



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ
ΦΥΤΩΝ (ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ, ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ
ΥΨΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ)

Μηχανική επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Ανδρέας Τεσσαρομάτης

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Παπαϊωάννου Χρυσουλα

Νοέμβριος 2022

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η μηχανική επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη μια βιβλιογραφική επισκόπηση μιας σειράς από δευτερογενείς πηγές, που αναφέρονται σε ποιοτικά κυρίως, αλλά και ποσοτικά δεδομένα, που σχετίζονται άμεσα με το σκοπό και τους επιμέρους στόχους της. Η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση έδειξε ανάλογα με τη θέση της εκάστοτε διεργασίας της μηχανικής επεξεργασίας στη συνολική αλυσίδα παραγωγής και διάθεσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, η μηχανική επεξεργασία, διακρίνεται σε δύο μεγάλες υποκατηγορίες: την επεξεργασία προξήρανσης, που εφαρμόζεται από διάφορους παραγωγούς κυρίως όταν πρόκειται για μια μεγάλης κλίμακας παραγωγή και την επεξεργασία μεταξήρανσης, που εφαρμόζεται συνηθέστερα. Καθεμία από αυτές τις δύο μεθόδους περιλαμβάνει μια σειρά από διαφορετικές εναλλακτικές μεθόδους, που παρέχουν σε κάθε παραγωγό μια ευρεία ποικιλία, ώστε να μπορούν να επιλέξουν τη βέλτιστη για το ή/ τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που καλλιεργούν.

Λέξεις - κλειδιά: μηχανική επεξεργασία, προξήρανση, μεταξήρανση, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά

Abstract

The purpose of this research was to investigate the mechanical processing of aromatic and medicinal plants. For this, a bibliographic review of a series of secondary sources was conducted, referring to mainly qualitative, but also quantitative data, directly related to its purpose and individual objectives. The literature review showed that depending on the position of each process of mechanical processing in the overall production and distribution of aromatic and medicinal plants, mechanical processing is divided into two major subcategories: predrying processing, which is applied by various producers mainly when it comes to large-scale production and postdrying processing, which is applied more commonly. Each of these two methods includes a number of different alternative methods, providing each producer with a wide variety, from which they can choose the optimal one for the aromatic and medicinal plant(s) they grow.

Keywords: *mechanical processing, predrying, postdrying, aromatic and medicinal plants*

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	i
Abstract.....	ii
Πίνακας Περιεχομένων.....	iii
Κατάλογος Εικόνων	v
Κατάλογος Σχημάτων.....	vii
Κατάλογος Πινάκων	x
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ.....	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ	2
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	2
1.4 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	2
2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ - ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ.....	4
2.1 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ - ΕΚΠΛΥΣΗ.....	4
2.2 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗΣ	11
3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ - ΜΕΤΑΞΗΡΑΝΣΗ	17
3.1 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ - ΑΛΕΣΗ.....	17
3.2 ΜΕΙΩΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	31
3.2.1 Κοπή.....	31
3.2.2 Σύνθλιψη/ θρυμματισμός.....	33
3.2.3 Φρεζάρισμα.....	34
3.2.4 Μηχανές κοπής	35
3.2.5 Μηχανές σύνθλιψης/ θρυμματισμού.....	45
3.2.6 Μηχανές φρεζαρίσματος.....	48
3.2.7 Ειδικές εγκαταστάσεις μείωσης μεγέθους	50

3.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΞΗΡΑΝΣΗΣ	52
3.3.1 Διαχωρισμός - ταξινόμηση βάσει του μεγέθους/ διαστάσεων.....	54
3.3.2 Διαχωρισμός - ταξινόμηση ροής αέρα.....	74
3.3.3 Διαχωρισμός - ταξινόμηση βάσει της διαφοράς συντελεστή τριβής και αντίστασης κύλισης	82
3.3.4 Λοιπές διαδικασίες διαχωρισμού - ταξινόμησης.....	84
3.4 ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	87
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
4.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	92
Βιβλιογραφία	93

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Ξηρός καθαρισμός ριζών (Öztekin και Martinov, 2007)	5
Εικόνα 2.2: Αυτοσχέδιο έκπλυση μικρής ποσότητας ριζών με τη χρήση λάστιχου και σχάρας (Öztekin και Martinov, 2007)	6
Εικόνα 2.3: Πλυντήριο τύμπανου με ακροφύσια, τυπικά χρησιμοποιούμενα για τον καθαρισμό αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	8
Εικόνα 2.4: Πλυντήριο δύο τυμπάνων και δύο σειρών ακροφύσιων ειδικά σχεδιασμένο για την έκπλυση σπόρων κολοκύθας (Öztekin και Martinov, 2007)	9
Εικόνα 2.5: Πλυντήριο με βούρτσες για την έκπλυση των ριζών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	10
Εικόνα 2.6: Κεντρική έξοδος για τους μακρύτερους μίσχους και τους μίσχους (Öztekin και Martinov, 2007)	15
Εικόνα 3.1: Αποτελέσματα άλεσης αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη εφαπτομενικού τύπου για τη μέντα και τη ρίγανη (Öztekin και Martinov, 2007)	23
Εικόνα 3.2: Παράδειγμα άλεσης στελεχών θυμαριού με τη χρήση αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)	26
Εικόνα 3.3: Διαθέσιμη στην αγορά μηχανή ορθογώνιας μορφής κομμένου υλικού (Öztekin και Martinov, 2007)	38
Εικόνα 3.4: Ειδική κύλινδρη συσκευή κοπής για αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά με α) τη λειτουργία να αποτελούν ο κύλινδρος με δίσκους κοπής (πάνω) και ο λείος κύλινδρος με τις κάθετες αυλακώσεις (κάτω) και το σετ κυλίνδρου κοπής να έχει ένα μήκος β) 20 mm και γ) 40 mm (Öztekin και Martinov, 2007)	43
Εικόνα 3.5: Μηχανή κοπής με κόσκινο για στελέχη ανθών (Öztekin και Martinov, 2007)	45
Εικόνα 3.6: Μηχανή σύνθλιψης αξονικού τύπου και αποτελέσματα από την επεξεργασία μέντας (Öztekin και Martinov, 2007)	47
Εικόνα 3.7: Συνδυασμένος αλεστής μύλος για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	52
Εικόνα 3.8: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007)	66
Εικόνα 3.9: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο με δύο πλευρικές γεννήτριες ταλαντώσεων (Öztekin και Martinov, 2007)	68
Εικόνα 3.10: Διαθέσιμη στην αγορά μηχανή με στρογγυλά κόσκινα και χαλύβδινα καλώδια για τη σύνδεση του περιβλήματος των κόσκινων με το πλαίσιο (Öztekin και Martinov, 2007)	70

Εικόνα 3.11: Περιστρεφόμενο κόσκινο μικρής κλίμακας σχεδιασμένου για εργαστηριακές δοκιμές (Öztekin και Martinov, 2007)	72
Εικόνα 3.12: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο για το διαχωρισμό και την ταξινόμηση ξηρού σαφράν (Öztekin και Martinov, 2007)	72
Εικόνα 3.13: Διαθέσιμος στην αγορά κατακόρυφος διαχωριστής ροής αέρα (Öztekin και Martinov, 2007)	78
Εικόνα 3.14: Απλό, αυτοδημιούργητο πλαίσιο σαν βοηθητικός εξοπλισμός πλήρωσης σάκων (Öztekin και Martinov, 2007)	87
Εικόνα 3.15: Συσκευή ανάμιξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με ειδικό δοχείο (Öztekin και Martinov, 2007)	89
Εικόνα 3.16: Μηχανές κατασκευής για φακελάκια τσαγιού φίλτρου α) χαμηλής χωρητικότητας και β) υψηλής χωρητικότητας με τέσσερις σειρές (Öztekin και Martinov, 2007).....	90
Εικόνα 3.17: Κλείσιμο των κουτιών τσαγιού και το τύλιγμα των κουτιών (Öztekin και Martinov, 2007)	91

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Πλυντήριο με βαλβίδες επίπλευσης με τρεις νιπτήρες και αντίθετη ροή (Öztekin και Martinov, 2007)	11
Σχήμα 2.2: Εγκατάσταση κοπής και προξήρανσης διαχωρισμού φύλλων - στελεχών ποωδών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007).....	12
Σχήμα 2.3: Εξειδικευμένος με ρολό σωλήνα διαχωριστής χαμομηλιού (Öztekin και Martinov, 2007)	14
Σχήμα 2.4: Διάταξη διαχωρισμού στιγμάτων και στημόνων από άνθη κρόκου (Öztekin και Martinov, 2007)	16
Σχήμα 3.1: Οι συνήθειες α) εφαπτομενική και β) αξονική διάταξη αλωνιστών για την άλεση των δημητριακών και των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	21
Σχήμα 3.2: Παραλλαγές της α) εφαπτομενικής και β) αξονικής διάταξης αλωνιστών, που χρησιμοποιούνται συνήθως για την άλεση των δημητριακών και των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007).....	22
Σχήμα 3.3: Αλωνιστής με αλωνιστική διάταξη εφαπτομενικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)..	22
Σχήμα 3.4: Αλωνιστής με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007).....	24
Σχήμα 3.5: Σπειροειδή πηγάκια κατά τη λειτουργία τους (Öztekin και Martinov, 2007).....	25
Σχήμα 3.6: Ειδικός τύπος αλωνιστή με περιστρεφόμενη ράβδο (Öztekin και Martinov, 2007).....	28
Σχήμα 3.7: Αλωνιστής με τύμπανο από βούρτσες και κοίλο συρμάτινο δίχτυ (Öztekin και Martinov, 2007)	30
Σχήμα 3.8: Αλωνιστής με βούρτσες και κώνο από συρμάτινο δίχτυ (Öztekin και Martinov, 2007).....	30
Σχήμα 3.9: Κοπή φυτικού υλικού με α) κάθετη και β) κεκλιμένη κίνηση της κοπτικής λεπίδας (Öztekin και Martinov, 2007)	32
Σχήμα 3.10: Τυπική μηχανή κοπής για φυτικά υλικά (Öztekin και Martinov, 2007)	33
Σχήμα 3.11: Σύνθλιψη/ θρυμματισμός φυτικού υλικού (Öztekin και Martinov, 2007)	34
Σχήμα 3.12: Συντριβή σωματιδίων σε σφυρόμυλο με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)	35
Σχήμα 3.13: Μηχανές ακριβούς κοπής α) τύπου σφονδύλου και β) τύπου τυμπάνου (Öztekin και Martinov, 2007)	36
Σχήμα 3.14: Μηχανή ακριβούς κοπής με παράλληλα κινούμενες λεπίδες (Öztekin και Martinov, 2007)	38
Σχήμα 3.15: Μηχανές ελεύθερης κοπής με α) την ελεύθερη πτώση του υλικού και β) κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)	39
Σχήμα 3.16: Απλούστερη μορφή μηχανής ελεύθερης κοπής (Öztekin και Martinov, 2007).....	40

Σχήμα 3.17: Απλούστερη μορφή μηχανής ελεύθερης κοπής με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)	41
Σχήμα 3.18: Μηχανή ελεύθερης κοπής με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)	42
Σχήμα 3.19: Μηχανή κοπής για ράβδους ζαχαρωτών (Öztekin και Martinov, 2007).....	44
Σχήμα 3.20: Μηχανή κοπής για στελέχη ανθών (Öztekin και Martinov, 2007)	44
Σχήμα 3.21: Απλή μηχανή σύνθλιψης/ άλεσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	46
Σχήμα 3.22: Μηχανή σύνθλιψης αξονικού τύπου για τη μείωση μεγέθους αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε μικρής και μεσαίας κλίμακας επιχειρήσεις (Öztekin και Martinov, 2007)..	47
Σχήμα 3.23: Συνηθέστεροι τύποι σφυρόμυλων α) με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορείς πεπιεσμένου αέρα, β) με ελεύθερους αναδευτήρες, γ) με συνδυασμένους αναδευτήρες και δ) με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορά βαρύτητας (Öztekin και Martinov, 2007)	48
Σχήμα 3.24: Παράδειγμα ειδικού σχεδιασμού σφυρόμυλου που χρησιμεύει συγκεκριμένα για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	50
Σχήμα 3.25: Μηχανή σύνθλιψης του αγριοτριαντάφυλλου (Öztekin και Martinov, 2007)	51
Σχήμα 3.26: Χαρακτηριστικά των συστατικών του υλικού και προϋπόθεση για διαχωρισμό (m: κατανομή μάζας, n: κατανομή αριθμού) με α) τα πεδία χαρακτηριστικών να είναι ευδιάκριτα μεταξύ τους, β) τα πεδία χαρακτηριστικών να αλληλεπικαλύπτονται εν μέρει και γ) τα πεδία χαρακτηριστικών να επικαλύπτονται σε σημαντικό βαθμό (Öztekin και Martinov, 2007)	53
Σχήμα 3.27: Κοσκίνισμα με επίπεδο κόσκινο όπου α) μηχανισμός και φορτίο σωματιδίων και β) λεπτομέρειες του φορτίου σωματιδίων, που κινείται προς τα πάνω (Öztekin και Martinov, 2007)	55
Σχήμα 3.28: Σωματίδια που κινούνται και πέφτουν μέσα από το άνοιγμα του κόσκινου, περιορίζοντας την ταχύτητα (Öztekin και Martinov, 2007).....	58
Σχήμα 3.29: Τα πιο συνηθισμένα α) σχήματα κόσκινου και οι πιο κοινότεροι β) τύποι ανοιγμάτων τους (Öztekin και Martinov, 2007)	61
Σχήμα 3.30: Τρόποι ταλάντωσης ενός κόσκινου (Öztekin και Martinov, 2007)	61
Σχήμα 3.31: Κόσκινο με κατακόρυφο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007).....	65
Σχήμα 3.32: Κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007).....	66
Σχήμα 3.33: Κόσκινο με ρυθμιζόμενη κλίση, με ηλεκτροκινητήρα και μη ισορροπημένη μάζα ως γεννήτρια ταλάντωσης (Öztekin και Martinov, 2007).....	67
Σχήμα 3.34: Μηχανή με στρογγυλά κόσκινα (Öztekin και Martinov, 2007).....	69
Σχήμα 3.35: Περιστρεφόμενο κόσκινο με τέσσερα κυλινδρικές διατομές κόσκινου (Öztekin και Martinov, 2007)	71
Σχήμα 3.36: Μηχανικός καθαρισμός κόσκινου με λαστιχένιες μπάλες (Öztekin και Martinov, 2007). 73	

Σχήμα 3.37: Μηχανικός καθαρισμός κόσκινου με βούρτσες (Öztekin και Martinov, 2007).....	74
Σχήμα 3.38: Απλές συσκευές διαχωρισμού και ταξινόμησης ροής αέρα με α) εκτόξευση σωματιδίων και β) με απομάκρυνση σωματιδίων (Öztekin και Martinov, 2007)	76
Σχήμα 3.39: Κατακόρυφος διαχωριστής ροής αέρα.....	77
Σχήμα 3.40: Συσκευή διαχωρισμού ροής αέρα με διάτρητο τύμπανο (Öztekin και Martinov, 2007) ...	79
Σχήμα 3.41: Διαδοχικός διαχωριστής ροής αέρα (Öztekin και Martinov, 2007).....	80
Σχήμα 3.42: Διαχωριστής τύπου ζιγκ-ζαγκ (Öztekin και Martinov, 2007).....	81
Σχήμα 3.43: Ροή υλικού στον αγωγό ζιγκ-ζαγκ με α) το ομαδοποιημένο υλικό και β) το χαλαρωμένο υλικό (Öztekin και Martinov, 2007)	82
Σχήμα 3.44: Σπειροειδές σύστημα βαρύτητας για διαχωρισμό ανάλογα με τη διαφορά στο συντελεστή τριβής (Öztekin και Martinov, 2007).....	83
Σχήμα 3.45: Συσκευές διαχωρισμού και ταξινόμησης με βάση τη διαφορά αντίστασης κύλισης: α) μεταφορέας ταινίας με διαμήκη κλίση και β) μεταφορέας ταινίας με κάθετη κλίση (Öztekin και Martinov, 2007)	84
Σχήμα 3.46: Διαχωριστές βαρύτητας (Öztekin και Martinov, 2007)	85
Σχήμα 3.47: Εγκαταστάσεις διαχωρισμού βάσει διαφοράς ηλεκτρικών ιδιοτήτων (Öztekin και Martinov, 2007)	86
Σχήμα 3.48: Βαρέλι - συσκευή ανάμιξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα δοκιμών άλεσης και θρυμματισμού των φυτών ύσσωπου, θυμαριού και μέντας με τη χρήση αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007) 26

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα δοκιμών άλεσης με αλωνιστή με περιστρεφόμενη ράβδο και με χειρωνακτική άλεση (Öztekin και Martinov, 2007) 29

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Η μηχανική επεξεργασία είναι ένας όρος που αναφέρεται στο σύνολο των διαφορετικών διεργασιών, που εφαρμόζονται μετά τη συλλογή των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Η μηχανική επεξεργασία στοχεύει στην βελτίωση του φυτικού υλικού, την εξάλειψη τυχόν ανεπιθύμητων συστατικών, την προσαρμογή της μορφής των φυτών βάσει των προδιαγραφών που τίθενται από την αγορά ή ακόμη τη βελτίωση της κατάστασής τους, ώστε να συνεχιστεί η επιπλέον επεξεργασία τους (Öztekin και Martinov, 2007).

Στην μηχανική επεξεργασία μπορούν να συμπεριληφθούν μια σειρά από διαφορετικές διεργασίες, που είναι δύσκολο να ταξινομηθούν με ένα αποδεκτό και έγκυρο τρόπο για το σύνολο ή για την πλειοψηφία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007).

Για το σκοπό αυτό, στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια λίστα των κυριότερων και πιο ευρέως αποδεκτών εφαρμοζόμενων βημάτων όταν πρόκειται για τη μηχανική επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Σύμφωνα με τη θέση της εκάστοτε διεργασίας της μηχανικής επεξεργασίας στη συνολική αλυσίδα παραγωγής και διάθεσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, η μηχανική επεξεργασία, που ακολουθεί τη συλλογή τους, διακρίνεται σε δύο μεγάλες υποκατηγορίες (Öztekin και Martinov, 2007):

1. Επεξεργασία προξήρανσης, που εφαρμόζεται από διάφορους παραγωγούς κυρίως όταν πρόκειται για μια μεγάλης κλίμακας παραγωγή και που αναφέρεται στην έκπλυση (washing), για παράδειγμα των ριζών και των βολβών ορισμένων καλλιεργειών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών και σε διάφορες άλλες προετοιμασίες για μια πιο αποδοτική ξήρανση.
2. Επεξεργασία μεταξήρανσης, που εφαρμόζεται συνηθέστερα και που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την απομάκρυνση τμημάτων του φυτών - άλεση (threshing), την μείωση του μεγέθους και το διαχωρισμό - ταξινόμηση.

Λεπτομέρειες παρέχονται στα Κεφάλαια που ακολουθούν.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η μηχανική επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Για το σκοπό αυτό, οι επιμέρους στόχοι της εργασίας έχουν ως εξής:

1. Αποσαφήνιση του όρου και των υποκατηγοριών μηχανικής επεξεργασίας
2. Ανάλυση των διαφορετικών τύπων, που εφαρμόζονται για την πρώτη υποκατηγορία μηχανικής επεξεργασίας, δηλαδή αυτή της προξήρανσης
3. Ανάλυση των διαφορετικών τύπων, που εφαρμόζονται για τη δεύτερη υποκατηγορία μηχανικής επεξεργασίας, δηλαδή αυτή της μεταξήρανσης.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε μια βιβλιογραφική επισκόπηση μιας σειράς από δευτερογενείς πηγές, που αναφέρονται σε ποιοτικά κυρίως, αλλά και ποσοτικά δεδομένα, που σχετίζονται άμεσα με το σκοπό και τους επιμέρους στόχους της. Κατά συνέπεια, έχει υιοθετηθεί μια θεωρητική προσέγγιση.

Κύρια πηγή της εργασίας αποτέλεσε το βιβλίο με τίτλο «Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, Drying, and Processing», που δημοσιεύτηκε το 2007 από τους Serdar Öztekin και Milan Martinov. Η ιδιαίτερα ευρεία χρήση της οφείλεται στο γεγονός ότι πέραν αυτής δεν βρέθηκε κάποια άλλη πηγή, που να αναφέρεται συγκεκριμένα στην μηχανική επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Πέραν της πηγής αυτής χρησιμοποιήθηκαν και κάποιες άλλες πηγές, που όμως είναι σχετικά περιορισμένες σε αριθμό.

1.4 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η σημασία της έρευνας σχετίζεται με το γεγονός ότι και όπως διαπιστώθηκε κατόπιν διεξοδικής έρευνας, δεν υπάρχει κάποια αντίστοιχη μελέτη σε ελληνικό επίπεδο. Έτσι η παρούσα έρευνα θα καλύψει το κενό που υπάρχει στο ελληνικό

θεωρητικό υπόβαθρο αναφορικά με την μηχανική επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Ταυτόχρονα η σημασία της έρευνας είναι και πρακτική, αφού μπορεί να αποτελέσει έναν χρήσιμο οδηγό για τους Έλληνες παραγωγούς αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών αναφορικά με την μηχανική επεξεργασία τους.

2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ - ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ

2.1 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ - ΕΚΠΛΥΣΗ

Μια πολύ κοινότυπη διεργασία προξήρανσης αποτελεί ο καθαρισμός του συγκομισμένου υλικού και κυρίως των ριζών και των βολβών, για τον οποίο υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία διαδικασιών και χρησιμοποιούμενου μηχανικού εξοπλισμού. Σε γενικές όμως γραμμές υπάρχουν δύο πιθανές λύσεις καθαρισμού:

1. Ξηρός καθαρισμός (dry-cleaning) και
2. Έκπλυση.

Με τον ξηρό καθαρισμό αφαιρούνται κατά κύριο λόγο τα υπολείμματα του χώματος, που έχουν παραμείνει στις ρίζες και τους βολβούς του εκάστοτε συγκομισμένου αρωματικού ή/ και φαρμακευτικού φυτού. Για το σκοπό αυτό, γίνεται χρήση βουρτσών ειδικής σχεδίασης, δονούμενων κόσκινων και ρότορων με μεταλλικά ή λαστιχένια δάχτυλα. Σε ορισμένες περιπτώσεις κρίνεται σκόπιμο ως πρώτο βήμα στον καθαρισμό να αποτελέσει η χαλάρωση του συγκομισμένου υλικού με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης νερού και τη διατήρηση μιας βέλτιστης ποιότητας εδάφους στην καλλιεργούμενη έκταση.

Σημειώνεται ότι η αποτελεσματικότητα της διεργασίας του ξηρού καθαρισμού αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό, όταν το έδαφος είναι στεγνό. Ο ξηρός καθαρισμός των ριζών του συγκομισμένου υλικού, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1.

Όπως φαίνεται στην συγκεκριμένη Εικόνα γίνεται αρχικά χρήση ενός περιστρεφόμενου τύμπανου με δάχτυλα, με την οποία το συγκομισμένο υλικό αναδεύεται και το δέσιμο ανάμεσα στο φυτικό υλικό και το χώμα χαλαρώνεται και κατόπιν χρήση ενός χοντρού κόσκινου. Η συγκεκριμένη διεργασία είναι βέλτιστο να είναι ενσωματωμένος στην θεριζοαλωνιστική μηχανή ή να λαμβάνει χώρα εντός του αγροτεμάχου.

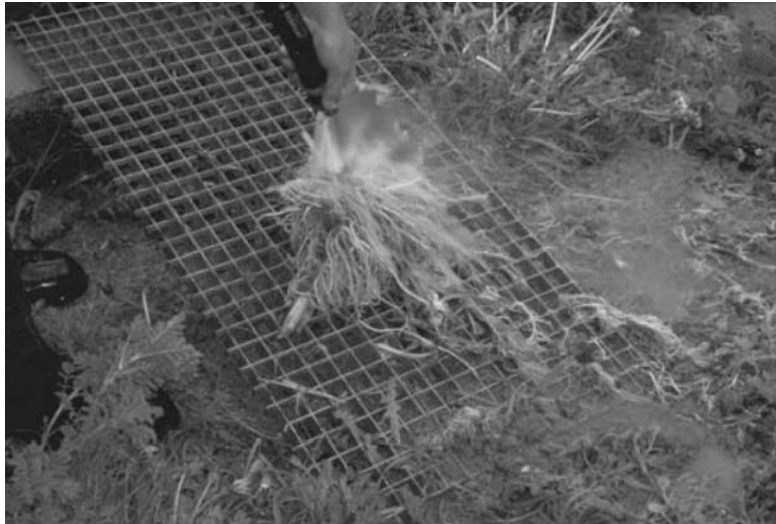


Εικόνα 2.1: Ξηρός καθαρισμός ριζών (Öztekın και Martinov, 2007)

Από την άλλη, σε ό,τι αφορά την έκπλυση, οι μικρής κλίμακας παραγωγοί και κυρίως των αναπτυσσόμενων χωρών, κάνουν χρήση τοπικά διαθέσιμων πηγών για την εφαρμογή της έκπλυσης. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει, αν υπάρχει δυνατότητα να αποφεύγεται χρήση του στάσιμου νερού και να προτιμώνται τα ρέοντα ύδατα, καθώς το στάσιμο νερό υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να είναι μολυσμένο ενώ παράλληλα δεν επιτρέπει την απαιτούμενη και αποδοτική κίνηση του συγκομισμένου υλικού.

Σε ορεινές περιοχές, μια σύνηθης πρακτική είναι το συγκομισμένο υλικό να τοποθετείται εντός κλουβιών, τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται σε ρυάκια νερού. Κρίσιμος σε όλες τις περιπτώσεις είναι έλεγχος του χρησιμοποιούμενου νερού για πιθανή μόλυνση.

Στην περίπτωση μιας μικρής κλίμακας παραγωγής, το συγκομισμένο υλικό μπορεί να εκπλυθεί μέσω πιτσιλίσματος (splashing) με την προϋπόθεση της λήψης μέτρων αποστράγγισης του νερού και της χρήσης κάποιας σχάρας/ σίτας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2:



Εικόνα 2.2: Αυτοσχέδιο έκπλυση μικρής ποσότητας ριζών με τη χρήση λάστιχου και σχάρας (Öztekin και Martinov, 2007)

Μια ακόμα εύκολη εναλλακτική έκπλυσης αποτελεί η χρήση ενός συνηθισμένου αναμικτήρα σκυροδέματος και κονιάματος, που έχεις ως μόνες προϋποθέσεις τον σωστό καθαρισμό του αναμικτήρα πριν την έκπλυση και την αλλαγή του νερού (το οποίο και θα πρέπει να μην είναι μολυσμένο) για την εξασφάλιση μιας αποδοτικής έκπλυσης.

Για να απομακρυνθεί το χώμα και οι λοιπές ακαθαρσίες, μία ακόμη λύση αποτελούν οι δεξαμενές έκπλυσης. Στην περίπτωση αυτή και για να μην αναπτυχθούν επιβλαβή μικρόβια, συνιστάται η προσθήκη ορισμένων επιτρεπόμενων χημικών ουσιών. Οι δεξαμενές έκπλυσης χρησιμοποιούνται όταν πρόκειται για φυτικό υλικό ειδικής πυκνότητας, που κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτά του νερού ή με άλλο λόγοι για φυτικό υλικό ελαφρύτερο από το νερό και επιπλέον σε αυτό. Το γεμάτο χώμα και ακαθαρσίες ίζημα, που συγκεντρώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής, θα πρέπει περιοδικά να απομακρύνεται και το νερό να ανανεώνεται.

Μια ποικιλία πλυντηρίων βιομηχανικής κλίμακας, που έχουν σχεδιαστούν πρωτίστως για λαχανικά, μπορούν επίσης να εφαρμοστούν για τον καθαρισμό των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μια σειρά από παράμετροι, όπως είναι η απόδοση του εκάστοτε πλυντηρίου, η κατανάλωση ενέργειας και νερού και η χωρητικότητά του, καθώς και η επένδυση, το κόστος συντήρησης και τα λοιπά ενδεχόμενα κόστη (εργατικά κόστη και ούτω καθεξής), που σχετίζονται με τη χρήση του. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σύγχρονα πλυντήρια είναι συνήθως σχεδιασμένα, ώστε να επιτυγχάνουν την βέλτιστη δυνατή

έκπλυση με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και νερού, μπορούν όντως να αποτελέσουν μια αποτελεσματική μέθοδο έκπλυσης για τον καθαρισμό των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Ωστόσο, κρίσιμης σημασίας και πέραν των παραπάνω είναι η χρήση νερού, που έχει τόσο χημικά όσο και μικροβιολογικά ελεγχθεί και εγκριθεί για την καταλληλότητά του για έκπλυση. Επιπλέον αν γίνεται εφαρμογή κυκλοφορίας/ ανάδευσης νερού, το νερό θα πρέπει να υποβάλλεται σε ορθές μεθόδους καθαρισμού και ταυτόχρονα θα πρέπει να τηρείται η εθνική και διεθνής νομοθεσία. Υποχρεωτικές είναι και οι δοκιμές, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει δυνατότητα μόνο ορισμένων κύκλων.

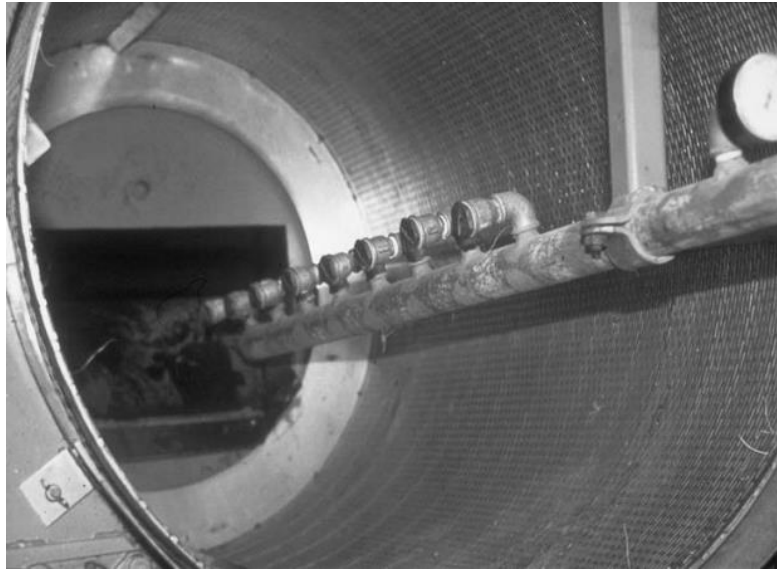
Από την άλλη, αντενδείκνυται η χρήση νερού βρύσης τόσο επειδή το κόστος θα είναι υψηλό όσο και επειδή το πόσιμο νερό είναι ένας μη ανανεώσιμος και υπό έλλειψη πόρος. Για το λόγο αυτό, ευνοϊκό είναι να υπάρχει διαθέσιμο κάποιο ιδιωτικό πηγάδι με κατάλληλο νερό, ώστε να μην απαιτείται κάποιου είδους κοστοβόρα τεχνική επεξεργασία.

