Η διάμετρος αυτή ορίζεται από την εξίσωση

$$\overline{D}_s \equiv \frac{6}{\Phi_s A_w P_p} \quad (4.4)$$

Όπως επίσης και από την εξίσωση:

$$\overline{D}_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i / D_{pi})} \quad (4.5)$$

Όπου x_i = κλάσμα μάζας σε ένα δεδομένο διάστημα

n = αριθμός διαστημάτων

\overline{D}_{pi} = μέση διάμετρος σωματιδίων, εκφρασμένη ως αριθμητική μέση τιμή της μικρότερης και της μεγαλύτερης διαμέτρου σωματιδίου στο διάστημα (McCabe et al., 2002).

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται άλλες μέσες διαμέτροι, όπως για παράδειγμα η μέση αριθμητική διάμετρος (*arithmetic mean diameter*) \overline{D}_N

$$\overline{D}_N = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i \overline{D}_{pi})}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i \overline{D}_{pi})}{N_T} \quad (4.6)$$

όπου το N_T είναι ο αριθμός των σωματιδίων σε όλο το δείγμα (McCabe et al, 2002).

Η μέση μαζική διάμετρος (*mass mean diameter*) \overline{D}_w (ή μέση διάμετρος μάζας) υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\overline{D}_w = \sum_{i=1}^n x_i \overline{D}_{pi} \quad (4.7)$$

Ο μέσος όγκος ενός σωματιδίου υπολογίζεται διαιρώντας τον ολικό όγκο του δείγματος με τον αριθμό των σωματιδίων στο μίγμα (βλ. παρακάτω). Η διάμετρος ενός τέτοιου σωματιδίου είναι η μέση ογκομετρική διάμετρος (*volume mean diameter*), \overline{D}_v (ή μέση διάμετρος όγκου) και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\overline{D}_v = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n x_i / \overline{D}_{pi}^3} \right]^{1/3} \quad (4.8)$$

Όταν τα δείγματα αποτελούνται από ομοιόμορφα σωματίδια, αυτές οι μέσες διαμέτροι είναι ίδιες. Για μίγματα σωματιδίων διαφόρων μεγεθών οι μέσες διαμέτροι μπορεί να διαφέρουν κατά πολύ μεταξύ τους (McCabe et al., 2002).

4.6 Μετρήσεις μεγέθους με λεπτόκοκκα σωματίδια.

Η ξηρή κοσκίνιση σωματιδίων χρησιμοποιείται για σωματίδια με διαμέτρους μεγαλύτερες από περίπου 44 μm (325 mesh), ενώ η υγρή ανάλυση με κόσκινα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαμέτρου; έως 10 μm . Τα πιο λεπτόκοκκα σωματίδια (δηλαδή τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μm) μπορούν να μετρηθούν με πολλούς και διάφορους τρόπους. Όταν η διάμετρος των σωματιδίων ανήκει στην περιοχή από 1 έως 100 μm χρησιμοποιείται οπτική μικροσκοπία και κατακάθιση με τη βαρύτητα όπως τη συσκευή Coulter, η οποία μετρά τις μεταβολές στην ειδική αντίσταση ενός ηλεκτρολύτη καθώς μεταφέρει ένα-ένα τα σωματίδια μέσα από ένα μικρό στόμιο. Για ακόμα μικρότερα σωματίδια χρησιμοποιούνται τεχνικές σκέδασης

του φωτός, κατακάλισης σε φυγόκεντρες ή υπερ-φυγόκεντρες, φασματοσκοπία συσχέτισης φωτονίων και ηλεκτρονική μικροσκοπία (McCabe et al., 2002).

5.1 Γενικά

Οι κυριότεροι μέθοδοι διαχωρισμού στερεών σωματιδίων είναι:

α) η κατακάθιση με βαρύτητα (υδροταξινόμηση), β) ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός (αεροταξινόμηση), γ) η κοσκίνηση, δ) ο μαγνητικός - ηλεκτροστατικός διαχωρισμός και τέλος ε) η επίπλευση (McCabe et al., 2002).

5.2 Κοσκίνηση

Η μέθοδος της κοσκίνησης χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανία για τον διαχωρισμό των σωματιδίων σε κοκκομετρικά κλάσματα και σε εργαστηριακή κλίμακα για την παραλαβή υλικών ορισμένου μεγέθους και την κοκκομετρική ανάλυση υλικών (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Η κοκκομετρική ανάλυση γίνεται με μια σειρά από κόσκινα που το κάθε κατώτερο έχει μικρότερο άνοιγμα οπής. Τα κόσκινα τοποθετούνται πάνω σε έναν δονούμενο μηχανισμό κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συνδυάζει κατακόρυφη κίνηση και οριζόντια δόνηση. Το αν περνάει ή όχι ένα σωματίδιο από μια οπή εξαρτάται όχι μόνο από το μέγεθος του αλλά και από την πιθανότητα να βρεθεί με τον κατάλληλο προσανατολισμό πάνω στην επιφάνεια του κόσκινου (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Η ταξινόμηση κατά μέγεθος βασίζεται καθαρά στις γραμμικές διαστάσεις του σωματιδίου και το κατώτερο μέγεθος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί προσδιορίζεται από δυο παράγοντες. Ο πρώτος είναι ότι η αναλογία του ελεύθερου χώρου στην επιφάνεια του κόσκινου γίνεται πολύ μικρή με τη μείωση του μεγέθους της οπής. Ο δεύτερος είναι ότι οι ελκτικές δυνάμεις ανάμεσα στα σωματίδια γίνονται μεγαλύτερες σε μικρά μεγέθη σωματιδίων και συνεπώς τα σωματίδια έχουν την τάση να προσκολλούνται μεταξύ τους και να φράζουν το κόσκινο (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Η απόδοση της κοσκίνησης ορίζεται ως ο λόγος του βάρους υλικού που περνά από το κόσκινο προς αυτό που είναι ικανό να περάσει και αυτό θα διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος του υλικού (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Αν το κόσκινο περιέχει μια μεγάλη ποσότητα υλικού λίγο μόνο μεγαλύτερο από το μέγιστο μέγεθος σωματιδίου που θα περάσει, η ικανότητά του μειώνεται σημαντικά. Η κοσκίνηση γενικά συνεχίζεται είτε για ένα προκαθορισμένο διάστημα ή ώσπου ο ρυθμός κοσκίνησης πέσει πιο κάτω από κάποια καθορισμένη τιμή (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Η κοσκίνηση γίνεται με δυο τρόπους, σε υγρή ή ξηρή κατάσταση. Στην υγρή κοσκίνηση το υλικό πλένεται ομοιόμορφα πάνω στο κόσκινο και έτσι εμποδίζεται το φράξιμο του κόσκινου. Ακόμη τα μικρά σωματίδια με την πλύση απομακρύνονται από την επιφάνεια των μεγαλύτερων. Το προφανές μειονέκτημα παρόλα αυτά είναι ότι πιθανώς να είναι απαραίτητη η ξήρανση του υλικού στη συνέχεια. Με την ξηρή κοσκίνηση το υλικό μερικές φορές αγγίζεται ελαφριά περνώντας το με μια βούρτσα πάνω στο κόσκινο ώστε να σχηματιστεί, ένα λεπτό, ομοιόμορφο στρώμα. Πρέπει πάντα να λαμβάνεται φροντίδα ώστε η ανάδευση να μην είναι τόσο έντονη που να προκαλεί ελάττωση μεγέθους. Τα κόσκινα είναι συνήθως αρκετά εύθραυστα και εύκολα μπορεί να προκληθεί φθορά τους από κακομεταχείριση (Μάτης & Σπάθης, 1996).

Επειδή τα σωματίδια δεν έχουν στην πλειοψηφία τους κανονικό γεωμετρικό σχήμα π.χ. σφαίρας, ο προσδιορισμός του πραγματικού μεγέθους κόκκων είναι δύσκολος. Γι' αυτό τον λόγο το μέγεθος των κόκκων ενός σωματιδίου εκφράζεται εξ ορισμού από το εσωτερικό πλάτος της βροχίδας του κόσκινου από το οποίο διέρχεται το σωματίδιο (Σημειώσεις Μηχανικής Τροφίμων ΙΙ, 2006).

5.3 Ανάλυση με κοσκίνα (κοκκομετρική ανάλυση). Πρότυπες σειρές κοσκίνων.

Τα πρότυπα κόσκινα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του μεγέθους (και της κατανομής του μεγέθους) των σωματιδίων στην περιοχή μεγέθους από 3 έως 0.0015 in περίπου (76 mm -38 μm). Τα κόσκινα με τα οποία γίνονται οι έλεγχοι κατασκευάζονται από συρμάτινα πλέγματα, των οποίων οι διαστάσεις και τα μεγέθη οπών προτυποποιούνται με μεγάλη προσοχή. Τα ανοίγματά τους έχουν τετράγωνο σχήμα. Κάθε κόσκινο χαρακτηρίζεται από τον αριθμό οπών ανά ίντσα (meshes per inch). Στην πράξη τα ανοίγματα είναι μικρότερα από εκείνα που αντιστοιχούν στους αριθμούς mesh, λόγω του πάχους των συρμάτων.

Η πρότυπη σειρά κοσκίνων Tyler βασίζεται σε άνοιγμα 0.0029 in, που είναι το άνοιγμα σε σύρμα 200 mesh 0.0021 in., το πρότυπο κόσκινο όπως

υιοθετήθηκε από το National Bureau of Standards. (Πίνακας 4).

Η επιφάνεια των ανοιγμάτων σε οποιοδήποτε κόσκινο της σειράς είναι ακριβώς διπλάσια αυτής των ανοιγμάτων του επόμενου μικρότερου κόσκινου. Ο λόγος των διαστάσεων των οπών (mesh dimension) ενός κόσκινου προς εκείνες του επόμενου μικρότερου κόσκινου είναι $2^{1/2} = 1,41$. Για λεπτομερέστερη κατανομή μεγέθους υπάρχουν και ενδιάμεσα κόσκινα, καθένα από τα οποία έχει διάσταση mesh $2^{1/4}$ ή 1.189 φορές μεγαλύτερη από αυτή του επόμενου μικρότερου πρότυπου κόσκινου. Συνήθως, όμως, δε χρησιμοποιούνται αυτά τα ενδιάμεσα κόσκινα (McCabe et al., 2002).

Πίνακας 4: Πρότυπη κλίμακα κόσκινων Tyler.

Mesh	Καθαρό άνοιγμα, in	Καθαρό άνοιγμα, mm	Προσεγγιστικό άνοιγμα in	Διάμετρος σύρματος in
*	1,050	26,67	1	0,148
*	0,883	22,43	7/8	0,135
*	0,742	18,85	$\frac{3}{4}$	0,135
*	0,624	15,85	5/8	0,120
*	0,525	13,33	$\frac{1}{2}$	0,105
*	0,441	11,20	7/16	0,105
*	0,371	9,423	3/8	0,092
2+1/2*	0,312	7,925	5/16	0,088
3	0,263	6,680	$\frac{1}{4}$	0,070
3+1/2*	0,221	5,613	7/32	0,065
4	0,185	4,699	3/16	0,044
5*	0,156	3,962	5/32	0,036
6	0,131	3,327	1/18	0,0328
7*	0,110	2,794	7/64	0,032
8	0,093	2,362	3/32	0,033
9*	0,078	1,981	5/64	0,035
10	0,065	1,651	1/16	0,028
12*	0,055	1,397		0,025
14	0,046	1,168	3/64	0,0235
16*	0,0390	0,991		0,0172
20	0,0328	0,833	1/32	0,0141
24*	0,0276	0,701		0,0125
28	0,0232	0,589		0,0118
32*	0,0195	0,495		0,0122

35	0,0164	0,417	1/64 <κανένα>	0,0100
42*	0,0138	0,351		0,0092
48	0,0116	0,295		0,0070
60*	0,0097	0,246		0,0072
65	0,0082	0,208		0,0056
80*	0,0069	0,175		0,0042
100	0,0058	0,147		0,0038
115*	0,0049	0,124		0,0026
150	0,0041	0,104		0,0024
170*	0,0035	0,088		0,0021
200	0,0021	0,053		
270	0,0021	0,053		
325	0,0017	0,044		

(McCabe et al., 2002)

Για να γίνει μια ανάλυση τοποθετούνται σε μια συστοιχία τα πρότυπα κόσκινα μιας ομάδας με τις μικρότερες οπές στο κάτω μέρος και με τις μεγαλύτερες στο επάνω. Το δείγμα τοποθετείται στο επάνω κόσκινο και όλη η συστοιχία αναταράσσεται μηχανικά για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, Π.χ. για 20 min. Τα σωματίδια που κατακρατούνται σε κάθε κόσκινο απομακρύνονται και ζυγίζονται και οι μάζες που κατακρατούνται στα μεμονωμένα διαστήματα κοσκίνων μετατρέπονται σε κλάσματα μάζας ή σε ποσοστά επί τοις εκατό κατά μάζα του συνολικού δείγματος. Τα σωματίδια που περνούν και από το πιο λεπτό κόσκινο συλλέγονται σε ένα δίσκο στο κάτω μέρος της συστοιχίας (McCabe et al., 2002).

Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας ανάλυσης ταξινομούνται σε πίνακες, ώστε να δοθεί το κλάσμα μάζας κάθε κόσκινου ως συνάρτηση της περιοχής μεγέθους των οπών του κόσκινου. Επειδή τα σωματίδια σε κάθε κόσκινο έχουν περάσει από το κόσκινο που βρίσκεται ακριβώς από επάνω του, χρειάζονται δύο αριθμοί για να προσδιοριστεί η περιοχή μεγέθους ενός διαστήματος, ένας για το κόσκινο μέσα από το οποίο περνά το κλάσμα και ένας για το κόσκινο στο οποίο κατακρατείται. Έτσι, ο αριθμός 14/20 σημαίνει "μέσα από το κόσκινο με mesh 14 και πάνω στο κόσκινο με mesh 20" (McCabe et al., 2002).

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται μια τυπική ανάλυση με κόσκινα. Στις δύο πρώτες στήλες παρουσιάζεται το μέγεθος των οπών (mesh) και το πλάτος των ανοιγμάτων των κοσκίνων, Στην τρίτη στήλη παρατίθεται το κλάσμα μάζας του συνολικού δείγματος που κατακρατείται στο συγκεκριμένο κόσκινο. Το κλάσμα αυτό είναι το χ_i όπου το i είναι ο αριθμός του κόσκινου ξεκινώντας από το κάτω μέρος της συστοιχίας. Άρα, για το δίσκο ισχύει $i=1$ και το κόσκινο $i+1$ είναι αυτό που βρίσκεται ακριβώς επάνω από το κόσκινο

i . Το D_{pi} συμβολίζει τη διάμετρο των σωματιδίων που είναι ίση με το ανοίγμα mesh του κόσκινου i . (McCabe et al., 2002).

Στις δύο τελευταίες στήλες του Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται η μέση διάμετρος των σωματιδίων \overline{D}_{pi} σε κάθε διάστημα και το αθροιστικό κλάσμα που είναι μικρότερο από κάθε τιμή του D_{pi} . Μερικές φορές στις αναλύσεις με κόσκινα τα αθροιστικά κλάσματα γράφονται ξεκινώντας από την κορυφή της συστοιχίας και εκφράζονται ως το κλάσμα που είναι μεγαλύτερο από ένα δεδομένο μέγεθος (McCabe et al., 2002).

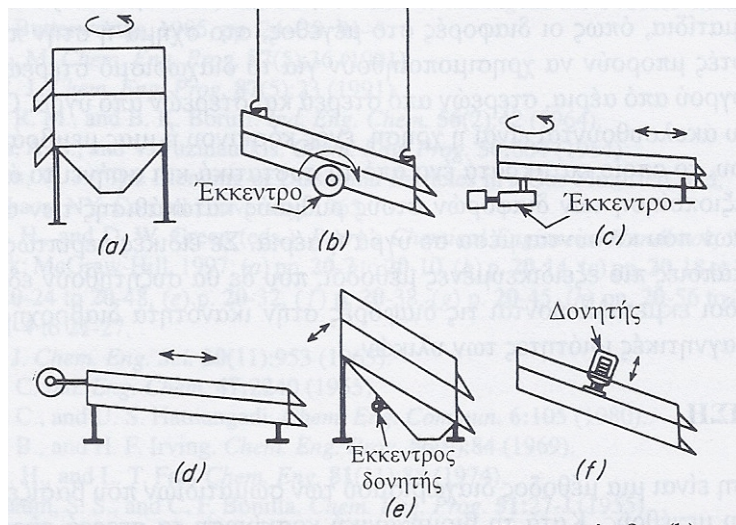
Πίνακας 5: Ανάλυση με κόσκινα (κοκκομετρική ανάλυση)

Mesh	Ανοίγμα κόσκινου, D_{pi} , mm	Κλάσμα μάζας που κατακρατείται, x_i	Μέση διάμετρος σωματιδίων στο διάστημα, \overline{D}_{pi} , mm	Αθροιστικό κλάσμα μικρότερο από D_{pi}
4	4.699	0.0000	—	1.0000
6	3.327	0.0251	4.013	0.9749
8	2.362	0.1250	2.845	0.8499
10	1.651	0.3207	2.007	0.5292
14	1.168	0.2570	1.409	0.2722
20	0.833	0.1590	1.001	0.1132
28	0.589	0.0538	0.711	0.0594
35	0.417	0.0210	0.503	0.0384
48	0.295	0.0102	0.356	0.0282
65	0.208	0.0077	0.252	0.0205
100	0.147	0.0058	0.178	0.0147
150	0.104	0.0041	0.126	0.0106
200	0.074	0.0031	0.089	0.0075
Pan	—	0.0075	0.037	0.0000

(McCabe et al., 2002)

5.4 Μηχανήματα κοσκίνησης.

Υπάρχουν πολλοί τύποι κόσκινων για πολλές εφαρμογές. Στα περισσότερα κόσκινα τα σωματίδια περνούν μέσα από τις οπές με την επίδραση της βαρύτητας. Σε ορισμένους τύπους τα σωματίδια σπρώχνονται με μια βούρτσα ή με την επίδραση μιας φυγόκεντρης δύναμης. Τα χονδροειδή σωματίδια περνούν εύκολα μέσα από τα μεγάλα ανοίγματα σε μια ακίνητη επιφάνεια, όμως τα λεπτόκοκκα χρειάζονται κάποιου είδους ανατάραξη, περιστροφή ή δόνηση, μηχανική ή ηλεκτρική. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται κάποιες τυπικές τέτοιες κινήσεις. Τα κόσκινα μπορεί να είναι είτε α) στατικά κόσκινα και σχάρες, β) στρομβικά κόσκινα και γ) δονούμενα κόσκινα (McCabe et al., 2002).



Σχήμα 4: Κινήσεις κοσκίνων: (a) περιστροφές σε οριζόντιο επίπεδο, (b) περιστροφές σε κατακόρυφο επίπεδο, (c) περιστροφή στο ένα άκρο, ανατάραξη στο άλλο, (d) ανατάραξη, (e) μηχανική δόνηση, (f) ηλεκτρική δόνηση (McCabe et al., 2002).

5.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κοσκίνησης ως μέθοδος μέτρησης μεγέθους των σωματιδίων

Είναι μια πολύ παλιά τεχνική αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι είναι φτηνή και πολύ συχνά χρησιμοποιούμενη σε μεγάλα σωματίδια. Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι :

- Δεν είναι δυνατό να μετρήσει αιωρήματα και γαλακτώματα
- Η μέτρηση για ξηρές σκόνες κάτω από 38 μm είναι πολύ δύσκολη. Η υγρή κοσκίνηση θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα αλλά τα αποτελέσματα από μια τέτοια τεχνική είναι πολύ φτωχά σε παραγωγικότητα και είναι δύσκολο να διεξαχθούν
- Συνεκτικά και συσσωματωμένα υλικά όπως π.χ. το χώμα είναι δύσκολο να μετρηθούν
- Υλικά όπως 0,3μm οξειδίου του τιτανίου είναι πρακτικά αδύνατο να μετρηθούν και να διαχωριστούν από ένα κόσκινο. Η μέθοδος αυτή δεν είναι και πολύ υψηλής ανάλυσης
- Όσο πιο μεγάλη η μέτρηση τόσο πιο μικρό το αποτέλεσμα επειδή τα σωματίδια προσανατολίζονται από μόνα τους να πέφτουν πάνω στο

κόσκινο. Αυτό σημαίνει ότι οι χρόνοι μέτρησης και οι μέθοδοι θα πρέπει να είναι αυστηρά στανταρισμένοι

- Μια πραγματική κατανομή βάρους δεν επιτυγχάνεται. Αντιθέτως η μέθοδος βασίζεται στην μέτρηση της δεύτερης μικρότερης διάστασης του σωματιδίου. Αυτό μπορεί να δώσει περίεργα αποτελέσματα σε κάποια υλικά όπως η παρακεταμόλη στην φαρμακευτική βιομηχανία
- Αντοχή. Είναι σημαντικό να εξετάσουμε έναν πίνακα ASTM ή BS για το μέγεθος των κόσκινων και να δούμε τις επιτρεπόμενες αντοχές (Rawle, 2000).

6 ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ- ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

6.1 Γενικά

Η προσπίπτουσα ακτινοβολία σκεδάζεται σε όλες τις διαφορετικές κατευθύνσεις. Η ένταση του σκεδασμένου φωτός εξαρτάται από την πολωσιμότητα ενώ η πολωσιμότητα εξαρτάται από το μοριακό βάρος. Αυτή η ιδιότητα του φωτός να σκεδάζεται είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον προσδιορισμό του μοριακού βάρους (www.eng.edu).

Επειδή η ένταση από το σκεδάζον φως εξαρτάται από το μοριακό βάρος του σωματιδίου, η σκέδαση του φωτός θα εξαρτάται από το μέσο μοριακό βάρος. Αυτό συνεπάγεται διαφορές σε κάποιες άλλες ιδιότητες, όπως η οσμωτική πίεση, η οποία εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των μορίων και έτσι δίνει τον αριθμό μέσου μοριακού βάρους. Ακόμη η σκέδαση του φωτός έχει μια άμεση εξάρτηση με το μέγεθος των σωματιδίων (www.eng.edu).

Από την άλλη πλευρά πολλά χαρακτηριστικά των τροφίμων καθορίζονται από το μέγεθος των σωματιδίων που υπάρχουν στην αρχική πρώτη ύλη ή στο τελικό προϊόν, το οποίο επηρεάζει τις ρεολογικές ιδιότητες του ακατέργαστου προϊόντος. Η γεύση και η αίσθηση της σοκολάτας για παράδειγμα, ο βαθμός διάλυσης καφέ και γάλακτος και το ιξώδες των γαλακτωμάτων επηρεάζονται όλα από το μέγεθος των σωματιδίων, και έτσι, επηρεάζει και τις ρεολογικές τους ιδιότητες. Το μέγεθος σωματιδίων και η ρεολογία επίσης επηρεάζουν άλλες τεχνικές όπως είναι η γαλακτοματοποίηση της μαγιονέζας και η κρυσταλλοποίηση της ζάχαρης (www.malvern.co.uk).