Σημειώνεται ότι πέραν των παράγοντες κροκίδωσης, η χρήση χημικών είναι απαγορευμένη για την πλειοψηφία των ανεπτυγμένων χωρών, παρόλο που τα χημικά θα μπορούσαν να είναι πολύ ήπια και ουδέτερα.

Οι ιδιαίτερα περιγραφικές οδηγίες, που υπάρχουν για την έκπλυση των λαχανικών, μπορούν να εφαρμοστούν και για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Οι διαθέσιμοι τύποι πλυντηρίων έχουν ως εξής:

1. Τύπος τυμπάνου, με ανοιχτό ή κλειστό τύμπανο
2. Με ακροφύσια, τούνελ ή περιστρεφόμενα
3. Με βούρτσες
4. Με βαλβίδες επίπλευσης.

Υπάρχουν επίσης πλυντήρια που συνδυάζουν δύο ή περισσότερους βασικούς τύπους ή εξειδικευμένα πλυντήρια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ή λίγα μόνο προϊόντα. Ένα τυπικό πλυντήριο τυμπάνου, κατάλληλο για μικρούς και μεσαίους παραγωγούς αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3. αποτελεί τον πιο σημαντικό τύπο πλυντηρίων σε ό,τι αφορά την απλότητα της σχεδίασης, που μάλιστα εξασφαλίζει μια χαμηλού επιπέδου κατανάλωση νερού.



Εικόνα 2.3: Πλυντήριο τύμπανου με ακροφύσια, τυπικά χρησιμοποιούμενα για τον καθαρισμό αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Ένα ειδικά σχεδιασμένο για την έκπλυση σπόρων κολοκύθας πλυντήριο δύο τυμπάνων και δύο σειρών ακροφύσιων, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.4. Με το συγκεκριμένο πλυντήριο επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός της φυτικής βλέννας και πρωτίστως των φυτικών ακαθαρσιών. Η επιλογή των τυμπάνων γίνεται έτσι ώστε να καθίσταται δυνατός ο διαχωρισμός των ουσιών φυτικής προέλευσης.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της αγοράς, ορισμένα βότανα ή φύλλα πρέπει να υποστούν επίσης έκπλυση, η οποία και συνήθως πραγματοποιείται ψεκάζοντας επιφανειακά μια λεπτή στρώση υλικού με αποτέλεσμα το σύνολο των φυτών να επεξεργάζεται με το ψεκασμένο νερό με εντατικό τρόπο. Το επιφανειακό νερό συνιστάται να αφαιρείται από το φυτικό υλικό κατόπιν της έκπλυσης. Η αφαίρεση είναι προτιμητέα του στεγνώματος, το οποίο είναι και ενεργοβόρο.

Με στόχο οπότε τη χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και την απαίτηση για μια χαμηλού επιπέδου εργασία, προτείνεται η χρήση μιας απλής εγκατάστασης, στην οποία κατόπιν έκπλυσης των βοτάνων ή των φύλλων, η μεταφορά του υλικού γίνεται με την χρήση ενός οριζόντιου μεταφορέα μήκους μεταξύ 3 m και 6 m με αλυσίδα από ανοξείδωτο χάλυβα. Κατά τη μεταφορά, και υπό την εφαρμογή αεριστήρων, που τοποθετούνται κάτω από τον μεταφορέων, αναπτύσσεται μια έντονη ροή αέρα.



Εικόνα 2.4: Πλυντήριο δύο τυμπάνων και δύο σειρών ακροφύσιων ειδικά σχεδιασμένο για την έκπλυση σπόρων κολοκύθας (Öztekin και Martinov, 2007)

Μια εναλλακτική για να αφαιρεθεί το επιφανειακό νερό είναι η εφαρμογή ενός ταλαντευόμενου μεταφορέα, μήκους μεταξύ 2 m και 3 m, κατασκευασμένου από ανοξείδωτο κόσκινο ή συρμάτινο δίχτυ. Οι ταλαντώσεις οδηγούν στην απομάκρυνση του νερού από το υλικό και στην πτώση του από το κόσκινο ή το συρμάτινο δίχτυ. Σημειώνεται ότι για την επίτευξη μιας απόδοσης και μιας δυναμικότητας όμοιας μεταξύ αυτής και της προηγούμενης μεθόδου, εδώ απαιτείται μια χαμηλότερου κόστους και μεγέθους εγκατάσταση.

Επιπλέον, σημειώνεται ότι στην περίπτωση χρήσης πλυντηρίων με ακροφύσια κρίσιμη είναι η επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων με στόχο να αναπτύσσεται μια αποτελεσματική ροή ή μια αποδοτική ώθηση στα σταγονίδια και έτσι να εξασφαλίζεται μια αποτελεσματικότερη έκπλυση μειωμένου κινδύνου πρόκλησης υλικών ζημιών και μειωμένης κατανάλωσης νερού (Mulugeta et al., 2003, όπ. αναφ. στους Öztekin και Martinov, 2007, σελ.136).

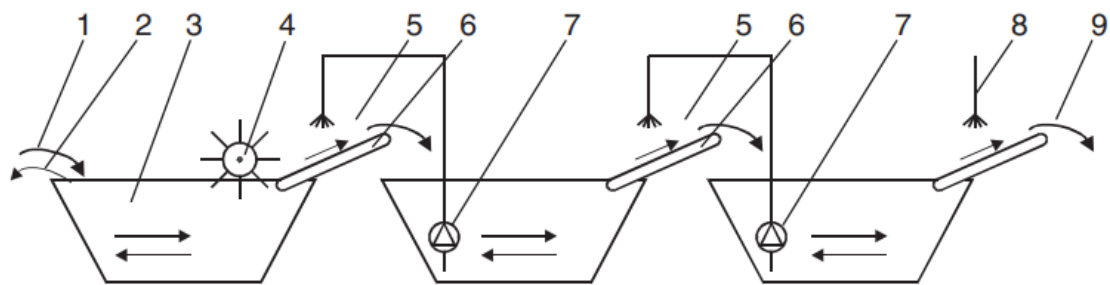
Από την άλλη, όταν πρόκειται για τα πλυντήρια με βούρτσες, αυτά συνδυάζονται με τον ψεκάσμο νερού. Ένα παράδειγμα του συγκεκριμένου τύπου πλυντηρίων, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.5. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ αποτελεσματικά για την έκπλυση ορισμένων ριζών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ακόμη και όταν πρόκειται για καλλιέργειες μικρής ή μεσαίας κλίμακας.



Εικόνα 2.5: Πλυντήριο με βούρτσες για την έκπλυση των ριζών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Για ρίζες και βολβούς αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, που χαρακτηρίζονται από μια πυκνότητα μικρότερη από αυτής του νερού, μπορεί να εφαρμοστεί πλυντήριο με βαλβίδες επίπλευσης, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Οι διεργασίες του συγκεκριμένου πλυντηρίου έχουν ως εξής: 1) τροφοδοσία, 2) βρώμικο νερό, 3) αεριούχα λεκάνη, 4) κύλινδρος πέδινων, 5) υδατοπτώσεις, 6) ανυψωτήρας λωρίδων κόσκινων, όπου και λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση επιφανειακού νερού, 7) αντλία, 8) τελική πλύση με νερό βρύσης και 9) καθαρά προϊόντα.

Τέλος, απλά πλυντήρια επίπλευσης βαρύτητας, μεταλλικά ή πλαστικά κουτιά με διάτρητη πλάκα στο κάτω μέρος αποτελούν μεθόδους, που εφαρμόζονται σε καλλιέργειες μικρής ή μεσαίας κλίμακας. Εδώ απαιτείται λίγος χρόνος για την επίτευξη μιας ικανοποιητικού επιπέδου αφαίρεσης του χόματος από το φυτικό υλικό. Ωστόσο, η εφαρμογή της συγκεκριμένης διαδικασίας προϋποθέτει την ύπαρξη μιας όχι και τόσο υψηλής εξωτερικής θερμοκρασίας, καθώς αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει σε μικροβιακή ανάπτυξη.



Σχήμα 2.1: Πλυντήριο με βαλβίδες επίπλευσης με τρεις νιπτήρες και αντίθετη ροή (Öztekın και Martinov, 2007)

2.2 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗΣ

Ο στόχος των διαδικασιών προξήρανσης είναι, όπως προειπώθηκε, προπαντός η αφαίρεση ανεπιθύμητων τμημάτων ενός φυτού: ο διαχωρισμός, η χωριστή ξήρανση διαφορετικών τμημάτων του φυτού, η ταξινόμηση ή προετοιμασία της εγκατάστασης για τον στεγνωτήρα, η κοπή με ή χωρίς πρόσθετο διαχωρισμό ή/ και ταξινόμηση. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες είναι πιο τυπικές για τους μεγαλύτερους παραγωγούς, που χρησιμοποιούν στεγνωτήρες μάντα (band dryers) ή οι στεγνωτήρες ραφιών (shelf dryers).

Η απλούστερη διαδικασία είναι η χειρωνακτική αφαίρεση των ανεπιθύμητων τμημάτων του φυτού στο τραπέζι ελέγχου ή καλύτερα στον μάντα επιθεώρησης. Χρησιμοποιείται ένας που κινείται αργά και τα ζιζάνια, οι πέτρες και οι λοιπές προσμείξεις αφαιρούνται με το χέρι. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται στεγνωτήρας μάντα μιας θερμικής ισχύος μεταξύ από 0,6 MW και 2 MW, η κοπή και ο διαχωρισμός των μίσχων και των στελεχών ενός φυτού αποτελούν τυπικές διαδικασίες προξήρανσης. Η γραμμή επεξεργασίας αποτελείται από τρία κύρια μέρη: α) μεταφορέας τροφοδοσίας/ δοσομέτρησης, β) ειδικός κόφτης και γ) διαχωριστής ροής αέρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.

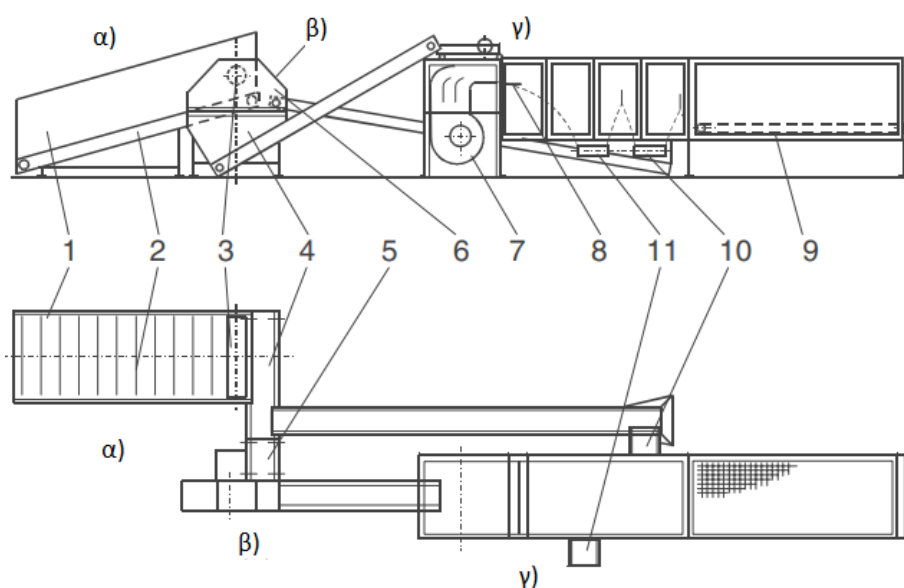
Ειδικότερα, το πρώτο βήμα αποτελεί η εκφόρτωση του συγκομισμένου υλικού στη χοάνη του μεταφορέα (1). Η μονάδα δοσομέτρησης αποτελείται από ανελκυστήρα μάντα (2) και ένα ρυθμιζόμενο περιστρεφόμενο ξέστρο με δάχτυλα (3). Επιλέγοντας την απόσταση ξέστρου μάντα, ρυθμίζεται η ποσότητα του υλικού τροφοδοσίας και το υλικό πέφτει στον κόφτη.

Ο μάντας τροφοδοσίας του κόφτη αποτελείται από ένα κάτω (4) και πάνω (5) λαστιχένιο μάντα ρυθμιζόμενης ταχύτητας. Η θέση και το φορτίο του άνω μάντα είναι

επίσης ρυθμιζόμενα, ώστε να καθίσταται δυνατή η ήπια επεξεργασία του υλικού τροφοδοσίας και ταυτόχρονα η απαραίτητη συμπίεση για μια επιτυχή κοπή. Συνήθως χρησιμοποιείται ο κόπτης τύπου δίσκου, με δύο ή τρεις ειδικές λεπίδες, που έχουν σπειροειδή άκρα, που επιτρέπουν τη σταδιακή κοπή.

Ύστερα από την κοπή, το τεμαχισμένο υλικό μεταφέρεται στον διαχωριστή ροής αέρα, που διαθέτει ένα αεριστήρα (7) για την ανάπτυξη της ροής αέρα. Η ένταση της ροής αέρα ρυθμίζεται, χρησιμοποιώντας μια ρύθμιση περιστροφών ανά λεπτό (RPM) ή μια ρύθμιση εισόδου αέρα μέσα από πλευρικά ανοίγματα, ενώ ταυτόχρονα ρυθμίζεται μέσω ειδικών συσκευών και η κατεύθυνση της ροής αέρα (8).

Το υλικό πέφτει στη ροή του αέρα και λόγω της διαφοράς στην αντίσταση ροής αέρα και χωρίζεται σε τρεις ομάδες: φύλλα, φύλλα με υπολειπόμενους μίσχους και τμήματα μίσχων/ στελεχών. Τα φύλλα κατευθύνονται προς το στεγνωτήρα ή το πλυντήριο (9), τα φύλλα με τα υπολειμματικά στελέχη επιστρέφουν στον κόπτη (10) και οι ψιλοκομμένοι μίσχοι/ στελέχη στη διάθεση.



Σχήμα 2.2: Εγκατάσταση κοπής και προξήρανσης διαχωρισμού φύλλων - στελεχών ποωδών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Το τυπικό των μίσχων και των στελεχών στα συγκομισμένα ποώδη αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είναι περίπου 50%. Εφαρμόζοντας την παραπάνω διαδικασία, η αφαίρεση των συγκεκριμένων τμημάτων του φυτού λαμβάνει χώρα πριν την ξήρανση, οδηγώντας σε μια χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και ταυτόχρονα σε μια

αυξημένη απόδοση του στεγνωτήρα. Επιπλέον θετικό είναι το γεγονός ότι με τη συγκεκριμένη διαδικασία, η επεξεργασία μετά το στέγνωμα δεν απαιτεί άλεση.

Από την άλλη, η συγκεκριμένη διαδικασία απαιτεί ένα υψηλότερο κεφαλαιουχικό κόστος, ενώ οδηγεί σε μια μειωμένη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαιο επειδή το φρέσκο και ευαίσθητο φυτικό υλικό υφίσταται μηχανική επεξεργασία. Το τελευταίο αυτό μειονέκτημα είναι για τους χρήστες των στεγνωτηρίων ιμάντα ή ραφιών σχεδόν αναπόφευκτο, καθώς απαιτείται η ομοιόμορφη κάλυψη της ενεργής επιφάνειας του στεγνωτηρίου.

Σημειώνεται ότι η ανάπτυξη ενός αντίστοιχου εξοπλισμού για καλλιέργειες μικρής και μεσαίας κλίμακας δεν έχει υπάρξει επιτυχημένη (Martinov et al., 1992). Ειδικότερα, δοκιμάστηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι κοπτών με τον πρώτο να αποτελεί έναν προσαρμοσμένο κόπτης τύπου τυμπάνου χορτονομής, τον δεύτερο έναν ειδικά σχεδιασμένος κόπτη με τους κόπτες να είναι τοποθετημένοι οριζόντια και την τροφοδοσία να είναι κάθετη και τον τρίτο έναν σφυρόμυλο συνδυασμένο με έναν απλό διαχωριστή ροής αέρα, χρησιμοποιώντας έναν αεριστήρα καθαρισμού θεριζοαλωνιστικής μηχανής. Μόνο ο πρώτος τύπος είχε κάποια αποδεκτά αποτελέσματα κοπής, που όμως συνοδεύτηκαν από ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα απώλειας των αιθέριων ελαίων λόγω της ιδιαίτερα μεγάλης επίδρασης της τριβής. Έτσι για παράδειγμα, η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο της μέντας μειώθηκε από 4% σε 2,2% κατόπιν της κοπής με τον συγκεκριμένο τύπο. Η σημαντική αυτή μείωση της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο είναι που οδήγησε στην εγκατάλειψη του συγκεκριμένου εγχειρήματος.

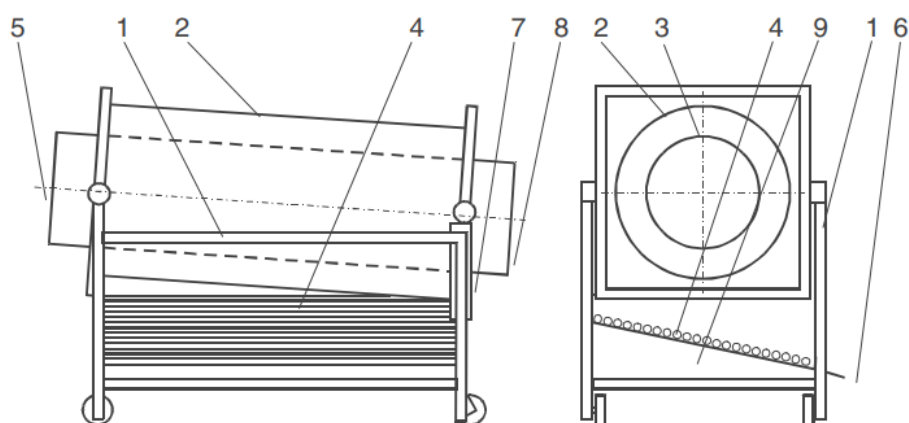
Ωστόσο, με το συγκεκριμένο εγχείρημα αναδείχτηκε ότι είναι δυνατή μια σημαντική μείωση του χρόνου στεγνώματος λόγω της βελτιωμένης ρύθμισης μήκους της κοπής του υλικού. Διατηρώντας το μήκος κοπής μεταξύ 100 mm και 120 mm, μετά την ξήρανση ήταν η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο 3,1%, ενώ ο χρόνος στεγνώματος μειώθηκε σε ένα ποσοστό άνω του 30%.

Στην περίπτωση που κατά τη συγκομιδή δεν είχε λάβει χώρα διαχωρισμός, ο διαχωρισμός πρέπει να γίνει στην συνέχεια στο αγροτεμάχιο και να προηγείται της ξήρανσης. Η ξεχωριστή ξήρανση του συγκομισμένου υλικού επιτρέπει καλύτερη ποιότητα και υψηλότερη απόδοση στεγνωτήρα. Η προξήρανση/ επεξεργασία ορισμένων φυτών, κυρίως ο διαχωρισμός και ταξινόμηση, μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαφορετικές διαδικασίες και μηχανές.

Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα διαχωρισμού προξήρανσης χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του χαμομηλιού. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ένα επίπεδο κόσκινο ελάχιστης επιφάνειας 1 m επί 2 m και ανοιγμάτων μεταξύ 18 mm και 20 mm. Σημειώνεται ότι εδώ η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού δεν είναι πολύ μεγάλη, καθώς δεν παρατηρείται έντονη περιστροφή στη ροή του υλικού. Από την άλλη, η συγκεκριμένη μηχανή διαχωρισμού μπορεί να εφαρμοστεί και για άλλες εργασίες διαχωρισμού και ταξινόμησης.

Μια εναλλακτική αποτελεί η χρήση ενός διαχωριστή μονού ή διπλού τυμπάνου με κυλινδρικά κόσκινα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για καλλιέργειες πέραν του χαμομηλιού. Η κλίση του περιστρεφόμενου τυμπάνου παρέχει τη δυνατότητα ροής του υλικού και ανατροπής του. Έτσι προκύπτει μια σημαντικά μεγαλύτερη κίνηση του υλικού και έτσι αυξάνεται και η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού.

Μια ακόμη λύση είναι η χρήση ενός εξειδικευμένου διαχωριστή τυλιγμένου σωλήνα, όπως αυτού που φαίνεται στο Σχήμα 2.3, ο οποίος και συμβάλει στην αποτελεσματική αφαίρεση μικρών τμημάτων φυτών και άλλων ακαθαρσιών.



Σχήμα 2.3: Εξειδικευμένος με ρολό σωλήνα διαχωριστής χαμομηλιού (Öztekin και Martinov, 2007)

Τα βήματα και μέρη του συγκεκριμένου διαχωριστή έχουν ως εξής: 1) πλαίσιο, 2) εξωτερικό τύμπανο, 3) κεντρικό τύμπανο, 4) διαχωριστής τυλιγμένου σωλήνα, 5) είσοδος υλικού, 6) και 7) έξοδος υλικού, 8) μακριοί μίσχοι/ στελέχη και ζιζάνια, 9) ακαθαρσίες και πρόσμειξη μικρών φυτών.

Στον συγκεκριμένο διαχωριστή τα ανοίγματα στο κεντρικό κόσκινο του τυμπάνου είναι συνήθως 20 mm, στο εξωτερικό κόσκινο του τυμπάνου 25 mm, ενώ το μήκος του κόσκινου είναι 3 m. Η διάμετρος των σωλήνων είναι κατά προσέγγιση 20 mm με απόσταση 5 mm. Ο διαχωριστής επιτρέπει τον πολύ καλής ποιότητας

διαχωρισμό. Στην αξονική έξοδο του κεντρικού τυμπάνου προκύπτουν φυτά με μακριά στελέχη και ζιζάνια, των οποίων η αποθήκευση είναι ευκολότερη λόγω της μικρότερης προκύπτουσας πυκνότητας και της δυνατότητας ενεργού αερισμού. Σαν αποτέλεσμα γίνεται βέλτιστη χρήση της χωρητικότητας του στεγνωτηρίου, που συνήθως είναι πολύ χαμηλή για πλήρη παραγωγή.

Η κεντρική έξοδος για τους μακρύτερους μίσχους και τους μίσχους, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.6. Κάποιες άλλες διεργασίες, όπως είναι για παράδειγμα η αφαίρεση του πυρήνα, η διάτρηση της φλούδας, το ξεφλούδισμα, το κόψιμο και ούτω καθεξής, είναι διεργασίες που θα μπορούσαν επίσης να εφαρμοστούν για να προετοιμαστεί το υλικό πριν από την ξήρανση.

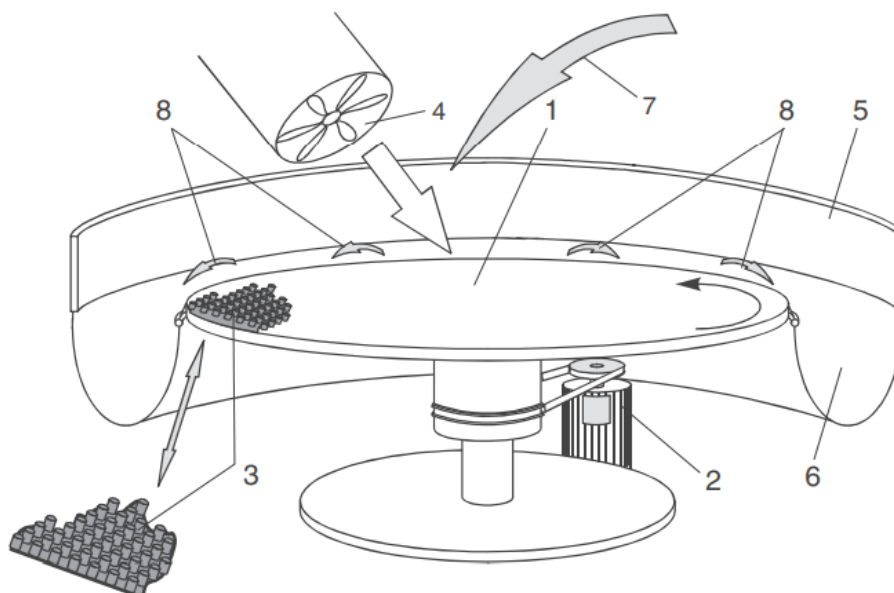


Εικόνα 2.6: Κεντρική έξοδος για τους μακρύτερους μίσχους και τους μίσχους (Öztekin και Martinov, 2007)

Μερικές από τις απαραίτητες διαδικασίες διαχωρισμού πριν από την ξήρανση δεν έχουν επιλυθεί μέχρι τώρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο διαχωρισμός στιγμάτων και στημόνων από τα άνθη κρόκου. Στην περίπτωση που ο διαχωρισμός των στιγμάτων και των στημόνων είναι δυνατόν να επιτευχθεί πριν την ξήρανση, η

ποιότητα τελικού προϊόντος θα είναι μεγαλύτερη. Μια καινοτόμος λύση για αυτή τη διαδικασία, παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.4.

Τα συγκομισμένα άνθη ρίχνονται στη ροή αέρα που δημιουργείται από τον αεριστήρα (4). Τα στίγματα και οι στήμονες διαχωρίζονται εύκολα από το άνθος λόγω των αδύναμων δεσμών. Η υψηλότερη αντίσταση ροής αέρα των πετάλων αναγκάζει τη ροή του αέρα να τα φέρει στο κανάλι του υφασμάτινου καλύμματος (6), που σχηματίζεται γύρω από τον περιστρεφόμενο δίσκο (1). Τα στίγματα και οι στήμονες πέφτουν και συλλαμβάνονται ανάμεσα στις λαστιχένιες θηλές (3). Κατά διαστήματα, η λειτουργία του αεριστήρα σταματά και ο χειριστής της διάταξης οδηγεί (2), παίρνει το κάλυμμα (3) και τινάζει έξω τα συλλεγμένα στίγματα και τους στήμονες.



Σχήμα 2.4: Διάταξη διαχωρισμού στίγμάτων και στημόνων από άνθη κρόκου (Öztekin και Martinov, 2007)

3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ - ΜΕΤΑΞΗΡΑΝΣΗ

Στην μεταξήρανση περιλαμβάνεται μια σειρά διαδικασιών που σαν στόχο έχει την παροχή του τελικού προϊόντος, του υλικού για συσκευασία ή της εξευγενισμένης πρώτης ύλης για επιπλέον ή τελική επεξεργασία. Στην πλειοψηφία των διαδικασιών μεταξήρανσης, το πρώτο βήμα και εφόσον δεν έχει ήδη λάβει χώρα πριν την ξήρανση, αποτελεί η αφαίρεση των μερών του φυτού, η λεγόμενη άλεση. Κατά την άλεση μπορεί για παράδειγμα να πραγματοποιηθεί αφαίρεση των μίσχων και των στελεχών από τα φύλλα.

Ένα ακόμα σύνθητες βήμα πολλών γραμμών παραγωγής αποτελεί και η μείωση του μεγέθους, καθώς το μέγεθος σε ορισμένες περιπτώσεις είναι κρίσιμο για την παροχή του τελικού υλικού για ορισμένα είδη τσαγιού ή μπαχαρικών.

Μια ακόμη κοινή πρακτική αποτελεί ο διαχωρισμός και ταξινόμηση, που πρωτίστως στοχεύει στην απομάκρυνση των τμημάτων του φυτικού υλικού, που κρίνονται ως ανεπιθύμητα, καθώς και στην ταξινόμηση των τμημάτων, που αντίθετα κρίνονται ως επιθυμητά βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Άλλες συνηθισμένες πρακτικές ή διαδικασίες αποτελούν η μείξη (mixing) και η έκθλιψη (pressing).

Οι παραπάνω διαδικασίες περιγράφονται λεπτομερέστερα στις Υποενότητες που ακολουθούν.

3.1 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ - ΑΛΕΣΗ

Ο χαρακτηρισμός ενός τμήματος ενός φυτού ως επιθυμητού είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση της περιεκτικότητας και της σύνθεσης των δραστικών συστατικών. Τμήματα του φυτού, στα οποία είτε δεν παρουσιάζονται δραστικά συστατικά είτε παρουσιάζονται δραστικά συστατικά με μια ιδιαίτερα χαμηλή συγκέντρωση θα πρέπει να αφαιρούνται. Ταυτόχρονα το επίπεδο περιεκτικότητας άλλων υλικών καθορίζεται επαρκώς τόσο από εθνικά όσο και από διεθνή πρότυπα, συνοδευτικά έγγραφα και οργανισμούς φαρμάκων. Πέραν της αυστηρής τήρησης της υπάρχουσας νομοθεσίας για την ασφάλεια των τροφίμων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθορίζονται/εξαρτώνται και από τις ανάγκες της αγοράς ή/ και την εκάστοτε τάση. Επιπλέον, η

απαιτούμενη ποιότητα μπορεί να ποικίλει και να διαφοροποιείται από τις τυπικές απαιτήσεις στην περίπτωση που το εμπόρευμα δεν αποτελεί το τελικά διαθέσιμο προϊόν στην αγορά. Παρόλα αυτά, σχεδόν στο σύνολο των διαδικασιών παραγωγής, αυτονόητο θεωρείται ότι θα έχουν αφαιρεθεί τα ανεπιθύμητα τμήματα του φυτού. Αυτό ισχύει ιδίως όταν πρόκειται για ποώδη φυτά, καθώς και σε ό,τι αφορά την αφαίρεση των μίσχων και των στελεχών από τα φύλλα.

Σημειώνεται ότι πέραν των φύλλων που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται, τμήματα φυτών, που σπάνια αφαιρούνται, αποτελούν μεταξύ άλλων και τα διάφορα μέρη ενός άνθους και ο φλοιός του φυτού.

Σε κάθε περίπτωση η μηχανική επεξεργασία, που εφαρμόζεται για να αφαιρεθούν τα διάφορα τμήματα ενός φυτού, απαιτεί δύναμη, ώστε να «σπάσουν» οι δεσμοί που συνδέουν τα επιθυμητά με τα ανεπιθύμητα τμήματά του. Ένας ευρέως διαδεδομένος τρόπος αφαίρεσης είναι το τρίψιμο (rubbing), που όμως λόγω της συνεπαγόμενης τριβής, παρατηρεί τα εξής προβλήματα:

1. Στην περίπτωση που η αντοχή του συνδετικού στοιχείου, όπως είναι για παράδειγμα το στέλεχος, είναι υψηλότερη αυτήν των ίδιων των συνδεδεμένων τμημάτων, η άλεση καταστρέφει τα τμήματα του φυτού. Η καταστροφή αυτή σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα όταν πρόκειται για τα φύλλα του φυτού, μπορεί να είναι μεγαλύτερη από αυτή του εκάστοτε συνδετικού στοιχείου.
2. Η τριβή, ως παραγωγός της άλεσης, οδηγεί στην καταστροφή των κατόχων των ενεργών συστατικών και έτσι και σε ζητήματα μειωμένης ποιότητας.
3. Ο τεμαχισμός ή/ και η διάσπαση του φυτικού υλικού είναι δυνατόν να οδηγήσει σε προβλήματα στον παρόντα ή μελλοντικό διαχωρισμό. Για να γίνει αυτό καλύτερα κατανοητό, σημειώνεται ότι όταν το μέγεθος των μίσχων και των φύλλων μειώνεται πέραν του επιθυμητού μεγέθους, προκύπτουν προβλήματα στον διαχωρισμό με τη χρήση κόσκινου.
4. Η συγκράτηση ορισμένων τμημάτων των φύλλων σε μίσχους και στελέχη συμβάλει στην άμεση αύξηση των απωλειών.

5. Με την μηχανική επεξεργασία μπορεί να αλλάξει το χρώμα και τα λοιπά θετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του επιθυμητού φυτικού υλικού.

Όλα τα παραπάνω ζητήματα, δυσχεραίνουν την αναγνώριση της βέλτιστης λύσης άλεσης του φυτικού υλικού, κυρίως στην περίπτωση επεξεργασίας ενός ευρέως φάσματος φυτών. Λαμβάνοντας υπόψη τα συγκεκριμένα ζητήματα, οι γενικές απαιτήσεις για μια επιτυχημένη άλεση έχουν ως εξής:

1. Πλήρης αποκόλληση μεταξύ επιθυμητών και ανεπιθύμητων μερών φυτικού υλικού, δηλαδή αποσύνδεση δεσμών
2. Περιορισμός των απωλειών ενεργών συστατικών
3. Περιορισμός της υποβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του φυτικού υλικού
4. Μείωση σε αμελητέα ποσότητα απωλειών του επιθυμητού υλικού που εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένο με τα ανεπιθύμητα μέρη
5. Περιορισμός του μεριδίου του ανεπιθύμητου υλικού που συνδέεται σε επιθυμητό, περιορίζοντας την ποσότητα των ακαθαρσιών
6. Περιορισμός του μεριδίου μικρού μεγέθους τμημάτων επιθυμητού υλικού, που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προϊόντα της αγοράς λόγω ακατάλληλου μεγέθους
7. Διαφοροποίηση μεγέθους σωματιδίων επιθυμητού και ανεπιθύμητου υλικού ως όρος για αποτελεσματικό διαχωρισμό με κοσκίνισμα
8. Αποφυγή πλεγμένου μίγματος επιθυμητού και ανεπιθύμητου υλικού ως όρος για τον επιτυχή διαχωρισμό
9. Καλή κατανομή σωματιδίων του επιθυμητού φυτικού υλικού, για επαρκή προϊόντα της αγοράς.

Οι πιθανότητες μιας αποτελεσματικής και αποδοτικής άλεσης αυξάνονται με την εξασφάλιση της πλειονότητας των παραπάνω απαιτήσεων. Η καθιέρωση μιας ενιαίας διαδικασίας αξιολόγησης είναι δύσκολη εξαιτίας άλλων επιπτώσεων, όπως είναι για παράδειγμα η ταυτόχρονη επεξεργασία πολλών και διαφορετικών φυτών, που επηρεάζουν την συνολική απόδοση της άλεσης, που ποικίλει για το κάθε φυτό ατομικά.

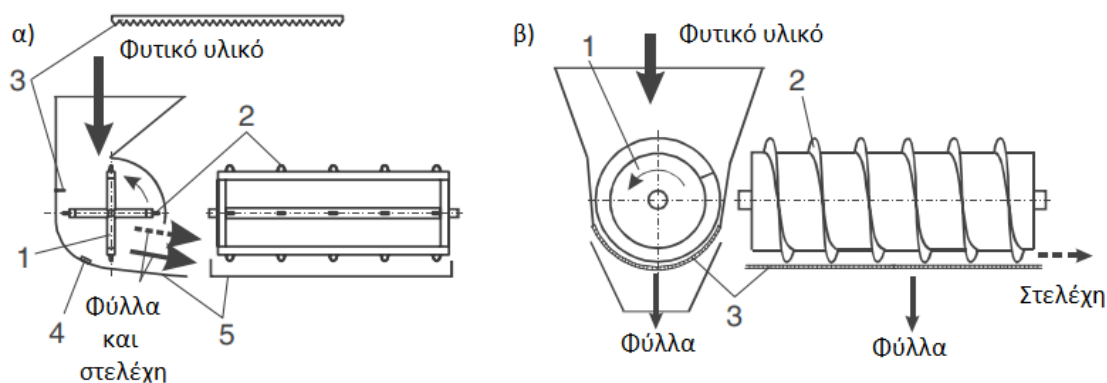
Αν και κάποια από τις παραπάνω απαιτήσεις μπορεί να μην επιτευχθεί στο βέλτιστο βαθμό, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται, ωστόσο, για το πιο σημαντικό φυτό. Πιο συγκεκριμένα, μια εγκατάσταση άλεσης μπορεί να καλύψει την πλειοψηφία των συγκεκριμένων απαιτήσεων, πέραν για παράδειγμα της απαίτησης για τη εξασφάλιση της μη υποβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του φυτικού υλικού. Η απαίτηση αυτή μπορεί να αγνοηθεί εφόσον ο αγοραστής δεν την κρίνει ως σημαντική.

Βάσει όλων των παραπάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή της άλεσης θα πρέπει να λαμβάνει χώρα με στόχο την κάλυψη διαφορετικών απαιτήσεων επεξεργασίας και ποιότητας του προϊόντος. Από την άποψη της μηχανικής επεξεργασίας, αυτό θα πρέπει να συμβαίνει με μια διατάραξη των δεσμών μεταξύ των επιθυμητών και ανεπιθύμητων τμημάτων του φυτού, που χρησιμοποιεί την ελάχιστη δυνατή δύναμη και τριβή.

Η χειρωνακτική άλεση συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ειδικά σε καλλιέργειες μικρής κλίμακας. Την πιο συνηθισμένη πρακτική χειρωνακτικής άλεσης αποτελεί η χειρωνακτική μετακίνηση μιας δέσμης υλικού πάνω από ένα συρμάτινο δίχτυ ή κόσκινο. Η πίεση ανάμεσα στο υλικό και το δίχτυ ή κόσκινο προσαρμόζεται από τον εργάτη βάσει του βαθμού αφαίρεσης των φύλλων. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων τα φύλλα και ορισμένα τμήματα σπασμένων μίσχων και στελεχών πέφτουν μέσα από το δίχτυ ή κόσκινο.

Η διαδικασία της άλεσης έχει διερευνηθεί εδώ και πολλά χρόνια και ιδίως σε ό,τι αφορά τα δημητριακά. Ωστόσο, η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου άλεσης δεν έχει ακόμα επιτευχθεί. Τα θετικά ερευνητικά επιτεύγματα έχουν προκύψει κυρίως ως αποτέλεσμα της εφαρμογής πολλών και διαφορετικών δοκιμών. Η συστηματοποίηση των εργαλείων άλεσης, που έχουν αναπτυχθεί για τα δημητριακά, μπορεί να εφαρμοστεί και στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζονται δύο βασικού τύπου αλωνιστικών διατάξεων: α) η εφαπτομενική (tangential), που επιμέρους τμήματά της αποτελούν το τύμπανο – ρότορας (1), τα πηγάκια (laths) (2), όπως είναι για παράδειγμα, το πηγάκι μετρητή τύπου δοντιών (3)

και το πηγάκι μετρητή επίπεδου τύπου (4) και το κάτω μέρος του περιβλήματος (5) και β) η αξονική (axial), που επιμέρους τμήματά της αποτελούν ο κύλινδρος (1), το τρύπανο (2) και το κάτω μέρος του κόσκινου (3).

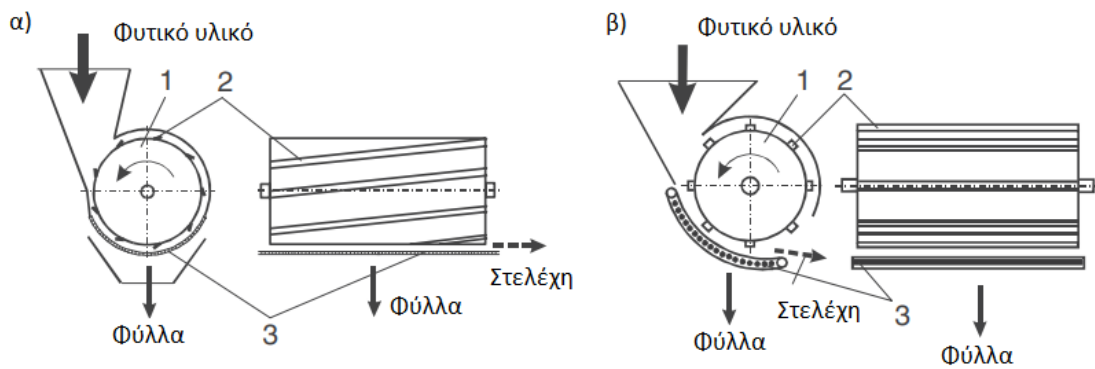


Σχήμα 3.1: Οι συνήθειες α) εφαπτομενική και β) αξονική διάταξη αλωνιστών για την άλεση των δημητριακών και των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Οι αλωνιστικές διατάξεις του Σχήματος 3.1 χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, αν και το τρίψιμο του υλικού είναι πολύ εντατικό και για τις δύο με τις γνωστές συνέπειες, που ήδη αναφέρθηκαν παραπάνω.

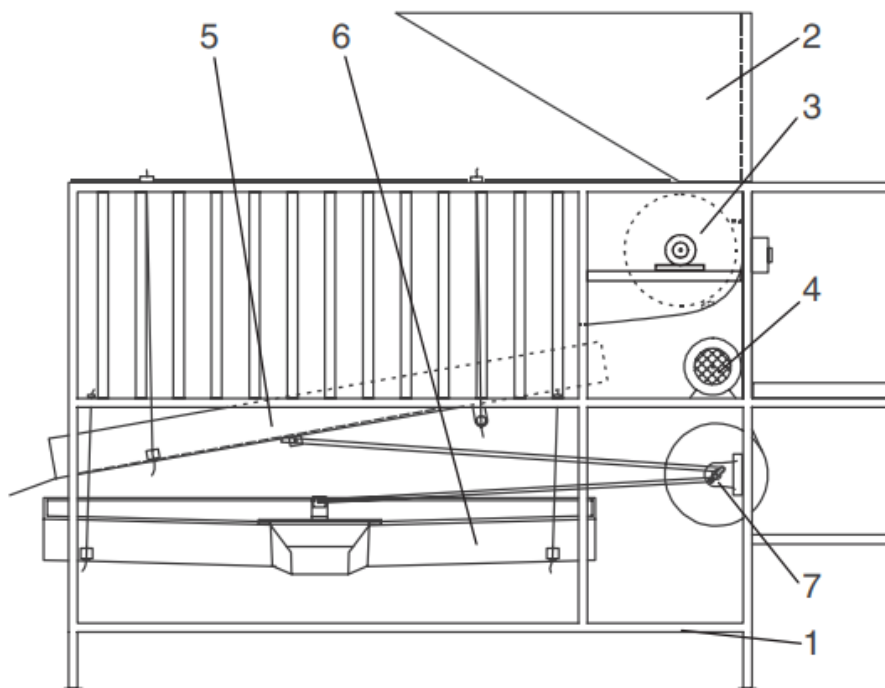
Παραλλαγές των δύο αυτών βασικών αλωνιστικών διατάξεων παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2, όπου α) η εφαπτομενική διάταξη περιλαμβάνει ως επιμέρους τμήματα το τύμπανο (1), τα σπειροειδή πηγάκια (2) και το κόσκινο (3) και β) η αξονική διάταξη το τύμπανο (1), τα πηγάκια (2) και το κοίλο (3).

Η εφαπτομενική διάταξη του Σχήματος 3.2, που παρουσιάζεται λεπτομερέστερα και στο Σχήμα 3.3, είναι απλή και αποτελεσματική με την άλεση να προκαλείται από τα πηγάκια. Ένα, δύο ή/ και περισσότερα αντίθετα πηγάκια εντείνουν την επίδραση άλεσης. Ο αριθμός και ο τύπος, που έχουν τα πηγάκια και οι περιστροφές ανά λεπτό του τυμπάνου μπορούν να τροποποιηθούν για να επιτευχθούν οι επιθυμητές για την εκάστοτε εγκατάσταση παράμετροι άλεσης. Για το κόσκινο, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικοί τύποι, με την χρήση, ωστόσο, των κόσκινων τύπου groepel να αποτελεί την πιο συνηθισμένη. Με το συγκεκριμένο κόσκινο και με την εφαρμογή της άλεσης επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των φύλλων από τους μίσχους και τα στελέχη.



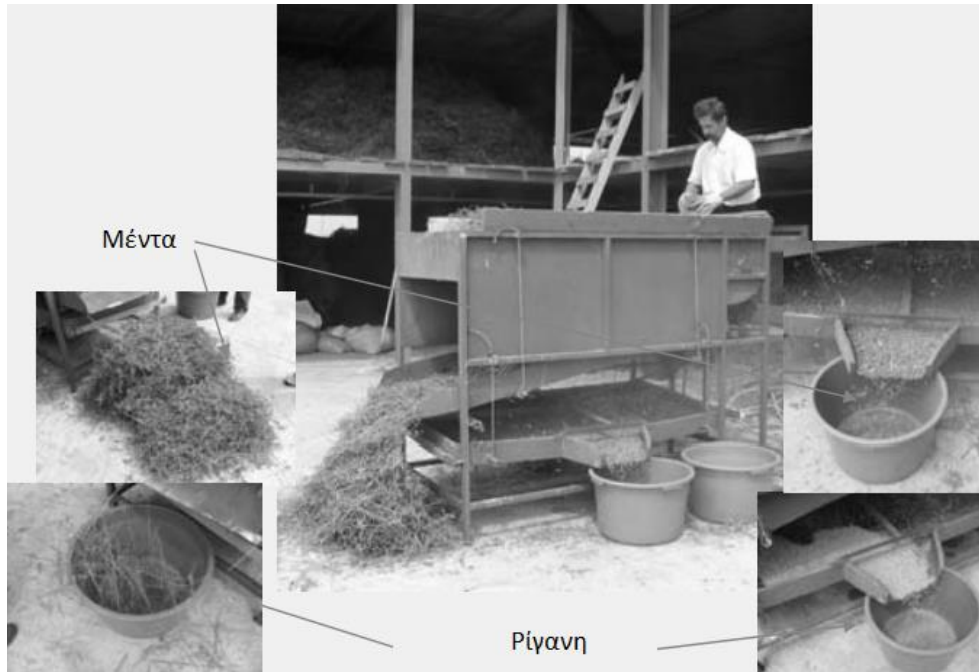
Σχήμα 3.2: Παραλλαγές της α) επαπτομενικής και β) αξονικής διάταξης αλωνιστών, που χρησιμοποιούνται συνήθως για την άλεση των δημητριακών και των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3, επιμέρους βήματα και τμήματα του συγκεκριμένου αλωνιστή αποτελούν το πλαίσιο (1), η χοάνη εισόδου (2), η διάταξη άλεσης (3), ο οδηγός (4) και οι έκκεντρες λαβές (7). Κάτω από το κόσκινο (5), βρίσκεται ένα δονούμενο κουτί συλλογής (6).



Σχήμα 3.3: Αλωνιστής με αλωνιστική διάταξη επαπτομενικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)

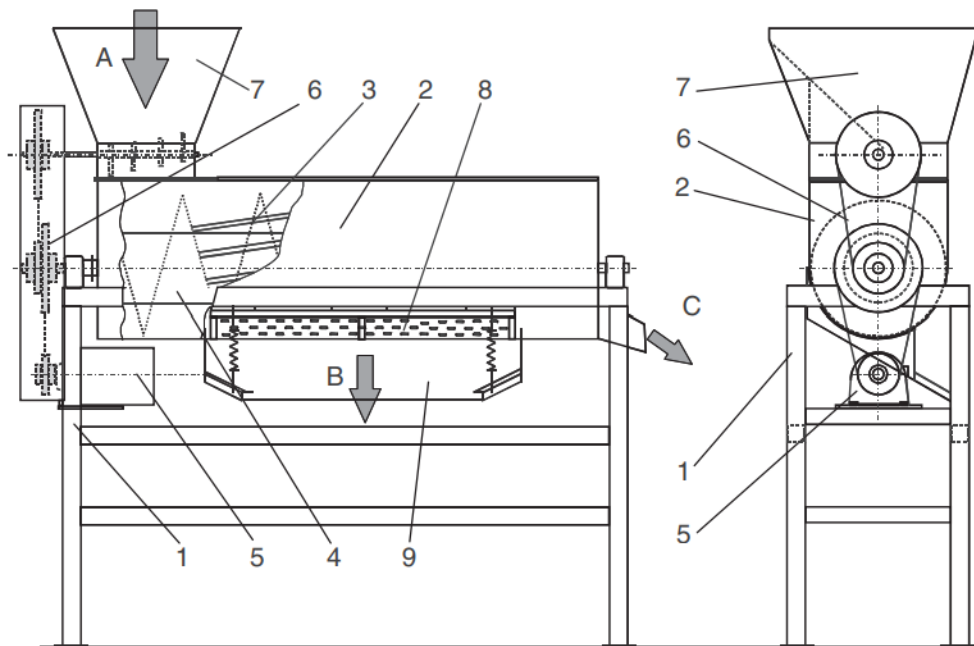
Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα άλεσης της συγκεκριμένης διάταξης άλεσης για τη μέντα και τη ρίγανη (είδους *origanum dubium*):



Εικόνα 3.1: Αποτελέσματα άλεσης αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη εφραπτομενικού τύπου για τη μέντα και τη ρίγανη (Öztekin και Martinov, 2007)

Εξαιτίας της ελεγχόμενης έντασης των χτυπημάτων και της απουσίας σημείων εντατικής τριβής, οι υλικές ζημιές είναι μικρότερες σε σχέση με άλλους τύπους άλεσης. Το μέγεθος των φύλλων και των μίσχων δεν μειώνεται έντονα. Λόγω του ελάχιστου περιττού σούρσιμου, συμπίεσης και τριβής του υλικού, ο συγκεκριμένος αλωνιστής παρέχει θετικά αποτελέσματα σε καθορισμένες απαιτήσεις.

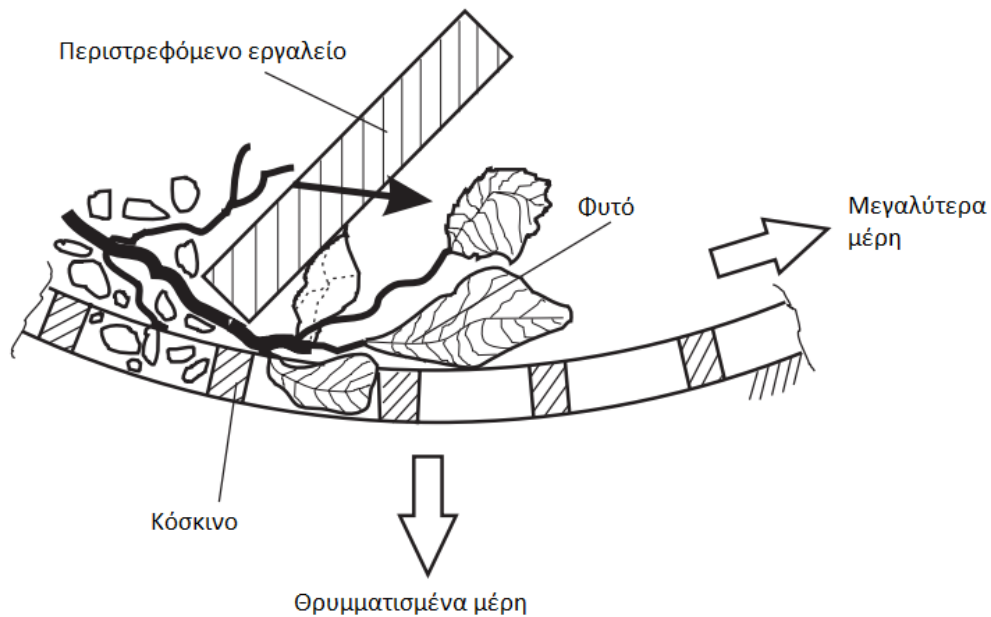
Υπάρχουν αρκετοί αλωνιστές με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου. Για παράδειγμα, μια παραλλαγή που βασίζεται στον αλωνιστή του Σχήματος 3.2, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.4, στην οποία επιμέρους βήματα και τμήματα αποτελούν η είσοδος υλικού (Α), η έξοδος των φύλλων (Β) και των μίσχων (C), το πλαίσιο (1), ο κάδος (2), το τύμπανο - ρότορας (3), ο κεντρικός σωλήνας (4), ο οδηγός (5), η μετάδοση (6), η χοάνη εισόδου (7), το κόσκινο (8) και η κλίση για τα φύλλα (9).



Σχήμα 3.4: Αλωνιστής με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)

Το τύμπανο - ρότορας είναι κατασκευασμένο σε μορφή τμηματικού τρύπανου. Ο χώρος μεταξύ της εσωτερικής σφήνας του τρύπανου και του κεντρικού σωλήνα παίζει σημαντικό ρόλο. Εάν το υλικό είναι πολύ εντατικά φορτωμένο ή δημιουργείται μια παρτίδα, μπορεί να περάσει από αυτόν το τμήμα και έτσι να αποφευχθεί η υπερφόρτωση. Για την άλεση ορισμένων φυτών, η μεταφορά με τρύπανο είναι αρκετά αποτελεσματική, αλλά για κάποια άλλα φυτά απαιτείται πρόσθετη πίεση. Κατά συνέπεια, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σπειροειδή πηγάκια ή σπειροειδείς βούρτσες.

Τα πηγάκια και τα κόσκινα κατά τη διαδικασία άλεσης, παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.5. Ανάλογα με τη διάσταση και τη μορφή ανοίγματος, θα λάβει χώρα μια περισσότερο ή λιγότερο εντατική άλεση. Ταυτόχρονα τα φύλλα και οι μίσχοι θα θρυμματιστούν. Η ένταση του θρυμματισμού είναι συνάρτηση ποικίλων παραμέτρων. Ο ίδιος αλωνιστής έχει τη δυνατότητα χρήσης και ως αλεστής φύλλων.



Σχήμα 3.5: Σπειροειδή πηγάκια κατά τη λειτουργία τους (Öztekin και Martinov, 2007)

Σε κάθε περίπτωση το κόσκινο έχει ρόλο κοίλου ή αντίθετου σώματος. Ανάλογα με τις ιδιότητες του φυτού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι κόσκινων και ανοιγμάτων. Για ορισμένα φυτά, το τεντωμένο μέταλλο είναι επαρκές, με θετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του προϊόντος. Εάν οι δεσμοί μεταξύ των φύλλων και των μίσχων είναι πολύ ισχυροί ή τα φυτά έχουν κάποια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, το υλικό θα πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία σε περισσότερα από ένα περάσματα. Ανάλογα με τον τύπο του φυτού και το κόσκινο που χρησιμοποιείται, το τρίψιμο - θρυμματισμός των φύλλων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον ίδιο αλωνιστή.

Το παράδειγμα του υλικού που υπέστη άλεση με τον παραπάνω αλωνιστή, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.2, ενώ μερικά αποτελέσματα δοκιμών άλεσης και θρυμματισμού των φυτών ύσσωπου, θυμαριού και μέντας, παρέχονται στον Πίνακα 3.1.



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα άλεσης στελεχών θυμαριού με τη χρήση αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα δοκιμών άλεσης και θρυμματισμού των φυτών ύσσωπου, θυμαριού και μέντας με τη χρήση αλωνιστή με αλωνιστική διάταξη αξονικού τύπου (Öztekin και Martinov, 2007)

	Μέντα	Θυμάρι		Ύσσωπος
		Φάση ανθοφορίας	Φάση βλάστησης	
Μερίδιο στελεχών (%)				
Διαφορετικός τύπος κόσκινου				
1	18,1	31,2	41,7	24,3
2	40,4	43,8	53,2	33,0
3	26,3	45,1	57,1	37,0
Μερίδιο φύλλων (%)				
Διαφορετικός τύπος κόσκινου				
1	8,5	12,6	4,1	7,4
2	3,6	5,4	1,6	3,8
3	4,2	6,1	2,3	4,2

Τα στελέχη και τα φύλλα μπορούν να διαχωριστούν με κοσκίνισμα ή με ροή αέρα. Οι απώλειες των φύλλων, το μερίδιο φύλλων τα στελέχη (έξοδος C, Σχήμα 3.4), μπορούν να αποφευχθούν με πολλαπλό πέρασμα. Μικρότερες απώλειες μπορούν να

επιτευχθούν, χρησιμοποιώντας κόσκινο από τεντωμένο μέταλλο (περίπτωση 3 του Πίνακα 4.1). Η επεξεργασία δύο περασμάτων της μέντας και του θυμαριού στη φάση βλάστησης ήταν απαραίτητη για τη μείωση των απωλειών σε ένα ποσοστό μικρότερο του 1%, ενώ τρία περάσματα ήταν αρκετά για τον ύσσωπο και το θυμάρι στη φάση της ανθοφορίας.

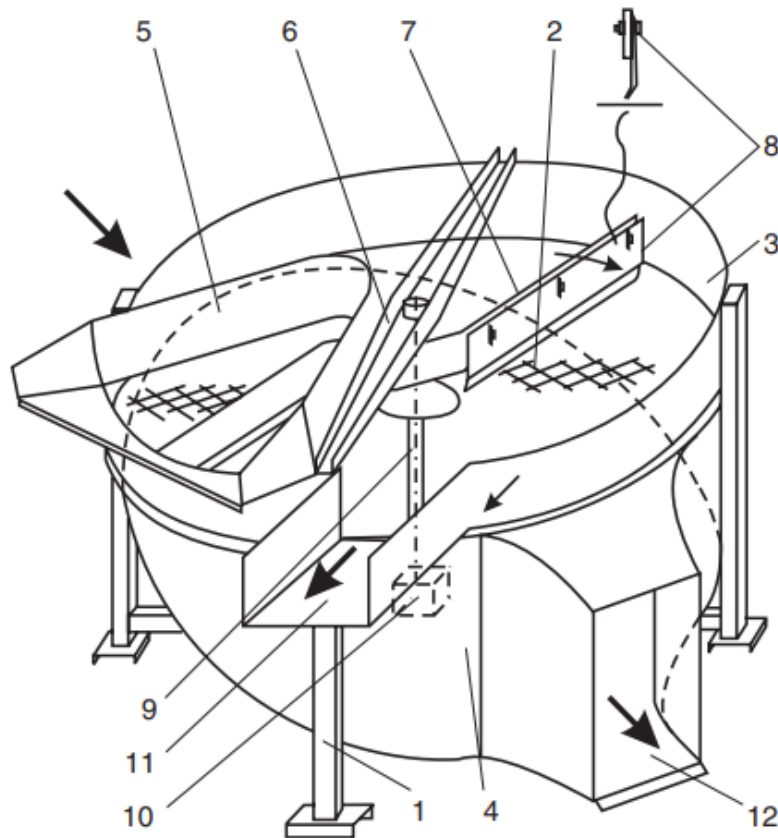
Είναι κρίσιμης σημασίας να χρησιμοποιείται αποξηραμένο υλικό ισοσκελισμένο ποσοστό υγρασίας. Αν λάβει χώρα επεξεργασία υγρού υλικού, τα αποτελέσματα άλεσης θα είναι είτε εν μέρει είτε εντελώς μη ικανοποιητικά.

Στη συνέχεια, περιγράφεται ένας συγκεκριμένος αλωνιστής, που χρησιμοποιείται στην πράξη. Το πρώτο παράδειγμα είναι ένας ειδικός τύπος άλεσης, μια πρωτότυπη ιδέα, που φαίνεται στο Σχήμα 3.6, που ως επιμέρους βήματα και τμήματα περιλαμβάνει το πλαίσιο (1), μια ενεργή επιφάνεια από τεντωμένη μεταλλική σχάρα (2), ένα μεταλλικό τοίχωμα (3), ένα περίβλημα με κλίση (4), την είσοδο (5), μια κάθετη (6) και περιστρεφόμενη (7) ράβδο, ρυθμιζόμενα κουπιά (8), έναν κάθετο άξονα (9), ένα κιβώτιο ταχυτήτων (10), μια πάνω (11) και μια κάτω (12) έξοδο.

Στον συγκεκριμένο αλωνιστή το υλικό μετακινείται σε μια στρογγυλή επιφάνεια από τεντωμένη μεταλλική σχάρα, ωθούμενο από δύο κουπιά. Η διάμετρος του χώρου εργασίας είναι 2 m. Τα φύλλα και οι θρυμματισμένοι μίσχοι και στελέχη πέφτουν προς τα κάτω μέσα από την σχάρα και γλιστρούν στην κάτω έξοδο, ενώ οι μίσχοι με υπολειμματικά φύλλα φεύγουν από τον αλωνιστή από την επάνω έξοδο.

Το υλικό, όπως για παράδειγμα η μέντα, πρέπει να υποβληθεί σε διπλή επεξεργασία για να προκύψει μια πλήρης αφαίρεση των φύλλων. Ο αλωνιστής μπορεί να οδηγηθεί με ηλεκτροκινητήρα ή με γεωργικό ελκυστήρα.

Το πλεονέκτημά του είναι η πολύ υψηλή χωρητικότητά (μέχρι 2 τόνοι ξηρού υλικού την ώρα). Επιτρέπει την ταχεία άλεση του περιεχομένου της παρτίδας ενός στεγνωτηρίου. Ο χρόνος που απαιτείται για την ξήρανση των φύλλων είναι μικρότερος από τον χρόνο που απαιτείται για τα άλλα μέρη του φυτού. Συνιστάται ιδιαίτερα να τερματίζεται η διαδικασία ξήρανσης μετά την επίτευξη αυτού του σημείου. Τα φύλλα πρέπει να αφαιρούνται σε ένα χρονικό διάστημα 1 ώρας.



Σχήμα 3.6: Ειδικός τύπος αλωνιστή με περιστρεφόμενη ράβδο (Öztekın και Martinov, 2007)

Μετά το χρονικό αυτό διάστημα, τα φύλλα είναι και πάλι υγρά, λόγω της μετανάστευσης υγρασίας από άλλα μέρη του φυτού. Η συντόμευση του χρόνου στεγνώματος, δηλαδή ο τερματισμός της διαδικασίας στο σημείο που στεγνώνουν τα φύλλα, συμβάλλει στην μεγαλύτερη χωρητικότητα του στεγνωτηρίου και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου. Ορισμένα βασικά δεδομένα από τη δοκιμή του συγκεκριμένου αλωνιστή, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Εκτελούνται δύο περάσματα για μηχανική άλεση. Δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ μηχανικής και χειροκίνητης άλεσης, καθώς με την χειρωνακτική άλεση προκύπτει ένα μεγαλύτερο ποσοστό ολόκληρων φύλλων, αλλά και μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας μίσχων και φύλλων.