6.2 Τι είναι τα κολλοειδή συστήματα.

Υπάρχει μια ενδιάμεση κατηγορία υλικών μεταξύ των καθαρών συστατικών και των μοριακά διεσπαρμένων συστημάτων, στα οποία, αν και ένα συστατικό είναι μικροδισπαρμένο σε ένα άλλο, ο βαθμός της διασποράς ή το μέγεθος των διεσπαρμένων σωματιδίων δεν πλησιάζει τα αντίστοιχα των μοριακών μιγμάτων. Τα συστατικά αυτά, γνωστά ως κολλοειδή συστήματα (τον όρο κολλοειδές τον επέλεξε ο Thomas Graham το 1861 για να περιγράψει

συστήματα που παρουσίαζαν μικρούς ρυθμούς διάχυσης μέσω πορωδών μεμβρανών. Η ετοιμολογία της λέξης είναι κόλλα + είδος. Δηλαδή, κολλοειδές είναι αυτό που μοιάζει με κόλλα. Αν και ο όρος ήταν σε μεγάλο βαθμό κατάλληλος για να περιγράψει τα συστήματα που μελετούσε ο Graham (διαλύματα κόλλας), σήμερα ο όρος είναι σε μεγάλο βαθμό ακατάλληλος για να περιγράψει όλα τα συστήματα που, κατά παράδοση, αποκαλούμε κολλοειδή συστήματα) εμφανίζουν ειδικές ιδιότητες με μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον. Τα κολλοειδή συστήματα, λοιπόν, αποτελούνται από μια διασπαρμένη ή ασυνεχή φάση σε μια κατάσταση λεπτού διαμερισμού, η οποία είναι κατανεμημένη ομοιόμορφα σε ένα μέσο διασποράς ή συνεχή φάση. Τόσο η συνεχής φάση όσο και η ασυνεχής φάση μπορεί να είναι στερεή, υγρή, ή αέρια (εννέα περιπτώσεις).

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες κολλοειδών:

α) Τα απλά κολλοειδή, στα οποία η διασπαρμένη φάση και η φάση διασποράς είναι ευδιάκριτες.

β) Τα δικτυωτά κολλοειδή, όπου και οι δυο φάσεις είναι αλληλοδιαπερνώμενα δίκτυα, τα στοιχεία των οποίων είναι κολλοειδών διαστάσεων και

γ) Τα πολλαπλά κολλοειδή, όπου μπορούν και συνυπάρχουν τρεις φάσεις, οι δυο από τις οποίες ή και οι τρεις, είναι λεπτά καταμερισμένες

(Παναγιώτου, 1998)

Οι ιδιότητες κολλοειδούς χαρακτήρα εμφανίζονται, όταν οι διαστάσεις της διασπαρμένης φάσης είναι μεταξύ 1 και 1000 nm. Αυτά τα όρια δεν είναι απόλυτα, δεδομένου ότι σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις (π.χ. γαλακτώματα) τα διασπαρμένα σωματίδια είναι μεγαλύτερων διαστάσεων. Επιπλέον, δεν είναι απαραίτητο και οι τρεις φάσεις να είναι κάτω του ενός μικρού, μια και κολλοειδής διασπορά παρατηρείται και σε συστήματα που περιέχουν διασπαρμένες ίνες (δυο μόνο διαστάσεις μικρότερες του 1 μm).

Όταν οι διαστάσεις της διασπαρμένης φάσης είναι μικρότερες του 1 nm, τότε η κολλοειδής συμπεριφορά, ουσιαστικά, ταυτίζεται με εκείνη των μοριακών διαλυμάτων (Παναγιώτου, 1998).

Διασπορές στερεών σωματιδίων, διαστάσεων (και των τριών) μεγαλύτερων του 1 μm, σε υγρό μέσο διασποράς ονομάζονται αιωρήματα. Όταν τα σωματίδια των αιωρημάτων είναι σχετικά μεγάλα και η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη της πυκνότητας του υγρού μέσου, καθιζάνουν σχετικά γρήγορα. Αντίθετα, ακόμη και κολλοειδή σφαιρικών σωματιδίων διαμέτρου 1 μm (το ανώτερο όριο των κολλοειδών διαστάσεων) εμφανίζουν ένα ρυθμό καθίζησης της τάξης του 10^{-4} cm/s (Παναγιώτου, 1998).

6.3 Σκέδαση του φωτός.

Καθώς το φως διέρχεται από ένα υλικό, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με τα μόρια του υλικού. Αυτά πολώνονται, δηλαδή τα επίκεντρα του θετικού και του αρνητικού φορτίου αλλάζουν την σχετική τους θέση. Η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτίνας είναι ίδια με την συχνότητα πόλωσης, και τα μόρια που υποβάλλονται σε αυτή την διαδικασία γίνονται τα ίδια πηγές ακτινοβολίας. Σε ένα απόλυτα ομογενές σύστημα αυτή η δευτερογενής ακτινοβολία αναιρείται από την πρόσθεση των επιμέρους κυματικών συναρτήσεων (κάθε μόριο εκπέμπει σε ελαφρά διαφορετική φάση από το διπλανό του, οπότε το άθροισμα των κυμάτων είναι μηδέν) και η προσπίπτουσα ακτινοβολία διέρχεται του μέσου χωρίς σκέδαση. Αν όμως η πολωσιμότητα των επιμέρους μικροπεριοχών του υλικού δεν είναι η ίδια καθ' όλο το υλικό, οι δευτερογενείς ακτινοβολίες δεν είναι παρόμοιες, οπότε το άθροισμά τους δεν είναι μηδέν. Έτσι τελικά οι επιμέρους περιοχές σκεδάζουν μέρος του φωτός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σώμα να φαίνεται συμπαγές.

Η πολωσιμότητα ενός υλικού σχετίζεται με την διηλεκτρική του σταθερά « ϵ ». Αυτή είναι ανάλογη με το τετράγωνο του δείκτη διάθλασης « n ». Αυτός είναι ένα μέτρο της δυνατότητας του υλικού να σκεδάζει το φως. Κάθε διαφοροποίηση του n είναι μια δυνητική αιτία σκέδασης. Ο δείκτης διάθλασης σε ένα μέσο μπορεί να διαφοροποιείται από σημείο σε σημείο από την παρουσία ενός άλλου υλικού (με διαφορετικό δείκτη διάθλασης) ή μια αλλαγή της συγκέντρωσης του υλικού (Σημειώσεις Ανάλυσης Τροφίμων ΙΙ, 2006).

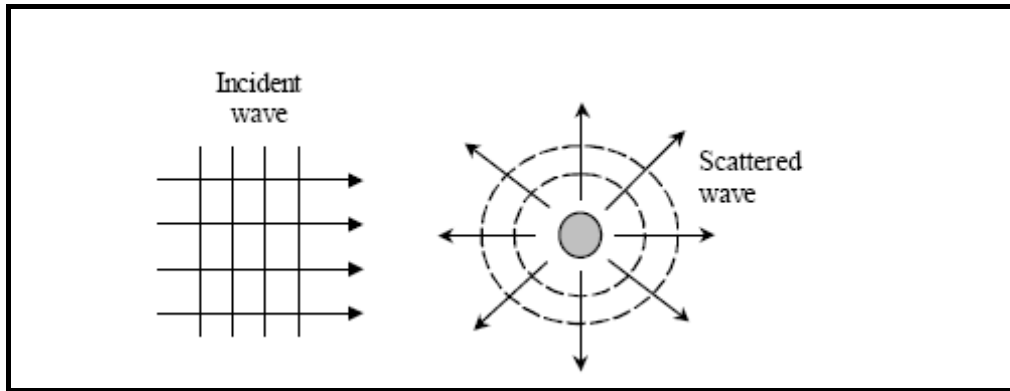
Σκέδαση είναι η διαδικασία κατά την οποία η κατεύθυνση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος μεταβάλλεται εφόσον προσπέσει σε κάποιο μόριο ύλης το οποίο να είναι τέτοιου μεγέθους που να επηρεάζει το κύμα. Η σκέδαση εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ του δείκτη διάθλασης του μέσου που διαδίδεται το φως αλλά και το μέγεθος των σκεδαστών σε σχέση με το μήκος κύματος (Αττιτή, 2006)

Η σκέδαση οφείλεται στην ανομοιογένεια του μέσου που ακτινοβολείται και στο δείκτη διάθλασης. Η γωνιακή κατανομή της σκέδασης εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων και συγκεκριμένα:

- Το μέγεθος και το σχήμα των σκεδαστών.
- Τη διαφορά στο δείκτη διάθλασης των σκεδαστών από το μέσο στο οποίο βρίσκονται.
- Το μέγεθος της ανομοιογένειας σε σχέση με το μήκος κύματος.

Την πυκνότητα των σκεδαστών. (Στην πολλαπλή σκέδαση)

(Αττιτή, 2006)

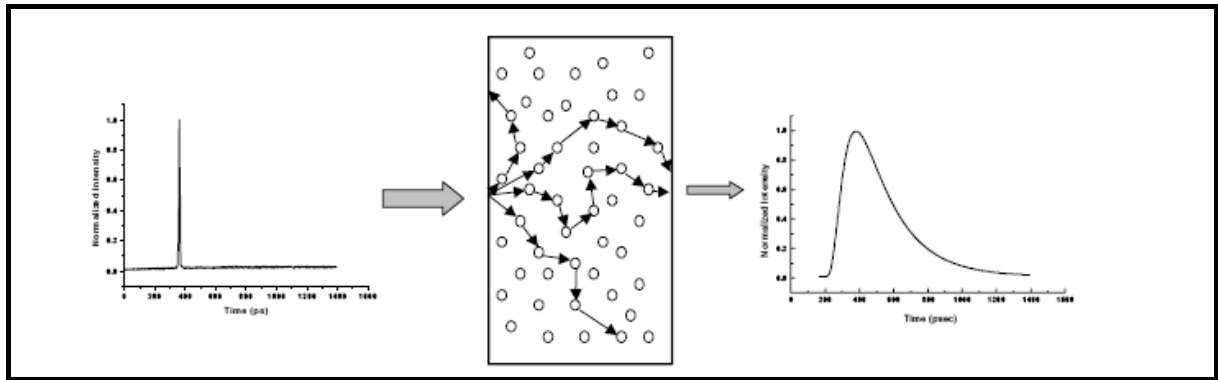


Σχήμα 5: Σχηματική αναπαράσταση της σκέδασης του φωτός όταν προσπίπτει σε ένα αντικείμενο (http://www.ap-lab.com/light_scattering.htm).

Η σκέδαση του φωτός χωρίζεται σε δυο κατηγορίες:

1. **την κλασική σκέδαση του φωτός:** παρέχει άμεση μέτρηση του όγκου των σωματιδίων (ή της μάζας τους). Η κλασική σκέδαση φωτός περιλαμβάνει μέτρηση της ποσότητας φωτός που σκεδάζεται από ένα διάλυμα σε μια συγκεκριμένη γωνία η οποία σχετίζεται με την προσπίπτουσα ακτίνα φωτός. Αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι επίσης πολύ χρήσιμη για τον προσδιορισμό συσσωματωμάτων, όπως νουκλεϊκών οξέων ή γλυκοπρωτεϊνών.
2. **τη δυναμική σκέδαση του φωτός:** χρησιμοποιεί το σκεδάζον φως για να μετρήσει το εύρος της διάχυσης των σωματιδίων. Εδώ κάποιος μπορεί να μετρήσει την εξάρτηση του χρόνου του φωτός που σκεδάζεται από μια μικρή περιοχή του διαλύματος σε σχέση με ένα εύρος τιμών χρόνου από δέκατα του μs (microseconds) έως ms (milliseconds). Αυτές οι διακυμάνσεις στην ένταση του σκεδάζοντος φωτός σχετίζονται με την ποσότητα διάχυσης των σωματιδίων μέσα και έξω από την περιοχή που μελετούνται (κίνηση Brown), και τα δεδομένα μπορούν να αναλυθούν ώστε κατ' ευθείαν να δώσουν τους συντελεστές διάχυσης των σωματιδίων που έχουν σκεδαστεί. Όταν πολλά είδη είναι παρόντα, φαίνεται η κατανομή συντελεστών διάχυσης.

Το κύριο χαρακτηριστικό της δυναμικής σκέδασης είναι η ικανότητα της μεθόδου να αναλύει δείγματα που περιέχουν διαφορετικές κατανομές των ειδών και διαφορετικά μοριακά βάρη (http://www.ap-lab.com/light_scattering.htm).



Σχήμα 6: Η μεταβολή της ακτινοβολίας πριν υποστεί σκέδαση και μετά (Αττιτή, 2006).

6.4 Θεωρίες σκέδασης του φωτός.

Ο Raylight ασχολήθηκε με την σχέση που συνδέει τη σκέδαση του φωτός με το μέγεθος του σωματιδίου που προκαλεί την σκέδαση. Δεχόμενος ότι το μήκος κύματος του φωτός είναι πολύ μεγαλύτερο από το σκεδάζον σωματίδιο, κατέληξε σε μαθηματικές εκφράσεις που σχετίζουν τη γωνία σκέδασης με το μέγεθος ενός υποθετικού σφαιρικού σωματιδίου, το οποίο μπορεί να είναι το σταγονίδιο λίπους στο γάλα. Ο βασικός περιορισμός της θεωρίας του ήταν ότι το πεδίο εφαρμογής της περιοριζόταν σε σωματίδια πολύ μικρότερα από το μήκος κύματος του προσπίπτοντος φωτός. Ο ίδιος και ξεχωριστά οι Debye και Ganz ανέπτυξαν παραπέρα τη θεωρία στη θεωρία RDG (από τα αρχικά στα ονόματά τους), θεωρώντας ότι κάθε στοιχειώδης όγκος μιας σφαίρας που σκεδάζει το φως λειτουργεί ως κέντρο σκέδασης από μόνο του, καταλήγοντας σε μια θεωρία που μπορούσε να εφαρμοστεί σε σχετικά μεγαλύτερες σφαίρες (ως και συγκρίσιμες σε μέγεθος με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας), αλλά και σε τήγματα και διαλύματα πολυμερών (Hulst, 1981).

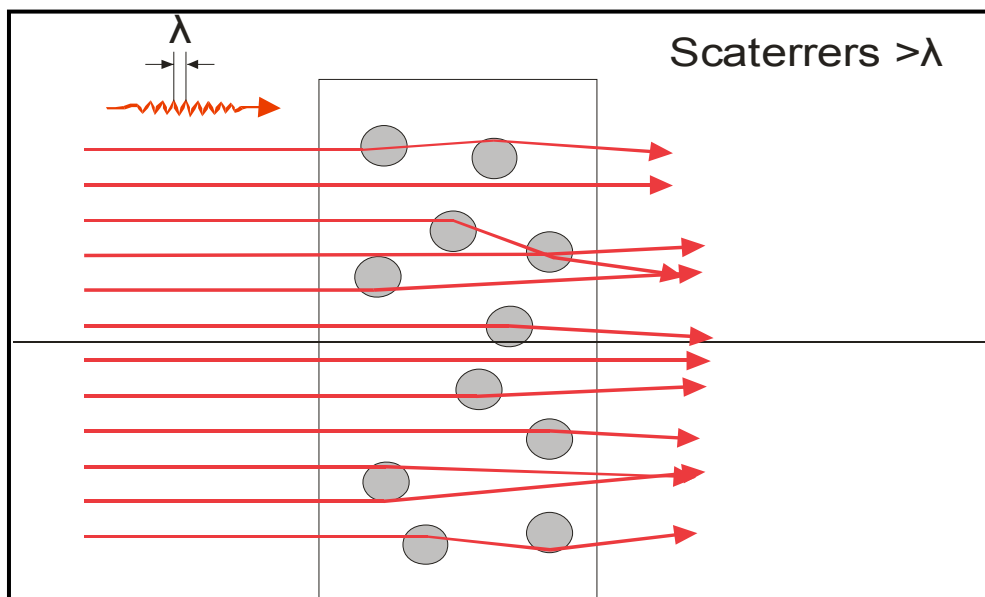
Μεγάλοι φυσικοί όπως οι Clebsch, Lorenz, Debye και Mie πρότειναν πολυπλοκότερες θεωρίες ώστε να περιλάβουν και μεγαλύτερα σωματίδια στα μοντέλα τους, καθώς και ευρύτερα πεδία δεικτών διάθλασης, καθώς και να συνυπολογίσουν την απορρόφηση του φωτός εκτός από την σκέδαση του. Η πληρέστερη από όλες ήταν αυτή του Gustav Mie (1908). Αυτή η εξαιρετικά πολύπλοκη θεωρία αποτελεί σήμερα τη βάση του υπολογισμού του μεγέθους των σωματιδίων από την σκέδαση του φωτός. Οι σύγχρονοι υπολογιστές μπορούν να αντεπεξέλθουν στις πολύ υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις της θεωρίας του Mie (οι οποίες αυξάνουν όσο αυξάνει το μέγεθος των σωματιδίων). Όταν το μέγεθος των σωματιδίων γίνεται πολύ μικρό, οι

εξισώσεις του Mie ανάγονται σε εξισώσεις του Raylight. Για πολύ μεγάλα σωματίδια καλύτερη από την θεωρία του Mie είναι η θεωρία του Fraunhofer, η οποία είναι αξιόπιστη για σωματίδια σαφώς από μεγαλύτερα από 1 μm (Hulst, 1981).

Θεωρία της σκέδασης Mie

Όταν οι σκεδαστές έχουν μέγεθος πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος του φωτός ονομάζονται σωματίδια Mie. Η συμπεριφορά αυτών των σωματιδίων όταν προσπίπτει πάνω τους μια δέσμη laser μπορεί να περιγραφεί με όρους απλής απορρόφησης ή ανάκλασης. Η θεωρία Mie βασίζεται στις εξισώσεις ηλεκτρομαγνητικού πεδίου του Maxwell.

Το σημαντικό είναι ότι λόγω του μεγάλου μεγέθους των θεωρούμενων σωματιδίων ως προς το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, κατά την αλληλεπίδραση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με το σωματίδιο, μπορούμε να αγνοήσουμε τα κυματικά χαρακτηριστικά του φωτός. Αυτό σημαίνει ότι το φαινόμενο μπορεί να ερμηνευθεί θεωρητικά με αρχές γεωμετρικής οπτικής, δηλαδή με απλούς όρους ανάκλασης και διάθλασης των οπτικών ακτινών που συνιστούν την εισερχόμενη δέσμη φωτός (Hulst, 1981).



Σχήμα 7: Σχηματική απεικόνιση της σκέδασης Mie για σωματίδια μεγάλου μεγέθους όταν το σωματίδιο σκεδάζεται μια φορά (Hulst, 1981).

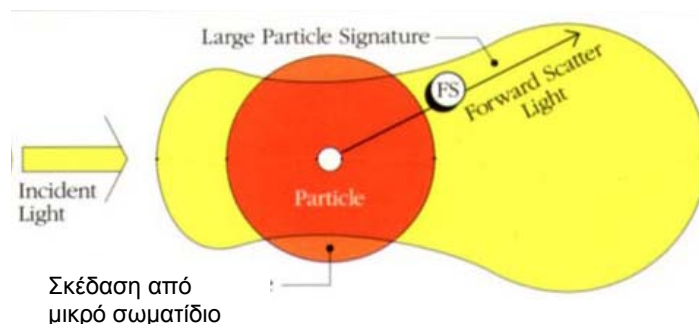
Η θεωρία της σκέδασης Mie για σωματίδια που το μέγεθος τους είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας διέπεται από τις ακόλουθες θεμελιώδεις παραδοχές:

➤ Η προσπίπτουσα ακτινοβολία διαχωρίζεται σε δυο κατηγορίες, την ανεπηρέαστα διαδιδόμενη ακτινοβολία και την σκεδαζόμενη ακτινοβολία. Το ποσοστό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας είναι ίσο με το πηλίκο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που αλληλεπιδρά με του σκεδαστές. Τελικά η συνολική κατανομή είναι η υπέρθεση των επιμέρους εντάσεων δηλαδή της διαδιδόμενης ακτινοβολίας και της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας. Η κατανομή του σκεδαζόμενου φωτός μπορεί να προσδιοριστεί από τις μικροσκοπικές γεωμετρικές ιδιότητες του σκεδαστή, αν ληφθεί υπόψη η ανάκλαση, η διάθλαση και η περίθλαση (Hulst, 1981).

➤ Όταν η διάμετρος του σκεδαστή (d) είναι πολύ μεγαλύτερη από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, τότε ένα τμήμα της ακτινοβολίας προσπίπτει πάνω στον σκεδαστή και το υπόλοιπο περνά γύρω από αυτόν. Τελικά η ακτινοβολία που προσπίπτει στον σκεδαστή και η ακτινοβολία που περνά γύρω από αυτόν δημιουργούν δύο ξεχωριστά φαινόμενα όπου και τα δύο σύμφωνα με την θεώρηση του Mie περιλαμβάνουν τον όρο σκέδαση. Το πρώτο φαινόμενο αποτελείται από δύο διαδικασίες την ανάκλαση και τη διάθλαση, ένα ποσοστό των ακτινών που προσπίπτουν στην επιφάνεια του σκεδαστή ανακλάται και ένα άλλο ποσοστό διαθλάται. Το διαθλωμένο φως εξέρχεται από τον σκεδαστή αφού διαθλαστεί, ή αφού υποστεί κάποιες εσωτερικές ανακλάσεις. Το δεύτερο φαινόμενο είναι η περίθλαση, στην περίπτωση αυτή η ακτινοβολία που περνάει γύρω από το σκεδαστή δημιουργεί ένα επίπεδο μέτωπο κύματος, σχήματος και μεγέθους ανάλογο της γεωμετρικής σκιάς του σκεδαστή. Το μέτωπο κύματος αυτό είναι ελλiptές και λόγω της αρχής του Huygens προκαλεί μια συγκεκριμένη γωνιακή κατανομή της έντασης. Η κατανομή της έντασης σε αυτή τη περίπτωση εξαρτάται από το σχήμα και το μέγεθος του σκεδαστή και είναι ανεξάρτητη από την σύνθεση και τη φύση της επιφάνειας του. Τα δυο αυτά φαινόμενα που παρουσιάζονται παραπάνω συνθέτουν τελικά την σκέδαση (Hulst, 1981).

Αν θεωρηθεί το μέγεθος ενός σκεδαστή σταθερό και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας να μειώνεται σταδιακά τότε ο υπολογισμός της σκέδασης προσεγγίζεται από τη θεωρία της γεωμετρικής οπτικής λόγω της ανάκλασης και της διάθλασης. Επιπλέον, η μορφή της ακτινοβολίας που περιθλάται παρουσιάζει συμπίεση σε ένα στενό λοβό γύρω από την κατεύθυνση που θεωρήθηκε ως πρόσθια (για γωνίες $\theta=0$). Στην περίπτωση που ο σκεδαστής είναι αρκετά μεγαλύτερος από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας η πλήρης

μορφή της ακτινοβολίας που σκεδάζεται είναι αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 9, παρατηρείται ένας πολύ στενός και κεντρικός λοβός λόγω της περίθλασης και μια μικρότερη έντασης ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις η οποία εξαρτάται από τις οπτικές ιδιότητες του σωματιδίου (Αττιτή, 2006).