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα δοκιμών άλεσης με αλωνιστή με περιστρεφόμενη ράβδο και με χειρωνακτική άλεση (Öztekin και Martinov, 2007)

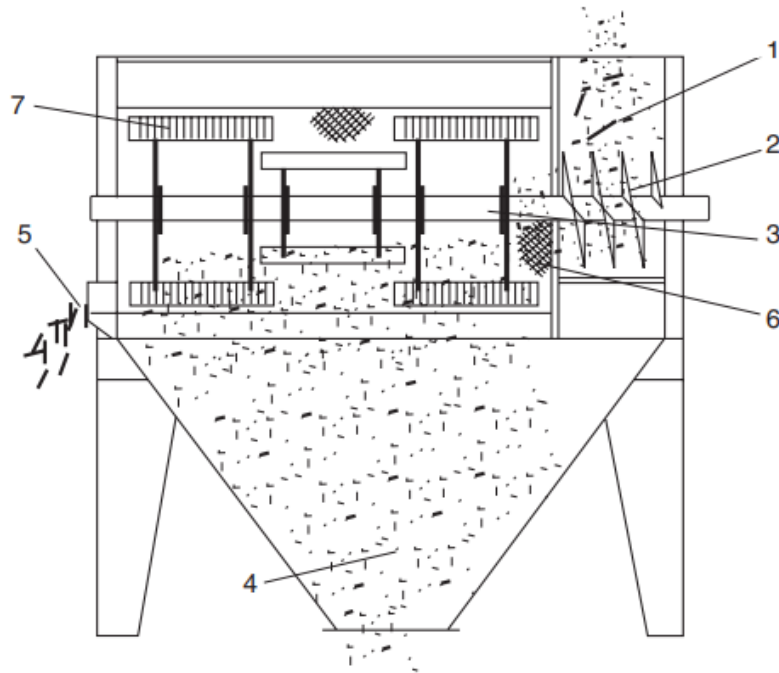
Διαδικασία άλεσης	Μερίδιο της κάτω εξόδου (%)				Απώλειες φύλλων στην πάνω έξοδο (%)
	Ολόκληρα φύλλα	Θρυμματισμένα φύλλα	Φύλλα με στελέχη	Στελέχη	
Περιστροφές αλωνιστή ανά λεπτό					
100	1,7	63,3	14,2	10,8	3,8
130	15,7	71,1	7,7	5,5	3,5
Χειρωνακτική άλεση	22,8	42,3	13,2	21,7	5,4

Για την επεξεργασία των σπόρων, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι λεπτών αλωνιστών, κυρίως για την αφαίρεση της ήρας. Μερικοί από αυτούς μπορούν να εφαρμοστούν για την άλεση ορισμένων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ή για μια επιπρόσθετη αφαίρεση στελεχών. Παραδείγματα τέτοιων αλωνιστών παρουσιάζονται στα Σχήματα 3.7 και 3.8.

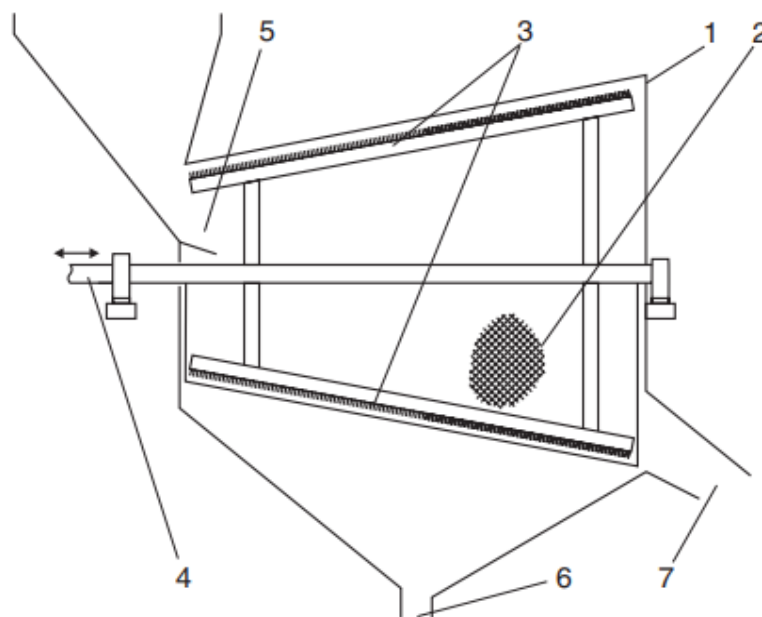
Στο Σχήμα 3.7 παρουσιάζεται ένας αλωνιστής με αλωνιστική διάταξη εφραπτομενικού τύπου, όπου το τύμπανο αποτελείται από βούρτσες και ένα κοίλο συρμάτινο δίχτυ. Τα επιμέρους βήματα και μέρη του συγκεκριμένου αλωνιστή περιλαμβάνουν την είσοδο (1), το τρύπανο τροφοδοσίας (2), έναν άξονα (3), την έξοδο για τα μικρότερα (4) και τα μεγαλύτερα (5) σωματίδια, τα συρμάτινα δίχτυα ανταλλαγής (6) και τις βούρτσες (7). Πολλοί κατασκευαστές εξοπλισμού επεξεργασίας σπόρων προσφέρουν αυτόν τον τύπο αλωνιστή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για φυτά με ασθενέστερους δεσμούς μεταξύ φύλλων και μίσχων, για πρόσθετη αφαίρεση στελεχών ή ακόμα και για λείανση φύλλων. Το τρίψιμο του φυτικού υλικού πραγματοποιείται μεταξύ των βουρτσών και του περιβάλλοντος συρμάτινου δικτυού ανταλλαγής. Τα ανοίγματα του συρμάτινου δικτυού καθορίζουν φαινόμενα την επίδραση της άλεσης.

Στον αλωνιστή, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.8, χρησιμοποιείται μια μορφή κώνου από συρμάτινο δίχτυ (2), που σαν επιμέρους βήματα και τμήματα περιλαμβάνει το περίβλημα (1), βούρτσες σε σχήμα κώνου (3), έναν αξονικά ρυθμιζόμενο άξονα (4),

την είσοδο (5) και την έξοδο για τα λεπτά (6) και τα μεγαλύτερα (7) σωματίδια. Επιπλέον, η αξονική κίνηση του άξονα μπορεί να ρυθμίσει την απόσταση μεταξύ των βουρτσών και του διχτυού, για να μειώσει το τρίψιμο των μικρότερων σωματιδίων. Ο συγκεκριμένος αλωνιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την επεξεργασία υλικού για την αφαίρεση των μίσχων, αλλά και για άλλες εργασίες καθαρισμού.



Σχήμα 3.7: Αλωνιστής με τύμπανο από βούρτσες και κοίλο συρμάτινο δίχτυ (Öztekin και Martinov, 2007)



Σχήμα 3.8: Αλωνιστής με βούρτσες και κώνο από συρμάτινο δίχτυ (Öztekin και Martinov, 2007)

3.2 ΜΕΙΩΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ

Με τον όρο μείωση μεγέθους νοείται το σύνολο των διαδικασιών που σαν στόχο έχουν να μειώσουν το μέγεθος του φυτικού υλικού, ώστε να προκύψει το απαραίτητο για τις ανάγκες της αγοράς προϊόν, όπως είναι για παράδειγμα το τσάι ή ώστε η μείωση αυτή να αποτελέσει ένα επιπλέον βήμα επεξεργασίας. Οι διαδικασίες μηχανικής μείωσης μεγέθους διακρίνονται στις εξής τρεις κατηγορίες, που περιγράφονται αναλυτικότερα στις Υποενότητες που ακολουθούν:

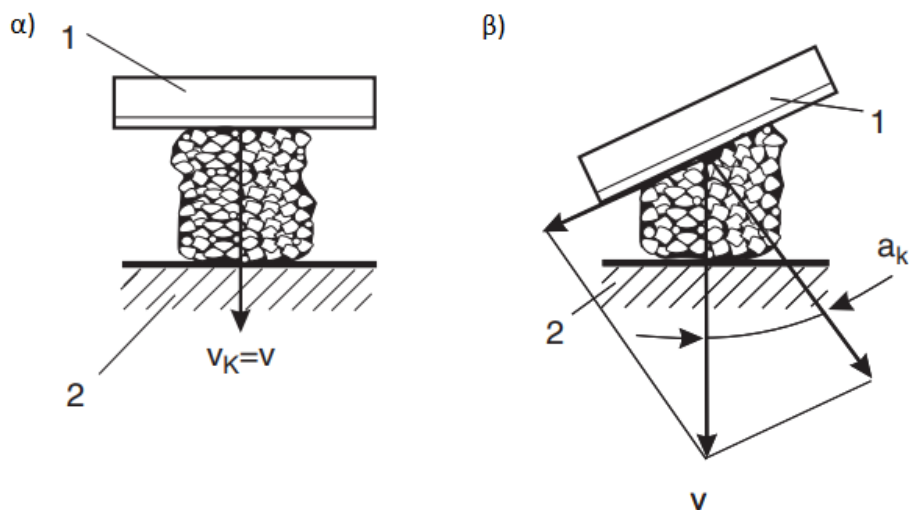
1. Κοπή (cutting)
2. Σύνθλιψη/ θρυμματισμός (crushing/ crumbling)
3. Φρεζάρισμα (milling).

3.2.1 Κοπή

Η κοπή αποτελεί επί της ουσίας μια διαδικασία είναι κατά κύριο λόγο μια διαδικασία διάτμησης - τεμαχισμού ενός υλικού, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.9, όπου η επεξεργασία του υλικού, το οποίο υποστηρίζεται σε ένα σταθερό επίπεδο εδάφους (2), γίνεται με τη χρήση ενός εργαλείου κινούμενης άκρης-λεπίδας (1). Στην πράξη, ωστόσο, για τη στήριξη του υλικού γίνεται χρήση μιας αντίθετης λεπίδας. Η καταστροφή της δομής του υλικού οφείλεται στην διατμητική τάση, που αποτελεί την κύρια τάση στη συγκεκριμένη διαδικασία κοπής.

Σημειώνεται ότι στο Σχήμα 3.9 α) και β) παρουσιάζεται ειδικότερη η κάθετη και κεκλιμένη κίνηση, που κάνει η κοπτική λεπίδα, αντίστοιχα. Το κεκλιμένο μαχαίρι οδηγεί σε μια αποτελεσματικότερη και πιο «καθαρή» κοπή εξαιτίας της επίδρασης της ολίσθησης.

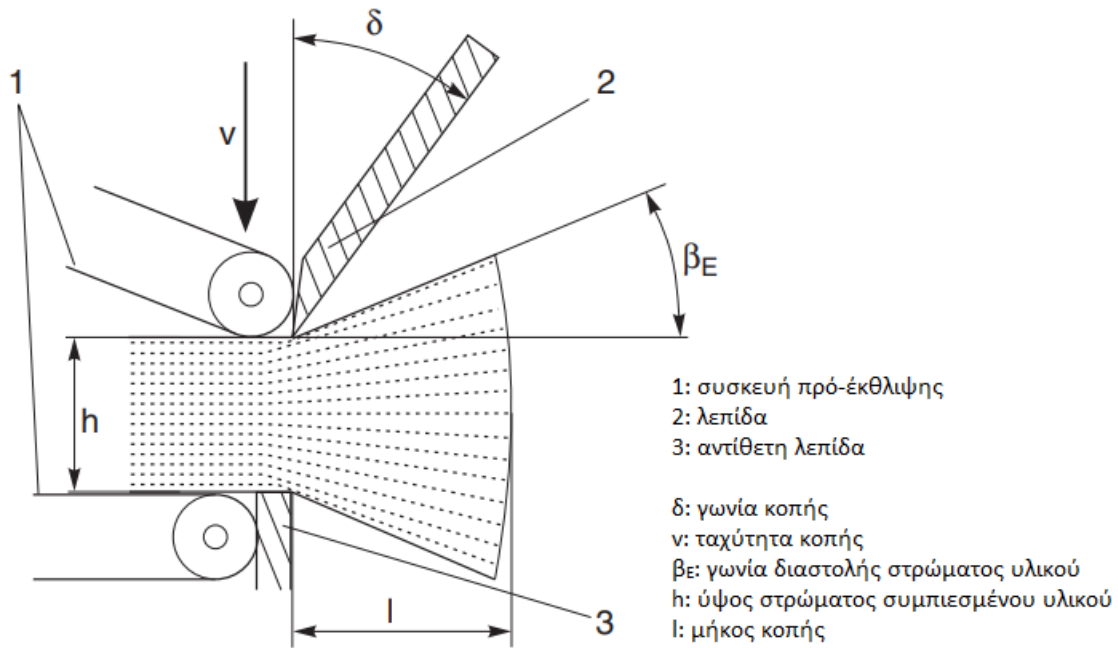
Οι πιέσεις, που δέχεται το φυτικό υλικό, είναι πολύπλοκες. Αρχικά το υλικό συμπιέζεται. Καθώς η λεπίδα κινείται προς τα κάτω, προκαλεί μια πίεση έκθλιψης και μείωση του ύψους του στρώματος του υλικού. Μάλιστα, όταν η έκθλιψη αυτή ξεπεράσει την διατμητική αντοχή του υλικού, παρατηρείται η έναρξη της διαδικασίας της κοπής.



Σχήμα 3.9: Κοπή φυτικού υλικού με α) κάθετη και β) κεκλιμένη κίνηση της κοπτικής λεπίδας (Öztekin και Martinov, 2007)

Η πλειοψηφία των μηχανών κοπής αποτελούνται από μια αντίθετη λεπίδα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10, η οποία μαζί με την πρώτη λεπίδα λειτουργούν σαν ένα ψαλίδι, που κόβει το φυτικό υλικό. Η χρήση της αντίθετης λεπίδας έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση έκθλιψης του υλικού με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερη ενέργεια κοπής (Tescic, 1984). Αποτέλεσμα της έκθλιψης υλικού με μαχαίρι είναι να διαστέλλεται το υλικό με μια γωνία, E , και να διασπείρονται τα σωματίδια του κομμένου υλικού. Η προ-έκθλιψη (pre-pressing) των κτηνοτροφικών υλικών οδηγεί επίσης στην απαίτηση ενέργεια κοπής. Στην περίπτωση της κοπής των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, ωστόσο, η έκθλιψη θα πρέπει να αποφεύγεται σε ένα μεγάλο βαθμό, καθώς επιδρά αρνητικά στα δραστικά συστατικά τους με τελικό αποτέλεσμα την υψηλότερη εισροή ενέργειας, η οποία όμως κρίνεται ήσσονος σημασίας σε σύγκριση με την ποιότητα.

Υπάρχουν δύο τύποι κοπτικών μηχανών: α) οι μηχανές ελεύθερης κοπής, στις οποίες το μήκος του υλικού, που θα έρθει σε επαφή με την κοπτική λεπίδα ούτε ρυθμίζεται αλλά ούτε και ελέγχεται και β) οι μηχανές ακριβούς κοπής, στις οποίες η τροφοδοσία και το μήκος κοπής του υλικού και ελέγχεται και ρυθμίζεται.



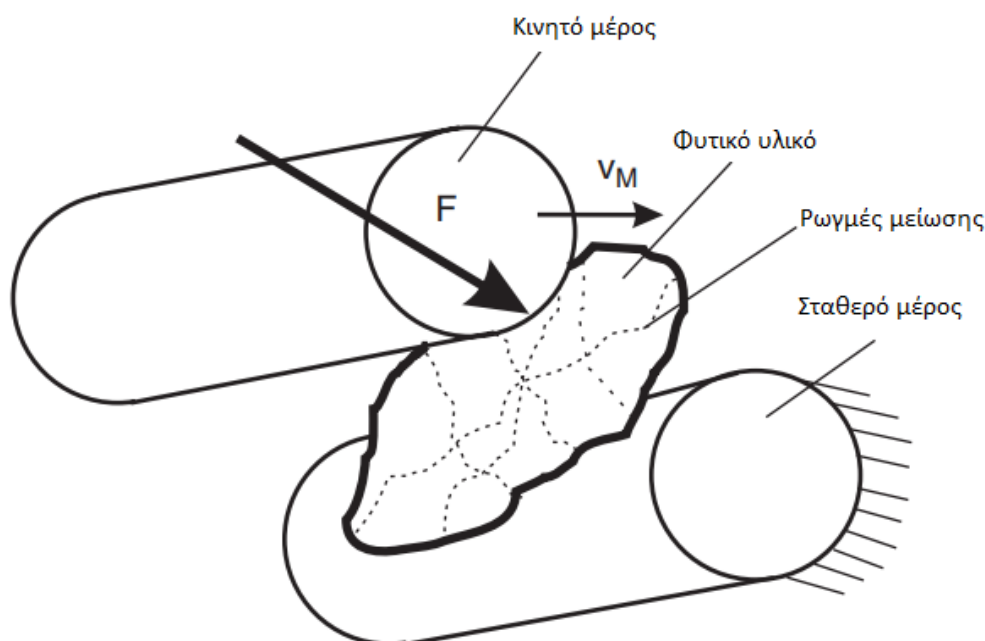
Σχήμα 3.10: Τυπική μηχανή κοπής για φυτικά υλικά (Öztekın και Martinov, 2007)

3.2.2 Σύνθλιψη/ θρυμματισμός

Μια σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας σύνθλιψης/ θρυμματισμού παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.11. Το υλικό στην περίπτωση αυτή τοποθετείται ανάμεσα σε σταθερά και κινητά μέρη εργαλείων, που δεν έχουν άκρα και που δημιουργούν κυρίως πιέσεις. Η ταχύτητα του κινούμενου μέρους συμβολίζεται με v_M και η δύναμη κρούσης με F . Όταν γίνει υπέρβαση της αντοχής του υλικού και αναπτυχθούν εύθραυστες ρωγμές μείωσης, το υλικό τμηματοποιείται σε μικρότερα μέρη. Για ορισμένα υλικά με υψηλή ευθραυστότητα, η σύνθλιψη μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με πίεση μεταξύ δύο σωμάτων, όπως είναι για παράδειγμα δύο κύλινδροι. Ο θρυμματισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εφόσον το υλικό είναι εύθραυστο. Τα περισσότερα από τα ξηρά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είναι όντως εύθραυστα με αποτέλεσμα να είναι δυνατός ο θρυμματισμός τους.

Σημειώνεται ότι η διαδικασία σύνθλιψης δεν μπορεί ούτε να προβλεφθεί, αλλά ούτε και να ελεγχθεί με το αποτέλεσμά της να είναι συνάρτηση των παραμέτρων της χρησιμοποιούμενης διάταξης και των ιδιοτήτων του φυτικού υλικού. Για το λόγο αυτό, το εκάστοτε αρωματικό ή/ και φαρμακευτικό φυτό θα πρέπει να ελέγχεται από πριν, ώστε να καταστεί δυνατή η βέλτιστη επιλογή συσκευής. Στην περίπτωση που απαιτείται η μείωση προς ένα συγκεκριμένο μέγεθος, συνιστάται κυρίως η χρήση ενός κόσκινου ή η εφαρμογή πολλών περασμάτων. Ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό του

θρυμματισμού αποτελεί η ύπαρξης μεγάλης επίδρασης ρηγμάτωσης και μικρής επίδρασης τριβής.



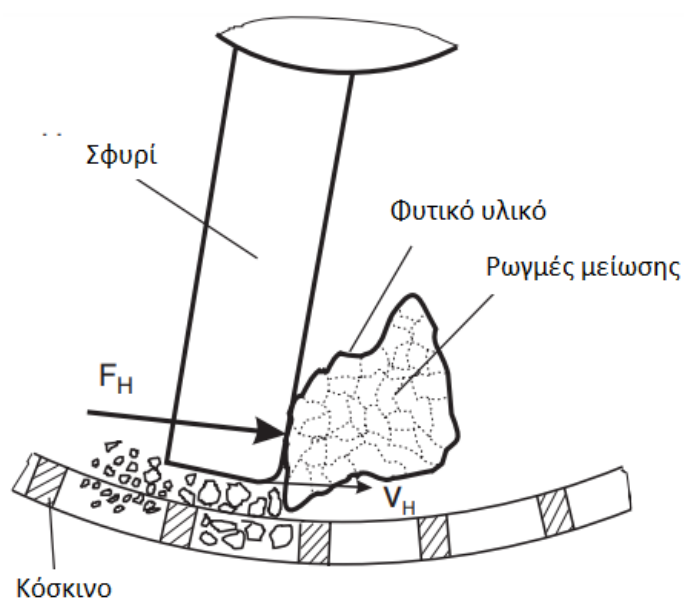
Σχήμα 3.11: Σύνθλιψη/ θρυμματισμός φυτικού υλικού (Öztekin και Martinov, 2007)

3.2.3 Φρεζάρισμα

Η αρχή της μείωσης του μεγέθους με φρεζάρισμα είναι πρωτίστως το τρίψιμο του υλικού μεταξύ δύο λειαντικών σωμάτων. Αυτό εφαρμόζεται κυρίως για προκύψει αλεύρι ή κάποιο υλικό σε σκόνη από κόκκους. Μια συσκευή φρεζαρίσματος, που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι ο σφυρόμυλος. Ένας αυθεντικός σφυρόμυλος αποτελείται από σώματα σφυριών σφονδύλου, που περιστρέφονται με υψηλές στροφές και στις οποίες η επεξεργασία του φυτικού υλικού γίνεται με τη συντριβή (smashing) του. Η μόνη δύναμη αντίστασης στη συντριβή είναι η αδράνεια του υλικού. Στην πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων διατάξεων, υπάρχουν μερικά άλλα σταθερά βοηθητικά, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία δύναμης αντίστασης, όπως είναι για παράδειγμα το κόσκινο, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.12.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.12, η κρούση του σφυριού, μαζί με τις δυνάμεις αντίστασης του κόσκινου, προκαλεί την κατάρρευση του υλικού. Το αρνητικό αποτέλεσμα είναι ότι το υλικό αν δεν θρυμματιστεί αμέσως, μετακινείται ανάμεσα στο κόσκινο και το σφυρί, γεγονός που προκαλεί έντονο τρίψιμο. Αυτό θα ήταν δυνατό να αποφευχθεί με τη λήψη εξειδικευμένων μέτρων, όπως είναι για παράδειγμα η

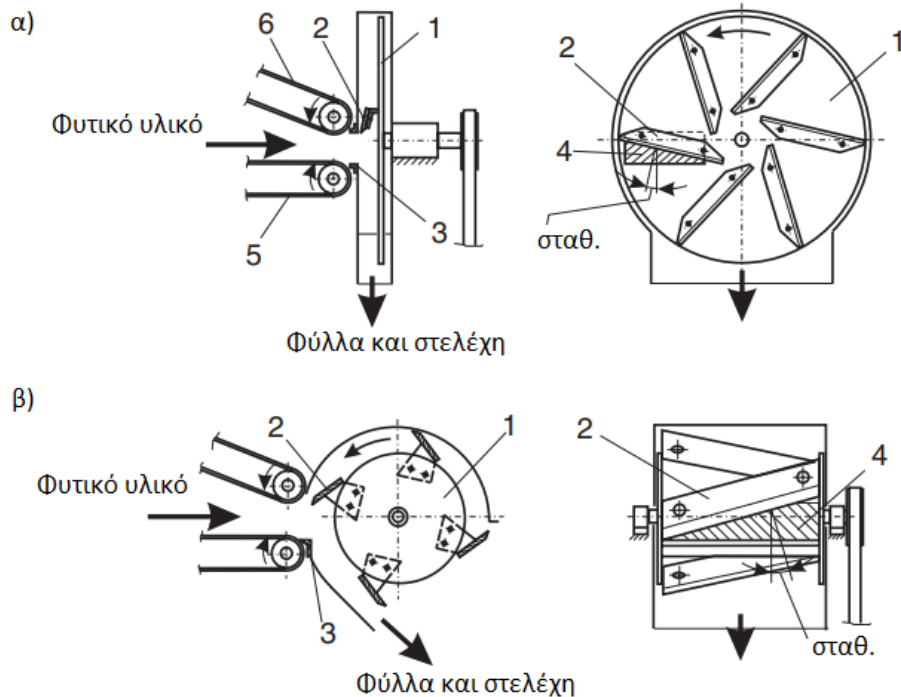
εφαρμογή μιας μεγαλύτερης απόστασης ανάμεσα στα σφυριά και το κόσκινο. Η συγκεκριμένη σχετικά απλή διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αποτελεσματικό τρόπο για τη μείωση μεγέθους αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, αλλά μόνο εφόσον πρόκειται για ξηρά και εύθραυστα υλικά.



Σχήμα 3.12: Συντριβή σωματιδίων σε σφυρόμυλο με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)

3.2.4 Μηχανές κοπής

Οι μηχανές ακριβούς κοπής είναι ευρέως διαδεδομένες για τη χρήση τους στη συγκομιδή χορτονομής. Στο Σχήμα 3.13 παρουσιάζονται οι δύο πιο συνηθισμένοι τύποι. Η ρύθμιση του μήκους κοπής είναι εύκολη και πραγματοποιείται συνδυάζοντας την ταχύτητα τροφοδοσίας και τη συχνότητα της λεπίδας ή τις περιστροφές ανά λεπτό του τυμπάνου. Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα είναι ο προσανατολισμός του υλικού με την τροφοδοσία. Έτσι για παράδειγμα η κοπή θα καθίστατο αδύνατη στην περίπτωση που οι μίσχοι ή τα διαφορετικά άλλα μακρύτερα τμήματα ενός φυτού τροφοδοτούνταν με κάθετο τρόπο. Για το λόγο αυτό, η βελτίωση της διάταξης τροφοδοσίας είναι αναγκαία και για τους δύο τύπους του Σχήματος 3.13. Ειδικότερα οι επιθετικές μεταλλικές ταινίες είναι αναγκαίο να αντικαθίστανται από μαλακό καουτσούκ. Επιπλέον η ένταση της πίεσης της άνω ταινίας θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερη και να είναι εύκολα ρυθμιζόμενη, όπως συμβαίνει κατά κύριο λόγο και σε ό,τι αφορά την επεξεργασία ζωοτροφών.



Σχήμα 3.13: Μηχανές ακριβούς κοπής α) τύπου σφονδύλου και β) τύπου τυμπάνου (Öztekin και Martinov, 2007)

Ο τύπος σφονδύλου του Σχήματος 3.13, που έχει ειδικά προσαρμοστεί για αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, διαθέτει σπειροειδείς λεπίδες για την επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μια ομαλή και ήπια κοπή του ευαίσθητου φυτικού υλικού. Επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής, όπως φαίνεται στο Σχήμα, αποτελούν ο σφόνδυλος (1), η λεπίδα (2), η αντίθετη λεπίδα (3), το ακονιστήρι (4), η ταινία τροφοδοσίας (5) και η ταινία πρέσας (6).

Ορισμένα στοιχεία και διατάξεις επανασχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την προξήρανση κοπής νωπού υλικού με αποτέλεσμα να προκύψει ο τύπος τυμπάνου του Σχήματος 3.13, που χρησιμοποιείται κυρίως για τη συγκομιδή χορτονομής και μόνο κατά περίπτωση για την κοπή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, όπως για παράδειγμα πριν από την απόσταξη/ εκχύλιση. Επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής, όπως φαίνεται στο Σχήμα, αποτελούν το τύμπανο (1), οι λεπίδες (2), η αντίθετη λεπίδα (3) και η στρώση υλικού (4).

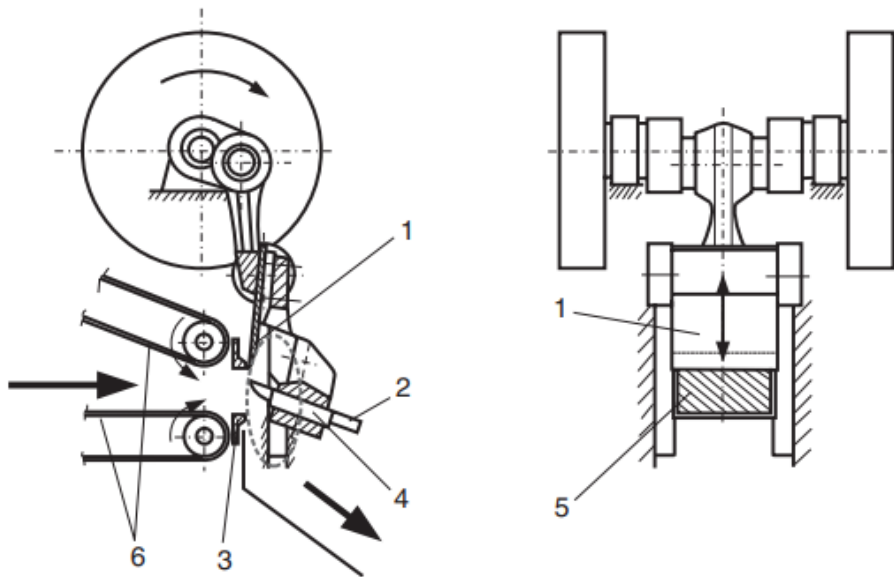
Ένας ακόμη τύπος ακριβούς κοπής με παράλληλα κινούμενες λεπίδες, του οποίου η χρήση αναφέρεται στην επεξεργασία καπνού και που έχει επανασχεδιαστεί για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.14. Μια λεπίδα που κινείται κάθετα έχει ειδική τροχιά, ενώ ολισθαίνει πολύ κοντά στην αντίθετη

λεπίδα και ανεβαίνει σε ένα σημείο πολύ πιο υψηλό από αυτήν, έχοντας σαν αποτέλεσμα να μην υπάρχουν εμπόδια στην τροφοδοσία του υλικού. Ένα ακόμη ξεχωριστό χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι κεκλιμένες και κάθετες λεπίδες (2), των οποίων η κίνηση λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα με την «κύρια» λεπίδα (1). Οι συγκεκριμένες λεπίδες τοποθετούνται κάτω από την κύρια λεπίδα. Οι κάθετες λεπίδες κατασκευάζονται από μεταλλικές ράβδους, ενώ με στόχο να επιτευχθεί το επιθυμητό μέγεθος σωματιδίων η απόσταση μεταξύ των λεπίδων μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα. Οι κάθετες λεπίδες δημιουργούν μια κάθετη τομή κατά μήκος της στρώσης υλικού και σε συνδυασμό με τη διαμήκη κοπή της κύριας λεπίδας οδηγούν σε μια ορθογώνια (ή τετράγωνη ως ειδική περίπτωση) μορφή κομμένου υλικού.

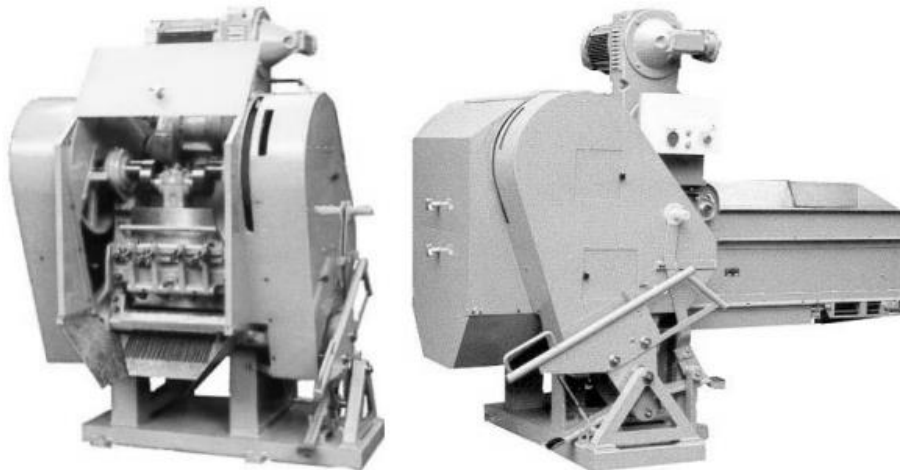
Επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής, όπως φαίνεται στο Σχήμα, αποτελούν η αντίθετη λεπίδα (3), ο ρυθμιστής της απόστασης των λεπίδων (4), η στρώση υλικού (5) και η άνω και κάτω ταινία τροφοδοσίας (6).

Σημειώνεται ότι ο μηχανισμός τροφοδοσίας έχει επίσης προσαρμοστεί σύμφωνα με τις ειδικές απαιτήσεις της επεξεργασίας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Και οι δύο ταινίες τροφοδοσίας είναι κατασκευασμένες από μαλακό καουτσούκ, ενώ η θέση και το φορτίο ελατηρίου της άνω ταινίας είναι ρυθμιζόμενα. Και οι δύο ταινίες μετακινούνται με διαλείμματα. Κατά τη διαδικασία κοπής οι ταινίες είναι ακίνητες και δεν διαταράσσουν τη διαδικασία κοπής. Το υλικό τροφοδοτείται όταν η μονάδα λεπίδας ανεβαίνει. Αυτός ο τύπος μηχανής φαίνεται στην Εικόνα 3.3. Στη νεότερη έκδοση της συγκεκριμένης μηχανής, η άνω ταινία υποστηρίζεται από πέντε κυλίνδρους, χωρίς φορτίο ελατηρίου.

Η ποιότητα κοπής της συγκεκριμένης μηχανής είναι υψηλή, ειδικά σε ό,τι αφορά τη χαμηλή μείωση αιθέριων ελαίων και τις κατάλληλες διαστάσεις σωματιδίων. Αντίθετα, μειονέκτημά της αποτελεί η υψηλή τιμή, που οφείλεται στις υψηλές απαιτήσεις μηχανικής και κατασκευής.



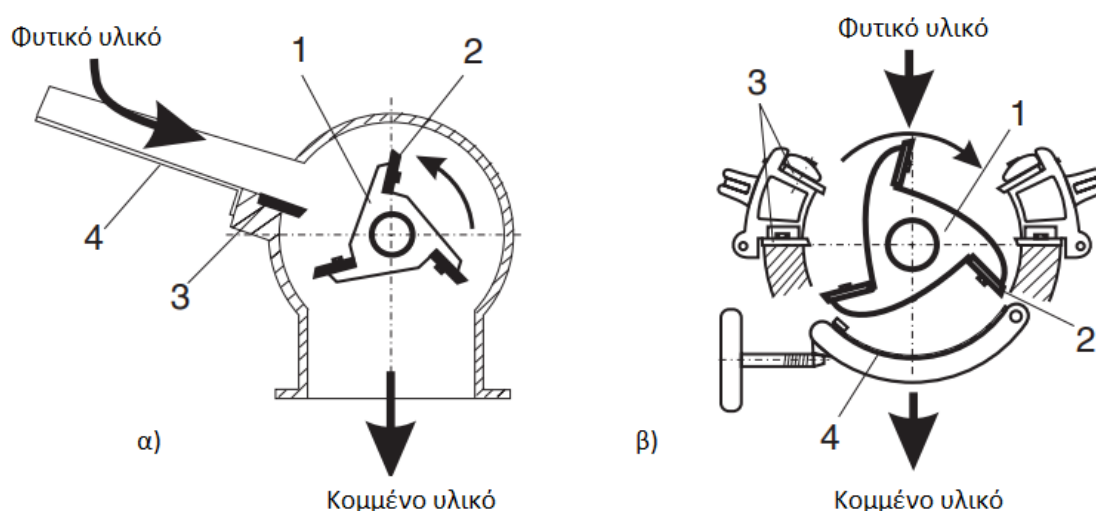
Σχήμα 3.14: Μηχανή ακριβούς κοπής με παράλληλα κινούμενες λεπίδες (Öztekın και Martinov, 2007)



Εικόνα 3.3: Διαθέσιμη στην αγορά μηχανή ορθογώνιας μορφής κομμένου υλικού (Öztekın και Martinov, 2007)

Από την άλλη, δύο συνηθισμένοι τύποι ελεύθερης κοπής παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.15. Η μηχανή, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.15 α), επιτρέπει την ελεύθερη πτώση του υλικού και χρησιμοποιείται συνήθως για την κοπή υπολειμμάτων κήπου. Μπορεί, ωστόσο, να χρησιμοποιηθεί επιτυχημένα στην προετοιμασία υλικών για εκχύλιση ή απόσταξη. Το μήκος της κοπής και το μέγεθος των σωματιδίων δεν είναι συνήθως ελεγχόμενα και είναι συνάρτηση μόνο του ρυθμού τροφοδοσίας. Επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν ο ρότορας (1), οι λεπίδες (2), η αντίθετη λεπίδα (3) και η πλατφόρμα τροφοδοσίας (4).

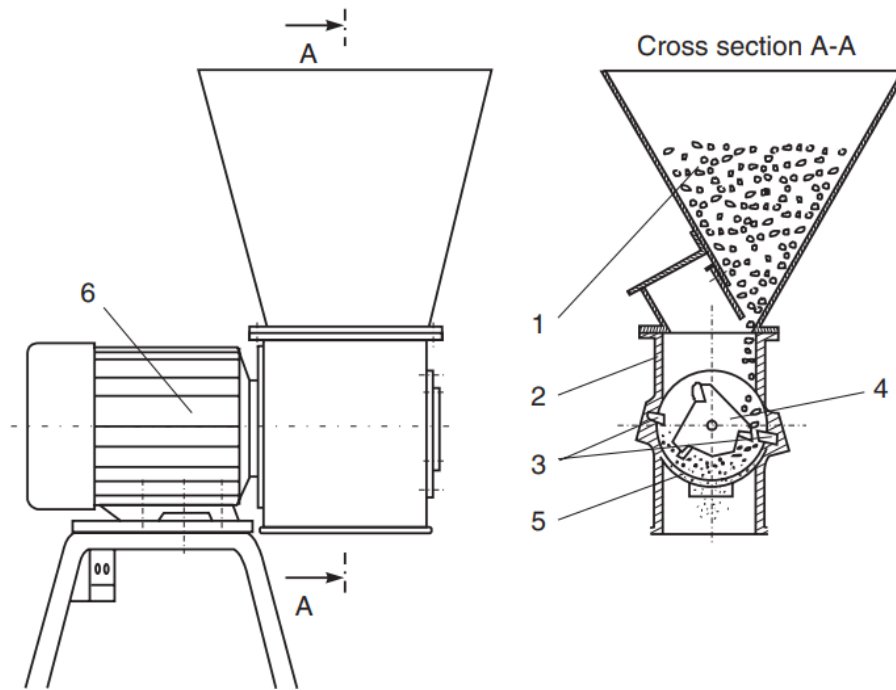
Η μηχανή, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.15 β) χάρη στο κόσκινο (4) που διαθέτει και το οποίο εμποδίζει τα υλικά μεγαλύτερου μεγέθους να το διαπεράσουν, καθιστά δυνατό τον έμμεσο έλεγχο του μεγέθους των σωματιδίων. Επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν ο ρότορας (1), οι λεπίδες (2), η αντίθετη λεπίδα (3) και το κόσκινο (4).



Σχήμα 3.15: Μηχανές ελεύθερης κοπής με α) την ελεύθερη πτώση του υλικού και β) κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)

Η μηχανή κοπής, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.16, αποτελεί μια απλούστερη έκδοση της μηχανής του Σχήματος 3.15 β). Χρησιμοποιείται ο ρότορας (4) με τρεις λεπίδες και δύο αντίθετες λεπίδες (3) τοποθετημένες και στις δύο πλευρές. Κάτω από τον ρότορα με τις λεπίδες, τοποθετείται ένα ανταλλάξιμο κόσκινο (5) σε μια ορισμένη απόσταση. Επιπλέον επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν η χοάνη (1), το περίβλημα (2) και ο οδηγός (6).

Σημειώνεται ότι τα ανοίγματα του κόσκινου καθορίζουν το μέγεθος των σωματιδίων. Η συγκεκριμένη μηχανή χρησιμοποιείται με πολύ αποτελεσματικό τρόπο όχι μόνο για την άλεση (grinding) ορισμένων κόκκων, αλλά και για τα φύλλα.

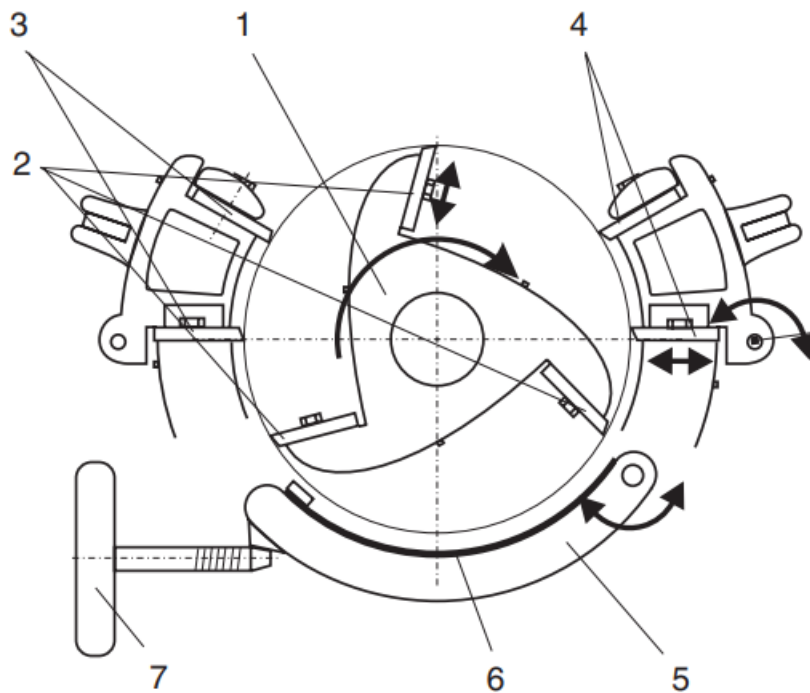


Σχήμα 3.16: Απλούστερη μορφή μηχανής ελεύθερης κοπής (Öztekin και Martinov, 2007)

Η τομή της μηχανής ελεύθερης κοπής του Σχήματος 3.17 παρέχει μια λεπτομερέστερη παρουσίαση της μηχανής του Σχήματος 3.16. Χρησιμοποιείται επίσης ευρέως για άλλα υλικά, όπως είναι για παράδειγμα οι πλαστικοί κόκκοι. Στο συγκεκριμένο Σχήμα φαίνονται δύο διατάξεις αντίθετων λεπίδων μια αριστερά (3) και μια δεξιά (4). Επιπλέον επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν ο ρότορας (1), οι λεπίδες (2), το ταλαντευόμενο πλαίσιο (5), το ανταλλάξιμο κόσκινο (6) και η θέση του κόσκινου (7).

Η ρύθμιση της απόστασης ανάμεσα στις λεπίδες και τις αντίθετες λεπίδες απαιτεί ιδιαίτερα προσεκτικό χειρισμό. Για να επιτευχθεί το σωστό διάκενο, που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0,1 mm και 0,15 mm, το σύνολο των λεπίδων κινείται με διαμήκη τρόπο. Στην αρχή ρυθμίζεται το κενό μεταξύ ενός από τις αντίθετες λεπίδες και της λεπίδας του ρότορα, που έχει τη μεγαλύτερη ακτίνα. Στη συνέχεια, οι δύο άλλες λεπίδες του ρότορα ρυθμίζονται σύμφωνα με την πρώτη αντίθετη λεπίδα. Τέλος, οι άλλες τρεις αντίθετες λεπίδες πρέπει να ρυθμιστούν σύμφωνα με τις λεπίδες του ρότορα.

Αυτές οι ρυθμίσεις πρέπει να γίνουν με ακρίβεια, για να εξασφαλιστεί μια αποτελεσματική κοπή, γεγονός που καθιστά τη συγκεκριμένη μηχανή τόσο περίπλοκη όσο και υψηλού κόστους.

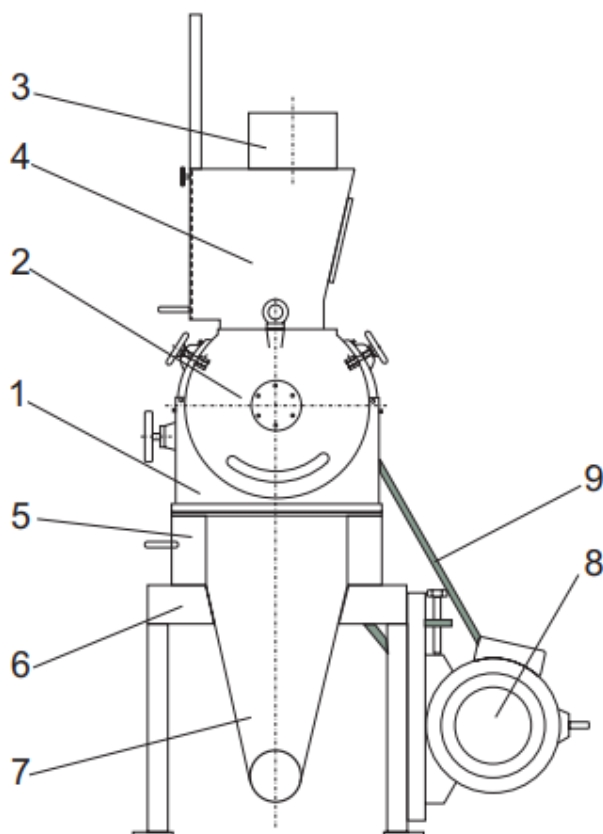


Σχήμα 3.17: Απλούστερη μορφή μηχανής ελεύθερης κοπής με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)

Διαφορετικού τύπου κόσκινα από διάτρητη λαμαρίνα ή συρμάτινο δίχτυ με διαφορετικά ανοίγματα στερεώνεται στο ταλαντευόμενο πλαίσιο. Η απόσταση μεταξύ των άκρων της λεπίδας και του κόσκινου είναι ρυθμιζόμενη, ώστε να καθίσταται δυνατή η ροή διαφορετικών ποσοτήτων υλικού. Ωστόσο, η απόσταση δε μπορεί να μειωθεί πέραν κάποιου ελάχιστου.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μηχανική επεξεργασία του φυτικού υλικού με ανεπιθύμητο τρόπο μειώνεται στο ελάχιστο λόγω του ότι δεν υπάρχει εφαρμογή προ-έκθλιψης. Η χρήση λεπτεπίλεπτα προσαρμοσμένων ζευγών λεπίδων οδηγεί σε μια ομαλή κοπή. Εφαρμόζοντας τον κατάλληλο τύπο κόσκινου και ανοιγμάτων αυτού και την κατάλληλη απόσταση ανάμεσα στα άκρα των λεπίδων και του κόσκινου, η μείωση του μεγέθους είναι ελεγχόμενη. Ένα παράδειγμα μηχανής εξοπλισμένης με αυτόν τον τύπο διάταξης κοπής παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.18.

Επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένη μηχανής αποτελούν το περίβλημα (1), η μονάδα κοπής (2), ο σωλήνας τροφοδοσίας (3), η χοάνη (4), το κουτί εξόδου (5), το πλαίσιο (6), ο αγωγός (7), ο ηλεκτροκινητήρας (8) και η μετάδοση κίνησης με μάντα (9).



Σχήμα 3.18: Μηχανή ελεύθερης κοπής με κόσκινο (Öztekin και Martinov, 2007)

Ορισμένοι άλλοι τύποι μηχανών ελεύθερης κοπής είναι επίσης διαθέσιμοι για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, αλλά θα πρέπει πάντα να ελέγχονται από πριν και να αξιολογούνται σύμφωνα με καθορισμένες απαιτήσεις. Υπάρχουν πολλοί ειδικοί τύποι μηχανών κοπής αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, που έχουν αναπτυχθεί από παραγωγούς αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ή παραγωγούς αγροτικών μηχανημάτων. Ένα παράδειγμα μιας δικύλινδρης συσκευής κοπής, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.4.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι άκρες των αυλακώσεων λειτουργούν ως λεπίδες. Το υλικό προέρχεται από ψηλά και μόνο η βαρύτητα δημιουργεί τη δύναμη πίεσης. Αυτό επιτρέπει την ήπια επεξεργασία του φυτικού υλικού. Η μηχανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φρέσκο και ξηρό υλικό (Εικόνα 3.4 α)). Για διαφορετικά μήκη κοπής, θα πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο ζεύγος κυλίνδρων (Εικόνα 3.4 β) και γ)). Για την κοπή μεγαλύτερων κομματιών, δάχτυλα στήριξης τοποθετούνται σε έναν λείο κύλινδρο (Εικόνα 3.4 γ)). Η χρήση διαφορετικών ζευγών κυλίνδρων για διαφορετικά μήκη κοπής προκαλεί υψηλότερο κόστος και επαναλαμβανόμενη επανασυναρμολόγηση.



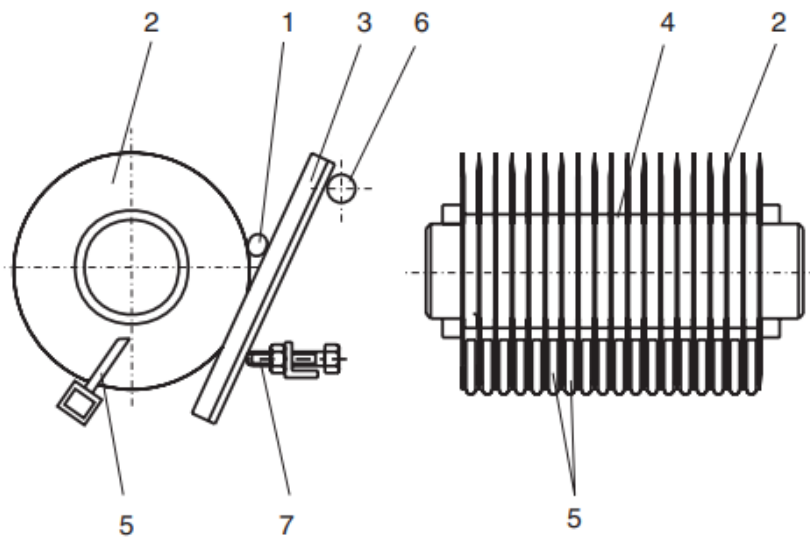
Εικόνα 3.4: Ειδική δικύλινδρη συσκευή κοπής για αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά με α) τη λειτουργία να αποτελούν ο κύλινδρος με δίσκους κοπής (πάνω) και ο λείος κύλινδρος με τις κάθετες αυλακώσεις (κάτω) και το σετ κυλίνδρου κοπής να έχει ένα μήκος β) 20 mm και γ) 40 mm (Öztekin και Martinov, 2007)

Ένας παρόμοιος τύπος κοπτήρα έχει αναπτυχθεί και δοκιμαστεί για την κοπή ράβδων ζαχαρωτών, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.19. Αντί για τον αντίθετο κύλινδρο γίνεται χρήση ενός πλαστικού πλαισίου (3). Οι λεπίδες του δίσκου κοπής (2) διεισδύουν περίπου 1 έως 1,5 mm στο σκληρό πλαστικό πλαίσιο, σχηματίζοντας αυλακώσεις. Το πλάτος κοπής μπορεί να ρυθμιστεί με την επιλογή διαφορετικών δακτυλίων απόστασης (4). Τα αποτελέσματα κοπής είναι καλά, ειδικά εάν χρησιμοποιείται φρέσκο υλικό.

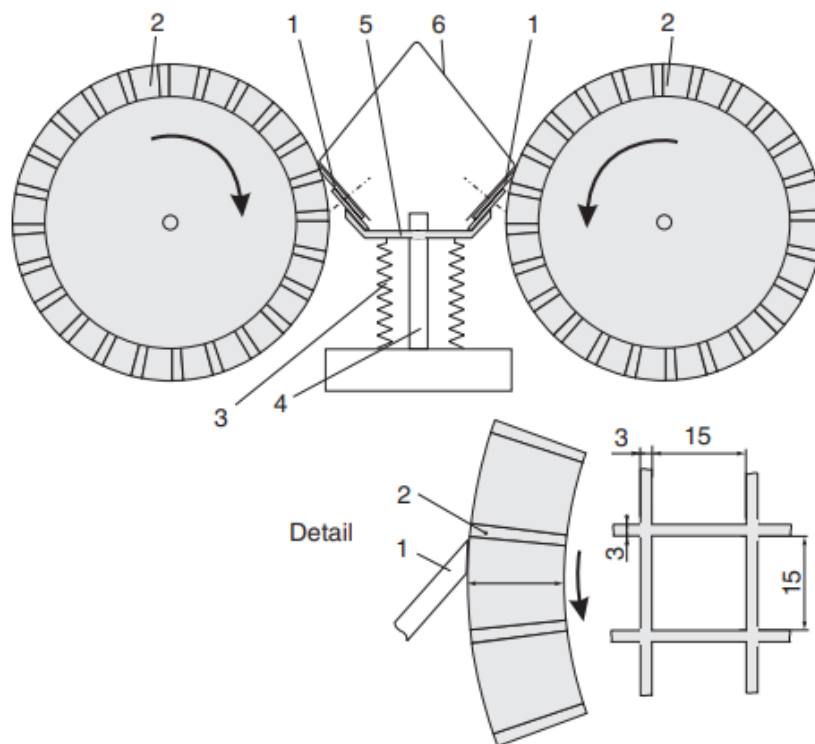
Επιπλέον επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν η ράβδος ζαχαρωτών (1), οι δακτύλιοι αποστάσεων (4), τα ξέστρα - καθαριστές (5), ο σταθερός άξονας (6) και ο κοχλίας τοποθέτησης (7).

Μια ειδική μηχανή κοπής, στοχευμένη στο κόντεμα ή την αφαίρεση των στελεχών των ανθών, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.20. Τα τύμπανα κυττάρων (2) έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν αρκετό χώρο για τα λουλούδια. Οι λεπίδες (1) είναι τοποθετημένες σε μια ταλαντευόμενη ράβδο (5), που τεντώνεται συνεχώς προς τα κάτω από τα ελατήρια (3), για να είναι δυνατή η εφαρμοστή θέση των λεπίδων και των άκρων των τυμπάνων κυττάρων. Ο ταλαντευόμενος μηχανισμός κινεί την ταλαντευόμενη ράβδο με τις λεπίδες.

Επιπλέον επιμέρους τμήματα της μηχανής αποτελούν το υλικό εσωτερικής επένδυσης (4) και ο διαχωριστής (6).

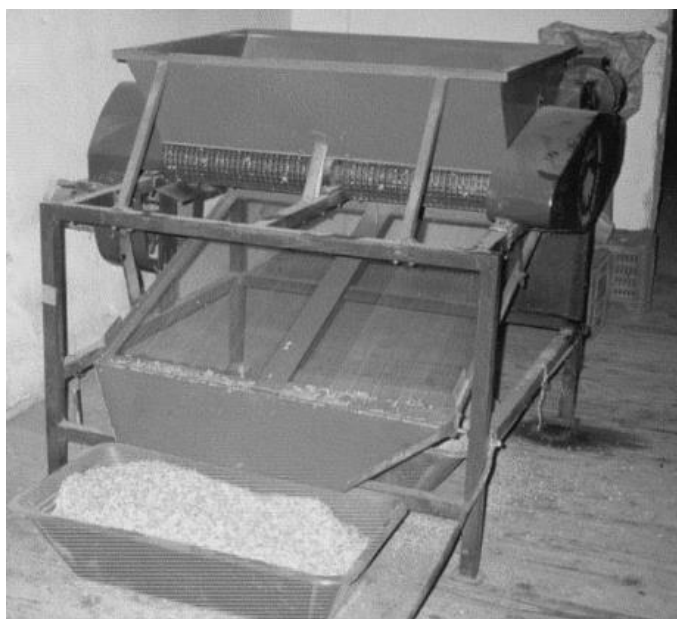


Σχήμα 3.19: Μηχανή κοπής για ράβδους ζαχαρωτών (Öztekin και Martinov, 2007)



Σχήμα 3.20: Μηχανή κοπής για στελέχη ανθών (Öztekin και Martinov, 2007)

Η συγκεκριμένη μηχανή έχει δοκιμαστεί, επιδεικνύοντας πολύ καλά αποτελέσματα για την κοπή βλαστών χαμομηλιού. Ωστόσο, η χρήση της είναι δυνατή και για άλλα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου μηχανής, με ενσωματωμένο ειδικό τύπο κόσκινου κάτω από τα τύμπανα κυττάρων, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5: Μηχανή κοπής με κόσκινο για στελέχη ανθών (Öztekin και Martinov, 2007)

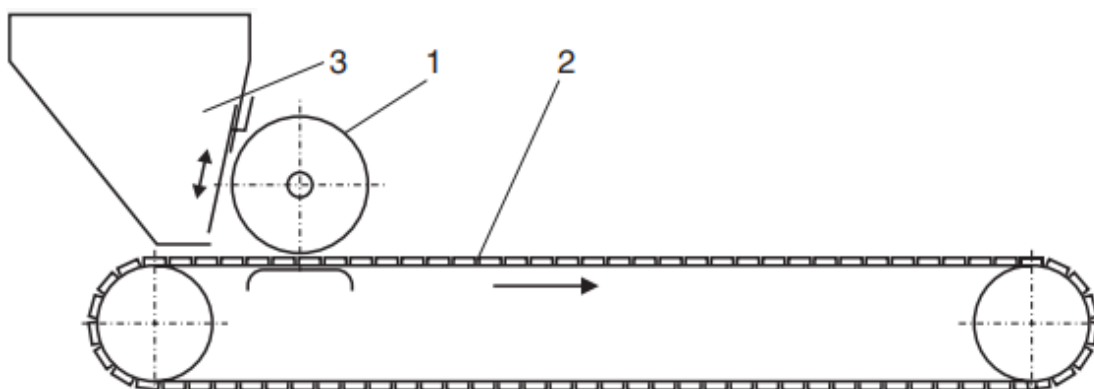
Οι μηχανές κοπής λόγω της μεγάλης κατά κύριο λόγο πολυπλοκότητάς τους είναι δύσκολο να παραχθούν σε μικρά εργαστήρια. Ορισμένα στοιχεία και διατάξεις τους πρέπει να παράγονται με υψηλή ακρίβεια και να χρησιμοποιείται ειδικός τύπος χάλυβα.

3.2.5 Μηχανές σύνθλιψης/ θρυμματισμού

Διάφοροι τύποι μηχανών θραύσης/ θρυμματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά. Η πλειοψηφία τους οδηγεί σε αποτελέσματα, που είναι παρόμοια με αυτά των αλωνιστών και για το λόγο αυτό σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατή η χρήση τους και για τις δύο διαδικασίες. Παράδειγμα τέτοιας μηχανής αποτελεί ο αλωνιστής αξονικού τύπου του Σχήματος 3.4.

Μια απλή μηχανή σύνθλιψης/ άλεσης για πολύ εύθραυστο υλικό, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.21. Η έκθλιψη του εισερχόμενου από την χοάνη (3) υλικού μεταξύ του κυλίνδρου (1) και της ταινίας μεταφοράς (2) προκαλεί σύνθλιψη και μείωση του μεγέθους, ιδίως όταν πρόκειται για τα φύλλα, που είναι σε γενικές γραμμές πιο εύθραυστα. Η σφοδρότητα της μείωσης του μεγέθους είναι δυνατό να ελεγχθεί, επιλέγοντας τον τύπο του κυλίνδρου, όπως για παράδειγμα επιλέγοντας το σχέδιο αυλάκωσης, την απόσταση ανάμεσα στην ταινία μεταφοράς και τον κύλινδρο και την ταχύτητα μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη μηχανή θα μπορούσε επιπλέον να

χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση των μίσχων, στην περίπτωση που αυτοί δεν είναι πολύ εύθραστοι.

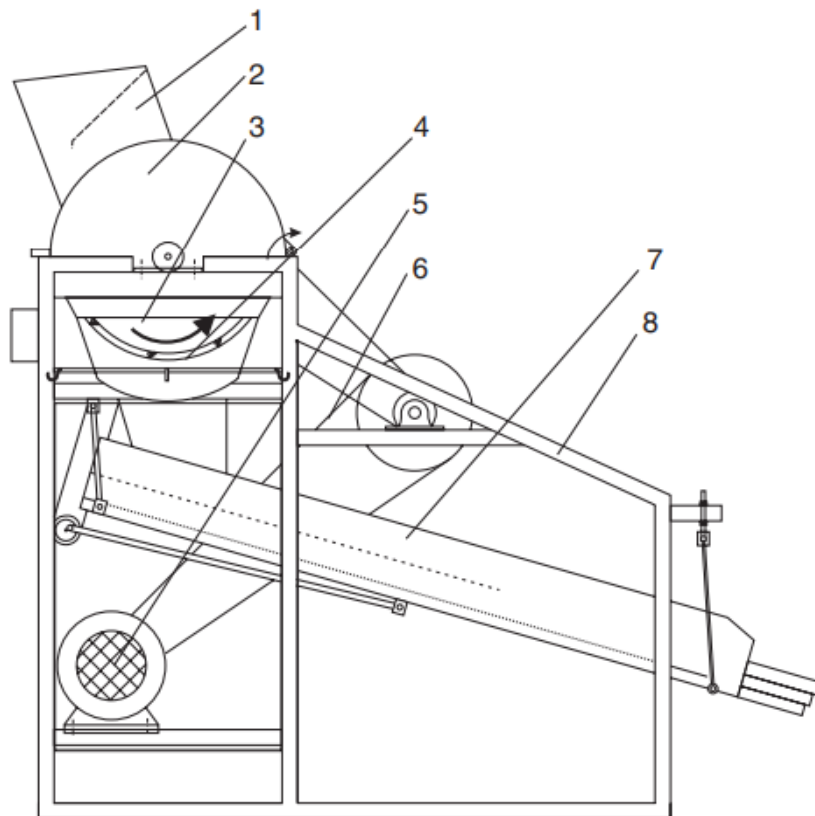


Σχήμα 3.21: Απλή μηχανή σύνθλιψης/ άλεσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekın και Martinov, 2007)

Ένα παράδειγμα μηχανής σύνθλιψης αξονικού τύπου, που χρησιμοποιείται για τη μείωση μεγέθους αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε μικρής και μεσαίας κλίμακας επιχειρήσεις, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.22. Η συγκεκριμένη μηχανή σύνθλιψης είναι αξονικού τύπου και είναι πανομοιότυπη με τον αλωνιστή του Σχήματος 3.2 α). Σε σύγκριση με τον αλωνιστή αυτό, το διάκενο ανάμεσα στο τύμπανο (3) και το περίβλημά του (2) είναι μικρότερο. Επιπλέον επιμέρους τμήματα της μηχανής σύνθλιψης αποτελούν η χοάνη (1), το κόσκινο (4), ο ηλεκτροκινητήρας (5), οι ιμάντες μετάδοσης (6), το κόσκινο (7) και το πλαίσιο (8).