Σχήμα 8: Σχηματική απεικόνιση της σκέδασης από μεγάλο σωματίδιο (κίτρινη περιοχή), και από μικρό σωματίδιο (κόκκινη περιοχή) (Αττιτή, 2006)

Θεωρία της σκέδασης Rayleigh

Για τα σωματίδια των οποίων οι διαστάσεις είναι πολύ μικρότερες από το μήκος κύματος (υπό συνθήκες) και για τα οποία τα σκεδαζόμενα μόρια μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητα, μπορεί να εφαρμοστεί η θεωρία του Rayleigh προκειμένου να περιγραφεί η διαδικασία σκέδασης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή μπορούμε να δεχτούμε ότι τα σκεδαζόμενα μόρια είναι πολωμένα. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία πολώνει την ηλεκτρονική δομή του κάθε μορίου με τη μορφή ενός δίπολου στο οποίο τα ηλεκτρόνια κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση αφήνοντας με αυτό τον τρόπο θετικό φορτίο στην αντίθετη πλευρά από αυτήν της κίνησης τους. Αυτά τα δίπολα ταλαντώνονται ανάλογα με την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Σύμφωνα με την κλασική φυσική τα ταλαντευόμενα δίπολα πρέπει να εκπέμπουν ενέργεια γι' αυτό το λόγο απορροφούν ενέργεια από το πεδίο πρόσπτωσης και στη συνέχεια την εκπέμπουν. Το σύνολο της ακτινοβολίας αυτής εκπέμπεται σε κατεύθυνση κάθετη προς τον άξονα του δίπολου ενώ κατά μήκος του άξονα η ενέργεια είναι μηδενική (Γιαννακουδάκης, 2002.).

Γενικά η θεωρία του Rayleigh μπορεί να διατυπωθεί ως εξής, «*Η ένταση σκεδασμού του φωτός που διέρχεται από μικροετερογενές σύστημα διασποράς είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του στατιστικού όγκου των σωματιδίων της εσωτερικής φάσεως και αντιστρόφως ανάλογη προς την*

τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος του φωτός». Ο ίδιος κατέληξε τελικά και στην παρακάτω σχέση:

$$I = I_0 \frac{9\pi^2 U^2}{X^2 \lambda^4} \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2$$

Όπου I = ένταση σκεδαζόμενου φωτός κατά διεύθυνση κάθετη προς το προσπίπτον,

I_0 = ένταση προσπίπτοντος φωτός,

U = στατιστικός μέσος όγκος σωματιδίων,

λ = μήκος κύματος φωτός,

X = απόσταση της πηγής και της θέσεως των σωματιδίων που προκαλούν το σκεδασμό,

n_1 = δείκτης διάθλασης του μέσου διασποράς,

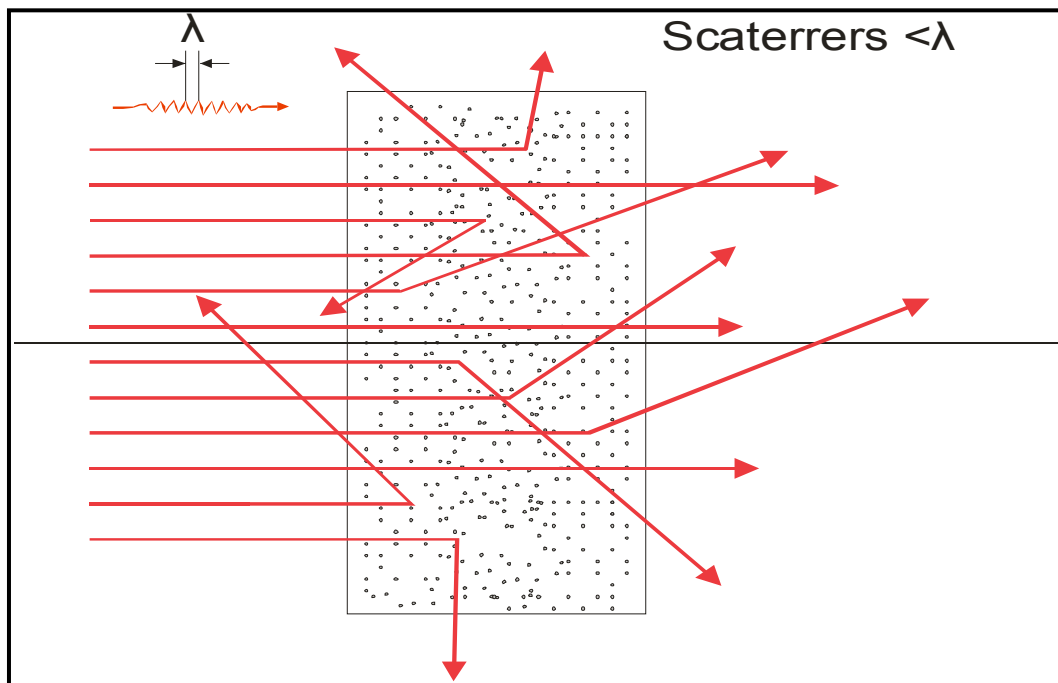
n_2 = δείκτης διάθλασης των σωματιδίων διασποράς.

(Γιαννακουδάκης, 2002.)

Από την εξίσωση του Rayleigh φαίνεται ότι όταν $n_1 = n_2$ ή περίπου ίσους, τότε η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός είναι πολύ μικρή και το όλο φαινόμενο σκεδασμού του φωτός είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Αυτό πράγματι συμβαίνει με πολλά λυόφιλα κολλοειδή (Λυόφιλα κολλοειδή είναι τα συστήματα που λαμβάνουν εύκολα την κατάσταση της κολλοειδούς διασποράς και την εγκαταλείπουν δύσκολα), διότι τα σωματίδιά τους φέρουν πάνω τους πολύ μεγάλο αριθμό μορίων του μέσου διασποράς και έτσι έχουν $n_1 = n_2$ ή περίπου ίσους. Εντονότερο λοιπόν σκεδασμό παρατηρείται στα λυόφοβα κολλοειδή (λυόφοβα κολλοειδή είναι τα συστήματα που μεταπίπτουν δύσκολα στην κολλοειδή κατάσταση και την εγκαταλείπουν εύκολα) (Γιαννακουδάκης, 2002).

Η θεωρία σκέδασης του Rayleigh μπορεί να προβλέψει τα ακόλουθα:

1. Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία υπό γωνία 90° ως προς την μεταδιδόμενη ακτίνα είναι πλήρως πολωμένη.
2. Το ποσό του σκεδαζόμενου φωτός είναι ανάλογο του αντιστρόφου της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος. Σαν αποτέλεσμα, το μπλε φως των 400nm σκεδάζεται 9,4 φορές περισσότερο από το κόκκινο φως των 700nm μήκος κύματος.
3. Το ποσό του φωτός που σκεδάζεται στην οπίσθια και στην πρόσθια επιφάνεια είναι ίσο.



Σχήμα 9: Σχηματική παράσταση της σκέδασης Rayleigh (Αττιτή, 2006).

Η θεωρία του Rayleigh δεν μπορεί να εφαρμοστεί όταν το μέγεθος των σκεδαζόμενων μορίων είναι συγκρίσιμο ή μεγαλύτερο από το μήκος κύματος και σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εφαρμοστεί ένα πιο πολύπλοκο μοντέλο. Θα θεωρείται το μέγεθος των μορίων σύμφωνα με τους κανόνες που ακολουθούν:

1. Εάν το ταλαντευόμενο δίπολο είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος τότε στον υπολογισμό της ποσότητας της ακτινοβολίας που εκπέμπεται προς κάθε κατεύθυνση πρέπει να ληφθεί υπόψη η ακτινοβολία από κάθε σημείο του δίπολου. Επειδή αυτά είναι τώρα σε διαφορετικές αποστάσεις και για αυτό έχουν διαφορετικές φάσεις σε συμφωνία με έναν παρατηρητή ή ένα ανιχνευτή, η συμβολή από τα διαφορετικά σημεία του δίπολου πρέπει να ληφθεί υπόψη.
2. Αν τα σκεδαζόμενα μόρια είναι πολύ μεγαλύτερα από το μήκος κύματος κατά μήκος της διεύθυνσης του φωτός, υπάρχει ένας αριθμός από ταλαντευόμενα δίπολα εντός του μορίου τα οποία συμβάλλουν ενισχυτικά στην πρόσθια κατεύθυνση και τείνουν να συμβάλλουν καταστροφικά στην οπίσθια κατεύθυνση. Αυτή η συμπεριφορά γίνεται εντονότερη με την αύξηση του μεγέθους. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι

καθώς το μέγεθος του μορίου αυξάνει η πρόσθια σκέδαση αυξάνει εις βάρος της οπίσθιας.

(Αττιτή, 2006)

Η πρόβλεψη των ιδιοτήτων σκέδασης των μορίων αυθαίρετου μεγέθους και σχήματος είναι πολύ δύσκολη αν όχι αδύνατη, αλλά υπάρχουν λύσεις για περιπτώσεις απλών σχημάτων. Επειδή το ποσό του φωτός που σκεδάζεται είναι ανάλογο της ποσότητας του προσπίπτοντος φωτός στο μόριο. Όσο μεγαλύτερη η επιφάνεια του μορίου, τόσο μεγαλύτερη η σκέδαση (Αττιτή, 2006).

6.5 Η σκέδαση του φωτός ως εργαλείο για την μέτρηση του μεγέθους σωματιδίων.

Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχει ισχυρή εξάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων και της γωνίας σκέδασης του προσπίπτοντος φωτός. Για ένα αυστηρά μονοδισπαρμένο σύνολο σωματιδίων (σωματίδια με το ίδιο ακριβώς μέγεθος), το μέγεθος των σωματιδίων είναι αντίστροφα ανάλογο με το $\eta(\theta/2)$ όπου θ είναι η γωνία σκέδασης του φωτός. Έτσι με δεδομένη τη γωνία σκέδασης και με γνωστούς τους δείκτες διάθλασης του μέσου διασποράς (λ.χ. νερού) και των δισπαρμένων σωματιδίων, είναι δυνατός ο υπολογισμός των δισπαρμένων σωματιδίων.

Για ένα πολυδισπαρμένο πληθυσμό σωματιδίων (σωματίδια που έχουν παραπλήσιο, όχι ακριβώς ίδιο μέγεθος μεταξύ τους) σωματίδια διαφορετικού μεγέθους παρουσιάζουν διαφορετικές γωνίες σκέδασης. Σε αυτήν την περίπτωση ορίζεται μια συνάρτηση κατανομής μεγεθών $p(a)$, της οποίας η ολοκλήρωση μεταξύ της ακτίνας a και Δa δίνει το κλάσμα των σωματιδίων μεταξύ a και Δa , ενώ το ολοκλήρωμα σε όλο το πεδίο ορισμού του a είναι μονάδα.

$$p(a) = \int_a^{a+\Delta a} p(a) da$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε πολυδισπαρμένα συστήματα, μετρήσεις της σκέδασης του φωτός σε διαφορετικές γωνίες πρέπει να δίνουν πληροφορίες για την κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων που απαρτίζουν ένα κολλοειδές σύστημα (Σημειώσεις Ανάλυσης Τροφίμων II, 2006).

Η μέθοδος αυτή λέγεται πιο σωστά μικρής γωνίας σκέδαση του φωτός (Low Angle Laser Light Scattering - LALLS). Η τεχνική γίνεται ολοένα και χρησιμοποιούμενη από τις βιομηχανίες για τον χαρακτηρισμό και τον έλεγχο ποιότητας. Το εύρος χρησιμοποίησης σύμφωνα με το ISO13320 είναι 0,1 - 3000 μ m (Rawle Dr. Alan). Το ISO13320 είναι ο πρώτος επίσημος

παγκόσμιος οργανισμός που θέτει τις βάσεις για την μέτρηση μεγέθους σωματιδίων που βασίζονται στην σκέδαση φωτός με λέιζερ σε χαμηλή γωνία (Low Angle Laser Light Scattering - LALLS). Το ISO13320 είναι ένας οδηγός για αυτούς που χρησιμοποιούν συστήματα σκέδασης φωτός. Επεξηγεί καθαρά τις αρχές των LALLS, ορίζει την ορολογία και εξηγεί τι μπορείς να περιμένεις από ένα όργανο τέτοιου τύπου. Ο σκοπός ενός τέτοιου εγχειριδίου είναι να παρέχει μια μεθοδολογία για τον ικανοποιητικό έλεγχο στην ανάλυση μεγέθους σωματιδίων (www.malvern.co.uk).

Ο εξοπλισμός έχει αναπτυχθεί τα τελευταία 20 χρόνια. Η μέθοδος βασίζεται στο ότι η γωνία σκέδασης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος σωματιδίου.

Τα όργανα αποτελούνται από:

- Μια ακτίνα λέιζερ σαν πηγή άμεσου φωτός. He - Ne αέριο λέιζερ (μήκος κύματος $\lambda=0,63\mu\text{m}$) είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα διότι προσφέρουν καλύτερη σταθερότητα (ειδικά με σεβασμό στην θερμοκρασία) και καλύτερο σήμα στον θόρυβο από ότι σε διόδους λέιζερ μεγαλύτερου μήκους κύματος.

- Ένας κατάλληλος ανιχνευτής. Συνήθως αυτός είναι ένα κομμάτι από φωτοευαίσθητο πυρίτιο με έναν διακριτό αριθμό ανιχνευτών. Μπορεί να αποδειχτεί ότι υπάρχει ένας άριστος αριθμός ανιχνευτών (16-32) - αυξημένοι αριθμοί δε σημαίνει και αυξημένη ανάλυση. Για την τεχνική σπεκτροσκοπίας συσχέτισης φωτονίου (PCS=photon correlation spectroscopy technique) που χρησιμοποιείται σε εύρος $1\text{nm} - 1\mu\text{m}$ περίπου, η ευαισθησία του φωτός που σκεδάζεται είναι τόσο χαμηλή ώστε ένας σωλήνας «φωτό-υποδοχής» μαζί με έναν ανιχνευτή σήματος συνδυάζονται για να γίνει τελικά η ανίχνευση

- Κάποια μέσα για να περνάει το δείγμα μέσα στην ακτίνα φωτός. Πρακτικά είναι δυνατόν να μετρήσεις αιωρήματα στον αέρα άμεσα ψεκάζοντάς τα κατευθείαν επάνω στην δέσμη φωτός. Αυτό κάνει μια κανονικά δύσκολη μέτρηση πολύ πιο εύκολη. Μια ξηρή ύλη μπορεί να ψεκαστεί επάνω στον φακό με την βοήθεια πίεσης και κενό ώστε να εμποδιστεί η σκόνη να πάει στο περιβάλλον. Σωματίδια σε αιώρηση μπορούν να μετρηθούν ανακυκλώνοντας το δείγμα μπροστά από την ακτίνα φωτός.

Παλαιότερα όργανα και κάποια τωρινά βασίζονται μόνο στην θεωρία του Fraunhofer η οποία λέει:

- Το σωματίδιο είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος του φωτός που υπάρχει (το ISO13320 ορίζει αυτό να είναι μεγαλύτερο από 40λ π.χ. $25\mu\text{m}$, όταν χρησιμοποιείται λέιζερ τύπου He - Ne)
- Όλα τα μεγέθη σωματιδίων σκεδάζονται με την ίδια ικανότητα
- Τα σωματίδια είναι αδιαφανή και δεν μεταφέρουν φως

Αυτές οι θεωρίες δεν είναι πάντα σωστές για όλα τα υλικά, και για μικρά υλικά το ποσοστό σφαλμάτων ανέρχεται στο 30% ειδικά όταν ο σχετικός δείκτης διάθλασης του υλικού και ο μέσος είναι κοντά στην μονάδα. Όταν το μέγεθος σωματιδίου πλησιάζει το μήκος κύματος του φωτός, η σκέδαση μπορεί να γίνει μια πολύπλοκη διαδικασία με μέγιστα και ελάχιστα. Ο τελευταίος εξοπλισμός (π.χ. Mastersizer 2000, Malvern instruments) χρησιμοποιεί πλήρως την θεωρία του Mie, η οποία λύνει τελείως όλες τις εξισώσεις αλληλεπίδρασης του φωτός που συμβαίνουν. Η θεωρία του Mie υποθέτει ότι ο όγκος του σωματιδίου όπως αντιτίθεται στον Fraunhofer το οποίο είναι μια πρόβλεψη προβαλλόμενης περιοχής. Η «τιμωρία» για αυτήν την ακρίβεια είναι ότι οι δείκτες διάθλασης για το υλικό και το μέσο πρέπει να είναι γνωστά και το κομμάτι απορρόφησης του δείκτη διάθλασης είναι γνωστό ή το θεωρούμε εμείς (www.malvern.co.uk).

Στη στατική σκέδαση φωτός (static light scattering), μια πολωμένη ακτίνα laser κατευθύνεται στο διαμέρισμα του δείγματος. Πίσω από αυτό, ένας αριθμός φωτοευαίσθητων ανιχνευτών τοποθετημένοι ως ομόκεντροι κύκλοι καταγράφουν την ένταση του φωτός σε συγκεκριμένες γωνίες. Έτσι κατασκευάζεται ένα διάγραμμα έντασης του φωτός - γωνίας σκέδασης. Τα δεδομένα αυτά, τα μήκη κύματος και οι δείκτες διάθλασης χρησιμοποιούνται ως δεδομένα για την εφαρμογή της θεωρίας του Mie, μετατρέποντας τα αρχικά δεδομένα έντασης - γωνίας σκέδασης σε ένα διάγραμμα κατανομής μεγεθών σωματιδίων.

Προκειμένου να αποφευχθούν επιπλοκές από την πολλαπλή σκέδαση του φωτός από πολλά σωματίδια, η απόσταση μεταξύ τους αυξάνει με μεγάλη αραιώση, λ.χ. μερικές σταγόνες γαλακτώματος σε 500ml νερού (Σημειώσεις Ανάλυσης Τροφίμων ΙΙ, 2006).

6.6 Πλεονεκτήματα της χρήσης της μεθόδου σκέδασης του φωτός για τον προσδιορισμό του μεγέθους σωματιδίων.

Η σκέδαση του φωτός, ως μέθοδος προσδιορισμού του μεγέθους σωματιδίων, δίνει τα παρακάτω πλεονεκτήματα

- Η μέθοδος αυτή είναι απόλυτη στις κυρίαρχες επιστημονικές αρχές. Γι' αυτό το λόγο δεν είναι απαραίτητο να βαθμονομούμε ένα όργανο (στην πραγματικότητα δεν υπάρχει ακριβής τρόπος να βαθμονομήσεις ένα όργανο σκέδασης φωτός). Ο εξοπλισμός μπορεί να ελεγχθεί ως προς την αξιοπιστία του, για να βεβαιωθεί αν λειτουργεί με τα επίσημα στοιχεία

- Ένα μεγάλο δυναμικό εύρος. Ο καλύτερος εξοπλισμός σκέδασης φωτός επιτρέπει στον χρήστη να μετρήσει ένα εύρος από 0,1 ως 2000 μικρά. Μικρότερα δείγματα (1nm - 1 μm) μπορούν να μετρηθούν με την τεχνική σπεκτροσκοπίας συσχέτισης φωτονίου αφού το υλικό είναι σε αιώρηση και δεν δημιουργεί ίζημα.

- Ευκαμψία (ευκολία). Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να μετρήσεις το σήμα εξόδου από ένα ακροφύσιο ψεκασμού. Αυτό έχει χρησιμοποιηθεί από σχεδιαστές ακροφύσιων για να καλυτερέψει το ιζώδες, την διαφορά πίεσης και το μέγεθος της οπής (του ακροφύσιου). Αυτό βρίσκει εφαρμογές σε αγροτικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες.

- Οι ξηρές σκόνες μπορούν να μετρηθούν κατευθείαν, αν και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο φτωχή διασπορά σε σχέση με το αν χρησιμοποιούσαμε ένα υγρό μέσο διασποράς. Ωστόσο, μαζί με μια ανάλυση διασποράς θα ήταν χρήσιμο να υπολογίζουμε το ποσοστό του υλικού που έχει συσσωματωθεί στην ξηρή κατάσταση.

- Υγρές διασπορές και γαλακτώματα μπορούν να μετρηθούν σε ένα κελί επανακυκλοφορίας και αυτό δίνει υψηλή παραγωγικότητα και επίσης επιτρέπει στο μέσο διασποράς (π.χ. 0,1 % μαλακό νερό) και στα απολυμαντικά να εργαστούν ώστε να εξακριβώσουν το βασικό μέγεθος σωματιδίου.

- Όλο το δείγμα μετρείται. Αν και η ποσότητα του δείγματος είναι μικρή (4-10g για ξηρά υλικά και σκόνες, 1-2g για αιωρήματα) και πρέπει να διατίθεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, όλο το δείγμα περνά μπροστά από την ακτίνα φωτός και η σκέδαση συμβαίνει σε όλα τα σωματίδια.

- Προκύπτει μια κατανομή του όγκου, η οποία είναι ισοδύναμη με την κατανομή του βάρους αν η πυκνότητα είναι σταθερή. Αυτή είναι η επιθυμητή κατανομή για τους χημικούς μηχανικούς.

- Η μέθοδος είναι πολύ γρήγορη δεδομένου ότι δίνει αποτέλεσμα σε λιγότερο από ένα λεπτό. Αυτό κάνει τις επαναληπτικές μετρήσεις μια πολύ εύκολη διαδικασία

- Είναι υψηλής επαναληψιμότητας τεχνική.
- Είναι υψηλής ανάλυσης.

(www.malvern.co.uk).

7 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

7.1 Γενικά

Καθώς τα περισσότερα υλικά έχουν έμφυτη περιεκτικότητα σε υγρασία, η τελική σύσταση ενός μίγματος ή η ποιότητά του, περιέχει ένα ποσοστό σφάλματος το οποίο προέρχεται από ανακρίβεια στην ανάλυση του κάθε συστατικού. Επειδή αυτού του τύπου τα σφάλματα είναι δυναμικά (π.χ. μεταβολή λόγω υγρασκοπικότητας), η διαδικασία προσδιορισμού μιγμάτων απαιτεί τον έλεγχο της υγρασίας.

Παραδείγματα προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν περιλαμβάνουν, την ικανότητα αποθήκευσης, τη συμπεριφορά στη ροή (π.χ. κατά την κοσκίνιση), τις διαδικασίες πλήρωσης και διάφορες άλλες παραγωγικές διαδικασίες. Παρόμοια η ποιότητα των τελικών προϊόντων απαιτεί σωστά επίπεδα υγρασίας για τη διατήρηση της κατάλληλης διάρκειας ζωής, της σωστής δομής, αρώματος και βάρους.

Σήμερα δεν υπάρχει ακόμα το τέλειο σύστημα μέτρησης υγρασίας και πρέπει να γίνει συμβιβασμός στην ποιότητα, τιμή ή τις ιδιαίτερες ανάγκες καθ' ενός από αυτά (www.process.gr).