Σημειώνεται ότι στη μηχανή αυτή έχει ενσωματωθεί κόσκινο κάτω από το τύμπανο, του οποίου μάλιστα η αντικατάσταση είναι συνήθως δυνατή, ώστε να είναι δυνατή και χρήση της μηχανής για το υλικό διαφορετικών φυτών και για διαφορετικά μεγέθη κοπής.

Η αξονικού τύπου μηχανή σύνθλιψης και ένα ενδεικτικό αποτέλεσμα σύνθλιψης παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.6. Όπως φαίνεται, προκύπτουν τρεις ομάδες μεγέθους σωματιδίων με την πιο λεπτή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φακελάκια τσαγιού και τις άλλες δύο για μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζονται περισσότερα του ενός περάσματα του φυτικού υλικού.



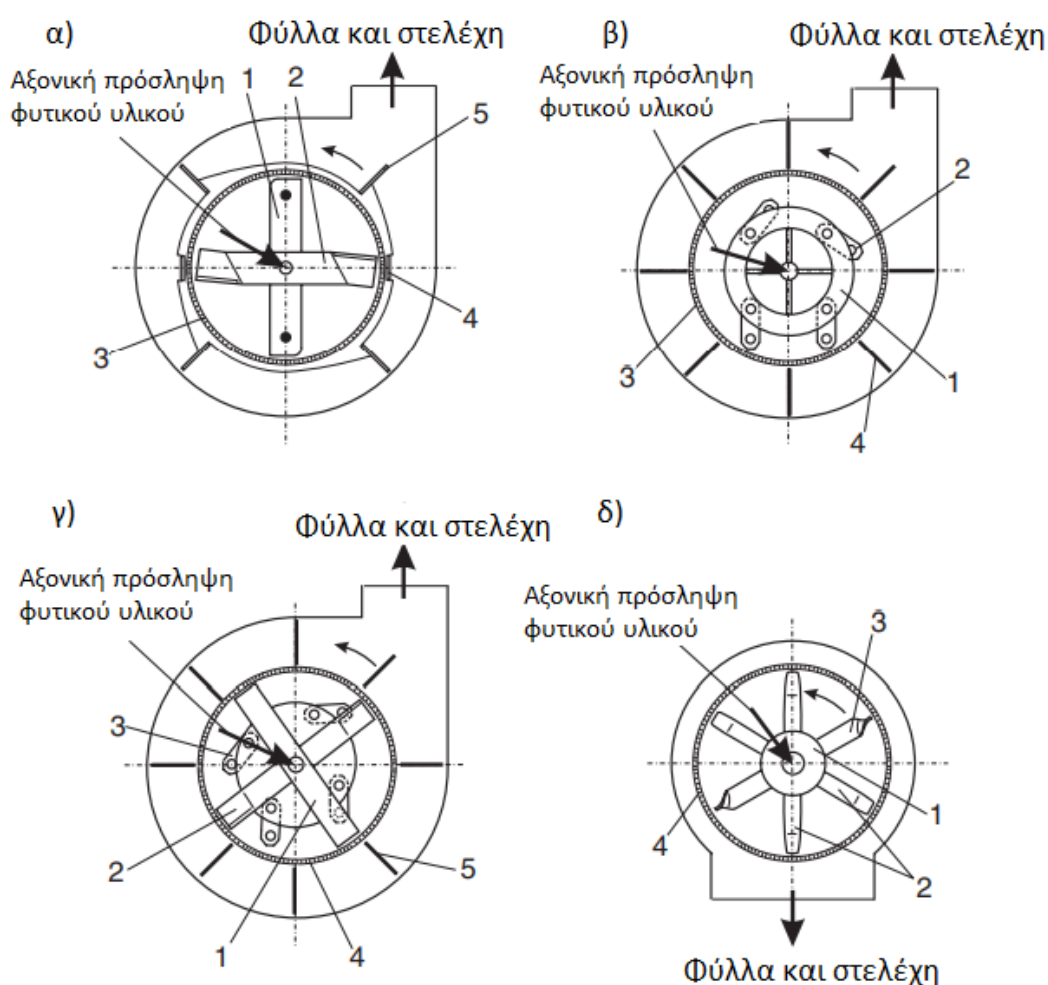
Σχήμα 3.22: Μηχανή σύνθλιψης αξονικού τύπου για τη μείωση μεγέθους αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε μικρής και μεσαίας κλίμακας επιχειρήσεις (Öztekin και Martinov, 2007)



Εικόνα 3.6: Μηχανή σύνθλιψης αξονικού τύπου και αποτελέσματα από την επεξεργασία μέντας (Öztekin και Martinov, 2007)

3.2.6 Μηχανές φρεζαρίσματος

Επειδή έχουν απλή σχεδίαση, χαμηλή αγοραστική τιμή και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πολλές άλλες καλλιέργειες πέραν των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, γίνεται συχνά χρήση των σφυρόμυλων για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Οι συνηθέστεροι τύποι σφυρόμυλων παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.23:



Σχήμα 3.23: Συνηθέστεροι τύποι σφυρόμυλων α) με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορείς πεπιεσμένου αέρα, β) με ελεύθερους αναδευτήρες, γ) με συνδυασμένους αναδευτήρες και δ) με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορά βαρύτητας (Öztekın και Martinov, 2007)

Ο πρώτος σφυρόμυλος (Σχήμα 3.23 α)) δεν είναι ένας τυπικός σφυρόμυλος λόγω της χρήσης σταθερών αναδευτήρων. Αποτελεί όμως στην σύγχρονη εποχή μια ιδιαίτερα ευρέως διαδεδομένη λύση, καθώς είναι για παράδειγμα μια χαμηλού κόστους εγκατάσταση για την επεξεργασία του σανού. Σε ό,τι αφορά τους αναδευτήρες, αυτοί

θα μπορούσαν είναι είτε αμβλείς είτε αιχμηροί είτε και ένας συνδυασμός και των δύο, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.40, όπου:

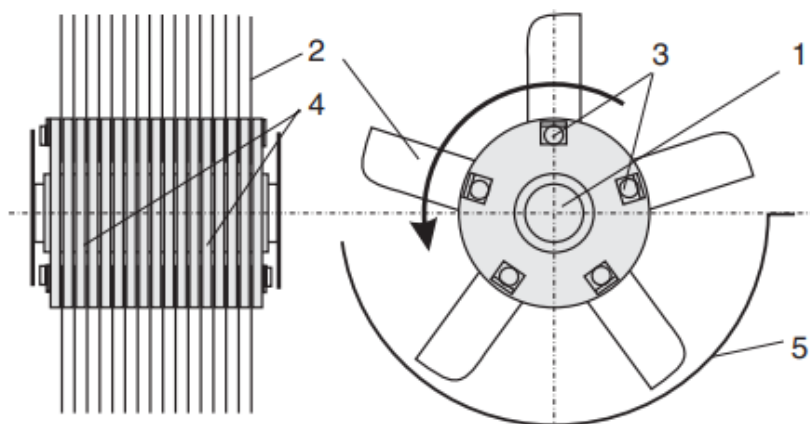
- Επιμέρους τμήματα του σφυρόμυλου με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορείς πεπιεσμένου αέρα αποτελούν ο αμβλύς αναδευτήρας (1), οι λεπίδες (2), το κόσκινο (3), τα πηχάκια μετρητή (4) και ο έλικας (5)
- Επιμέρους τμήματα του σφυρόμυλου με ελεύθερους αναδευτήρες αποτελούν ο ρότορας (1), οι ελεύθεροι αναδευτήρες (2), το κόσκινο (3) και ο έλικας (4)
- Επιμέρους τμήματα του σφυρόμυλου με συνδυασμένα αναδευτήρες αποτελούν ο αμβλύς αναδευτήρας (1), οι αναδευτήρες λεπίδων (2), οι ελεύθεροι αναδευτήρες (3), το κόσκινο (4) και ο έλικας (5)
- Επιμέρους τμήματα του σφυρόμυλου με σταθερούς αναδευτήρες και μεταφορά βαρύτητας αποτελούν ο ρότορας (1), οι λεπίδες τύπου 1 (2), οι λεπίδες τύπου 2 (3) και το κόσκινο (4).

Τα πηχάκια του πάγκου αλέθουν επιπλέον φυτικό υλικό έξω από το κόσκινο. Η διάσταση του ανοίγματος του κόσκινου καθορίζει το μέγεθος των σωματιδίων. Στην περίπτωση που το υλικό δεν είναι ευαίσθητο, δηλαδή στην περίπτωση που η μηχανική επεξεργασία δεν θα καταστρέψει τα δραστικά συστατικά, όπως για παράδειγμα για τα υλικά κόκκων, η χρήση του σφυρόμυλου μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική και ευνοϊκή. Προϋπόθεση είναι να μην υπάρχει απαίτηση για σωματίδια πολύ μικρού μεγέθους. Η χρήση του σφυρόμυλου, αντίθετα, για την επεξεργασία ευαίσθητων φυτών είναι πολύ περιορισμένη.

Οι σφυρόμυλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία για την προετοιμασία υλικού για εκχύλιση, απόσταξη και παρόμοιες εργασίες, στην περίπτωση που θα εφαρμοστούν αμέσως μετά την άλεση. Σε άλλες περιπτώσεις, η άλεση μπορεί να οδηγήσει σε εξαιρετικά υψηλού επιπέδου απώλειες αιθέριων ελαίων. Η διαδικασία άλεσης είναι επίσης ενεργοβόρα.

Υπάρχουν διαθέσιμοι ορισμένοι ειδικοί σχεδιασμοί σφυρόμυλων, ένας εκ των οποίων παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.24 και χρησιμεύει συγκεκριμένα για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Στον συγκεκριμένο σφυρόμυλο

χρησιμοποιούνται ελεύθερα λεπτά σφυριά από ανοξείδωτο χάλυβα (2). Η χρήση αυτών των σφυριών οδηγεί σε μια ευνοϊκή μείωση μεγέθους του φυτικού υλικού. Το κόσκινο (5) τοποθετείται σε μια ορισμένη απόσταση από τα σφυριά και κατά συνέπεια μειώνεται το αποτέλεσμα τριβής. Επιπλέον επιμέρους τμήματα του συγκεκριμένου σφυρόμυλου αποτελούν ο άξονας (1), οι κοχλίες (3) και οι πλάκες σε απόσταση (4) (Öztekin και Martinov, 2007).



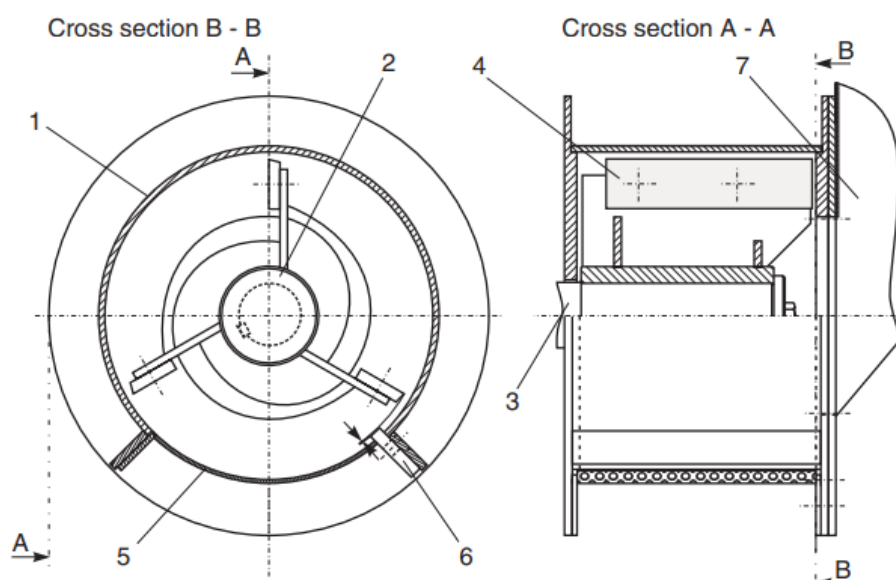
Σχήμα 3.24: Παράδειγμα ειδικού σχεδιασμού σφυρόμυλου που χρησιμεύει συγκεκριμένα για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

3.2.7 Ειδικές εγκαταστάσεις μείωσης μεγέθους

Ορισμένες από τις μηχανές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση μεγέθους των υλικών αρωματικών και φαρμακευτικών δεν μπορούν να ταξινομηθούν σε καμία από παραπάνω ομάδες. Τα δύο παραδείγματα που παρουσιάζονται στην παρούσα Υποενότητα είναι υβριδικές μηχανές δύο ή περισσότερων από τις παραπάνω κατηγορίες: το πρώτο παράδειγμα είναι ο θραυστήρας αγριοτριαντάφυλλου, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.25 και το δεύτερο ο συνδυασμένος αλεστής μύλος, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.26.

Ειδικότερα η μηχανή του Σχήματος 3.25 χρησιμοποιείται για τη σύνθλιψη του σώματος του αγριοτριαντάφυλλου, ώστε να καταστεί δυνατός ο επιτυχής διαχωρισμός των καρπών, του περικαρπίου και των βελόνων, οπότε και δεν είναι επιθυμητή η πρόσθετη μείωση του μεγέθους. Οι περιστρεφόμενοι αναδευτήρες - λεπίδες (4) με υψηλές στροφές συνθλίβουν αγριοτριαντάφυλλα, που τροφοδοτούνται αξονικά. Ο κύριος παράγοντας σύνθλιψης είναι η άμεση κρούση, αλλά συμβάλλει και το αντίθετη λεπίδα (6). Το κόσκινο (5) προορίζεται να εμποδίζει την πτώση μεγαλύτερων

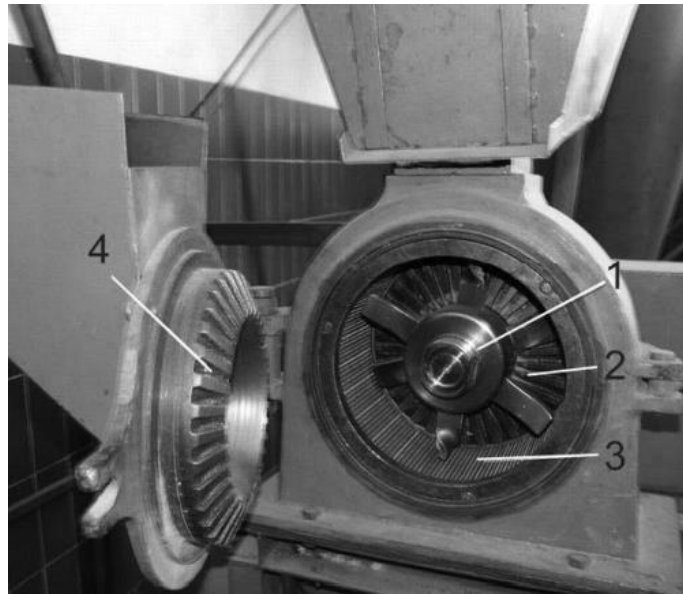
σωματιδίων. Τα μεγαλύτερα σωματίδια διατηρούνται στο εσωτερικό του μύλου για επιπλέον επεξεργασία. Αυτή η μηχανή είναι στην πραγματικότητα ένας συνδυασμός μιας μηχανής κοπής και ενός σφυρόμυλου με σταθερά σφυριά. Επιπλέον επιμέρους τμήματά της αποτελούν το περίβλημα (1), ο ρότορας (2), οι άξονες (3), και η χοάνη (7).



Σχήμα 3.25: Μηχανή σύνθλιψης του αγριοτριαντάφυλλου (Öztekın και Martinov, 2007)

Η μηχανή, που παρουσιάζεται στο Εικόνα 3.7, χρησιμοποιείται συνήθως για την άλεση μπαχαρικών, αν και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για ορισμένα φαρμακευτικά φυτά. Είναι αξιοσημείωτα αποτελεσματική στην άλεση σιτηρών. Η μηχανή επεξεργάζεται το υλικό με συνδυασμό θρυμματισμού και φρεζαρίσματος. Τα χτυπητήρια στερεώνονται στην πλήμνη (1). Η μπροστινή πλευρά ή το κάλυμμα του μύλου (4) και η αντίθετη πλευρά από το κάλυμμα (2) είναι κατασκευασμένα από πλάκες με ακτινωτές αυλακώσεις. Το κόσκινο (3) έχει μικρή επίδραση στην επεξεργασία του υλικού, αλλά επιτρέπει τη διέλευση σωματιδίων μικρότερων από τη διάμετρο του ανοίγματος.

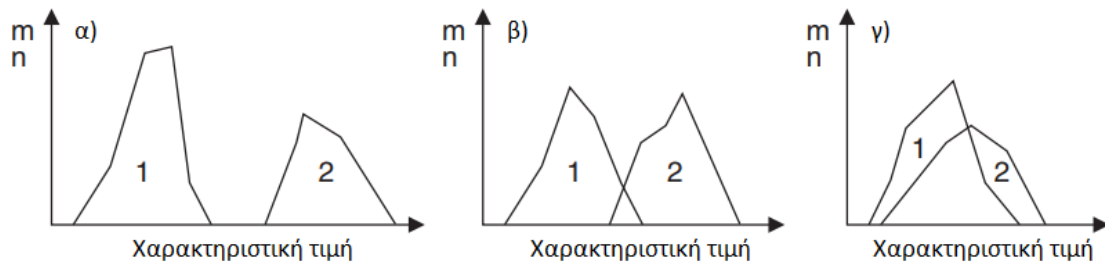
Οι αρχές άλεσης της συγκεκριμένης μηχανής βασίζονται σε πολύ έντονο τρίψιμο. Αυτό σημαίνει ότι η μηχανή αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία μόνο για το τρίψιμο μη ευαίσθητων φυτικών υλικών, όπως για παράδειγμα, κόκκων.



Εικόνα 3.7: Συνδυασμένος αλεστής μύλος για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

3.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΞΗΡΑΝΣΗΣ

Ο διαχωρισμός και ταξινόμηση αποτελεί μια τυπική διαδικασία σε όλες σχεδόν τις αλυσίδες παραγωγής τροφίμων. Η αφαίρεση του συνόλου ή των πιο ανεπιθύμητων υλικών και τμημάτων ενός φυτού, όπως και η διαλογή βάσει κάποιου χαρακτηριστικού, είναι μια κρίσιμη διαδικασία εξευγενισμού, που παλαιότερα εφαρμοζόταν χειρωνακτικά. Οι χειρωνακτικές διεργασίες εξευγενισμού δεν εφαρμόζονται πλέον με εξαίρεση ορισμένες περιοχές και για ορισμένα μόνο φυτά. Ωστόσο, από την άλλη, ο χειρωνακτικός έλεγχος συνεχίζει να εφαρμόζεται ακόμη και όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις υψηλής μηχανικής, στις οποίες γίνεται χρήση ιμάντων ή τραπεζιών εποπτείας. Ο μηχανοποιημένος διαχωρισμός και η ταξινόμηση έχουν σε όλες τις περιπτώσεις τη βάση τους στη διαφοροποίηση σε ορισμένα χαρακτηριστικά των συστατικών εντός του υλικού. Την προϋπόθεση για τον διαχωρισμό οποιουδήποτε ανεπιθύμητου ή/ και επιθυμητού συστατικού αποτελεί η επαρκής διαφορά κάποιου από τα χαρακτηριστικά του συστατικού αυτού, ώστε να καταστεί εφικτός ο διαχωρισμός του από το υπόλοιπο υλικό. Στο Σχήμα 3.26 παρουσιάζεται η προϋπόθεση - ζήτηση αυτή.



Σχήμα 3.26: Χαρακτηριστικά των συστατικών του υλικού και προϋπόθεση για διαχωρισμό (m : κατανομή μάζας, n : κατανομή αριθμού) με α) τα πεδία χαρακτηριστικών να είναι ευδιάκριτα μεταξύ τους, β) τα πεδία χαρακτηριστικών να αλληλεπικαλύπτονται εν μέρει και γ) τα πεδία χαρακτηριστικών να επικαλύπτονται σε σημαντικό βαθμό (Öztekin και Martinov, 2007)

Πριν την επιλογή της διαδικασίας διαχωρισμού - ταξινόμησης, είναι σημαντικό να είναι γνωστά τα βασικότερα δεδομένα των υλικών. Στην περίπτωση διαφοροποίησης κάποιων από τα χαρακτηριστικά των ανεπιθύμητων συστατικών (Σχήμα 3.26 α)), ο διαχωρισμός μπορεί να είναι επιτυχημένος. Φυσικά το αποτέλεσμα του διαχωρισμού είναι συνάρτηση της ποιότητας της χρησιμοποιούμενης διάταξης και διαδικασίας.

Στην περίπτωση μιας εν μέρει επικάλυψης μεταξύ των πεδίων χαρακτηριστικών των υπό διαχωρισμό συστατικών (Σχήμα 3.26 β)), δε μπορεί να λάβει χώρα ένας πλήρης διαχωρισμός, ακόμη και αν χρησιμοποιηθούν η καλύτερη τόσο διάταξη όσο και διαδικασία. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να υπάρξει ένας συμβιβασμός ανάμεσα στις απώλειες του επιθυμητού υλικού, που μπορεί να προκύψουν από την επιλεγόμενη διάταξη και στην πρόσμιξη ανεπιθύμητων συστατικών.

Στην περίπτωση μιας σημαντικής επικάλυψης μεταξύ των πεδίων χαρακτηριστικών των υπό διαχωρισμό συστατικών (Σχήμα 3.26 γ)), δε μπορεί να λάβει χώρα ο διαχωρισμός. Για παράδειγμα, αν η κρίσιμη ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 3,3 m/s και 4,2 m/s για τα φύλλα, δηλαδή μεταξύ 7,8 m/s και 8,7 m/s για τους μίσχους, τότε μπορεί να λάβει χώρα ένας επιτυχής διαχωρισμός ροής αέρα. Αν η κρίσιμη ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ 7,5 m/s και 8,9 m/s για τους κόκκους, δηλαδή μεταξύ 8,1 m/s και 9,2 m/s για τα αναμεμιγμένα σωματίδια, ο διαχωρισμός ροής αέρα δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Για τη διαδικασία διαχωρισμού - ταξινόμησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες φυσικές ιδιότητες, οι κύριες από τις οποίες και συνάρτηση της σημασίας και της συχνότητας χρήσης, έχουν ως εξής:

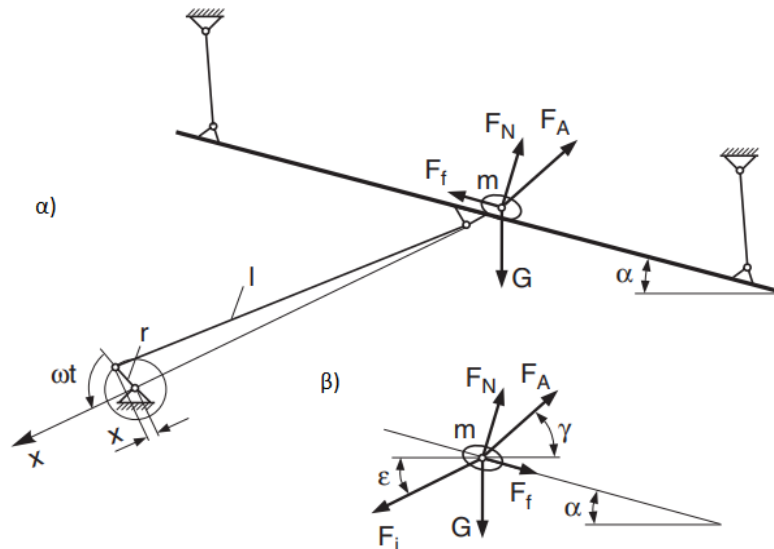
1. Μέγεθος, διαστάσεις
2. Αντίσταση ροής αέρα
3. Σχέση μορφής, μήκους - διατομής
4. Συντελεστής τριβής
5. Αντίσταση κύλισης
6. Πυκνότητα
7. Ηλεκτρικές ιδιότητες
8. Χρώμα.

3.3.1 Διαχωρισμός - ταξινόμηση βάσει του μεγέθους/ διαστάσεων

Καθώς υπάρχουν πολλά μίγματα φυτικών υλικών, στα οποία τα συστατικά έχουν διαφορετικά μεγέθη ή/ και διαστάσεις, ο διαχωρισμός βάσει μεγέθους/ διαστάσεων χρησιμοποιείται με την εφαρμογή κατάλληλων εγκαταστάσεων, που διακρίνουν τη διαφορά αυτή, για να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός ανάμεσα στα επιθυμητά ή/ και τα ανεπιθύμητα συστατικά. Η ίδια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και με στόχο να ταξινομηθούν τα υλικά. Μια ακόμη διαδικασία αποτελεί η αφαίρεση συστατικών είτε μικρότερου είτε μεγαλύτερου μεγέθους από το επιθυμητό υλικό.

Οι τυπικότερες διατάξεις για τον διαχωρισμό ή/ και την ταξινόμηση βάσει μεγέθους/ διαστάσεων είναι τα διαφορετικά είδη κόσκινου. Κουνώντας το φυτικό υλικό πάνω από την επιφάνεια του κόσκινου, καθίσταται δυνατή η αφαίρεση των μικρότερων σωματιδίων με το μέγεθος των σωματιδίων που τελικά αφαιρείται να εξαρτάται από το μέγεθος των ανοιγμάτων του κόσκινου.

Λόγω του σχήματος των σωματιδίων και του κόσκινου (σωματιδιακή δυναμική διαδικασία κοσκίνισματος) ο διαχωρισμός δεν είναι πάντα μοναδικός και ξεκάθαρος. Στο Σχήμα 3.27 παρουσιάζεται η κίνηση και αφαίρεση των σωματιδίων μέσα από το κόσκινο για έναν συγκεκριμένο τρόπο κίνησης του κόσκινου:



Σχήμα 3.27: Κοσκίνισμα με επίπεδο κόσκινο όπου α) μηχανισμός και φορτίο σωματιδίων και β) λεπτομέρειες του φορτίου σωματιδίων, που κινείται προς τα πάνω (Öztekin και Martinov, 2007)

Η επίδραση του κοσκινίσματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή των σωματιδίων. Η εντύπωση ότι τα ανοίγματα του κόσκινου πρέπει να είναι ελαφρώς μεγαλύτερα από τη διάμετρο των σωματιδίων, ισχύει μόνο για αργά κινούμενα σωματίδια σφαιρικής μορφής. Έτσι, για παράδειγμα για μια μορφή σωματιδίων, που μοιάζει με τους μίσχους, δηλαδή για μια διάσταση είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ανοιγμάτων του κόσκινου και των σωματιδίων σφαιρικής μορφής, τα σωματίδια θα αφαιρεθούν στην περίπτωση που το κέντρο βάρους και το ένα άκρο του μίσχου βρίσκονται στο άνοιγμα του κόσκινου.

Για μικρή αναλογία r/l , η μαθηματική περιγραφή της δυναμικής των σωματιδίων είναι:

$$x = r(1 - \cos \omega t) \quad \dot{x} = r\omega \sin \omega t \quad \ddot{x} = r\omega^2 \cos \omega t$$

Ενώ η δύναμη αδράνειας των σωματιδίων, F_i , είναι:

$$F_i = -m \cdot r\omega^2 \cos \omega t$$

Όπου:

m : μάζα σωματιδίων

Για την περίπτωση του Σχήματος 3.27 α), ακολουθούν τα εξής:

$$\pm G \sin \alpha + F_i \cos(\varepsilon \pm \alpha) + F_A \cos(\gamma \pm \alpha) > F_i \quad \text{και}$$

$$F_N = G \cos \alpha - F_i \sin(\varepsilon \pm \alpha) - F_A \sin(\gamma \pm \alpha)$$

Όπου:

G: βάρος σωματιδίων

F_N: δύναμη φυσιολογική στην επιφάνεια του κόσκινου

F_A: αντίσταση ροής αέρα σωματιδίων

Η υπό συνθήκη εξίσωση (conditional equation) για την κίνηση των σωματιδίων από την αρχή μέχρι το τέλος του κόσκινου είναι:

$$F_i \cos(\varphi \mp \alpha - \varepsilon) > G \sin(\varphi \mp \alpha) - F_A \cos(\varphi \mp \alpha - \gamma)$$

$$mrw_1^2 \cos \omega_1 t \cos(\varphi \mp \alpha - \varepsilon) > G \sin(\varphi \mp \alpha) - F_A \cos(\varphi \mp \alpha - \gamma)$$

Όπου:

φ: γωνία τριβής κόσκινου σωματιδίων

Η για μια επιτάχυνση βαρύτητας, g=9,8 m/s:

$$\frac{rw_1^2}{9,8} \cos \omega_1 t = k_1 \cos \omega_1 t > \frac{\sin(\varphi \mp \alpha)}{\cos(\varphi \mp \alpha - \varepsilon)} - \frac{F_A \cos(\varphi \mp \alpha - \gamma)}{G \cos(\varphi \mp \alpha - \varepsilon)}$$

Όπου:

$$k_1 = \frac{rw_1^2}{9,8}$$

Για κοσκίνισμα χωρίς ροή αέρα η F_A=0. Ο συντελεστής k₁ είναι:

$$k_1 > \frac{\sin(\varphi \pm \alpha)}{\cos(\varphi \pm \alpha - \varepsilon) \cos \omega_1 t}$$

Για σωματίδια που κινούνται προς τα πάνω και προς τα κάτω, ο συντελεστής k₂ για τις ίδιες συνθήκες θα είναι:

$$k_2 > \frac{\sin(\varphi \pm \alpha)}{\cos(\varphi \pm \alpha - \varepsilon) \cos \omega_2 t}$$

Η για σωματίδια που αναπηδούν, ο συντελεστής k_3 είναι:

$$k_3 > \frac{\cos \varphi}{\sin(\varepsilon \pm \alpha) \cos \omega_3 t}$$

Το κοσκίνισμα των κόκκων απαιτεί:

$$k > k_3 > k_2 > k_1$$

Αυτή η θεωρητική προσέγγιση δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και δεν είναι εφαρμόσιμη για ορισμένα νέα σχέδια κόσκινων. Μια απλοποιημένη περιγραφή της έντασης της ταλάντωσης του κόσκινου μπορεί επίσης να είναι:

$$k = \frac{ew^2}{g}$$

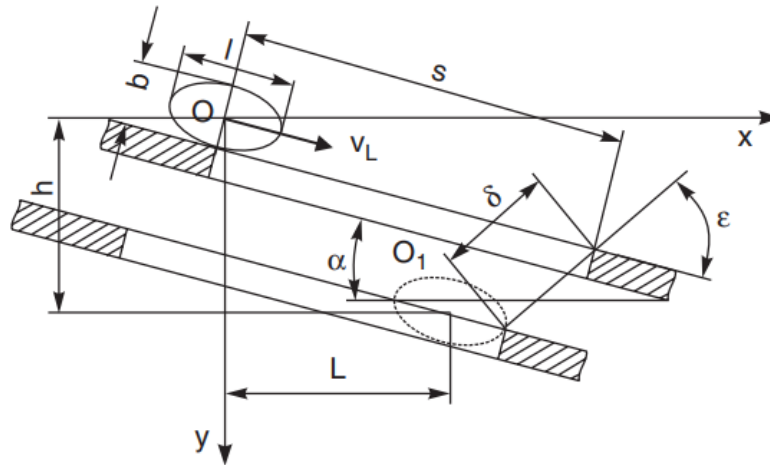
Όπου:

k: συντελεστής έντασης ταλάντωσης

e: μισό πλάτος, συχνότητα

Για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, ένας συντελεστής έντασης ταλάντωσης, k, με τιμές από 1,06 έως 1,10 είναι επαρκής. Στην περίπτωση αυτή δεν προκαλούνται αναπηδήσεις των σωματιδίων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προκύπτει για τις εξής τιμές: $e = 7 \text{ mm}$, $= 39 \text{ s}^{-1}$ και $k = 1,085$.