7.2 Δεσμευμένο νερό.

Ο όρος δεσμευμένο νερό (bound water) δεν είναι απολύτως πετυχημένος, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Ως δεσμευμένο θεωρείται το νερό που δεν είναι μηχανικά εγκλωβισμένο στο πλέγμα του ιστού (μεμβράνες, τριχοειδή αγγεία) και δε διατηρεί τις συνηθισμένες φυσικές του ιδιότητες (π.χ. σημείο πήξης ή σημείο ζέσης). Το δεσμευμένο νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο διασποράς κολλοειδών ή διαλύτης κρυσταλλικών ουσιών λόγω των ισχυρών δεσμών υδρογόνου ανάμεσα στα μόρια νερού και μακρομορίων και δεν μπορεί ν' απομακρυνθεί χωρίς προηγουμένως να επέλθει αλλοίωση μορίων άλλων ενώσεων που βρίσκονται στο δείγμα (κυρίως των λιπιδίων). Ως δεσμευμένο θεωρείται επίσης το νερό που βρίσκεται με τη μορφή κρυσταλλικών υδριτών (Μπόσκου, 1997).

Από φυσικοχημική άποψη το δεσμευμένο νερό δεν είναι μια ομογενής και ταυτοποιήσιμη οντότητα. Πιο σωστό είναι να μιλάμε για ένα «**βαθμό δέσμευσης**» του νερού ο οποίος εκφράζεται έμμεσα με την **ενεργότητα** στις διάφορες συνθήκες. Ως ενεργότητα ορίζεται ο λόγος P/P_0 , όπου P η μερική τάση ατμών του νερού στο δείγμα και P_0 η μέγιστη τάση του καθαρού νερού στην ίδια θερμοκρασία (Μπόσκου, 1997).

Το πρώτο νερό που απομακρύνεται από το τρόφιμο έχει πρακτικώς την ίδια ενεργότητα με το καθαρό νερό, (τύπος III). Αυτή η μορφή βρίσκεται σε μεγάλη αναλογία στους ζωικούς και φυτικούς ιστούς και τα χαρακτηριστικά της είναι ότι απομακρύνεται εύκολα, προσφέρεται για την ανάπτυξη μικροοργανισμών και συμμετέχει σε χημικές αντιδράσεις (υδρόλυση, οξειδωση κ.τ.λ.) Καθώς το νερό αυτής της μορφής απομακρύνεται, το απομένον νερό (τύπος II) γίνεται λιγότερο ενεργό κι έτσι περιορίζονται σημαντικά η μικροβιακή ανάπτυξη και οι χημικές αντιδράσεις. Πλήρης απομάκρυνση του νερού τύπου II (αντιστοιχεί σε υγρασία 3-7% περίπου) εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή σταθερότητα του προϊόντος. Αφαίρεση και του υπόλοιπου νερού (τύπος I), έστω και μερική, μπορεί να γίνει με θέρμανση που συνεπάγεται όμως οξειδωτική τάγγιση των λιπών. Γενικά η ενεργότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία γιατί αυξάνεται η τάση ατμών (Μπόσκου, 1997).

Η ποσοτική εκτίμηση του πραγματικά δεσμευμένου νερού, μπορεί να γίνει με ιδικό φασματοφωτόμετρο H^1 - NMR μικρής διαχωριστικής ικανότητας. Στη θερμοκρασία του δωματίου, οι πυρήνες υδρογόνου από το ελεύθερο νερό δίνουν ένα ασήμαντο σήμα σε μεταβολές χαμηλής ραδιοσυχνότητας, αντίθετα με τα υδρογόνα του δεσμευμένου νερού. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει τον προσδιορισμό αλλά και το σαφή ορισμό του δεσμευμένου νερού (Μπόσκου, 1997).

7.3 Μέθοδοι Προσδιορισμού Υγρασίας.

Για κάθε κατηγορία τροφίμων ακολουθήθηκε και η κατάλληλη μέθοδος προσδιορισμού υγρασίας (στο νωπό δείγμα), σύμφωνα με τον AOAC (1990), (http://hellas.teipir.gr/Thesis/Trofima/ximikes_analyseis/ximikes_analyseis_06.htm). Οι μέθοδοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται αναφέρονται παρακάτω:

- a) Ξήρανση με πυριατήρια (μέθοδος της ξήρανσης μέχρι σταθερού βάρους).
- b) Ξήρανση με πυριατήρια υπό κενό.
- c) Ξήρανση με λυχνίες υπερύθρου (φούρνος μικροκυμάτων).

d) Ξήρανση με απόσταξη

(Σπύρος, 2005)

Σε περίπτωση προϊόντος με μεγάλη υγρασία προηγείται προξήρανση σε υδατόλουτρο. Γενικά η μέθοδος ξήρανσης με πυριατήριο υπό κενό χρησιμοποιείται στα λαχανικά, η μέθοδος απόσταξης εφαρμόζεται στα γαλακτοκομικά προϊόντα και στα προϊόντα κρέατος, ενώ αυτή της ξήρανσης με πυριατήριο χρησιμοποιείται στις υπόλοιπες κατηγορίες τροφίμων (<http://hellas.teipir.gr>).

Τα πλεονεκτήματα των παραπάνω μεθόδων είναι η ευκολία τους και η απλότητα των εξοπλισμών τους. Από την άλλη πλευρά όμως είναι αρκετά χρονοβόρες, δε γνωρίζουμε την τύχη του δεσμευμένου νερού, μπορεί να επέλθει θερμική αποικοδόμηση των ευπαθών τροφίμων και τέλος δε γνωρίζουμε την τύχη των πτητικών ουσιών και πως αυτές επηρεάζουν τη μέθοδο (Σπύρος, 2005).

7.4 Μέθοδος της ξήρανσης μέχρι σταθερού βάρους

Η βασική μέθοδος είναι η μέθοδος της ξήρανσης σε πυριατήριο στους 105°C μέχρι σταθερού βάρους. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε αλεσμένα σιτηρά, οπότε για να εφαρμοστεί σε κόκκους πρέπει πρώτα αυτοί να αλεστούν. Η άλεση γίνεται σε μύλο ολικής άλεσης που να μην αναπτύσσει μεγάλη θερμότητα για να μη συμβεί απώλεια υγρασίας κατά την άλεση. Επίσης δεν μπορούν να αλεστούν υλικά με υγρασία μεγαλύτερη από περίπου 16%. Οι λόγοι είναι ότι θα συμβεί απώλεια υγρασίας κατά την άλεση και ότι υπάρχει κίνδυνος να συσσωματωθεί το αλεσμένο υγρό προϊόν και να βουλώσει ο μύλος. Στην περίπτωση αυτή οι κόκκοι ζυγίζονται και τοποθετούνται σε πυριατήριο (κατά προτίμηση χαμηλότερης θερμοκρασίας) για λίγο χρονικό διάστημα μέχρι να αποκτήσουν υγρασία μικρότερη από 16%. Αφήνονται να ψηχθούν, ζυγίζονται και υπολογίζεται η απώλεια υγρασίας. Στη συνέχεια οι κόκκοι αυτοί αλέθονται και γίνεται προσδιορισμός της υγρασίας. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της είναι ο παρακάτω:

$$\text{Υγρασία}\% = \frac{\text{Απώλεια.βάρους.σε.gr}}{\text{Αρχικό.βάρους.τηςουσίας.σε.gr}} \times 100$$

Τα δείγματα φυλάσσονται σε γυάλινα στεγανά δοχεία

(Κεφαλάς, 2003)

8 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει συγκριτική μελέτη της αξιοπιστίας της κοσκίνισης και της σκέδασης του φωτός, ως δυο μέθοδοι προσδιορισμού του μεγέθους των σωματιδίων αλεύρων από σιτάρι όπως και το πώς επηρεάζει ο τύπος του σιταριού το μέγεθος των σωματιδίων που προκύπτουν κατά την άλεσή του.

Τα σιτάρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Μεξικάλι
2. Ελισάβετ
3. Σκύρος
4. Αθως 2
5. Σίφνος
6. Ορφέας
7. Παπαδάκης
8. Αθως 1
9. Βεργίνα
10. Δίον

Για τη διεξαγωγή της άλεσης χρησιμοποιήθηκαν 500 gr από κάθε σιτάρι και ο χρόνος άλεσης ήταν ο ίδιος για κάθε δείγμα. Για την κοσκίνιση χρησιμοποιήθηκαν 100 gr από το κάθε δείγμα και ο χρόνος της διεργασίας ήταν ο αυτός για όλα τα δείγματα, ίσος με 10 min. Τέλος, για τη μέτρηση του μεγέθους με τη χρήση της μεθόδου της σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιήθηκε ικανή ποσότητα, ώστε να μην έχουμε πολλαπλή σκέδαση του φωτός, ίση με 2 gr από κάθε δείγμα.

9 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ- ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

9.1 Προσδιορισμός μεγέθους σωματιδίων με σκεδαστή φωτός Mastersizer 2000.

9.1.1 Γενικά

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους των σωματιδίων των αλεύρων χρησιμοποιήθηκε το Mastersizer 2000, της εταιρίας Malvern. Αυτό το μηχάνημα χρησιμοποιεί την τεχνική σκέδασης του φωτός, ώστε με ακρίβεια, ταχύτητα και αξιοπιστία να προσδιορίσει το μέγεθος σωματιδίων από 0,02μm ως 2.000μm σε διάμετρο.

Η τεχνική βασίζεται στην μέτρηση του φωτός που σκεδάζεται από τα σωματίδια καθώς αυτά περνάνε μπροστά από την δέσμη φωτός λέιζερ. Τα σωματίδια σκεδάζουν το φως σε μια γωνία που κατευθείαν σχετίζεται με το μέγεθός τους. Το Mastersizer 2000 χρησιμοποιεί το μοτίβο σκέδασης φωτός που σχετίζεται με ένα δείγμα ώστε να υπολογίσει την κατανομή στο μέγεθος των σωματιδίων και να ολοκληρώσει την μέτρηση μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Το σύστημα μπορεί να αναλύσει γαλακτώματα, αιωρήματα και ξηρές σκόνες και έτσι είναι κατάλληλο για πολλές εφαρμογές. Σε περίπτωση που έχουμε στερεό δείγμα, η μονάδα εισαγωγής είναι η Scirocco 2000.

Από την στιγμή που η συσκευή βασίζεται σε βασικές αρχές το Mastersizer 2000 δεν χρειάζεται βαθμονόμηση και μπορεί πολύ εύκολα να ελεγχθεί ως προς την αξιοπιστία του. Το όργανο ακολουθεί τις οδηγίες του ISO13320, μια καθαρή και ανεξάρτητη οδηγία από την οποία οι χρήστες ξέρουν τι να περιμένουν από μια συσκευή σκέδασης του φωτός.

Το οπτικό υπόβαθρο του Mastersizer 2000 έχει προσδιοριστεί να μετράει την σκέδαση των σωματιδίων σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος μεγεθών.

Το σύστημα φακών συγκεντρώνει το φως που σκεδάζεται από τα σωματίδια ίδιου μεγέθους στο κατάλληλο σημείο στο σύστημα ανίχνευσης. Φωτοευαίσθητοι ανιχνευτές που είναι τοποθετημένοι σε ένα μεγάλο εύρος ακτινών, μετρούν την ένταση της σκέδασης σαν συνάρτηση της ακτίνας.

Η απόσταση ανάμεσα στους ανιχνευτές στο Mastersizer 2000 έχει ρυθμιστεί να ανιχνεύει τις αλλαγές στην γωνία και την ένταση που συμβαίνουν σε σχέση με το μέγεθος. Μικροί, και κοντά ο ένας στον άλλο ανιχνευτές, είναι

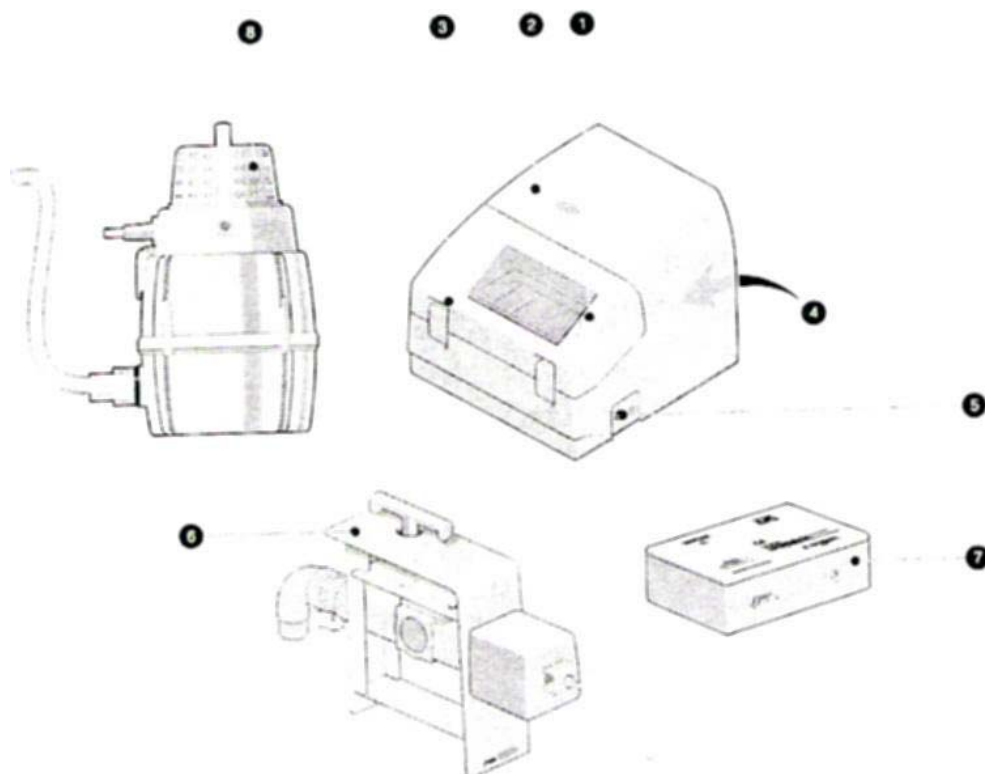
τοποθετημένοι σε μικρές γωνίες μέσα στο εστιακό πλάνο του οπτικού συστήματος και επιτρέπουν την ανάλυση της έντασης σκέδασης που σχετίζεται με μεγάλα και τραχιά σωματίδια, ενώ οι ανιχνευτές ευρείας γωνίας επιτρέπουν την ανάλυση των πιο ασθενέστερων σημάτων που σχετίζονται με σωματίδια πιο μικρά.

Όταν συνδυάζεται, με το δυναμικό εύρος του Mastersizer 2000 για μετρήσεις σκέδασης, η θεωρία του Mie παρέχει την καλύτερη λύση για τον χαρακτηρισμό σωματιδίων από μερικά μικρά, μέχρι και για υλικά με μέγεθος μερικών χιλιοστών (Malvern instruments, 2003).

9.1.2 Οργανολογία Mastersizer 2000

Επειδή τα δείγματα που εισάγουμε στο μηχάνημα είναι σε μορφή ξηρών σκονών γι' αυτό και παρακάτω θα δοθεί η οργανολογία ενός τύπου του Mastersizer, του Scirocco 2000.

Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται τα κυριότερα μέρη του μηχανήματος.



Εικόνα 3: Βασικά τμήματα του Malvern scirocco 2000

1. τροφοδοσία

Εδώ είναι όπου το δείγμα που πρόκειται να μετρηθεί εισάγεται στην συσκευή. Αποτελείται από έναν δονούμενο δίσκο που κρατάει το δείγμα. Το δείγμα τροφοδοτείται στον δίσκο καθώς αυτός δονείται. Υπάρχουν τρεις τύποι δίσκων τροφοδοσίας διαθέσιμοι για να χειρίζονται διαφορετικές καταστάσεις.

2. δείκτης κατάστασης

Ο δείκτης κατάστασης μπορεί να εμφανίζει 3 χρώματα όταν η συσκευή είναι ανοιχτή. Δείχνει πράσινο αν η συσκευή λειτουργεί κανονικά και το κελί είναι σωστά τοποθετημένο. Δείχνει κίτρινο αν η συσκευή λειτουργεί κανονικά αλλά το κελί δεν είναι σωστά τοποθετημένο στην μονάδα. Δείχνει κόκκινο αν η συσκευή έχει ανιχνεύσει κάποιο σφάλμα.

3. κάλυμμα της τροφοδοσίας

Είναι βασικά ένα καπάκι ασφαλείας που εμποδίζει τις εκπομπές θορύβου από το μηχάνημα κατά την λειτουργία του. Είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε αν το κάλυμμα ανοίξει κατά την διάρκεια μιας μέτρησης, η συσκευή να τίθεται σε κατάσταση αναμονής. Οπότε είναι σημαντικό το δείγμα να τοποθετείται στον δίσκο τροφοδοσίας πριν αρχίσει η μέτρηση.

4. πίσω πλαίσιο (πίσω όψη της συσκευής)

Περιέχει τις πληροφορίες για το service της συσκευής.

5. θύρα εξόδου δείγματος

Είναι το σημείο όπου το δείγμα βγαίνει από την συσκευή. Συνδέεται με κενό αέρος μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα. Ο σωλήνας πρέπει να απομακρύνεται από την έξοδο αν το κελί πρέπει να τοποθετηθεί στην θέση του. Αυτό αποτρέπει βλάβες στα κεραμικά ακροφύσια.

6. κελί αέρος (air cell)

Το κελί αέρος χρησιμοποιείται για να φυλακίσει το δείγμα καθώς αυτό περνά μέσα από την δέσμη φωτός της οπτικής μονάδας.

7. διακόπτης αντλίας κενού

Είναι μια μονάδα που χρησιμοποιείται για να ανοίγει και να κλείνει την αντλία κενού.

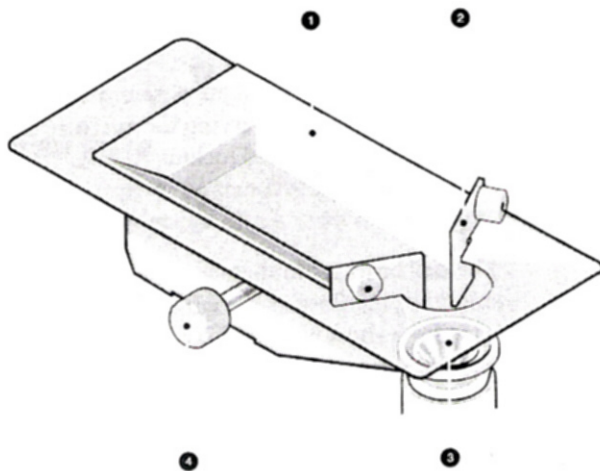
8. αντλία κενού

Η αντλία κενού χρησιμοποιείται για να απομακρύνει το δείγμα μόλις αυτό μετρηθεί.

Παρακάτω γίνεται λεπτομερής ανάλυση των τμημάτων του μηχανήματος.
(Malvern instruments, 2003)

Δίσκος τροφοδοσίας

Η εικόνα 4 δείχνει τα κυριότερα στοιχεία του δίσκου τροφοδοσίας



Εικόνα 4: Τα κυριότερα στοιχεία του δίσκου τροφοδοσίας.

1. τροφοδοσία

Είναι σχεδιασμένος να παραλαμβάνει το δείγμα που πρόκειται να μετρηθεί. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι δίσκων για την συγκεκριμένη συσκευή. Κάθε τύπος είναι κατάλληλα σχεδιασμένος ώστε μόλις συνδεθούν με την συσκευή να αναγνωρίζονται αυτόματα. Οι τρεις τύποι είναι: 1) ο γενικής χρήσης. Ο δίσκος αυτός που παρέχεται για το Scirocco 2000 είναι γενικής χρήσης και έχει μια ρυθμιζόμενη σχισμή που κάνει ομαλή την ροή του δείγματος. Είναι κατάλληλος για υλικά «ελεύθερης ροής» και να έχουν μια ευρύτερη κατανομή μεγεθών (μεγαλύτερα από 1 με 300 μικρά), όπου μεγαλύτερα δείγματα χρειάζεται να μετρηθούν για να πάρουμε ένα κανονικό στατιστικά αποτέλεσμα. 2) ο δίσκος Micro volume. Έχει σχεδιαστεί για φαρμακευτικά υλικά όπου υπάρχουν πολύ μικρά υλικά. Το μικρό του μέγεθος αποκλείει το γεγονός της υπερφόρτωσης του δίσκου. Ο τύπος αυτός δίσκου δεν είναι κατάλληλος για υλικά με ευρεία κατανομή μεγεθών αν και έχουν γίνει πολλές δοκιμές. Επαναληπτικές μετρήσεις είναι απαραίτητες να γίνουν για να καθοριστεί ο ακριβής αριθμός των επαναληπτικών μετρήσεων που πρέπει να γίνουν ώστε να είμαστε σίγουροι ότι θα υπάρχει επαναληψιμότητα. 3) ο δίσκος Small volume. Αν και το μικρό μέγεθος του δίσκου Micro volume έχει αποδειχτεί πρόβλημα όσον αφορά την επαναληψιμότητα, ο δίσκος Small volume το υπόσχεται.

2. υποδοχές - θύρες

Οι υποδοχές αυτές στον δίσκο γενικής χρήσης χρησιμοποιούνται ως τεχνικές ελέγχου της ροής του δείγματος ρυθμίζοντας το άνοιγμα μεταξύ τους.

3. κόσκινα

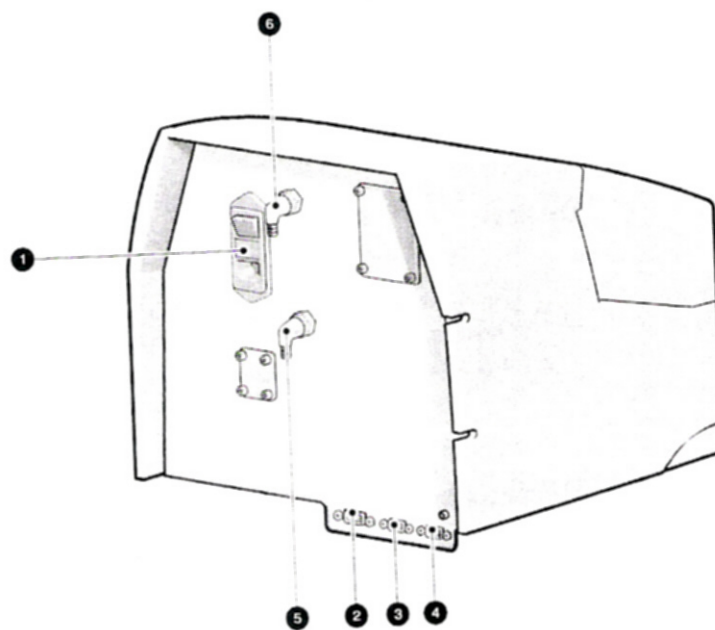
Τα ρουλεμάν (μικρές μπίλιες σιδερένιες που υπάρχουν μετά τον δίσκο τροφοδοσίας, πάνω στο κόσκινο) στο κόσκινο στην είσοδο του δείγματος στην συσκευή ομαλοποιεί την ροή του υλικού. Μια άλλη χρησιμότητα είναι να σπάει τυχόν συσσωματώματα στο δείγμα πριν αυτό μπει μέσα στην συσκευή.

4. κλείδωμα του δίσκου

(Malvern instruments, 2003)

πίσω πλευρά της συσκευής

Η εικόνα 5 δείχνει την πίσω όψη της συσκευής



Εικόνα 5: Πίσω όψη της συσκευής

1. υποδοχή ρεύματος τροφοδοσίας

2. βοηθητική σύνδεση

Από εδώ συνδέεται ο διακόπτης παροχής κενού

3. το καλώδιο επικοινωνίας από την οπτική μονάδα ή κάποια άλλη συσκευή συνδέεται στην υποδοχή αυτή

4. υποδοχέας αν υπάρχουν περισσότερες συσκευές να συνδεθούν

5. σύνδεση αέρα

Η γραμμή συμπιεσμένου αέρα συνδέεται εδώ. Ο συμπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται για την διασπορά του δείγματος. Το χρησιμοποιούμενο εύρος είναι 6-8 bar. Προσοχή! Το εξάρτημα αυτό μπορεί να καταστραφεί ολοκληρωτικά αν η γραμμή συμπιεσμένου αέρα δεν είναι καθαρή, στεγνή και δεν έχει λιπαρά υπολείμματα.

6. παρακολούθηση του κενού

Από εδώ παρακολουθούμε αν η μονάδα κενού λειτουργεί.

(Malvern instruments, 2003)

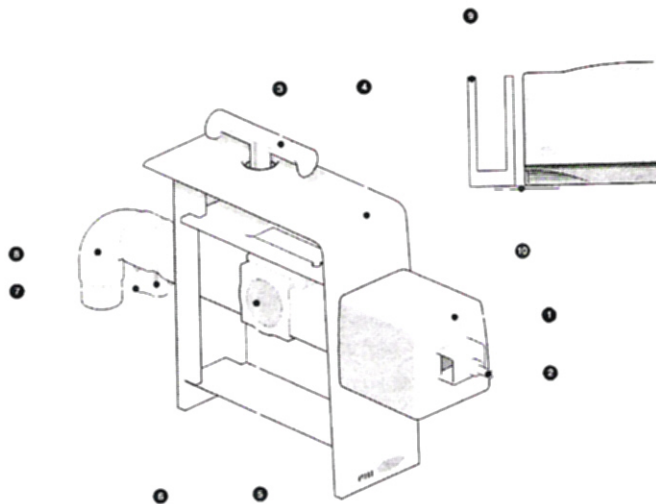
Κελί αέρος

Προσοχή! Το κελί αέρος είναι μια οπτική συσκευή. Πρέπει να το μεταχειριζόμαστε πολύ προσεκτικά. Γρατσουνιές στην επιφάνεια του κελιού μπορούν να επηρεάσουν την αποδοτικότητα του μηχανήματος.

Το κελί περνά το δείγμα μπροστά από τον φακό που εκπέμπει την ακτίνα στο οπτικό τμήμα έτσι ώστε να μπορεί να μετρηθεί. Οι δυο γυάλινες επιφάνειες του κελιού είναι κομμάτι του οπτικού συστήματος και πρέπει να διατηρούνται καθαρά και να μην έχουν γρατσουνιές κάθε φορά.

Το κελί είναι κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε η μονάδα να μπορεί να το ανιχνεύσει αυτόματα κάθε φορά που ανοίγεται η συσκευή.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά του.



Εικόνα 6: Βασικά χαρακτηριστικά κελιού αέρος

1. κουτί προστασίας θορύβων

Ηχομονώνει τις όποιες εκπομπές ήχου από το κελί αέρα

2. τροφοδοσία υλικού

Ο σωλήνας δείγματος από την συσκευή συνδέεται σε αυτό το σημείο

3. χερούλι κλειδώματος

Πρέπει να περιστρέφεται αντίστροφα με τους δείκτες ρολογιού για να κλειδώσει στην οπτική μονάδα. Για να το απομακρύνουμε από την μονάδα βγάζουμε το σωληνάκι δείγματος, περιστρέφουμε δεξιόστροφα το χερούλι και το απομακρύνουμε με ασφάλεια. Προσοχή! Ποτέ μην προσπαθείτε να σηκώσετε την οπτική μονάδα από το χερούλι κλειδώματος.

4. κάλυμμα του κελιού

Το κάλυμμα εμποδίζει στην ουσία το άμεσο φως να μπει μέσα στην μονάδα στην περιοχή όπου γίνεται η μέτρηση. Πιο σημαντικό είναι ότι εμποδίζει την ανθρώπινη παρέμβαση στην εκπομπή ακτινοβολίας. Το σύστημα ποτέ δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται αν έχει υποστεί βλάβη το κάλυμμα.

5. γυάλινες επιφάνειες του κελιού (παραθυράκια)

Οι γυάλινες επιφάνειες επιτρέπουν την ακτίνα φωτός να περνά από μέσα και να συναντά την περιοχή όπου βρίσκεται το προς μέτρηση υλικό. Μπορούν επίσης να αφαιρεθούν για να καθαριστούν (απομακρύνονται με ειδικό εργαλείο). Είναι εύθραυστα και πρέπει να χειρίζονται με πολύ προσοχή.

6. παρακολούθηση κενού

Ένας σωλήνας από αυτή την υποδοχή συνδέεται στο πίσω μέρος της συσκευής για να παρακολουθεί αν η συσκευή κενού λειτουργεί κανονικά.

7. γείωση

Πρέπει πάντα να είναι συνδεδεμένο. Αποτρέπει στα σωματίδια να αποκτήσουν κάποιο φορτίο.

8. σύνδεση «αποβλήτων»

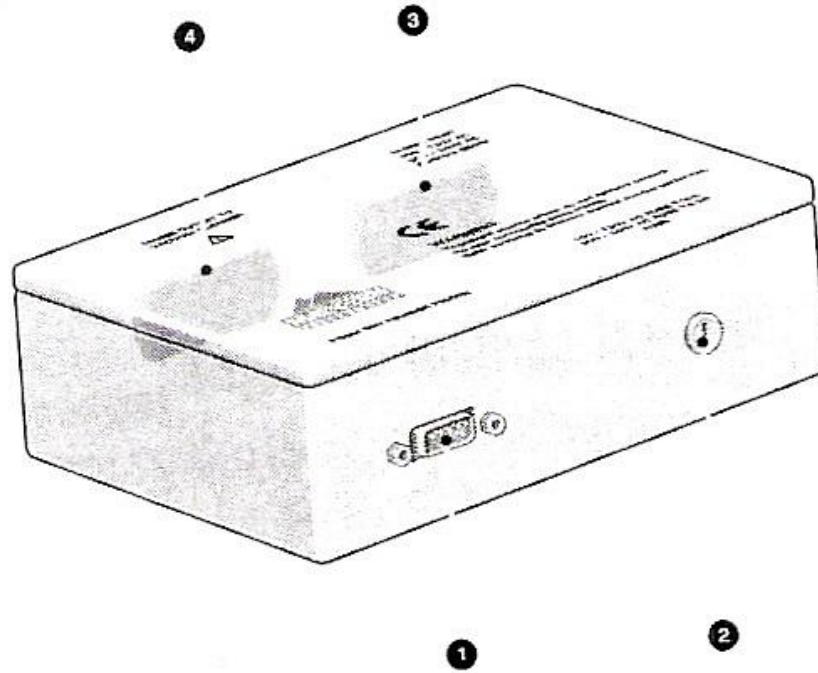
Ο σωλήνας κενού από την μονάδα κενού συνδέεται σ' αυτόν τον υποδοχέα. Μια μονάδα κενού πρέπει να χρησιμοποιείται για να εμποδίσει τα δείγματα μετά το πέρας της μέτρησης να «πετιούνται» στο χώρο του εργαστηρίου.

9. θήκη του κελιού

Το Mastersizer έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε περισσότερα μηχανήματα που προκαλούν διασπορά σωματιδίων να μπορούν να συνδεθούν, αλλά ένα κάθε φορά. Η θήκη αυτή παρέχει μια ασφαλή θέση στο κελί αν χρησιμοποιείται κάποιο άλλο εξάρτημα. Ο σωλήνας του δείγματος πρέπει να αφαιρείται πριν το κελί τοποθετηθεί στην θήκη του (Malvern instruments, 2003).

Κουτί διακόπτη κενού

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά του



Εικόνα 7: Διακόπτης κενού

1. η μονάδα κενού ελέγχεται μέσω αυτού του υποδοχέα
2. ασφάλεια (ηλεκτρολογικώς)
ασφάλεια για τον διακόπτη κενού. Αν γίνει κάποια αντικατάσταση πρέπει να είναι του ίδιου τύπου.
3. κύρια υποδοχή - πρίζα
παρέχει την κύρια υποδοχή ρεύματος στο κουτί αυτό
4. υποδοχή εξόδου

(Malvern instruments, 2003)

9.1.3 Διαδικασία λήψης μετρήσεων.

Καταρχήν, πρέπει πάνω από όλα, να κάνουμε σωστή επιλογή αντιπροσωπευτικού κοσκινισμένου δείγματος, πριν αρχίσουμε τις μετρήσεις. Αυτό μπορεί να συμβεί αν ανακατέψουμε αρκετά το κοσκινισμένο δείγμα.

- ❖ Θέτουμε το μηχάνημα σε λειτουργία. Αναμένουμε κάποιο διάστημα μέχρι το μηχάνημα να κάνει αυτοέλεγχο.
- ❖ Μεταβάλλουμε την πίεση του αέρα και το βαθμό τροφοδοσίας στο επιθυμητό επίπεδο.

- ❖ Προσδιορίζουμε το είδος του υλικού που πρόκειται να μετρηθεί.
- ❖ Προσδιορίζουμε το χρόνο μέτρησης στα πέντε δευτερόλεπτα.
- ❖ Επιλέγουμε να μας δίνονται τιμές μέτρησης μόνο σε προκαθορισμένα όρια ασάφειας (τυπικά τίθενται μεταξύ 0,2-4%).
- ❖ Το σύστημα μηδενίζει το ηλεκτρικό και οπτικό υπόβαθρο από μόνο του, δίνοντας την αντίστοιχη εντολή.
- ❖ Ανοίγουμε το καπάκι της τροφοδοσίας και τοποθετούμε προσεκτικά το αλεύρο (δείγμα ελεύθερης ροής) στο κέντρο του δίσκου. Κλείνουμε και κλειδώνουμε το καπάκι τροφοδοσίας.
- ❖ Δίνουμε εντολή να αρχίσει η ροή του αέρα και μετά από πέντε δευτερόλεπτα η γραμμή αέρα τίθεται αυτόματα σε λειτουργία.
- ❖ Δίνουμε εντολή να ξεκινήσει η τροφοδοσία και έτσι το δείγμα αρχίζει να αναρροφάται κάτω από το δίσκο. Οι τιμές που παίρνουμε είναι μόνο αυτές που είναι μέσα στα όρια ασάφειας.
- ❖ Κατασκευάζουμε την καμπύλη κατανομής των μεγεθών. Και την αποθηκεύουμε ή τυπώνουμε.

Για να πάρουμε καλά επαναλήψιμες τιμές μετρήσεων, πρέπει να βεβαιωθούμε ότι τα σωματίδια διασκορπίζονται ικανοποιητικά στο ρεύμα του αέρα και ότι μεταφέρονται μέσα από την μετρητική περιοχή, με ένα σωστό, σταθερό ρυθμό και συγκέντρωση.

Η συγκέντρωση του δείγματος καθορίζεται σε ένα μεγάλο βαθμό από το ρυθμό τροφοδοσίας του αλεύρου στο ρεύμα του αέρα. Ο έλεγχος της συγκέντρωσης είναι πάρα πολύ σημαντικός. Πολύ μικρή συγκέντρωση θα δίνει κυρίως μέτρηση του θορύβου του υποβάθρου. Πολύ μεγάλη από την άλλη, και η μέτρηση θα είναι παραμορφωμένη από πολλαπλό σκεδασμό.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι είναι επιτακτική ανάγκη να γίνεται καθαρισμός του οργάνου μετά από κάθε σειρά μετρήσεων (Malvern, User Manual για το μοντέλο Scirocco, 2000).

9.2 Προσδιορισμός μεγέθους σωματιδίων με κόσκινο.

Για να προσδιοριστεί το μέγεθος των σωματιδίων των αλεύρων με τη μέθοδο της κοσκίνισης, χρησιμοποιήθηκε συσκευή που αποτελείται από σειρά εργαστηριακών επίπεδων κοσκίνων μεγάλης ακρίβειας, τα οποία δονούνται. Η συσκευή είναι τύπου Tamiseuse και φέρει χρονοδιακόπτη. Χρησιμοποιήθηκαν 10 σειρές κοσκίνων με άνοιγμα βροχίδων από 0,050 έως 0,630 mm. Τα κόσκινα είναι τοποθετημένα από του μικρότερου ανοίγματος βροχίδων που είναι τελευταίο με βαθμιαία αυξανόμενο άνοιγμα βροχίδων, μέχρι το τελευταίο στην κορφή, που έχει του μεγαλύτερου ανοίγματος βροχίδες.

Στο πρώτο κόσκινο με το μεγαλύτερο άνοιγμα βροχίδων τοποθετείται δείγμα αλεύρου 100gr, το οποίο θα πρέπει να σχηματίζει μόνο ένα λεπτό στρώμα που θα καλύπτει όλη την επιφάνεια του κοσκίνου. Το δείγμα δονείται για 10 min και μετά κάθε κλάσμα παραλαμβάνεται προσεκτικά από το αντίστοιχο κόσκινο με την βοήθεια πινέλου σε ποτήρι ζέσεως και ζυγίζεται. Μετά από κάθε μέτρηση, τα κόσκινα καθαρίζονται με την βοήθεια μαλακού πινέλου και την χρήση πεπιεσμένου αέρα.

9.3 Άλεση σιταριών.

Η άλεση των σιταριών έγινε σε εργαστηριακό μύλο ολικής άλεσης του τύπου Laboratory mill 3100 της εταιρείας ΑΛΛΑΤΙΝΗ.

Για την άλεση χρησιμοποιήθηκαν 500 gr από το κάθε δείγμα σιταριού και λήφθησαν περίπου 500 gr αλεύρου. Ο χρόνος άλεσης ήταν ίδιος για όλα τα δείγματα. Πρέπει, η άλεση να διαρκεί για κάθε δείγμα τον ίδιο ακριβώς χρόνο, διότι η διάρκεια, προσδιορίζει το βαθμό άλεσης, που είναι ακόμα ένας παράγοντας (όπως και ο τύπος του σιταριού), από τον οποίο εξαρτάται και το μέγεθος των σωματιδίων του αλεύρου.

10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

10.1 Σύγκριση της μεθόδου της κοκκομετρικής ανάλυσης και της μεθόδου σκέδασης του φωτός ως μέθοδοι προσδιορισμού του μεγέθους σωματιδίων.

Στον παρακάτω πίνακα 10.1 παρατίθενται οι μέσες τιμές, τριών μετρήσεων, της κοκκομετρικής σύστασης των αλεύρων που προέκυψαν από την άλεση των δέκα τύπων σιταριού, ενώ στον πίνακα 10.2 παρατίθενται οι κατανομές των μεγεθών των σωματιδίων, με βάση τη μέθοδο της σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιώντας το μηχάνημα Scirocco 2000 της εταιρείας Malvern.

Παρατηρούμε ότι με βάση τη μέθοδο της κοσκίνισης, μπορούμε να προσδιορίσουμε το μέγεθος ενός σωματιδίου, δίνοντας πάντα ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών, ανάμεσα στις οποίες βρίσκεται το μέγεθος του συγκεκριμένου σωματιδίου (π.χ. από 0 έως 50 μm), ενώ με βάση τη μέθοδο σκέδασης του φωτός το εύρος αυτό είναι εμφανώς μικρότερο (π.χ. από 0 έως 0,02 ή από 0,02 έως 0,022 μm), δίνοντας μας έτσι τη δυνατότητα να μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων των αλεύρων με μεγαλύτερη ακρίβεια, όπως επίσης μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να λαμβάνουμε πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα του πραγματικού μεγέθους των.

Πίνακας 6: Κατανομή των μεγεθών, των σωματιδίων, των αλεύρων, με βάση την κοκκομετρική ανάλυση.

ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Σκύρος	ΟΓΚΟΣ%Σ Ε m ³ Δίον	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Βεργίνα	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Μεξικάλι	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Άθως 2	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Ελίσάβετ	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Ορφέας	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Άθως 1	ΟΓΚΟΣ% ΣΕ m ³ Παπαδάκης	ΟΓΚΟΣ ΣΕ m ³ Σίφνος	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ ΣΕ μm
0,03	0	0,033967391	0	0	0	0	0	0	0,067865626	630
1,37	6,768189509	7,404891304	0,954653938	1,088065284	0,882552614	12,04778157	0,752136752	0,752136752	1,357312521	500
5,41	20,54145516	16,71195652	4,636890556	4,590275417	6,415478615	25,93856655	3,897435897	3,897435897	5,293518833	400
18,07	32,69035533	26,86820652	17,93385612	20,02720163	22,40325866	22,73037543	16,37606838	16,37606838	19,07024092	315
13,45	16,54822335	21,26358696	15,99045346	16,28697722	18,26205024	13,24232082	14,90598291	14,90598291	16,11808619	250
20,23	5,414551607	2,241847826	21,0705762	21,82930976	12,35573659	4,402730375	22,52991453	22,52991453	21,07227689	160
23,37	7,377326565	6,25	18,95669962	14,85889153	16,46300068	2,798634812	17,53846154	17,53846154	21,58126909	125
12,22	7,106598985	13,17934783	12,20593249	7,038422305	13,06856755	12,04778157	11,04273504	11,04273504	9,093993892	100
5,65	3,079526227	4,449728261	7,262188885	13,05678341	9,538357094	5,938566553	12,13675214	12,13675214	5,93824228	63
0,17	0,372250423	1,358695652	0,647800886	0,850051003	0,373387644	0,511945392	0,376068376	0,376068376	0,271462504	50
0,03	0,101522843	0,237771739	0,340947835	0,374022441	0,237610319	0,341296928	0,444444444	0,444444444	0,135731252	
100,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Σύνολο

Πίνακας 7: Κατανομή των μεγεθών, των σωματιδίων, των αλεύρων, με βάση την κοκκομετρική ανάλυση

size μm	Σίφνος Vol % σε m^3	Σκύρος Vol % σε m^3	Δίον Vol % σε m^3	Ελισσάβητ Vol % σε m^3	Μεξικάλι Vol % σε m^3	Άθως 1 Vol % σε m^3	Άθως 2 Vol % σε m^3	Βεργίνα Vol % σε m^3	Ορφέας Vol % σε m^3	Παπαδάκης Vol % σε m^3
0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,063	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,089	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,283	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,356	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,448	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,502	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,564	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,796	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
0,893	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0
1,002	0	0	0,09	0,06	0	0	0	0,05	0,06	0
1,125	0	0	0,11	0,08	0	0	0	0,08	0,09	0
1,262	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0,09	0,13	0
1,416	0	0	0,15	0,11	0	0	0	0,11	0,15	0
1,589	0	0	0,16	0,12	0	0	0	0,13	0,16	0
1,783	0	0	0,15	0,13	0	0	0	0,14	0,17	0
2	0	0	0,14	0,14	0	0	0	0,16	0,16	0
2,244	0	0	0,13	0,15	0	0	0	0,17	0,15	0
2,518	0	0	0,13	0,16	0	0	0	0,18	0,14	0
2,825	0	0	0,13	0,18	0	0,04	0	0,2	0,13	0
3,17	0	0	0,13	0,21	0	0,08	0	0,21	0,12	0

3,557	0	0,1	0,16	0,25	0	0,09	0	0,23	0,12	0,01
3,991	0	0,05	0,21	0,32	0	0,12	0	0,27	0,15	0,05
4,477	0,04	0,07	0,29	0,4	0,04	0,15	0,06	0,31	0,2	0,07
5,024	0,06	0,09	0,41	0,52	0,07	0,19	0,08	0,38	0,27	0,09
5,637	0,08	0,12	0,57	0,66	0,09	0,24	0,11	0,48	0,39	0,12
6,325	0,1	0,14	0,77	0,85	0,12	0,31	0,13	0,61	0,53	0,12
7,096	0,13	0,17	1,02	1,06	0,14	0,39	0,15	0,79	0,72	0,15
7,962	0,16	0,13	1,31	1,31	0,18	0,49	0,18	1,01	0,94	0,18
8,934	0,19	0,21	1,62	1,56	0,21	0,6	0,21	1,27	1,18	0,21
10,024	0,22	0,25	1,93	1,83	0,25	0,71	0,24	1,57	1,42	0,25
11,247	0,26	0,29	2,22	2,07	0,29	0,84	0,28	1,89	1,66	0,29
12,619	0,29	0,33	2,46	2,28	0,34	0,96	0,31	2,19	1,87	0,33
14,159	0,32	0,38	2,62	2,43	0,38	1,06	0,34	2,46	2,02	0,37
15,887	0,36	0,43	2,68	2,52	0,42	1,15	0,37	2,67	2,11	0,42
17,825	0,29	0,48	2,64	2,53	0,46	1,22	0,41	2,8	2,13	0,46
20	0,43	0,53	2,5	2,48	0,49	1,26	0,44	2,81	2,08	0,51
22,4	0,47	0,58	2,3	2,37	0,46	1,28	0,28	2,73	1,97	0,56
25,179	0,51	0,63	2,05	2,23	0,6	1,29	0,52	2,55	1,82	0,62
28,251	0,56	0,68	1,08	2,07	0,65	1,3	0,56	2,31	1,67	0,68
31,689	0,61	0,73	1,57	1,93	0,71	1,31	0,62	2,03	1,54	0,74
35,566	0,67	0,73	1,4	1,82	0,77	1,25	0,69	1,77	1,45	0,82
39,905	0,74	0,79	1,29	1,75	0,84	1,4	0,77	1,55	1,4	0,9
44,774	0,81	0,85	1,25	1,71	0,92	1,48	0,85	1,39	1,41	0,99
50,238	0,88	0,93	1,26	1,71	0,92	1,56	0,95	1,3	1,44	1,09
56,368	0,95	1,01	1,31	1,69	0,99	1,66	1,04	1,27	1,5	1,18

63,246	1,02	1,1	1,38	1,7	1,07	1,76	1,13	1,31	1,56	1,27
70,963	1,1	1,19	1,46	1,71	1,16	1,85	1,23	1,39	1,61	1,36
79,621	1,21	1,28	1,55	1,73	1,27	1,94	1,34	1,49	1,64	1,45
89,337	1,36	1,38	1,65	1,75	1,41	2,04	1,47	1,61	1,66	1,56
100,237	1,57	1,5	1,76	1,77	1,6	2,16	1,65	1,73	1,68	1,69
112,468	1,88	1,64	1,89	1,82	1,81	2,32	1,89	1,86	1,71	1,88
126,191	2,3	1,82	2,03	1,89	2,26	2,54	2,22	1,99	1,77	2,13
141,589	2,83	1,5	2,21	1,98	2,75	2,81	2,65	2,13	1,87	2,47
158,866	3,49	1,64	2,42	2,12	3,36	3,14	3,19	2,27	2,04	2,9
178,25	4,22	1,82	2,64	2,28	4,06	3,5	2,82	2,41	2,26	3,43
200	5,01	2,07	2,88	2,47	4,82	3,89	4,53	2,57	2,53	4,02
224,404	5,77	2,4	3,13	2,67	5,57	4,26	5,24	2,73	2,85	4,66
251,785	6,45	2,81	3,36	2,88	6,25	2,59	5,91	2,89	3,19	5,29
282,508	6,97	3,33	3,57	3,09	6,79	2,84	6,47	3,06	3,53	5,84
316,979	7,26	3,91	3,74	3,27	7,11	4,99	6,85	3,21	4,1	6,28
356,656	7,27	4,55	3,83	3,41	7,16	5	6,99	3,35	4,26	6,53
399,052	6,99	6,45	3,83	3,49	6,92	2,88	6,85	3,43	4,29	6,56
447,744	6,41	6,02	3,72	3,48	6,39	2,6	6,44	3,45	4,18	6,35
502,377	5,59	5,36	3,46	3,14	5,62	4,2	5,77	3,37	3,91	5,88
563,677	4,61	4,53	3,09	2,81	4,66	3,66	4,9	3,18	3,5	5,2
632,456	3,5	3,58	2,61	2,39	3,57	3,05	3,91	2,88	2,97	4,35
709,627	2,53	2,62	2,03	1,9	2,58	2,37	2,9	2,49	2,35	3,4
796,214	1,39	1,65	1,43	1,38	1,47	1,69	1,89	2,01	1,68	2,45
893,367	0,04	0,65	0,83	0,98	0,2	1,13	0,86	1,48	1,17	1,48
1002,374	0	0,05	0,21	0,33	0,02	0,26	0,09	1,04	0,38	0,44

1124,683	0	0	0	0	0	0,02	0	0,42	0	0,01
1261,915	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0
1415,892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1588,656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1782,502	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Επίσης παρατηρούμε ότι με βάση τη μέθοδο της κοσκίνησης, το άθροισμα των ογκομετρικών κλασμάτων από 0 έως 315 μm, δεν μπορεί να μας προσφέρει κανένα διαγνωστικό συμπέρασμα, όσον αφορά το διαχωρισμό των αλεύρων σε ποικιλίες, αφού το άθροισμα δεν είναι αντίστοιχο με βάση την ποικιλία του αλεύρου, εκτός μιας εξαιρέσης (Ελισάβετ). Στον παρακάτω πίνακα 8, παρατίθενται τα αντίστοιχα αποτελέσματα όπως επίσης και τα αποτελέσματα για τη μέθοδο σκέδασης του φωτός και για άθροισμα ογκομετρικών κλασμάτων από 0 έως 316,979μm.