Η πεποίθηση ότι όλα τα σωματίδια με μια μέγιστη διάσταση που είναι μικρότερη από τα ανοίγματα του κόσκινου, αφαιρούνται είναι πολύ απλοποιημένη. Στο Σχήμα 3.28 παρουσιάζονται τέτοιες συνθήκες.



Σχήμα 3.28: Σωματίδια που κινούνται και πέφτουν μέσα από το άνοιγμα του κόσκινου, περιορίζοντας την ταχύτητα (Öztekin και Martinov, 2007)

Οι συνθήκες για την πτώση σωματιδίων μέσω των ανοιγμάτων του κόσκινου είναι:

$$x > L, \quad y \geq h$$

Όπου:

$$L = \left(S - \frac{1}{2}\right) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha - \delta \cos \varepsilon$$

Εδώ το δ είναι η μετατόπιση του κόσκινου κατά τη διάρκεια της πτώσης των σωματιδίων, t , σε s . Η περιοριστική ταχύτητα, v_L , μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$L \geq v_L \cos \alpha \quad h \leq \frac{gt^2}{2} + v_L t \sin \alpha \quad \delta = 2\varepsilon$$

$$v_L t \cos \alpha \leq \left(S + \frac{1}{2}\right) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha - \delta \cos \varepsilon$$

Αν:

$$A = S - \frac{1}{2} - \frac{b}{2} t g \alpha - 2\varepsilon \frac{\cos \varepsilon}{\cos \alpha}$$

Η οριακή τιμή της ταχύτητας θα ισούται με:

$$v_L = A \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{b + \delta \sin(\varepsilon + \alpha)}} \quad (m/s \text{ εφόσον παντού χρησιμοποιηθούν μονάδες SI})$$

Αυτή η περίπλοκη προσέγγιση χρησιμοποιείται εδώ μόνο για να καταδείξει τη σημασία της επιλογής του ε και της σχέσης για την επίτευξη της ίδιας τιμής του συντελεστή ταλάντωσης έντασης k . Η οριακή ταχύτητα για το κοσκίνισμα των κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 0,38 m/s και 0,45 m/s.

Η ταχύτητα των σωματιδίων εξαρτάται επίσης από την κλίση του κόσκινου και επηρεάζει άμεσα την ικανότητα του κόσκινου. Μια πολύ απλή εξίσωση για τον υπολογισμό της ικανότητας του κόσκινου είναι:

$$Q = v_{layer} \cdot A_{layer}$$

Η διατομή, A_{layer} , είναι ένα γινόμενο του πλάτους και του ύψους. Μεγαλύτερο ύψος σημαίνει περισσότερα εμπόδια για την αφαίρεση των μικρότερων σωματιδίων από το στρώμα υλικού, γεγονός που εμποδίζει και μια επιτυχημένη ταξινόμηση ή/ και διαχωρισμό. Οι πιθανότητες για επιτυχημένο διαχωρισμό - ταξινόμηση είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση που το κόσκινο είναι μακρύτερο. Για το λόγο αυτά τα κόσκινα έχουν συνήθως ένα μήκος διπλάσιο από το πλάτος.

Υπάρχουν δύο πρόσθετα κριτήρια για την αξιολόγηση του κόσκινου:

1. Συντελεστής απόδοσης διαχωρισμού, ε_E :

$$\varepsilon_E = \frac{m_S}{m_{AP}}$$

Όπου:

m_S : μάζα των διαχωρισμένων ανεπιθύμητων/ επιθυμητών σωματιδίων

m_{AP} : συνολική μάζα ανεπιθύμητων/ επιθυμητών σωματιδίων.

Ο συντελεστής απόδοσης διαχωρισμού μπορεί να υπολογιστεί δοκιμάζοντας 3 έως 5 δείγματα κοσκινισμένου υλικού, χρησιμοποιώντας εργαστηριακό κόσκινο. Αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από 0,8, ο διαχωρισμός

ταξινομείται ως επιτυχής, ενώ τιμές κάτω από 0,5 χαρακτηρίζονται ως ανεπιτυχείς.

2. Συντελεστής ακρίβειας διαχωρισμού - ταξινόμησης, ε_C :

$$\varepsilon_C = \frac{m_C}{m_T}$$

Όπου:

m_C : μάζα των σωματιδίων που βρίσκονται σε συγκεκριμένη κατηγορία διαστάσεων

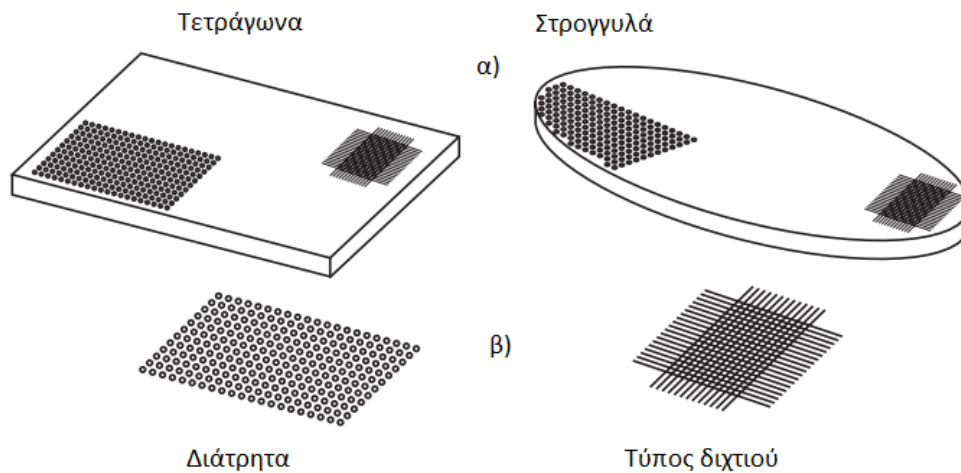
m_T : συνολική μάζα αυτής της κατηγορίας διαστάσεων.

Ένα εργαστηριακό κόσκινο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αυτήν την αξιολόγηση.

Αν και υπάρχει ένας μεγάλων αριθμός κατευθυντήριων γραμμών για την επιλογή ενός κόσκινου, η επιτυχία της επιλογής αυτής πιστεύεται ότι είναι πρωτίστως ζήτημα εμπειρίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα διαφορετικά φυτά ή ακόμη και τα ίδια τα τμήματά τους παρουσιάζουν μια πολύ διαφορετική συμπεριφορά.

Τα κόσκινα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες: α) τα επίπεδα, των οποίων η χρήση είναι ευρύτερη και που είναι αυτά που αφορά κυρίως η παρακάτω περιγραφή και β) τα κυλινδρικά κόσκινα, για τα οποία επίσης θα παρουσιαστούν κάποιες λεπτομέρειες στη συνέχεια.

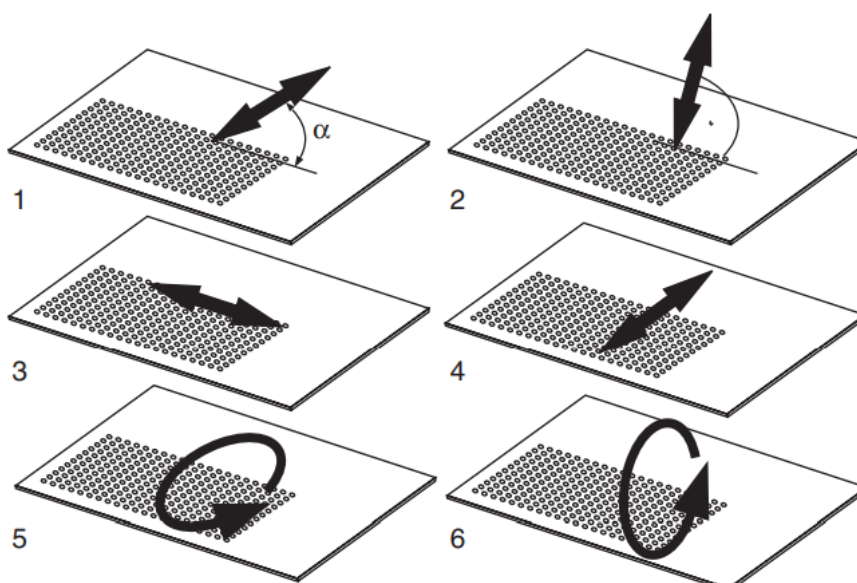
Όπως έχει διαπιστωθεί και από τα παραπάνω το πρώτιστο χαρακτηριστικό για κάθε κόσκινο είναι το μέγεθος των ανοιγμάτων του. Σημαντικό χαρακτηριστικό αποτελεί και το πάχος των κόσκινων. Διαφορετικές μορφές κόσκινων με την πλειοψηφία τους να έχουν ορθογώνια ή στρογγυλή μορφή, παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.29. Τα ανοίγματα είναι ως στις περισσότερες περιπτώσεις στρογγυλά και διάτρητα σε λαμαρίνα ή τετράγωνα και κατασκευασμένα από συρμάτινο δίχτυ. Στην περίπτωση που τα ανοίγματα δεν έχουν στρογγυλό ή τετράγωνο σχήμα, απαιτείται η γνώση επιπλέον δεδομένων.



Σχήμα 3.29: Τα πιο συνηθισμένα α) σχήματα κόσκινου και οι πιο κοινότεροι β) τύποι ανοιγμάτων τους (Öztekin και Martinov, 2007)

Για πολύ μικρά ανοίγματα, μικρότερα δηλαδή από 0,5 mm, χρησιμοποιείται πλαστικό υφαντό δίχτυ. Τα διαφορετικά σχήματα των ανοιγμάτων του κόσκινου είναι διάτρητα σε μέταλλο και χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό μακρύτερων κόκκων και στελεχών. Τα περισσότερα κόσκινα στερεώνονται στο πλαίσιο με συγκόλληση, συγκόλληση ή μάτισμα. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται μόνο παχύτερα κόσκινα χωρίς πρόσθετο πλαίσιο ή κάποια άλλη δομή στήριξης.

Τα νέα τεχνικά επιτεύγματα παρέχουν νέες δυνατότητες σχεδιασμού κόσκινων, τα οποία είναι ικανά να οδηγήσουν σε μια πιο κατάλληλη κίνηση των σωματιδίων και έτσι και σε ένα πιο αποδοτικό κοσκίνισμα. Πιθανοί τρόποι ταλάντωσης για ένα κόσκινο, παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.30:



Σχήμα 3.30: Τρόποι ταλάντωσης ενός κόσκινου (Öztekin και Martinov, 2007)

Ο πρώτος τρόπος ταλάντωσης, που είναι τυπικός για τα συμβατικά κόσκινα, είναι μια ταλάντωση σε ένα κατακόρυφο επίπεδο με το διάνυσμα της ταχύτητας να έχει μια γωνία μεταξύ 0° και 90° με το επίπεδο του κόσκινου. Στον δεύτερο και τον τρόπο ταλάντωσης, που αποτελούν ειδικές περιπτώσεις ταλάντωσης, η συγκεκριμένη γωνία είναι 90° και 0° αντίστοιχα. Στον τέταρτο τρόπο ταλάντωσης, η κίνηση του κόσκινου είναι οριζόντια από τα δεξιά προς τα αριστερά και αντίστροφα, ενώ στο πέμπτο τρόπο το κόσκινο εκτελεί μια περιστροφική κίνηση σε ένα οριζόντιο επίπεδο. Στον τελευταίο και έκτο τρόπο το κόσκινο κινείται σε κατακόρυφο επίπεδο.

Η επίδραση α) του τρόπου ταλάντωσης και β) της έντασης ταλάντωσης είναι σημαντική σε ό,τι αφορά την επεξεργασία ορισμένων μιγμάτων φυτικών υλικών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση χρήσης του πρώτου ή του δεύτερου από τους παραπάνω τρόπους και εφόσον η ένταση της ταλάντωσης οδηγεί το υλικό σε άλματα, οι μίσχοι και τα στελέχη δεν θα αφαιρεθούν από τα ανοίγματα του κόσκινου. Εδώ οι άξονες των μίσχων και των στελεχών είναι σε κατακόρυφη θέση και οι διαστάσεις της διατομής τους είναι μικρότερες από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Το κοσκίνισμα ορισμένων ελλειψοειδών κόκκων θα είναι, ωστόσο, αποδοτικό με αποτέλεσμα μια αυξημένη ικανότητα κοσκινίσματος.

Η ένταση δόνησης του κόσκινου είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Η υψηλότερη ένταση μπορεί να οδηγήσει σε μια εντατική ρευστοποίηση υλικού και σαν αποτέλεσμα στο φαινόμενο των ιπτάμενων σωματιδίων. Συνέπεια είναι να μην μπορούν να αφαιρεθούν τα σωματίδια. Μια χαμηλότερη ένταση δόνησης μπορεί να οδηγήσει τα μικρότερα σωματίδια σε μια θέση πάνω από τα μεγαλύτερα σωματίδια εντός του κόσκινου με αποτέλεσμα να μη μπορούν και αυτά να αφαιρεθούν. Η αλλαγή της έντασης της δόνησης, ρυθμίζοντας είτε το πλάτος είτε τη συχνότητα ταλάντωσης μπορεί να άρει τον συγκεκριμένο περιορισμό. Στην σύγχρονη εποχή αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός μετατροπέα συχνότητας ακόμη και για απλούστερες και φθηνότερες συσκευές κοσκινίσματος.

Τα κόσκινα μπορούν να διαμορφωθούν ως εξής:

1. Κάθετα - το ένα πάνω από το άλλο
2. Οριζόντια - το ένα πίσω από το άλλο
3. Συνδυασμένα.

Η πιο ευρέως διαδεδομένη διαμόρφωση είναι τα κάθετα κόσκινα, στην οποία το κόσκινο με τα μεγαλύτερα ανοίγματα βρίσκεται στην κορυφή. Στην οριζόντια διαμόρφωση, το πρώτο κόσκινο έχει τα μικρότερα και το τελευταίο τα μεγαλύτερα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα, καθώς τα μικρότερα σωματίδια θα πρέπει περάσουν μέσω ολόκληρου του στρώματος υλικού στην αρχή του κοσκινίσματος. Ένα ακόμα μειονέκτημα της οριζόντιας διαμόρφωσης είναι ότι το συνολικό κόσκινο είναι μεγαλύτερο, καθώς όλα τα μήκη κόσκινου αθροίζονται. Λόγω των μακρύτερων πλαισίων και του περιβλήματος του κόσκινου, είναι δύσκολο να εξαλειφθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των δονήσεων. Από την άλλη, το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης διαμόρφωσης κόσκινου είναι ότι καθίσταται δυνατός ο έλεγχος της ροής του υλικού, καθώς και ο χειρωνακτικός καθαρισμός του κόσκινου. Τα συνδυασμένα κόσκινα χρησιμοποιούνται για ειδικές μηχανές και απαιτήσεις.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι γεννητριών ταλάντωσης με διαφορετικούς τύπους σύνδεσης με το πλαίσιο. Οι πιο χαρακτηριστικές είναι οι εξής:

1. Κάθετο έκκεντρο σύστημα
2. Οριζόντιο έκκεντρο σύστημα
3. Ηλεκτροκινητήρας με μη ισορροπημένη μάζα
4. Περιστρεφόμενος δίσκος κατακόρυφου άξονα με μη ισορροπημένη μάζα
5. Περιστρεφόμενος δίσκος οριζόντιου άξονα με μη ισορροπημένη μάζα
6. Ηλεκτρομαγνητικός διεγέρτης.

Για απλές μηχανές, γίνεται συχνά χρήση έκκεντρων συστημάτων με ηλεκτροκινητήρα. Εξάιρεση αποτελεί το σύστημα, του οποίου η κίνηση επιτυγχάνεται μέσω γεωργικού ελκυστήρα ή άλλων παρόμοιων κινητήρων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι δεσμοί ανάμεσα στο περίβλημα του κοσκινού και το πλαίσιο είναι μικρότερης σημασίας και μόνο ορισμένοι σχεδιασμοί απαιτείται επιπλέον να λειτουργήσουν ως προστασία με στόχο τη μείωση της μεταφοράς δονήσεων.

Στην πλειοψηφία των κόσκινων με μη ισορροπημένη μάζα υπάρχουν σύνδεσμοι τύπου ελατηρίων, ώστε να επιτραπεί η ανάπτυξη ταλαντώσεων του

περιβλήματος του κόσκινου, ενώ γίνεται χρήση διαφορετικών υλικών και σχεδιασμών. Για να ρυθμιστεί η ένταση ταλάντωσης, το κέντρο μάζας και περιστροφές ανά λεπτό τροποποιούνται.

Οι ταλαντώσεις ενδέχεται να έχουν σημαντική επίδραση τόσο στη δομή όσο και το περιβάλλον της μηχανής. Ανάλογα με την ένταση της ταλάντωσης, η παροχή προστασίας είναι επιθυμητή ή ακόμα και απαραίτητα. Ορισμένες μέθοδοι προστασίας έχουν ως εξής:

1. Μείωση της μάζας του κόσκινου και του περιβλήματος στο ελάχιστο δυνατό
2. Σύζευξη κόσκινων και περιβλήματος με αντίθετη ταλαντούμενη μάζα, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση δύο περιβλημάτων με αντίθετες κατευθύνσεις ταλάντωσης
3. Χρήση ισχυρών ογκωδών πλαισίων στερεωμένων στο έδαφος.

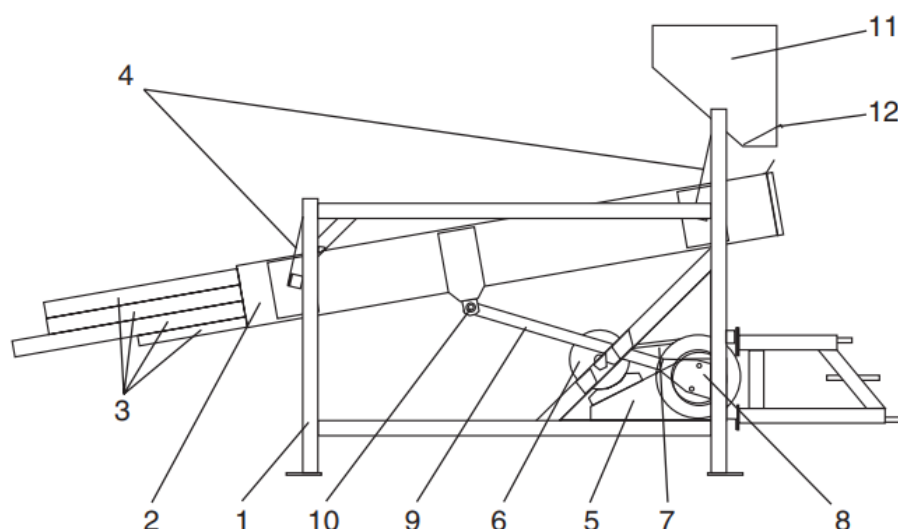
Τα κόσκινα συχνά παρατηρούν αστοχία και ιδίως όταν πρόκειται για τα απλούστερα μοντέλα. Με στόχο να αποφευχθεί μια αστοχία μπορούν να ληφθούν διαφορετικά μέτρα, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση ράβδων από ξύλο ή άλλων στοιχείων από ελαστικό, που βοηθούν στο να αλλάξει η κατεύθυνση κίνησης του περιβλήματος με κόσκινα. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που μια τέτοια εφαρμογή έχει αρνητική επίδραση. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται η χρήση καινοτόμων υλικών, που ενσωματώνουν στοιχεία προστασίας προς επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος και τα οποία δεν απαιτούν είτε κάποιο μεγάλο κεφαλαιουχικό κόστος είτε κάποια παρέμβαση μεγάλης κλίμακας.

Στο Σχήμα 3.31 παρουσιάζεται ένας από τους πιο συνηθισμένους και πιο ευρέως γνωστούς τύπους κόσκινου. Το συγκεκριμένο κόσκινο έχει χρησιμοποιηθεί εδώ και πολλά χρόνια, ενώ η χρήση του συνεχίζεται ιδίως στις μικρής και μεσαίας κλίμακας καλλιέργειες και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η λειτουργία του βασίζεται στη χρήση ενός κατακόρυφου έκκεντρου μηχανισμού, που δημιουργεί ταλαντώσεις στο περίβλημα του κόσκινου.

Αποτελείται από ένα κάθετα διαμορφωμένο κόσκινο, στο οποίο εφαρμόζεται ο πρώτος τρόπος ταλάντωσης του Σχήματος 3.30. Οι ταλαντευόμενοι βραχίονες (4) κατασκευάζονται κυρίως από σκληρό ξύλο, ενώ χρησιμοποιούν έναν ελαστικό σύνδεσμο καρφίτσας (10), που μειώνει την αρνητική επιρροή των ταλαντώσεων στα

στοιχεία της μηχανής. Το γεγονός ότι το πλαίσιο στερεώνεται με σκοπό να μειωθούν οι δονήσεις, μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα, τα οποία για να επιλυθούν, βέλτιστη λύση θα αποτελούσε η χρήση μιας καλά ισορροπημένης μηχανής, που θα διακρίνεται για τη χαμηλή ένταση των δονήσεων και δε θα απαιτεί επιπλέον ρυθμίσεις ή παρεμβάσεις πέραν του περιορισμού της κίνησής της.

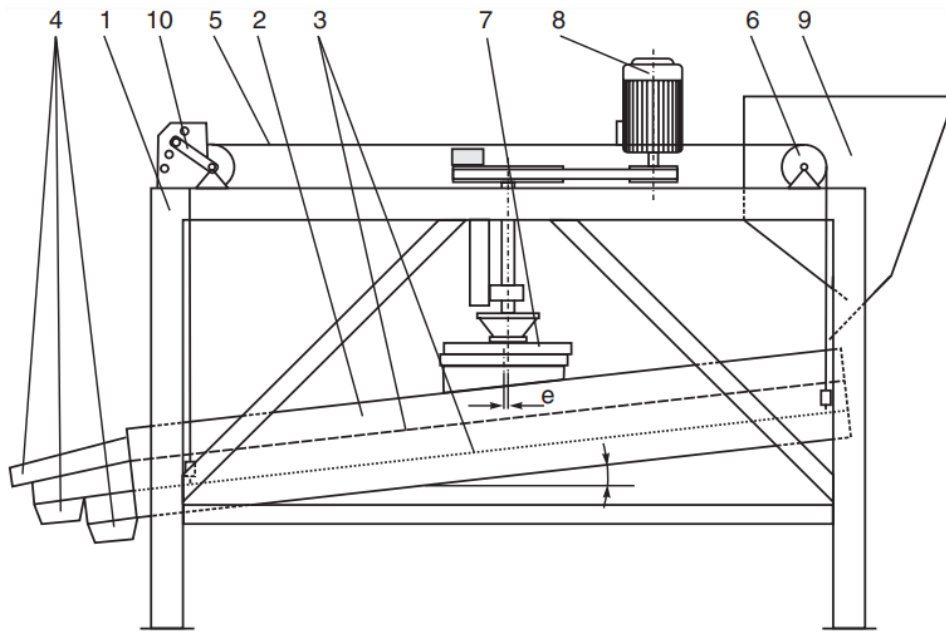
Σημειώνεται ότι επιπλέον επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής αποτελούν το πλαίσιο (1), το περίβλημα κόσκινου (2), οι έξοδοι κλασμάτων (3), το περίβλημα κίνησης (5), ο έκκεντρος δίσκος (6), ο ιμάντας (7), η μονάδα οδήγησης (8), η ράβδος (9), η χοάνη (11) και ο ολισθητήρας (12).



Σχήμα 3.31: Κόσκινο με κατακόρυφο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007)

Ένα άλλο παράδειγμα είναι ένα κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό του Σχήματος 3.32. Στην περίπτωση αυτή γίνεται χρήση ενός κατακόρυφου άξονα που περιστρέφει μια πλάκα με έκκεντρη μάζα (7). Η συζευγμένη πλάκα συνδέεται με το κιβώτιο του κόσκινου (2) με ένα σφαιρικό ρουλεμάν. Η πλάκα είναι στερεωμένη στο κέντρο βάρους του κουτιού, δηλαδή στο κεντρικό σημείο μεταξύ δύο κατακόρυφων χαλύβδινων καλωδίων. Η περιστροφή των δίσκων με χαλύβδινα καλώδια (5) επιτρέπει την αλλαγή της κλίσης του κιβωτίου κόσκινου. Η αλλαγή της κλίσης αλλάζει τη ροή του υλικού, τη διαδικασία διαχωρισμού και την ικανότητα του κόσκινου.

Επιπλέον επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής αποτελούν το πλαίσιο (1), τα κόσκινα (3), οι έξοδοι (4), οι κύλινδροι (6), ο οδηγός (8), η χοάνη με ολισθητήρα (9) και η συσκευή ρύθμισης κλίσης (10).



Σχήμα 3.32: Κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007)

Ένα κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό παρουσιάζεται και στην Εικόνα 3.8:

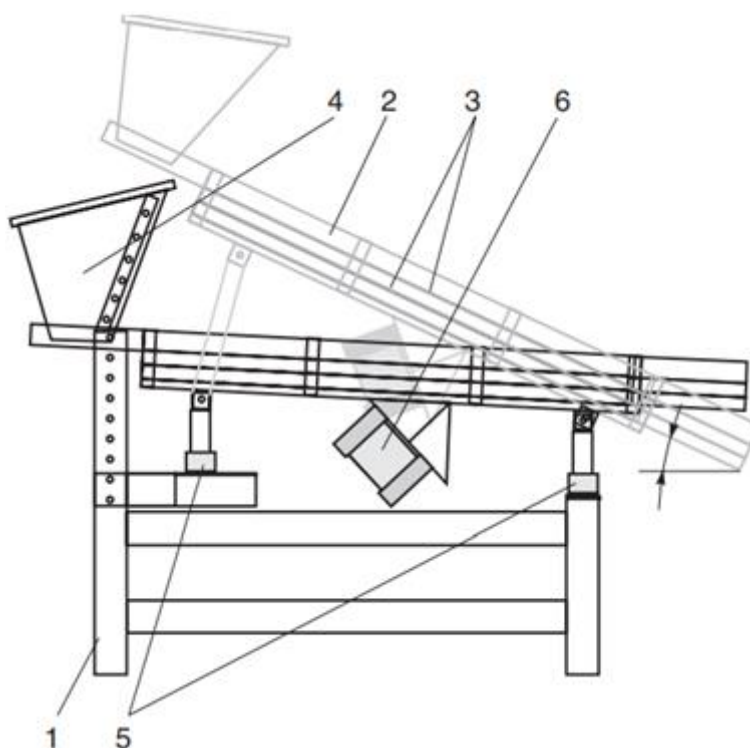


Εικόνα 3.8: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο με οριζόντιο έκκεντρο μηχανισμό (Öztekin και Martinov, 2007)

Εδώ η κάτω θωράκιση χρησιμοποιείται για την κάλυψη των έκκεντρων πλακών, ενώ η πάνω θωράκιση για την κάλυψη της κίνησης του ιμάντα με ισορροπημένη μάζα, που λειτουργεί ως το μέσο για τη μείωση των δονήσεων της

μηχανής. Στην συγκεκριμένη μηχανή το κόσκινο είναι κάθετα διαμορφωμένο και η λειτουργία του είναι σύμφωνη με τον πέμπτο τρόπο ταλάντωσης του Σχήματος 3.30. Για την προστασία από την ταλάντωση γίνεται χρήση μιας αντίθετης μάζας. Επειδή παρατηρείται μια διαφορά ανάμεσα στα επίπεδα, αναπτύσσεται μια ροπή που είναι πιθανό να επιδράσει με αρνητικό τρόπο στην μηχανή.

Ηλεκτροκινητήρες με μη ισορροπημένη μάζα για την παραγωγή ταλάντωσης χρησιμοποιούνται στην σύγχρονη εποχή ολοένα και πιο συχνά λόγω της μαζικής παραγωγής του συγκεκριμένου τύπου μηχανών και λόγω της χαμηλής τιμής τους. Στους συγκεκριμένους τύπους μηχανών, ένας ηλεκτροκινητήρας χαμηλής ισχύος έχει έναν άξονα και με τους δύο πλευρικούς στροφείς. Δύο πλάκες συνδέονται εδώ με τη ρυθμιζόμενη μη ισορροπημένη μάζα. Ένα απλό κόσκινο που εφαρμόζει έναν τέτοιο ηλεκτροκινητήρα, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.33:



Σχήμα 3.33: Κόσκινο με ρυθμιζόμενη κλίση, με ηλεκτροκινητήρα και μη ισορροπημένη μάζα ως γεννήτρια ταλάντωσης (Öztekin και Martinov, 2007)

Η συγκεκριμένη μηχανή εφαρμόζει τον έκτο τρόπο ταλάντωσης του Σχήματος 3.30. Η ένταση των ταλαντώσεων είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των ελαστικών στοιχείων (5), που συνδέουν το περίβλημα του κόσκινου (2) με το πλαίσιο

(1). Επιπλέον επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής αποτελούν τα κόσκινα (3) και η χοάνη (4).