Τέλος μπορεί να γίνει αντιληπτό το εξής παράδοξο. Γνωρίζοντας, ότι το Σίφνος, το Σκύρος, το Μεξικάλι, το Άθως 2 και το Παπαδάκης είναι σκληρά άλευρα, θα περιμέναμε να έχουμε μια μικρή συσσώρευση της κατανομής των μεγεθών στις μικρές τιμές, ενώ θα περιμέναμε μεγαλύτερο άθροισμα ογκομετρικών κλασμάτων για τα μεγαλύτερου μεγέθους σωματιδίων. Παρ' όλα αυτά μόνο η μέθοδος της σκέδασης δίνει αυτά τα αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα, ενώ η μέθοδος της κοσκίνησης δίνει τα ακριβώς αντίθετα.

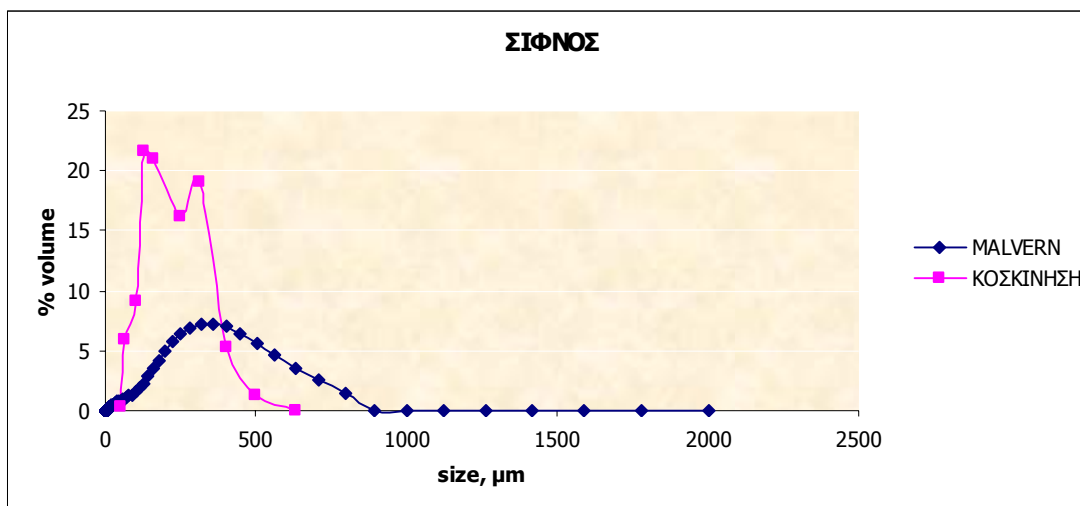
Πίνακας 8: Άθροισμα ογκομετρικών κλασμάτων από 0 έως 315 μm, για τη μέθοδο της κοκκομετρικής ανάλυσης και από 0 έως 316,979 μm, για τη μέθοδο της σκέδασης του φωτός.

ΤΥΠΟΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ Άθροισμα ογκομετρικών κλασμάτων (σε vol %) από 0 έως 315 μm.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ Άθροισμα ογκομετρικών κλασμάτων (σε vol %) από 0 έως 316,979 μm.
Σίφνος (Σ)	74,21	61.57
Σκύρος (Σ)	75,12	40.09
Δίον	40.00	74.12
Ελισσάβετ	70,30	74.92
Μεξικάλι (Σ)	76,47	61.63
Άθως 1	78,97	65.06
Άθως 2 (Σ)	74,29	58.18
Βεργίνα	48,98	72.81
Ορφέας	39,28	67.45
Παπαδάκης (Σ)	78,97	57.44

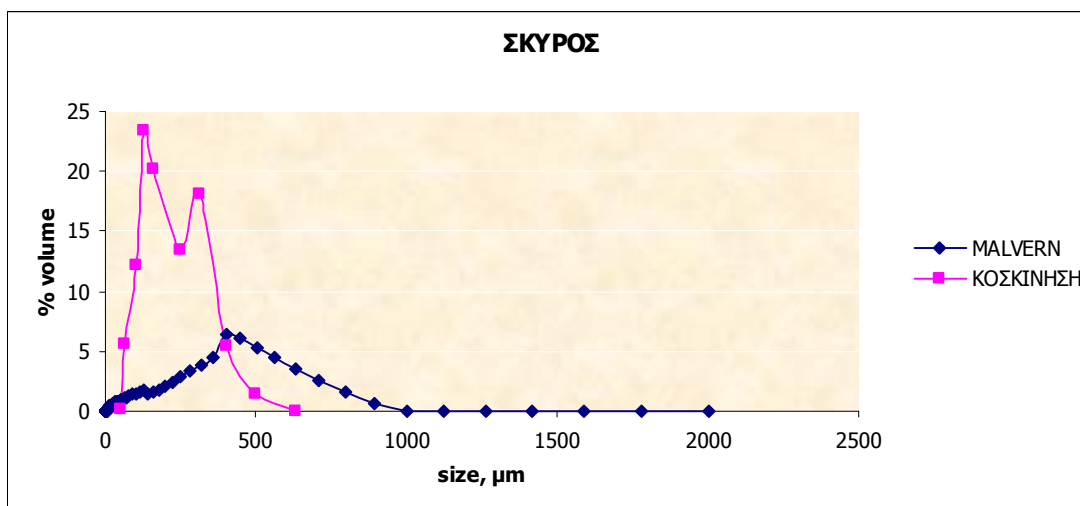
Όπου (Σ): Σκληρό σιτάρι.

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να γίνουν εμφανή και από την προσεκτική παρατήρηση των γραφημάτων 1 της κατανομής των μεγεθών, που δίνουν οι δύο μέθοδοι. Σε αυτά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και των δυο μεθόδων.

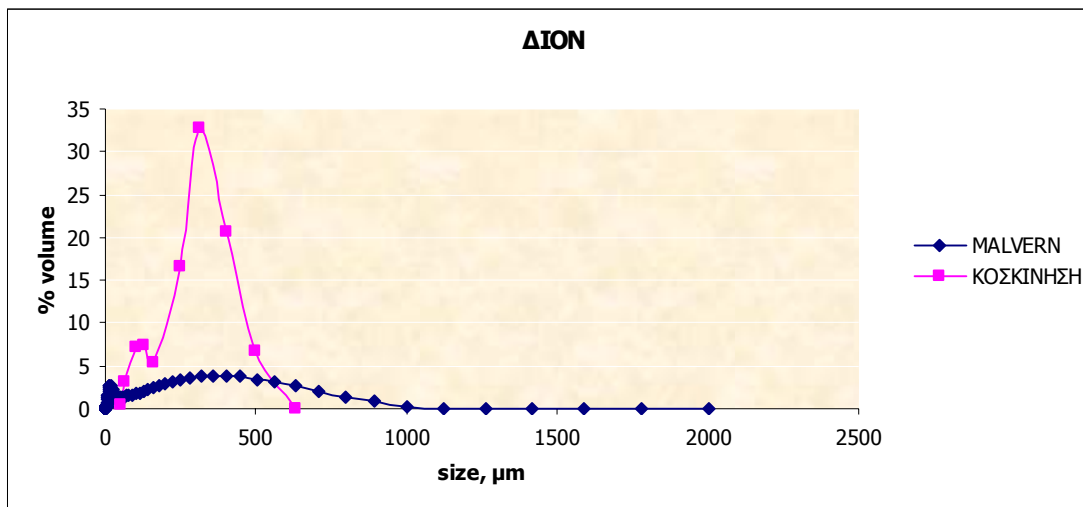
Σχήμα 10: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Σίφνος με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



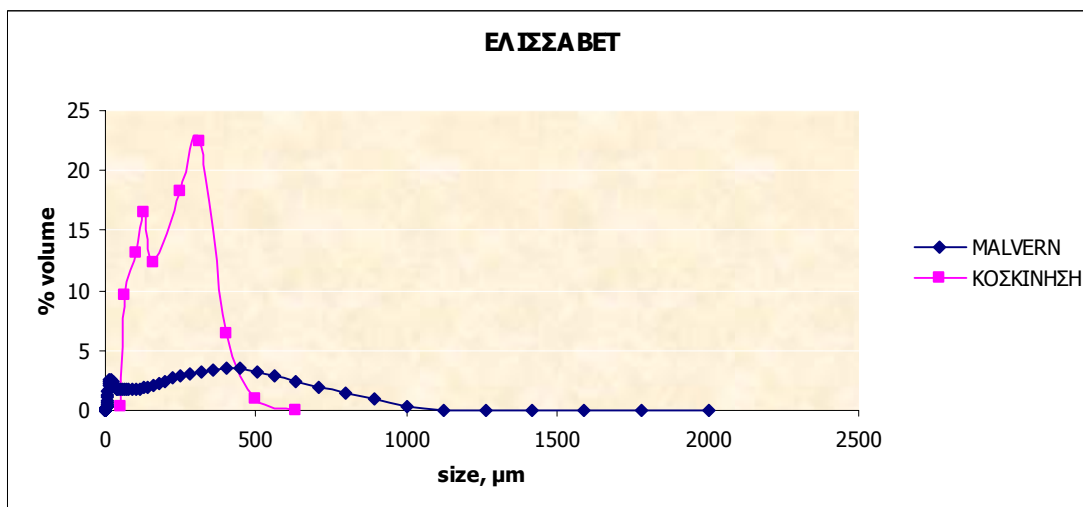
Σχήμα 11: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Σκύρος με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



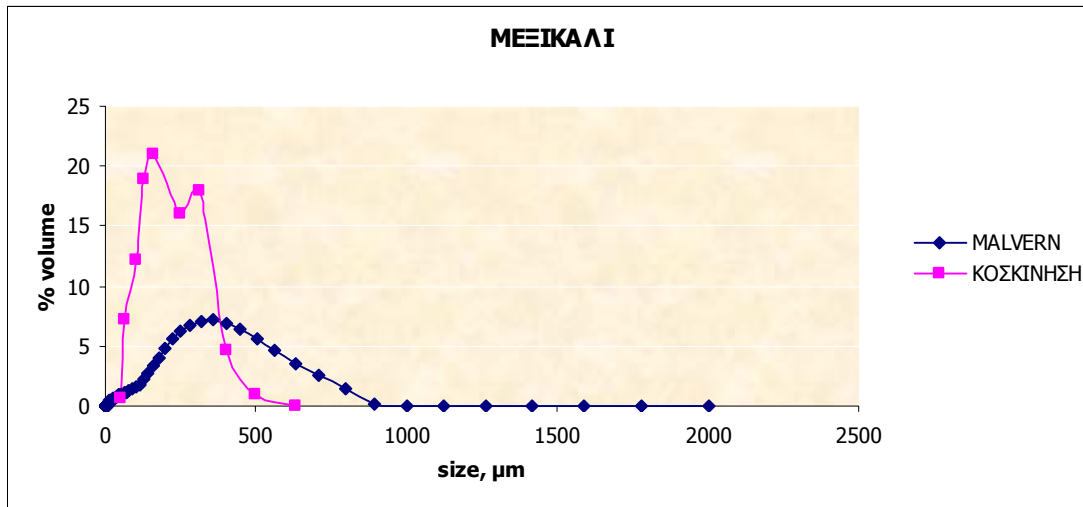
Σχήμα 12: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Δίον με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



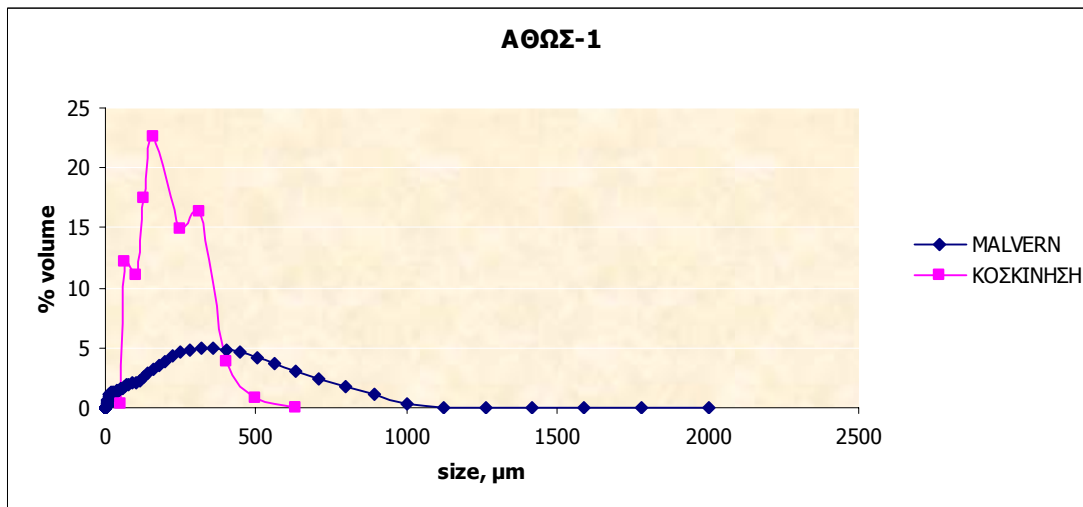
Σχήμα 13: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Σίφνος με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



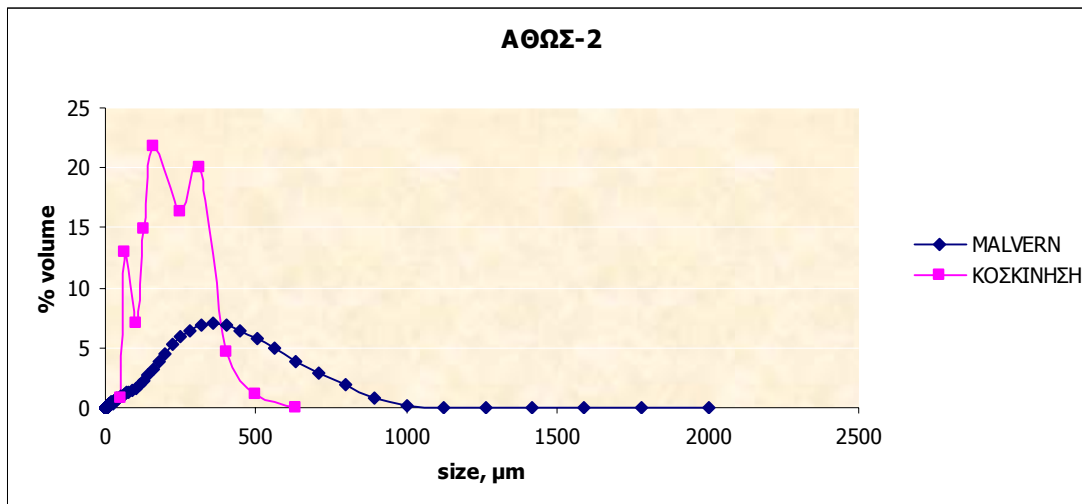
Σχήμα 14: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Μεξικάλι με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



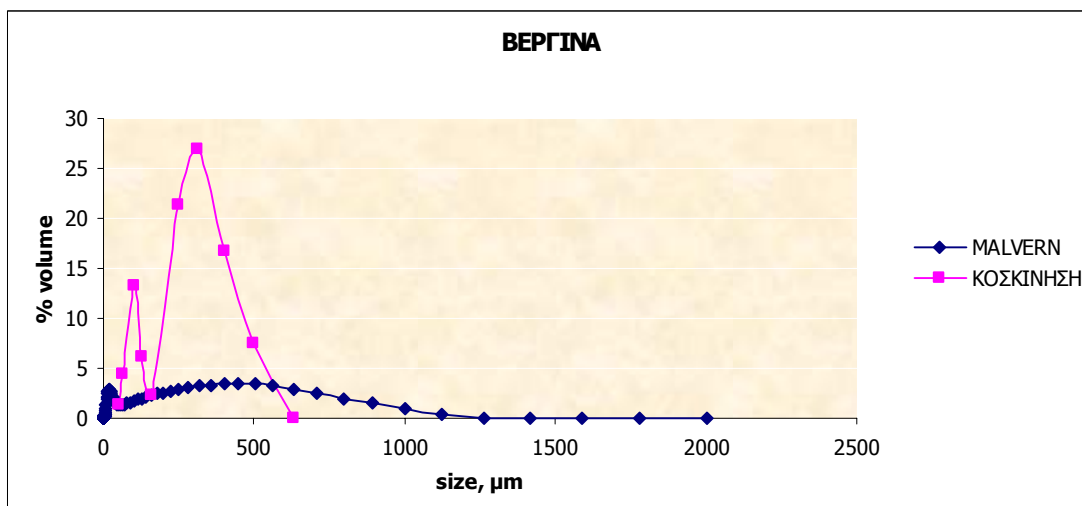
Σχήμα 15: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Άθως 1 με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



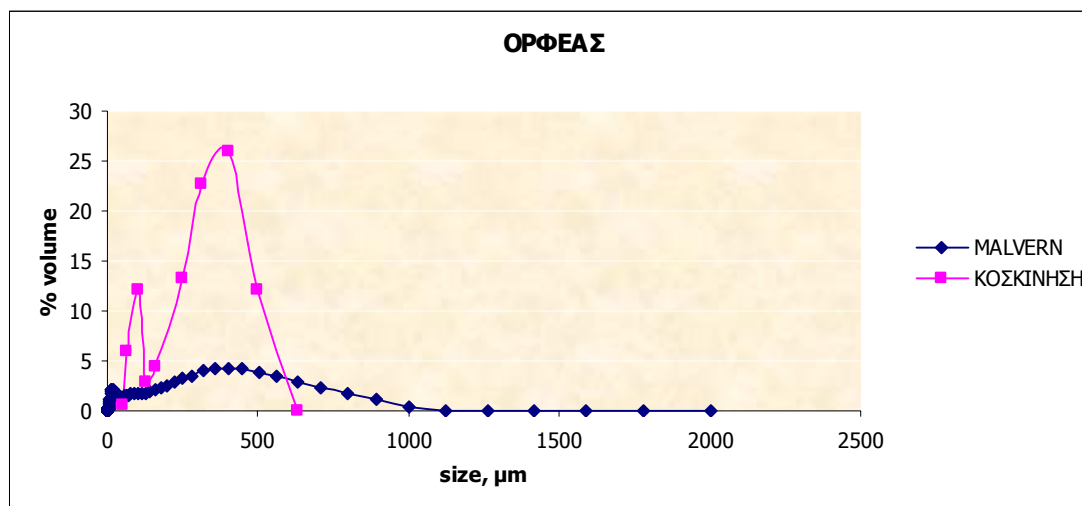
Σχήμα 16: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Άθως 2 με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



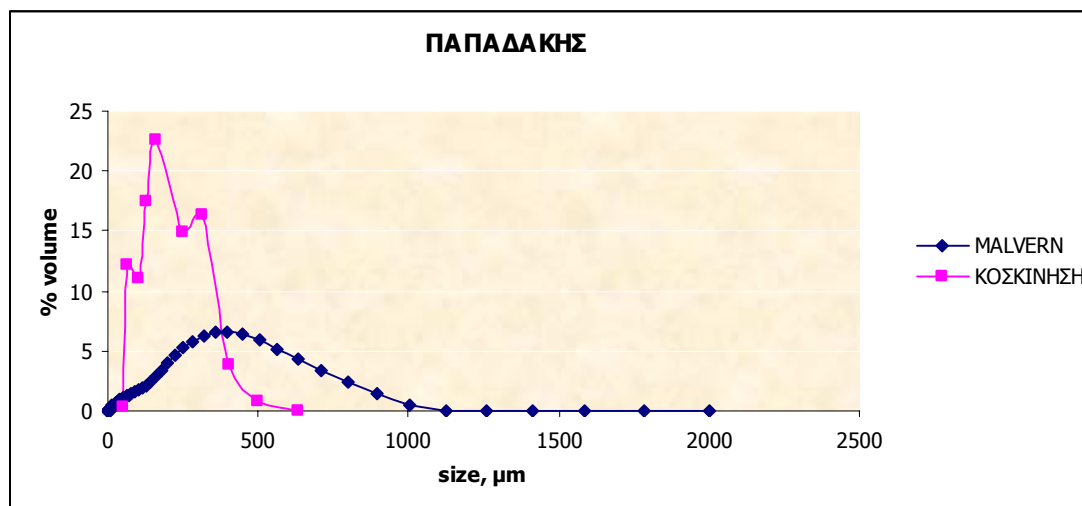
Σχήμα 16: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Βεργίνα με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



Σχήμα 17: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Ορφέας με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



Σχήμα 18: Συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση, των καμπυλών κατανομής μεγεθών του δείγματος Βεργίνα με κοσκίνιση και σκέδασης του φωτός.



Παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα, ότι το Δίον, το Ελισσάβητ, το Βεργίνα και το Ορφέας εμφανίζουν μια μέγιστη συσσώρευση των κατανομών των μεγεθών, στην περιοχή των μικρών μεγεθών, γεγονός που ήδη έχει επιβεβαιωθεί αριθμητικά και παραπάνω. Γίνεται, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό, ότι και τα διαγράμματα που μας παρέχει η μέθοδος της σκέδασης, δίνουν μια πολύ καλύτερη και αντιπροσωπευτική κατανομή των μεγεθών, σε σχέση με την μέθοδο της κοσκίνισης.

10.2 Συσχέτιση του λαμβανομένου μεγέθους των σωματιδίων με βάση τον τύπο του σιταριού.

Όπως προαναφέρθηκε, οι μετρήσεις του scirocco 2000, που βασίζονται στη μέθοδο της σκέδασης του φωτός, δίνουν πολύ πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα όσον αφορά το μέγεθος των σωματιδίων με βάση τον τύπο του αλεύρου.

Έτσι λοιπόν, στον παρακάτω πίνακα 9, που κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των πινάκων 6 και 7, παρατηρούμε ότι, στο Δίον, το Ελισσάβητ, το Άθως 1, το Βεργίνα και το Ορφέας, έχουμε εμφάνιση σωματιδίων με πολύ μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τα άλλα πέντε άλευρα των αντίστοιχων σιταριών. Επίσης παρατηρούμε, ότι στα ίδια πέντε άλευρα (Δίον, Ελισσάβητ, Άθως 1, Βεργίνα, Ορφέας) οι τιμές των μέγιστων κατανομών τους, είναι πολύ μικρότερες από αυτές των μέγιστων που εμφανίζουν τα άλλα πέντε.

Πίνακας 9: Σύγκριση μεγεθών των σωματιδίων των αλεύρων.

Τύπος σιταριού	Ελάχιστο μέγεθος στο οποίο ξεκινά η κατανομή (σε μm)	Μέγιστη κατανομή σε vol %	Άθροισμα κατανομών μέχρι τα 316,979 μm σε vol %
		Μέγεθος σωματιδίων σε μm	
Σίφνος	4,477	7,27% 356,656	61,57%
Σκύρος	3,557	6,45% 399,052	40,09%
Δίον	0,796	3,83% 356,656-399,052	74,12%
Ελισσάβητ	1,002	3,49% 399,052	74,92%
Μεξικάλι	4,477	7,16% 356,656	61,63%

Άθως 1	2,825	356,656 / 5%	65,06%
Άθως 2	4,477	356,656 / 6,99%	58,18%
Βεργίνα	1,002	447,744 / 3,45%	72,81%
Ορφέας	1,002	399,052 / 4,29%	67,45%
Παπαδάκης	3,557	399,052 / 6,56%	57,44%

Βλέπουμε λοιπόν ότι η κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων, γίνεται ανάλογα με τον τύπο του σιταριού από το οποίο προέκυψε αυτό το άλευρο. Άρα χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη μέθοδο μπορούμε να προσδιορίσουμε ποια άλευρα προήλθαν από σκληρά και ποια από μαλακά σιτάρια, δίνοντας έτσι στους παρασκευαστές, τη δυνατότητα να ελέγχουν την ποιότητα του κάθε αλεύρου που παρασκευάζουν ή χρησιμοποιούν, ως προς το μέγεθος των σωματιδίων, ελέγχοντας έτσι κάποια επιθυμητά ή ανεπιθυμητά χαρακτηριστικά του παρασκευάσματος.

Έτσι λοιπόν, φαίνεται ξεκάθαρα ότι τα Σίφνος, Σκύρος, Μεξικάλι, Άθως 2 και Παπαδάκης δίνουν σκληρά άλευρα, τα Δίον, Ελισσάβητ, Βεργίνα και Ορφέας δίνουν μαλακά ενώ το Άθως 1 δίνει ημίσκληρο.

Τα ίδια συμπεράσματα βγάζουμε, παρατηρώντας τα αποτελέσματα που μας δίνει το scirocco 2000, για τις τιμές της ειδικής επιφάνειας για το κάθε δείγμα. Παρατηρούμε δηλαδή, ότι όσο πιο μαλακό είναι ένα σιτάρι (μικρότερο μέγεθος σωματιδίων του αλεύρου του), τόσο αυξάνεται η ειδική επιφάνεια του προκύπτοντος αλεύρου, γεγονός που μπορεί να φανεί και από τον τύπο που συνδέει την ειδική επιφάνεια A_w , με το μέγεθος των σωματιδίων (μέση διάμετρος των σωματιδίων, $\overline{D_{pi}}$), (McCabe et al, 2002).

$$A_w = \frac{6}{\Phi_s \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\overline{D_{pi}}}$$

Όπου: x_i = Κλάσμα μάζας σε ένα δεδομένο διάστημα

Φ_s = σφαιρικότητα του σωματιδίου

ρ_p = πυκνότητα του σωματιδίου

Πίνακας 10: Προσδιορισμός της ειδικής επιφάνειας με την μέθοδο του σκεδασμού του φωτός.

<i>ΤΥΠΟΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ</i>	<i>Ειδική Επιφάνεια (m²/gr)</i>
<i>Άθως 1</i>	0,1223
<i>Βεργίνα</i>	0,2510
<i>Ελισάβετ</i>	0,2453
<i>Παπαδάκης</i>	0,0693
<i>Σκύρος</i>	0,0705
<i>Ορφέας</i>	0,2483
<i>Άθως 2</i>	0,0624
<i>Δίον</i>	0,2323
<i>Μεξικάλι</i>	0,0658
<i>Σίφνος</i>	0,0604

Ένας λογικός καθορισμός του μεγέθους των σωματιδίων εξασφαλίζεται και από τη μέση διάμετρο όγκου επιφάνειας (όγκος ανά μονάδα επιφάνειας [d(3,2)]), που δίνεται επίσης από την μαθηματικά έκφραση

$$d_{vs} = \frac{\sum nd^3}{\sum nd^2} \quad (\text{Brittain \& Harry, 1995})$$

Έχουμε ήδη δει στη θεωρία ότι η μέση διάμετρος όγκου επιφάνειας είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ειδική επιφάνεια. Έτσι λοιπόν, παρατηρούμε στον παρακάτω πίνακα 11, ότι και αυτά τα αποτελέσματα είναι σε απόλυτη συμφωνία με τα συμπεράσματα που έχουν διεξαχθεί.

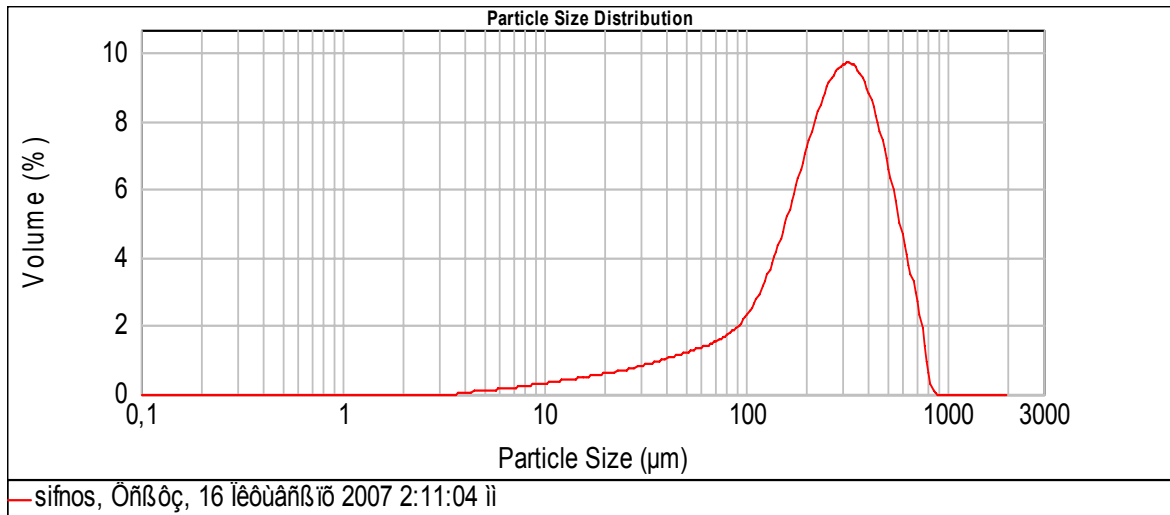
Έτσι, βλέπουμε ότι όσο πιο σκληρό είναι ένα σιτάρι, τόσο αυξάνεται η μέση διάμετρος όγκου επιφάνειας. Άρα και από εδώ φαίνεται ότι σκληρά είναι τα άλευρα που προκύπτουν από τα Σίφνος, Σκύρος, Μεξικάλι, Άθως 2 και Παπαδάκης, μαλακά είναι αυτά των Δίον, Ελισσάβετ, Βεργίνα και Ορφέας και ημίσκληρο είναι αυτό του Άθως 1, διότι έχει ενδιάμεση τιμή από αυτή των μαλακών και των σκληρών σιταριών.

Πίνακας 11: Προσδιορισμός μέσης διαμέτρου όγκου επιφάνειας [d(3,2)] με την μέθοδο του σκεδασμού του φωτός.

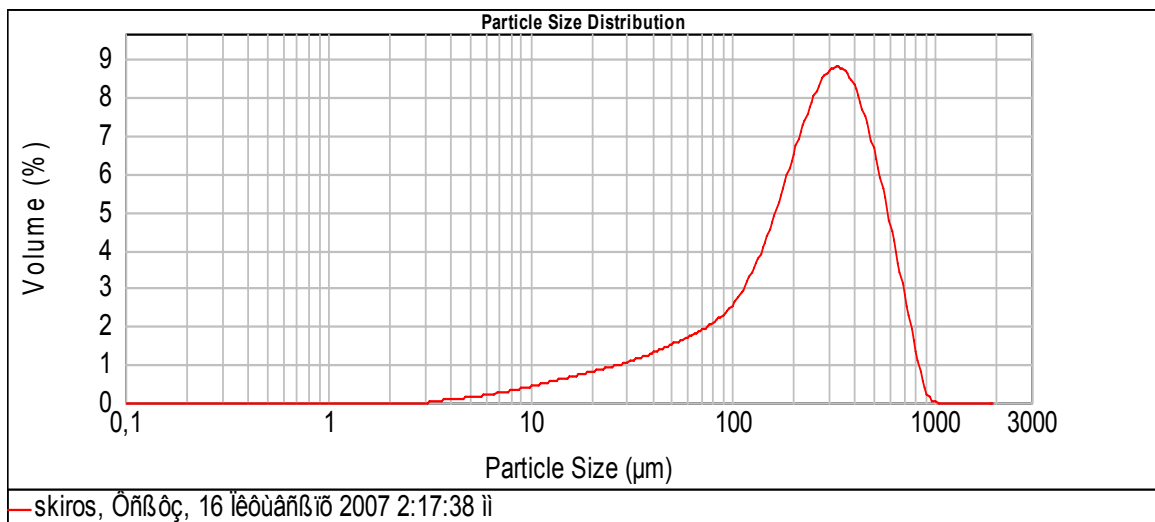
<i>ΤΥΠΟΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ</i>	<i>Μέση διάμετρος όγκου επιφάνειας (μm)</i>
<i>Άθως 1</i>	50,608
<i>Βεργίνα</i>	24,028
<i>Ελισάβετ</i>	24,558
<i>Παπαδάκης</i>	86,978
<i>Σκύρος</i>	85,712
<i>Ορφέας</i>	24,172
<i>Άθως 2</i>	96,979
<i>Δίον</i>	25,865
<i>Μεξικάλι</i>	92,480
<i>Σίφνος</i>	100,286

Τέλος παρατηρώντας το σχήμα 14, που λήφθηκαν από της μετρήσεις του scirocco 2000, βλέπουμε ότι τα σκληρά άλευρα παρουσιάζουν την αυτή κατανομή μεγεθών και μάλιστα εμφανίζουν μόνο ένα μέγιστο. Από την άλλη τα μαλακά άλευρα δίνουν μια καμπύλη που εμφανίζει δύο μέγιστα και ένα ελάχιστο περίπου στη μέση της κατανομής, ενώ το ημίσκληριο εμφανίζει μια ενδιάμεση μορφή σε σχέση με τα σκληρά και τα μαλακά. Άρα και η διαγραμματική απεικόνιση των μετρήσεων, μας πληροφορεί άμεσα για τον τύπο του αλεύρου.

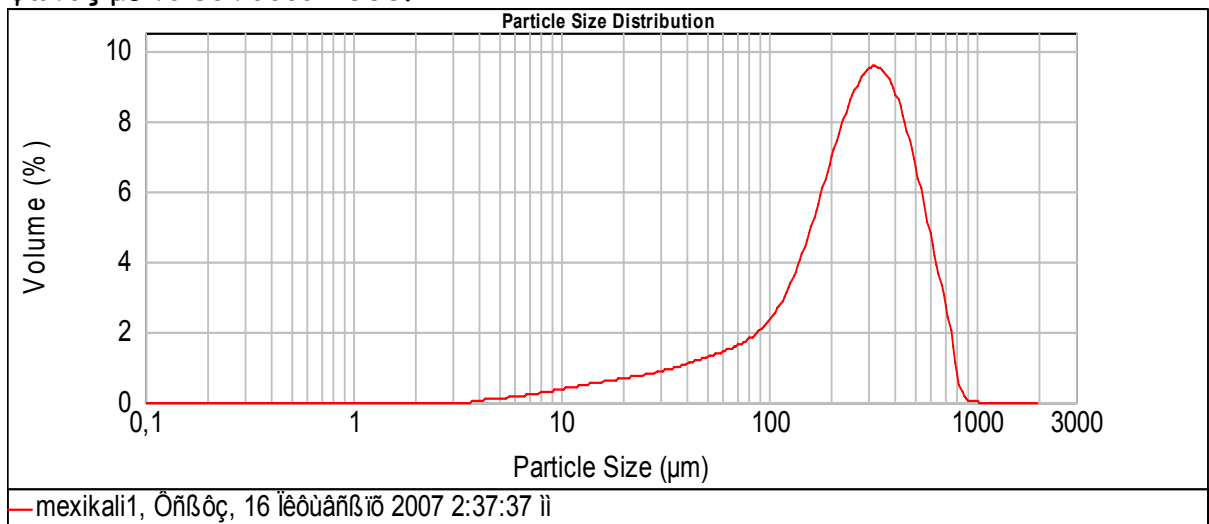
Σχήμα 20: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Σίφνος, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



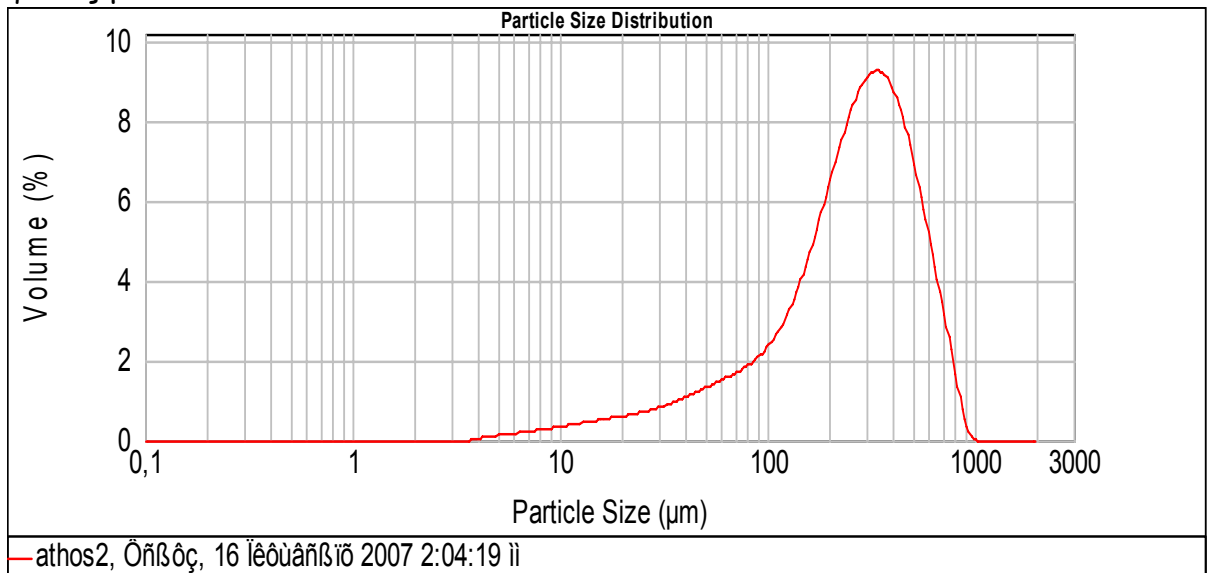
Σχήμα 21: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Σκύρος, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



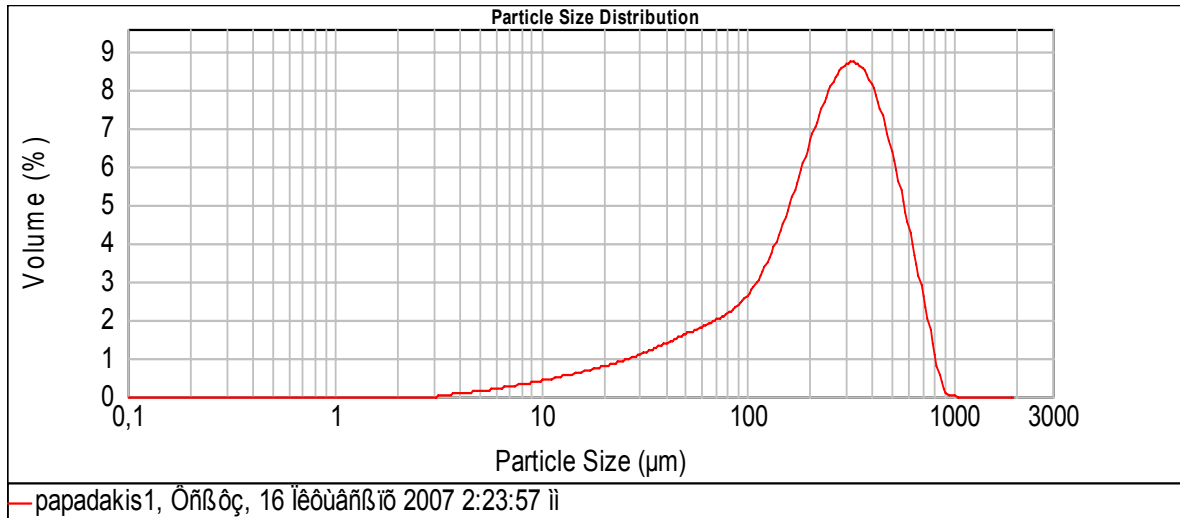
Σχήμα 22: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Μεξικάλι, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



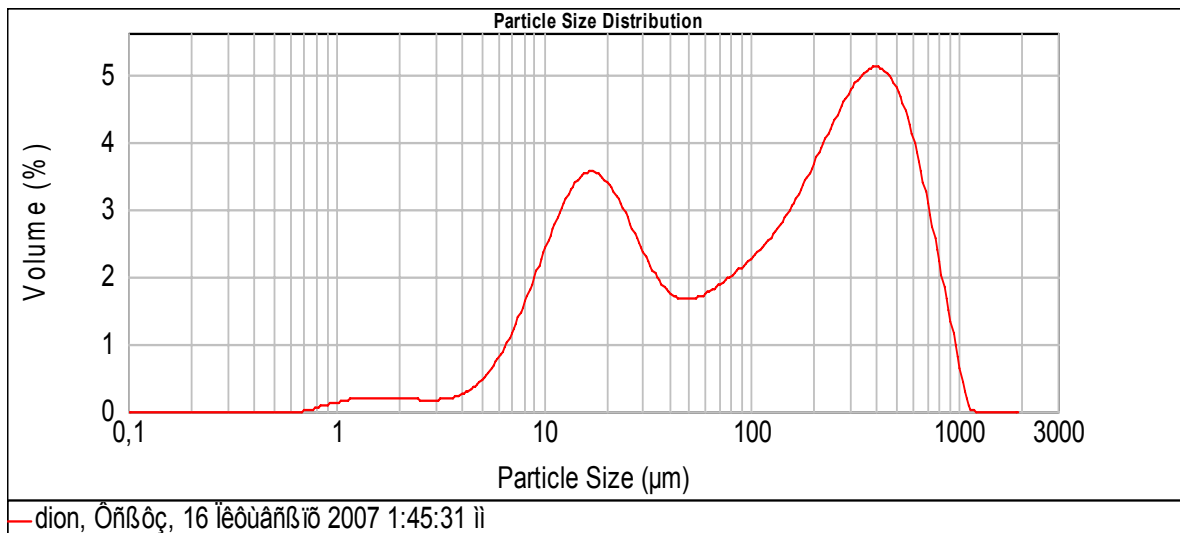
Σχήμα 23: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Άθως 2, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



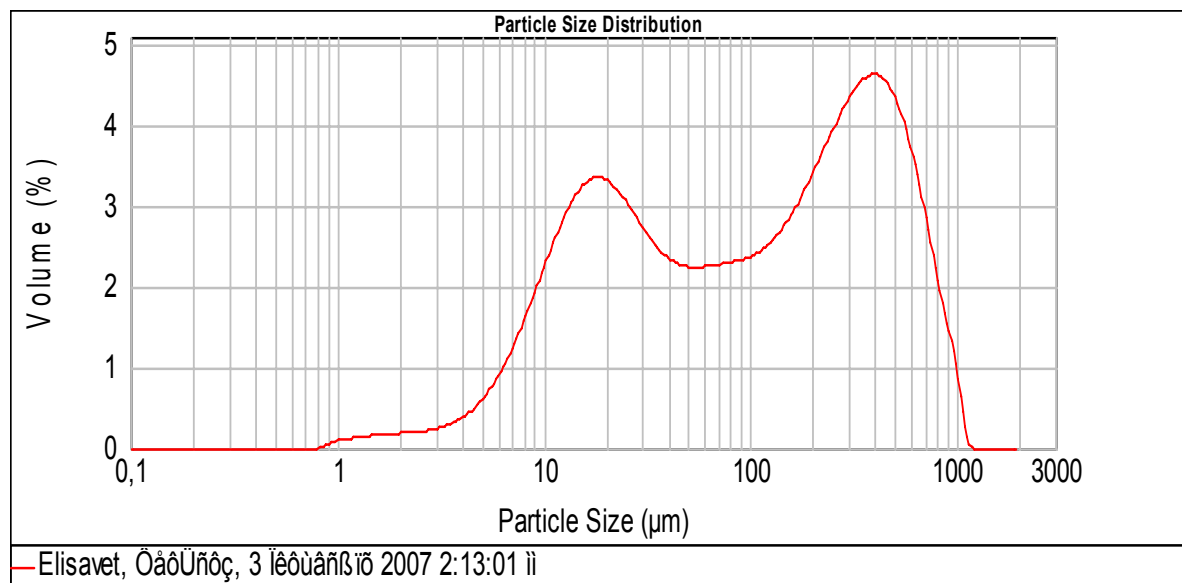
Σχήμα 24: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Παπαδάκης, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



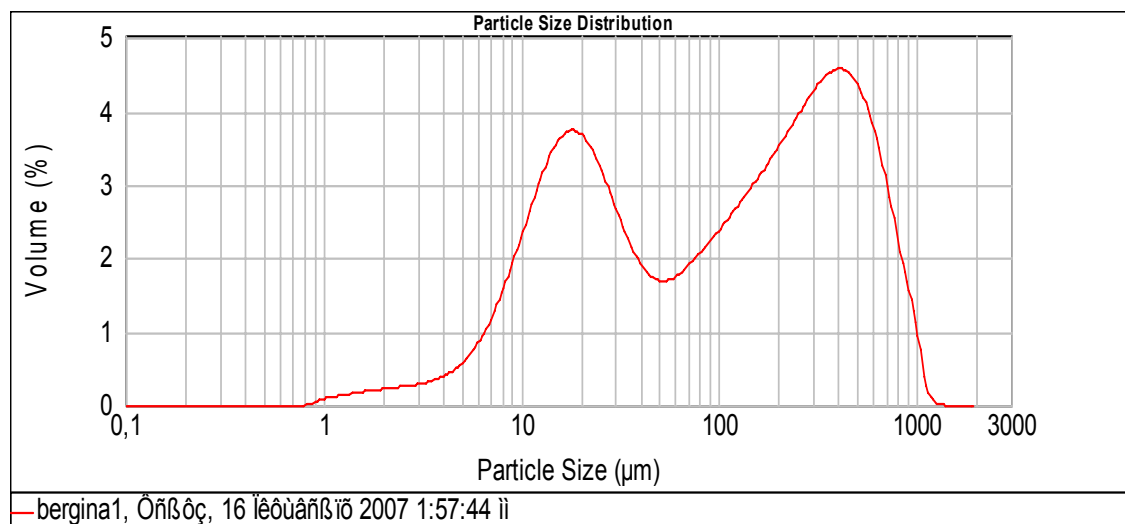
Σχήμα 25: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Δίον, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



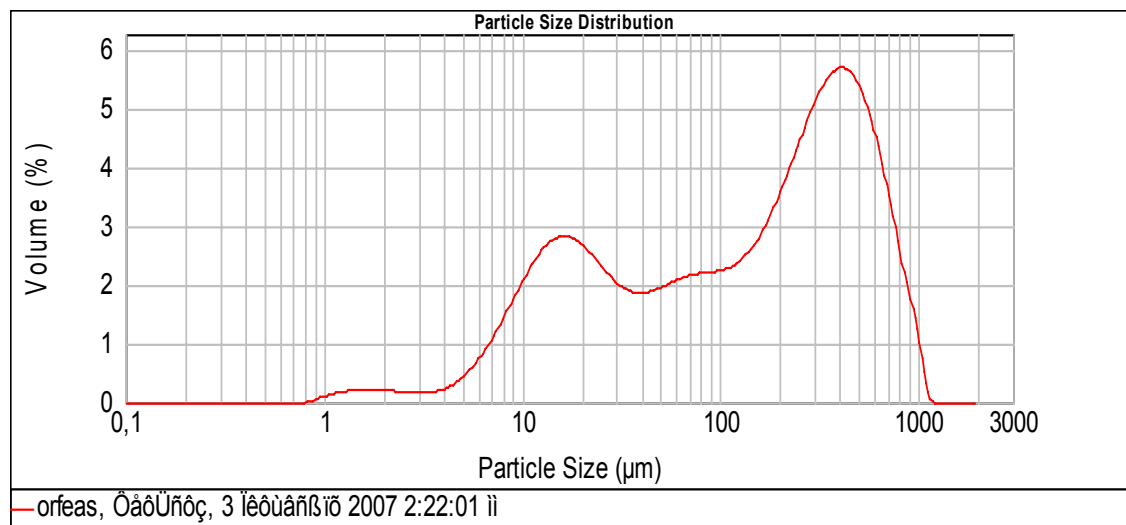
Σχήμα 26: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Ελισάβετ, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



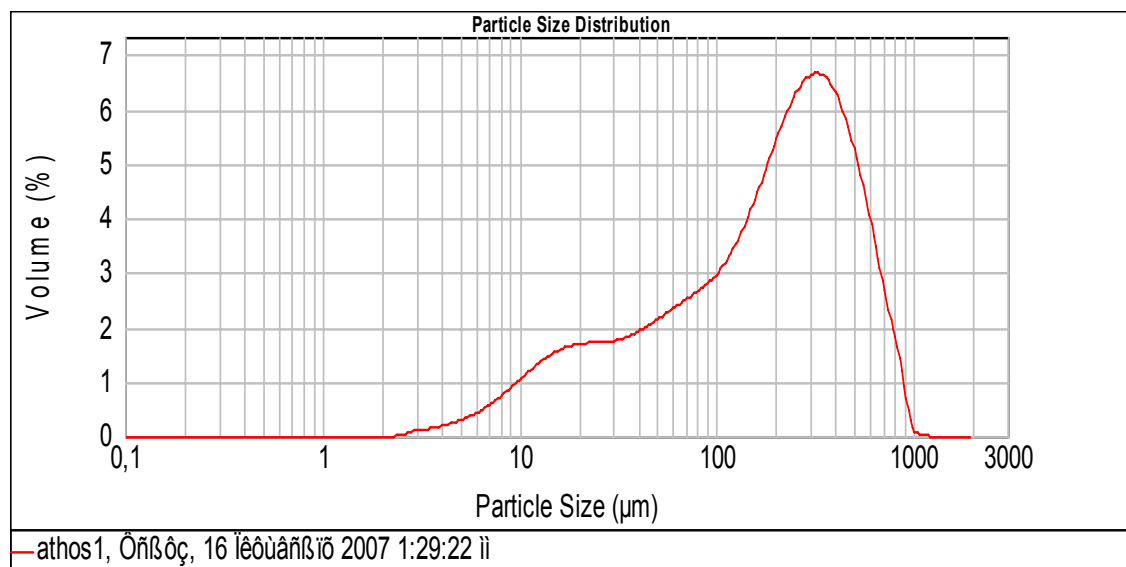
Σχήμα 27: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Βεργίνα, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



Σχήμα 28: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Ορφέας, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



Σχήμα 29: Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής μεγεθών των σωματιδίων για το δείγμα Άθως 1, με βάση τις μετρήσεις της σκέδασης του φωτός με το scirocco 2000.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Η μέθοδος της σκέδασης του φωτός σε σχέση με την μέθοδο της κοσκίνισης, μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων των αλεύρων με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- ✓ Η μέθοδος της σκέδασης του φωτός μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να λαμβάνουμε ποιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα του πραγματικού μεγέθους των σωματιδίων.
- ✓ Η μέθοδος της κοσκίνισης σε αντίθεση με αυτή της σκέδασης του φωτός, δεν μπορεί να μας προσφέρει κανένα διαγνωστικό συμπέρασμα, όσον αφορά το διαχωρισμό των αλεύρων σε ποικιλίες και μάλιστα τα αποτελέσματά της είναι ακριβώς τα αντίθετα από τα αναμενόμενα με βάση την ποικιλία του σιταριού.
- ✓ Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της σκέδασης του φωτός, μπορεί να γίνει πρόβλεψη του τύπου του αλεύρου που θα προκύψει από τον ίδιο βαθμό άλεσης, χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο τύπο σιταριού, ενώ δεν μπορεί να εξαχθεί το αντίστοιχο συμπέρασμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της κοσκίνισης.
- ✓ Μπορεί να γίνει πρόβλεψη του τύπου του αλεύρου (αν προήλθε από μαλακό ή σκληρό σιτάρι), μετρώντας την ειδική επιφάνεια ή την μέση διάμετρο όγκου επιφάνειας με τη μέθοδο της σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιώντας το scirocco 2000.
- ✓ Τα διαγράμματα που δίνει η κατανομή μεγεθών της σκέδασης του φωτός, χρησιμοποιώντας το scirocco 2000, είναι απόλυτα συμβατά με τον τύπο του αλεύρου.

Για την διεξαγωγή των δύο μεθόδων μέτρησης μεγέθους σωματιδίων χρησιμοποιήθηκαν 10 δείγματα αλεύρου, 5 προερχόμενα από ποικιλίες μαλακού σίτου και 5 από ποικιλίες σκληρού σίτου. Η παραλαβή των αλεύρων έγινε ύστερα από την άλεση των σιταριών σε εργαστηριακό μύλο ολικής άλεσης. Ο βαθμός-χρόνος άλεσης ήταν ίδιος για όλα τα δείγματα. Για την διεξαγωγή της μεθόδου κοσκίνισης, χρησιμοποιήθηκαν 100 gr αλεύρου από το κάθε δείγμα καθώς και 10 επίπεδα εργαστηριακά κόσκινα μεγάλης ακριβείας. Για τον προσδιορισμό μεγέθους των δειγμάτων αλεύρου με σκέδαση φωτός χρησιμοποιήθηκε η μονάδα εισαγωγής στερεού δείγματος Scirocco της συσκευής Mastersizer 2000. Στην παρούσα μελέτη έγινε συγκριτική διαγραμματική παρουσίαση των καμπυλών κατανομής μεγεθών, κάθε δείγματος, με κοσκίνιση και με σκέδαση του φωτός, καθώς και συσχέτιση του λαμβανόμενου μεγέθους σωματιδίων με βάση τον τύπο του αλεύρου. Η μέθοδος μέτρησης μεγέθους σωματιδίων με σκέδαση φωτός παρουσίασε μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτή της κοσκίνισης και έδωσε πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα του πραγματικού μεγέθους των σωματιδίων.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΚΕΔΑΣΗΣ ΤΟΥ
ΦΩΤΟΣ, ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΑΛΕΥΡΙ.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ
ΠΑΝΑΚΙΔΗΣ ΘΕΟΔΟΣΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΡΙΤΖΟΥΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Θεσσαλονίκη 2009



- ❖ Αλευρουργία, Κεφάλαιο 2, «14. Γλουτένη (Γλοιΐνη ή φυτόκολλα)», 1962, σελ.19, «15. Άμυλον ενδοσπέρματος», σελ. 20.
- ❖ Αλευρουργία, Κεφάλαιο 4, «35. Τράβηγμα (Ταυχ d' extraction) ή βαθμός άλεσεως ενός αλεύρου», 1962, σελ.45.
- ❖ Ανάλυση Τροφίμων ΙΙ, Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΤΕΙΘ, 2006.
- ❖ Αντωνίου Θεοδώρα, «Η επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην παραγωγικότητα του μαλακού και σκληρού σιταριού», Μυτιλήνη, Σεπτέμβριος 2004, σελ.3.

- ❖ Αττιτή Ειρήνη, «Χρήση της μεθόδου Monte Carlo για τον υπολογισμό παραμέτρων της διασκληρικής ακτινοβόλησης του ακτινωτού σώματος με διοδικό laser», Κρήτη, 2006.
- ❖ Γεωργόπουλος Θεοφάνης, Γεωπόνος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, «Ο ρόλος της γλουτένης στα προϊόντα αρτοποιίας», Περιοδικό: "Ο αρτοποιός και η δουλειά του", Τεύχος 39, Απρίλιος 2008, σελ. 18,19.
- ❖ Γεωργόπουλος Θεοφάνης, Γεωπόνος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, «Ο ρόλος των ενζύμων στην παραγωγή ψωμιού», Περιοδικό: "Ο αρτοποιός και η δουλειά του", Τεύχος 24, Αύγουστος 2005, σελ. 22, 23.
- ❖ Γιαννακουδάκης Δ.Α., «Φυσική Χημεία Ομογενών και Ετερογενών Συστημάτων», Θεσσαλονίκη, Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Εκτύπωση: Π. Ζήτη, σελ. 132, 178.
- ❖ Ζουμπούλης Α., Καθ. Α.Π.Θ, Σημειώσεις, Κεφ. 15 «Ελάττωση μεγέθους στερεών», http://155.207.18.1/~chemtech/foititika/fd/zouboulis/ch15_Elat_tosi_megethous_sterewn2_A4.pdf
- ❖ Κάζης Αβραάμ, Κλινικός Διαιτολόγος - Διατροφολόγος, «Γλουτένη, διατροφική προσέγγιση», Ιανουάριος 2007
- ❖ Κεφαλός Σ. Πέτρος, σημειώσεις «Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών», ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Φεβρουάριος 2003.
- ❖ Κεφαλός Σ. Πέτρος, Εργαστηριακές σημειώσεις «Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών», Κεφάλαιο «Μέθοδοι Προσδιορισμού Υγρασίας», ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 2003.
- ❖ Κριτσαντώνης Δ. Αλέξανδρος, «Σιτάρι, αλεύρι και ψωμί», Τεχνικός Σύμβουλος, Δεκέμβριος 2006, σελ.32-33.
- ❖ Μάτης Κ.Α., Σπάθης Π.Κ., «Αρχές Φυσικών Διεργασιών, Θεωρία και Εφαρμογές», Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη 1996,σελ. 237-246.
- ❖ Μπόσκου Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ., «Χημεία Τροφίμων», Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997, σελ.116-117, 62-63.
- ❖ Παναγιώτου Κ., «Κολλοειδή συστήματα», Σημειώσεις φυσικοχημείας ΑΤΕΙ, 1998.
- ❖ Παπαεμμανουήλ Δημήτρης, «Οι διάφοροι τύποι αλεύρων», Νοέμβριος 2006.
- ❖ Παπαεμμανουήλ Δημήτρης, «Παράγοντες που επιδρούν στη γέυση του ψωμιού», Ιανουάριος-Φεβρουάριος 2006.
- ❖ Π.Ο.Ε.Σ.Ε. (Πανελλήνια Ομοσπονδία Εστιατορικών & συναφών Επαγγελματιών), Κεφάλαιο 5, «Άλευρα - Αλευρόμυλοι - Ζυμαρικά», Άρθρο 100, "Τύποι και κατηγορίες αλεύρων", 2005, σελ. 1.

- ❖ Σαμακίδης Γιάννης, Χημικός Μηχανικός, M.S. Food Science, Διευθυντής Διαχείρισης Ποιότητας των "Μύλων Κρήτης", «Σιτάρι, από το χωράφι στο μύλο...»
- ❖ Σπύρος Απόστολος, Επ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης, Μάθημα: «Τεχνικές Ανάλυσης Τροφίμων», Σημειώσεις για το κεφάλαιο «Προσδιορισμός υγρασίας», «http://www.chemistry.uoc.gr/aspyros/FoodAnal/FAT_pres10.pdf»
- ❖ Ταούκη Π. - Β. Ωραιοπούλου (Σημειώσεις), "Εφαρμοσμένη Μικροβιολογία , Χημεία και Μηχανική Διεργασιών Τροφίμων ", Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, 2006, σελ. 31.
- ❖ Μηχανική Τροφίμων ΙΙ, Εργαστηριακές σημειώσεις, Τ.Ε.Ι., Θεσσαλονίκη, 2006, σελ. 45..
- ❖ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, «**Βοηθητικό υλικό για τα χειμερινά σιτηρά**», Ιούνιος 2007, σελ. 10, 15.
- ❖ Brittain G. Harry, «Physical characterization of Pharmaceutical Solids», Marcel Dekker, Inc., New York, USA, 1995
- ❖ H. C. van de Hulst, «Light Scattering by Small Particles», Κεφάλαιο 9, Dover Publications, Inc., USA, 1981, International Standard Book Number: 0-486-64228-3.
- ❖ Hugh D. Young, «Πανεπιστημιακή Φυσική», Τόμος Α' «Μηχανική Θερμοδυναμική», Κεφ. 11 «Ισορροπία και ελαστικότητα», Εκδόσεις Παπαζήση, σελ. 297, 304, 305.
- ❖ Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, Lubert Stryer, « Βιοχημεία , Τόμος Ι», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης 2007, σελ.49.
- ❖ Malvern, User Manual για το μοντέλο Scirocco 2000
- ❖ McCabe, Smith, Harriott, « Βασικές διεργασίες χημικής μηχανικής». Εκδόσεις Τζιόλα , 2002, σελ. 1105, 1081, 1082, 1084, 1085, 1086, 1087, 1130-1132.
- ❖ Rawle Dr. Alan, Malvern Instruments Limited, Technical paper, «Basic Principles Of Particle Size Analysis», Enigma Business Park, Grovewood Road, Malvern, Worcestershire, WR14 1XZ, UK.
- ❖ www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/546maltose.html
- ❖ <http://www.eng.edu/~gbeaucag/classes/properties/ZimmIAlightscat.pdf> (2/5/06) Κεφάλαιο 7 - σκέδαση του φωτός.
- ❖ http://www.ap-lab.com/light_scattering.htm (02/05/2006)
- ❖ www.malvern.co.uk Food and drink industry.
- ❖ www.malvern.co.uk , «Particle size analysis by laser diffraction - ISO13320 and the importance of SOPs», LubPlus international, June 2000, Malvern instruments, Malvern, U.K.

- ❖ www.malvern.co.uk , «Mastersizer 2000», Malvern instruments, 2003, Malvern, U.K.
- ❖ <http://www.process.gr/greek/ma.asp>, «Έλεγχος υγρασίας».
http://hellas.teipir.gr/Thesis/Trofima/ximikes_analyseis/ximikes_analyseis_06.htm , «Χημικές αναλύσεις, Προσδιορισμός υγρασίας»

Ελληνική

- ❖ Ανάλυση Τροφίμων ΙΙ, (2006). Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκη.
- ❖ Αντωνίου, Θ. (2004). Η επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην παραγωγικότητα του μαλακού και σκληρού σιταριού, *Μυτιλήνη*, 3-4.
- ❖ Αττιτή, Ε. (2006). Χρήση της μεθόδου Monte Carlo για τον υπολογισμό παραμέτρων της διασκληρικής ακτινοβόλησης του ακτινωτού σώματος με διοδικό laser, *Κρήτη*, 31-47.
- ❖ Γεωργόπουλος, Θ. (2005). Ο ρόλος των ενζύμων στην παραγωγή ψωμιού, *Ο αρτοποιός και η δουλειά του*, Τεύχος 24, 22-23.
- ❖ Γεωργόπουλος, Θ. (2008). Ο ρόλος της γλουτένης στα προϊόντα αρτοποιίας, *Ο αρτοποιός και η δουλειά του*, Τεύχος 39, 18-19.
- ❖ Γιαννακουδάκης, Α. (2002). Φυσική Χημεία Ομογενών και Ετερογενών Συστημάτων, Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 132, 178.
- ❖ Ζουμπούλης, Α. (2004). Σημειώσεις, Ελάττωση μεγέθους στερεών, http://155.207.18.1/~chemtech/foititika/fd/zouboulis/ch15_Elatti_osi_megethous_sterewn2_A4.pdf
- ❖ Κάζης, Α. (2007). Γλουτένη, Διατροφική προσέγγιση, 4-7.
- ❖ Κεφαλάς, Π. (2003). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών, Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΤΕΙ, Θεσσαλονίκη, 11.
- ❖ Κριτσαντώνης, Α. (2006). Σιτάρι, αλεύρι και ψωμί, 32-33.
- ❖ Μάτης Κ.Α. και Σπάθης Π.Κ. (1996). Αρχές Φυσικών Διεργασιών, Θεωρία και Εφαρμογές, Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη, 237-246.
- ❖ Μηχανική Τροφίμων ΙΙ, (2006). Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΤ.Ε.Ι., Θεσσαλονίκη, 45-48.
- ❖ Μπόσκου Δ. (1997). Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, 116-117, 62-63.
- ❖ Σαραντόπουλος, Δ. (1962). Αλευρουργία, Βόλος, 19-20, 45.
- ❖ Παναγιώτου, Κ. (1998). Διεπιφανειακά φαινόμενα & κολλοειδή συστήματα, 2^η Έκδοση, Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 141-142
- ❖ Πανελλήνια Ομοσπονδία Εστιατορικών & συναφών Επαγγελματιών, (2005), Άλευρα - Αλευρόμυλοι - Ζυμαρικά, Τύποι και κατηγορίες αλεύρων, Άρθρο 100, 1.
- ❖ Παπαεμμανουήλ, Δ. (2006). Οι διάφοροι τύποι αλεύρων.

- ❖ Παπαεμμανουήλ, Δ. (2006). Παράγοντες που επιδρούν στη γεύση του ψωμιού.
- ❖ Σπύρος, Α. (2005). Σημειώσεις Τεχνικές Ανάλυσης Τροφίμων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 53-57.
- ❖ Τσούκη, Π. και Ωραιπούλου, Β. (2006). Εφαρμοσμένη Μικροβιολογία , Χημεία και Μηχανική Διεργασιών Τροφίμων, Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, 31.
- ❖ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, (2007). **Βοηθητικό υλικό για τα χειμερινά σιτηρά**, 10, 15.

Ξένη

- ❖ Brittain, G. (1995). Physical characterization of Pharmaceutical Solids, Marcel Dekker, New York, USA.
- ❖ Hulst, H. C. (1981). Light Scattering by Small Particles, 9, Dover Publications, USA, International Standard Book Number: 0-486-64228-3.
- ❖ Hugh D. Young«Πανεπιστημιακή Φυσική», Τόμος Α' «Μηχανική Θερμοδυναμική», Κεφ. 11 «Ισορροπία και ελαστικότητα», Εκδόσεις Παπαζήση, 297, 304, 305.
- ❖ Berg, J.M, Tymoczko, J.L, Stryer, L. (2007). Βιοχημεία , Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης , 49.
- ❖ Malvern, User Manual για το μοντέλο Scirocco 2000
- ❖ McCabe, Smith, Harriott. (2003). Βασικές φυσικές διεργασίες μηχανικής, Έκδοση 6^η, Τζιόλα , Θεσσαλονίκη, 1081-1087, 1105,1130-1132.
- ❖ Rawle, A. (2000). Malvern Instruments Limited, Technical paper, Basic Principles Of Particle Size Analysis, UK.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- ❖ www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/546maltose.html
- ❖ <http://www.eng.edu/~gbeaucag/classes/properties/ZimmIAlightscat.pdf>
- ❖ http://www.ap-lab.com/light_scattering.htm
- ❖ www.malvern.co.uk Food and drink industry.
- ❖ www.malvern.co.uk , Particle size analysis by laser diffraction - ISO13320 and the importance of SOPs», LubPlus international, June 2000, Malvern instruments, Malvern, U.K.
- ❖ www.malvern.co.uk , «Mastersizer 2000», Malvern instruments, 2003, Malvern, U.K.
- ❖ <http://www.process.gr/greek/ma.asp>

- ❖ http://hellas.teipir.gr/Thesis/Trofima/ximikes_analyseis/ximikes_analyseis_06.htm
- ❖ «http://www.chemistry.uoc.gr/aspyros/FoodAnal/FAT_pres10.pdf»