Όταν πρόκειται για μεγαλύτερα κόσκινα (Εικόνα 3.9), συνήθως εφαρμόζονται δύο γεννήτριες ταλαντώσεων - ηλεκτροκινητήρες με μη ισορροπημένη μάζα (6), ώστε να μπορούν να εξουδετερωθούν οι πλευρικές ταλαντώσεις. Τοποθετούνται στις πλευρές του περιβλήματος του κόσκινου. Επιπλέον επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής αποτελούν τα οι ηλεκτροκινητήρες με μη ισορροπημένη μάζα - γεννήτριες ταλαντώσεων (1), τα μπλοκ από καουτσούκ, που συνδέουν το πλαίσιο του κόσκινου με το περίβλημα (2) και ο κάθετος αγωγός με διαφανές κάλυμμα (3).



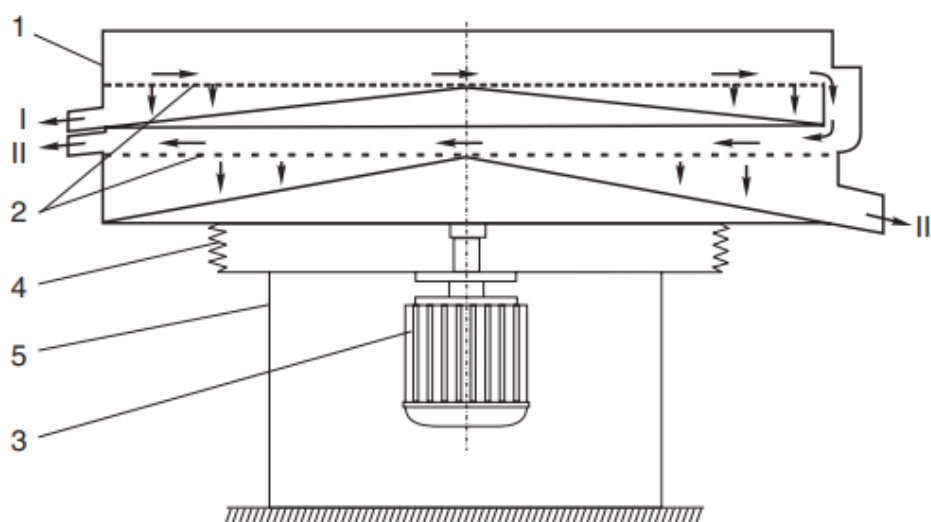
Εικόνα 3.9: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο με δύο πλευρικές γεννήτριες ταλαντώσεων (Öztekın και Martinov, 2007)

Σημειώνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, η θέση των γεννητριών μπορεί να ρυθμιστεί με περιστροφή. Η θέση των γεννητριών καθορίζει την κατεύθυνση των ταλαντώσεων, δηλαδή το σχέδιο της κίνησης του περιβλήματος του κόσκινου. Αν ο προσανατολισμός είναι κυρίως προς στο επίπεδο του κόσκινου, μειώνεται η ένταση των ταλαντώσεων, αλλά παράλληλα η ροή του υλικού είναι υψηλότερη. Ο συγκεκριμένος τύπος κίνησης εφαρμόζεται συνήθως για τον καθαρισμό των κόκκων, όπου γίνεται χρήση της ροής αέρας για να διαχωριστούν η ήρα και οι λοιπές ελαφρές

ακαθαρσίες. Ένας επιτυχημένος διαχωρισμός μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαφανούς επικάλυψης του κατακόρυφου αγωγού της μηχανής.

Από την άλλη, μια μηχανή με στρογγυλά κόσκινα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.34. Χρησιμοποιείται για κονιοποιημένο υλικό, όπως είναι για παράδειγμα το αλεύρι και ο γύψος. Στην πραγματικότητα αποτελεί μια μηχανοποιημένη έκδοση ενός κόσκινου χειρός, που χρησιμοποιείται στα νοικοκυριά, με τη γεννήτρια ταλάντωσης, όπου χρησιμοποιείται ένας περιστρεφόμενος δίσκος κατακόρυφου άξονα με έκκεντρη μάζα. Η κίνηση του περιβλήματος του κόσκινου στο οριζόντιο επίπεδο είναι ίδιος με τον πέμπτο τρόπο ταλάντωσης του Σχήματος 3.30.

Επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης μηχανής αποτελούν το περίβλημα του κόσκινου (1), τα κόσκινα (2), ο οδηγός (3), ελατήρια σύνδεσης (4), το περίβλημα (5), η έξοδος για τα μικρότερα τμήματα του φυτικού υλικού (I), η έξοδος για χρησιμοποιήσιμα τμήματα του φυτικού υλικού (II) και η έξοδος για τα μεγάλα τμήματα του φυτικού υλικού (III).



Σχήμα 3.34: Μηχανή με στρογγυλά κόσκινα (Öztekin και Martinov, 2007)

Για την πλήρη εκμετάλλευση της δυναμικής της συγκεκριμένης μηχανής, συνιστάται να εφαρμοστούν διαφορετικές τροχιές για τη μετακίνηση σωματιδίων πάνω από την επιφάνεια του κόσκινου. Τα στρογγυλά κόσκινα είναι πιο ακριβά σε σύγκριση με τα τετράγωνα, λόγω της στρογγυλής μορφής και των προεξοχών στην επιφάνεια του κόσκινου που απαιτούνται για τον έλεγχο της κίνησης του υλικού.

Σημειώνεται ότι το περίβλημα των κόσκινων μπορεί να συνδεθεί διαφορετικά με το πλαίσιο. Έτσι για παράδειγμα, στο Σχήμα 3.34, η σύνδεση επιτυγχάνεται με τη χρήση ελατηρίων, ενώ στην Εικόνα 3.10 με χαλύβδινα καλώδια.



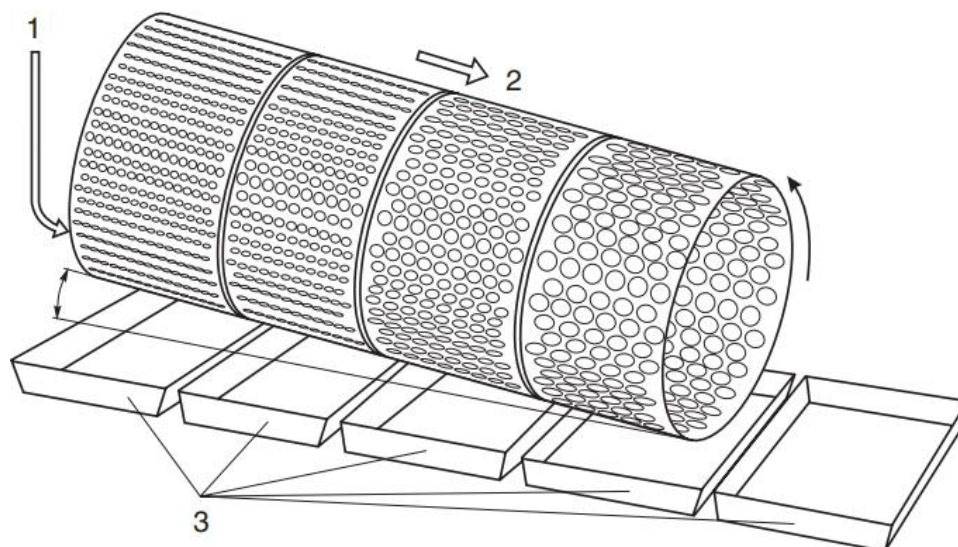
Εικόνα 3.10: Διαθέσιμη στην αγορά μηχανή με στρογγυλά κόσκινα και χαλύβδινα καλώδια για τη σύνδεση του περιβλήματος των κόσκινων με το πλαίσιο (Öztekin και Martinov, 2007)

Ορισμένα απλού τύπου κόσκινα τα οποία κινούνται με μηχανικό τρόπο χρησιμοποιώντας κατακόρυφο έκκεντρο μηχανισμό και εφαρμόζοντας τον τέταρτο τρόπο ταλάντωσης του Σχήματος 3.30, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Κάποια από αυτά υποστηρίζονται από μια ροή αέρα, που είναι δυνατόν να ρυθμιστεί. Αποτελούν οικονομικές και απλές λύσεις κοσκινίσματος, που έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως πρόσθετες διατάξεις στο διαχωρισμό – ταξινόμηση κοκκωδών προϊόντων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Το περιστρεφόμενο κόσκινο, που χρησιμοποιεί κυλινδρικά κόσκινα, έχει ήδη αναλυθεί στην Υποενότητα 2.2 μέσα από το παράδειγμα του Σχήματος 2.3. Δεν υπάρχουν βασικές διαφορές στο κόσκινο που χρησιμοποιείται για ξηρό υλικό. Στο Σχήμα 3.35 παρουσιάζεται ένα περιστρεφόμενο κόσκινο με τέσσερα κυλινδρικές διατομές κόσκινου.

Επιμέρους τμήματα και βήματα του συγκεκριμένου κόσκινου αποτελούν η είσοδος του υλικού (1), η κατεύθυνση ροής του υλικού (2) και οι χοάνες (3). Το περιστρεφόμενο κόσκινο και καθώς οδηγεί σε μια ήπια αφαίρεση του υλικού και

παράλληλα επιτρέπει να ρυθμίζεται η ροή υλικού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για μια σειρά αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.



Σχήμα 3.35: Περιστρεφόμενο κόσκινο με τέσσερα κυλινδρικές διατομές κόσκινου (Öztekin και Martinov, 2007)

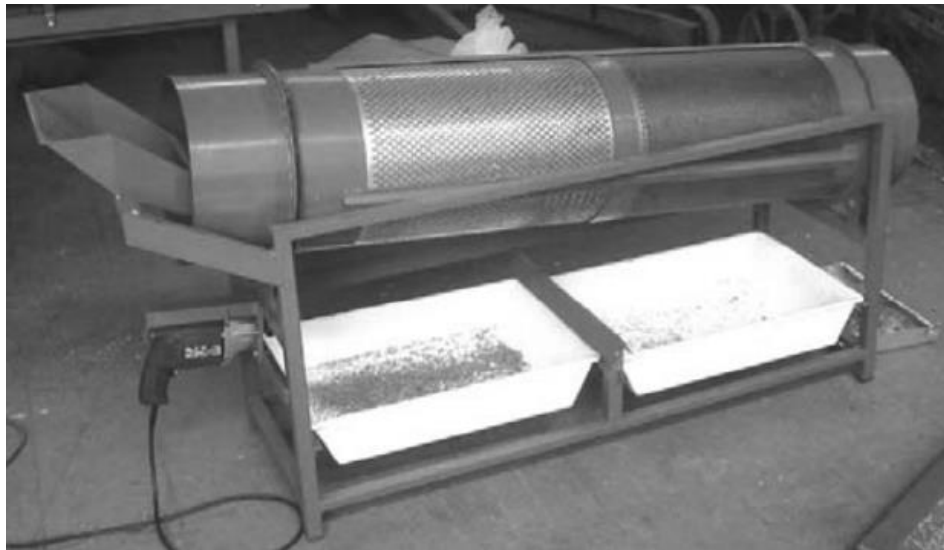
Ωστόσο, το συγκεκριμένο κόσκινο παρουσιάζει τα εξής δύο μειονεκτήματα: α) έχει υψηλό κόστος και β) παρουσιάζει προβλήματα στην περίπτωση που τα ανοίγματα των χρησιμοποιούμενων κόσκινων είναι μικρότερα των 2 mm. Ένα επιπλέον μειονεκτήματα είναι ότι επειδή τα κόσκινα, που το αποτελούν, δεν είναι επίπεδα είναι πιο δύσκολο να αλλαχτούν και να στερεωθούν. Για το λόγο αυτό, η κατασκευή του κόσκινου αυτού γίνεται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά και μόνο για έναν τύπο φυτικού υλικού, όπως είναι για παράδειγμα τα ροκανίδια.

Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι ότι το πρώτο από τα κυλινδρικά κόσκινα είναι σε όλες τις περιπτώσεις αυτό με το μικρότερο μέγεθος, γεγονός που μπορεί να εξαναγκάσει τα μικρότερου μεγέθους σωματίδια να βρουν για την αφαίρεσή τους μια ολόκληρη διαδρομή μέσα από το στρώμα του φυτικού υλικού ήδη από την έναρξη του κοσκινίσματος. Αυτό καθιστά το κοσκίνισμα πιο αργό.

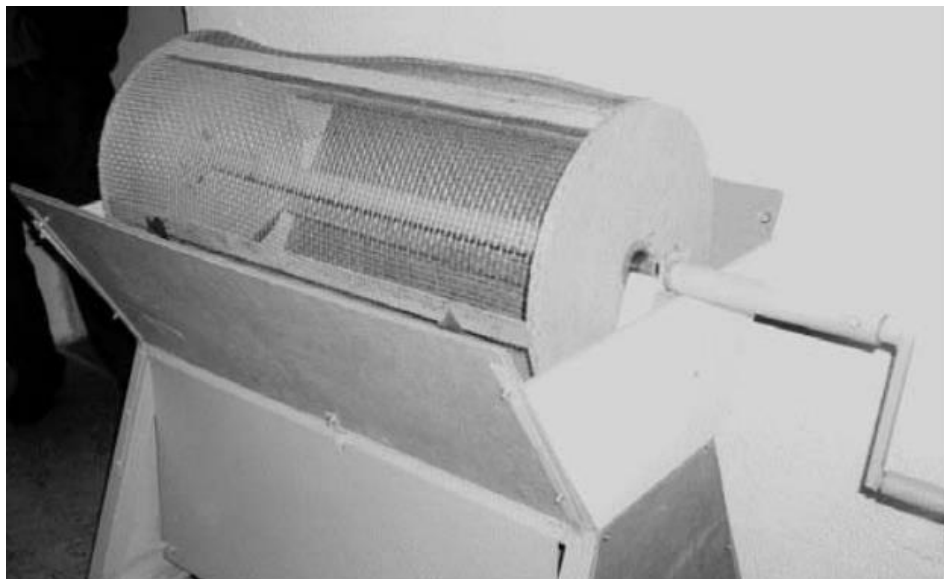
Από την άλλη, το κόσκινο έχει μια καλή δυνατότητα καθαρισμού, ενώ στην περίπτωση εφαρμογής διαμηκών βουρτσών μπορεί να επιτευχθεί ένας σχεδόν επαρκής αυτοκαθαρισμός.

Ένα παράδειγμα περιστρεφόμενου κόσκινου μικρής κλίμακας σχεδιασμένου για εργαστηριακές δοκιμές, με διάμετρο τυμπάνου κατά προσέγγιση 0,33 m,

παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.11, ενώ στην Εικόνα 3.12 παρουσιάζεται ένα κόσκινο για το διαχωρισμό και την ταξινόμηση ξηρού σαφράν:



Εικόνα 3.11: Περιστρεφόμενο κόσκινο μικρής κλίμακας σχεδιασμένου για εργαστηριακές δοκιμές (Öztekin και Martinov, 2007)



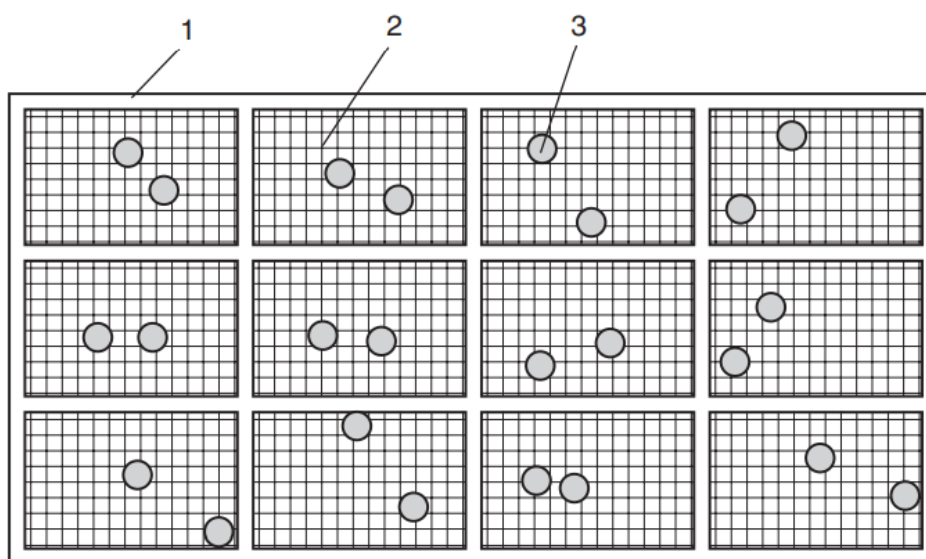
Εικόνα 3.12: Διαθέσιμο στην αγορά κόσκινο για το διαχωρισμό και την ταξινόμηση ξηρού σαφράν (Öztekin και Martinov, 2007)

Το κόσκινο για το ξηρό σαφράν είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να επιτρέπεται η εύκολη ανταλλαγή κόσκινων και να καθίσταται δυνατή η δοκιμή των αποτελεσμάτων κοσκινίσματος για διάφορα μίγματα υλικών. Αυτό καθιστά κατά συνέπεια δυνατή και την προεπιλογή κόσκινων με διαφορετικά ανοίγματα για το κοσκίνισμα που

εφαρμόζονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Αυτό το χειροκίνητο κόσκινο έχει σχεδιαστεί κυρίως για τον διαχωρισμό στίγματος και στημόνων σαφράν. Ο καθαρισμός του κόσκινου αποτελεί συνηθισμένο πρόβλημα, καθώς στο σύνολό τους τα μικρά και οικονομικά κόσκινα δεν διαθέτουν κάποια διάταξη καθαρισμού κόσκινου.

Ο καθαρισμός πραγματοποιείται ως εξής: διακόπτοντας προσωρινά την επεξεργασία, τα κόσκινα αφαιρούνται και καθαρίζονται με βούρτσες χειρός ή άλλα συναφή εργαλεία. Καθώς τα ανοίγματα του κόσκινου είναι δυνατόν να μπλοκαριστούν από το φυτικό υλικό ή από τμήματα αυτού, η συνεχής επεξεργασία δεν είναι δυνατή για ορισμένα είδη φυτών. Στην περίπτωση που μπλοκάρεται μόνο το πάνω κόσκινο, τότε με συχνό καθαρισμό το συγκεκριμένο πρόβλημα ξεπερνιέται.

Αντίθετα, στα «καλύτερα» κόσκινα είναι σύνηθης η ύπαρξη και εφαρμογή μηχανικού καθαρισμού, για τον οποίο κατά κόρον χρησιμοποιούνται λαστιχένιες μπάλες (3) που πηδούν σε ένα κουτί, που είναι τοποθετημένο κάτω από το κόσκινο. Οι μπάλες χτυπούν τα επιμέρους κόσκινα και συμβάλουν στην απομάκρυνση του μπλοκαρισμένου υλικού από τα ανοίγματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.36.

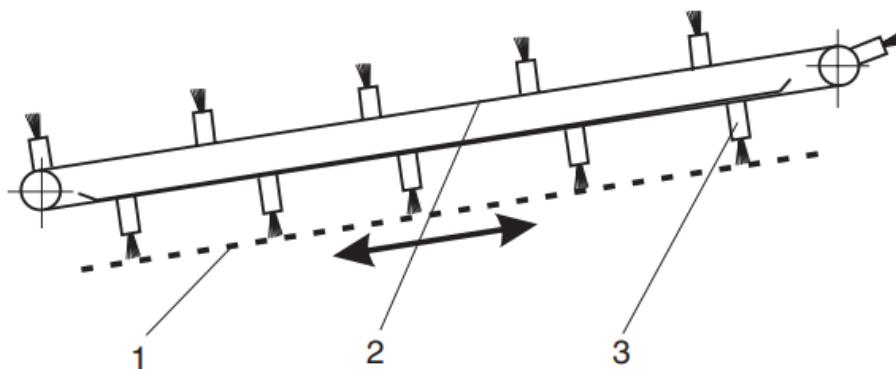


Σχήμα 3.36: Μηχανικός καθαρισμός κόσκινου με λαστιχένιες μπάλες (Öztekin και Martinov, 2007)

Επιμέρους τμήματα του μηχανικού καθαρισμού με τις λαστιχένιες μπάλες αποτελούν το ξύλινο πλαίσιο (1) και το συρμάτινο δίχτυ με τα μεγάλα ανοίγματα (2).

Μια ακόμη ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος καθαρισμού παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.37. Στην περίπτωση αυτή, τοποθετούνται βούρτσες (3) στους πλαϊνούς μάντες (2). Οι μάντες κινούνται και οι βούρτσες καθαρίζουν συνεχώς τα ανοίγματα

του κόσκινου (1). Η κατεύθυνση κίνησης μπορεί να επιταχύνει ή να επιβραδύνει τη ροή του υλικού ανάλογα με τις ανάγκες της διαδικασίας, αλλά μπορεί επίσης να προκαλέσει ανεπιθύμητη κατάρρευση του επεξεργασμένου υλικού.



Σχήμα 3.37: Μηχανικός καθαρισμός κόσκινου με βούρτσες (Öztekın και Martinov, 2007)

Και οι δύο παραπάνω τύποι καθαρισμού των κόσκινων είναι αποτελεσματικοί και το κόστος είναι ο μοναδικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν την αγορά μιας διάταξης κοσκινίσματος, που διαθέτει ως εξοπλισμό έναν από τους δύο αυτούς τύπους.

3.3.2 Διαχωρισμός - ταξινόμηση ροής αέρα

Ο διαχωρισμός - ταξινόμηση σε πολλά περιπτώσεις κάνουν χρήση της διαφοράς που παρατηρείται στα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά μεταξύ των διαφορετικών φυτικών υλικών και προσμείξεων. Κύριο αεροδυναμικό χαρακτηριστικό αποτελεί ο συντελεστής οπισθέλκουσας (drag coefficient) με τους όρους που κρίνονται σημαντικοί για αυτόν να αποτελούν α) η τελική ταχύτητα (terminal velocity), που είναι η ταχύτητα ρευστού με την οποία ένα αντικείμενο ή σωματίδιο πέφτει στη ροή του ρευστού με σταθερή ταχύτητα (χωρίς επιτάχυνση ή επιβράδυνση) και β) η κρίσιμη ταχύτητα (critical velocity), που είναι η ταχύτητα του ρευστού που είναι προσανατολισμένη προς τα πάνω και που δεν προκαλεί κίνηση ενός αντικειμένου ή σωματιδίου (Mohsenin, 1980; Grochowicz, 1980). Αυτό σημαίνει ότι και στις δύο περιπτώσεις, η αντίσταση ροής και το βάρος του αντικειμένου παρουσιάζουν την ίδια τιμή. Αυτό μπορεί να εκφραστεί με την εξίσωση:

$$G_O = F_R = C \cdot A_P \frac{\rho_f \cdot v_c^2}{2} \quad \text{ή} \quad v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot F_R}{C \cdot A_P \cdot \rho_f}} \quad \text{δηλαδή} \quad v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot G_O}{C \cdot A_P \cdot \rho_f}}$$

Όπου:

G_O : βάρος ενός αντικειμένου

F_R : αντίσταση ροής σε N

C : συνολικός συντελεστής οπισθέλκουσας

A_P : κάθετη διατομή του σώματος - αντικειμένου σε m^2

ρ_f : πυκνότητα υγρού σε kgm^{-3} ; και

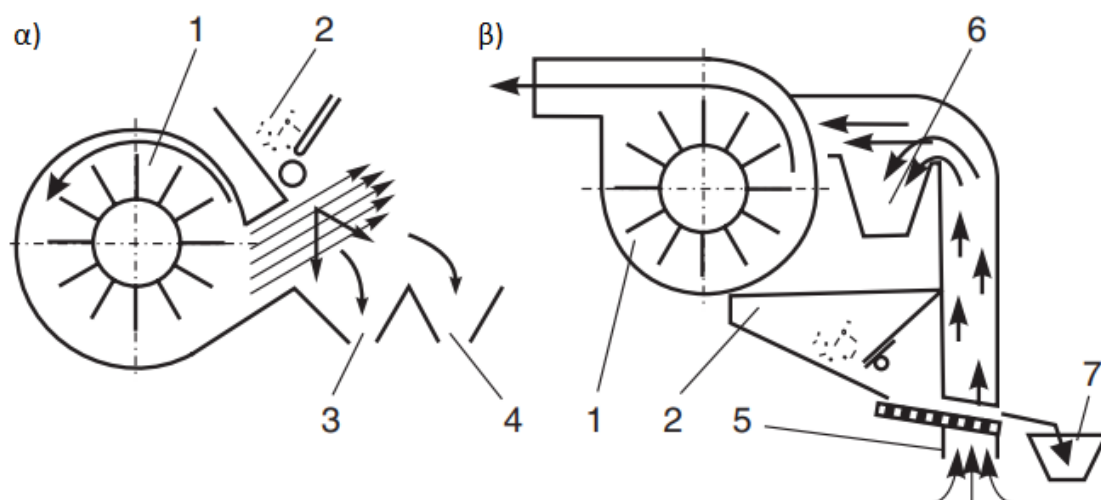
v : κρίσιμη ή τελική ταχύτητα σώματος - αντικειμένου σε m/s

Ο χρησιμοποιούμενος όρος είναι συνολικός συντελεστής οπισθέλκουσας και περιλαμβάνει τον συντελεστή οπισθέλκουσας τριβής (frictional drag coefficient), που, ωστόσο, γίνεται να αγνοηθεί όταν πρόκειται για τη στρωτή ροή (Mohsenin, 1980).

Για την μέτρηση της κρίσιμης ταχύτητας διατίθεται μια ποικιλία συσκευών, από τις οποίες συνηθέστερα χρησιμοποιείται ο κατακόρυφος γυάλινος αγωγός (Grochowicz, 1980). Σε πολλά γεωργικά υλικά και αφού έχει λάβει χώρα η συγκομιδή, περιέχεται ένα μίγμα, όπως είναι η ήρα στο σιτάρι ή οι μίσχοι στα ποώδη αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, που χαρακτηρίζεται από σημαντικά διαφορετικά χαρακτηριστικά ροής αέρα. Παρόλα αυτά, δεν είναι πάντα απλό να λάβει χώρα ένας επιτυχημένος διαχωρισμός - ταξινόμηση βάσει της διαφοράς στα χαρακτηριστικά ροής αέρα ή με άλλα λόγια βάσει της κρίσιμης ταχύτητας. Κρίσιμης σημασίας είναι η ύπαρξη μιας σωστής δοσολογίας σε ό,τι αφορά το υλικό, καθώς στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει πιθανότητα ορισμένα σωματίδια να βρίσκονται στη σκιώδη ροή (flow shadow) και έτσι η ταξινόμηση τους να είναι λανθασμένη. Η ροή αέρα έχει κατά κόρον ανομοιογενές πεδίο που και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια ακατάλληλη ταξινόμηση.

Ένα παράδειγμα διαχωρισμού ροής αέρα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φρέσκο κομμένο φυτικό υλικό, παρουσιάζεται Σχήμα 2.2 γ). Το υλικό ρίχνεται στη ροή αέρα και παρασύρεται από τη ροή είτε πιο μακριά είτε πιο κοντά σε συνάρτηση με το χαρακτηριστικό ροής αέρα. Αυτός ο τύπος διαχωριστή φαίνεται στο Σχήμα 3.38 α). Η συσκευή με ανύψωση ροής αέρα ελαφρύτερων σωματιδίων, με χαμηλότερη κρίσιμη ταχύτητα, δηλαδή με σωματίδια υψηλότερης αντίστασης ροής αέρα, παρουσιάζεται

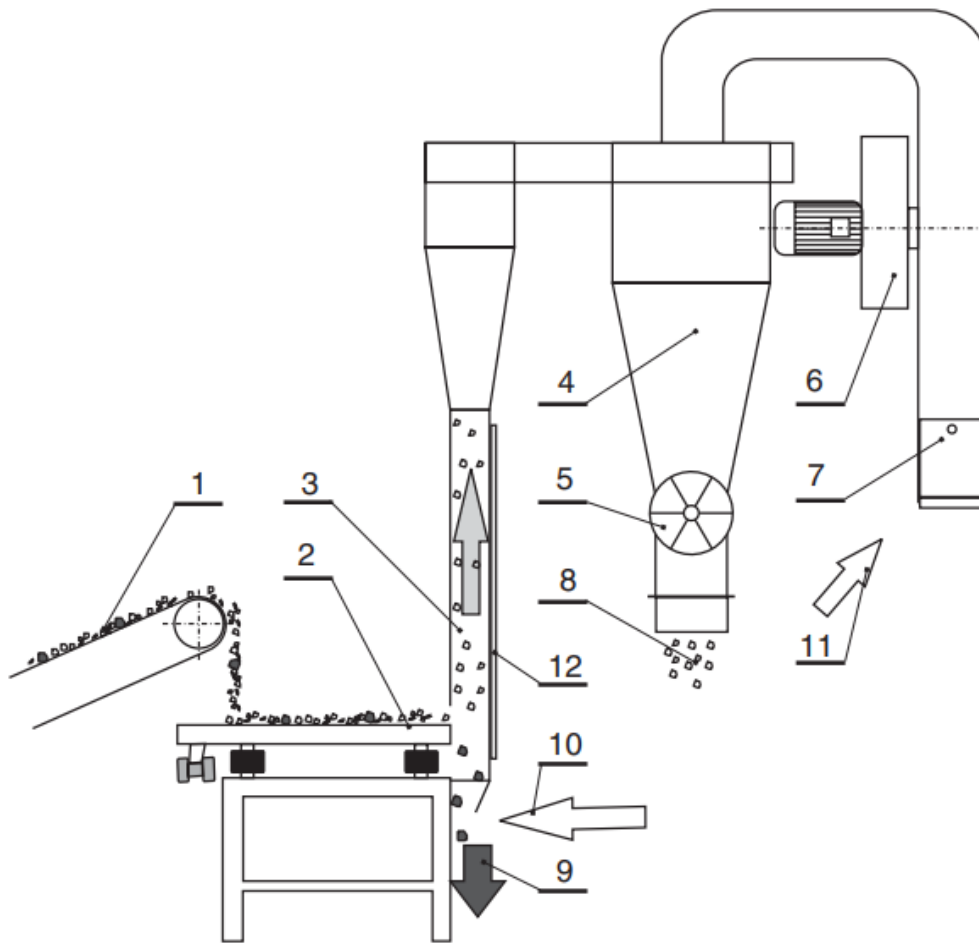
στο Σχήμα 3.38 β). Επιμέρους τμήματα των δύο συσκευών αποτελούν ο αεριστήρας (1), η χοάνη με προωθητή (2), η έξοδος «βαρύτερου» υλικού (3), η έξοδος «ευκολότερου» υλικού (4), ο κατακόρυφος αγωγός με κόσκινο (5), η χοάνη «ελαφρύτερου» υλικού (6) και η χοάνη «βαρύτερου» υλικού (7).



Σχήμα 3.38: Απλές συσκευές διαχωρισμού και ταξινόμησης ροής αέρα με α) εκτόξευση σωματιδίων και β) με απομάκρυνση σωματιδίων (Öztekin και Martinov, 2007)

Και οι δύο συσκευές διακρίνονται για την απλότητα και το μικρό κόστος και η χρήση τους γίνεται από μια πληθώρα διαφορετικών μοντέλων. Η συσκευή του Σχήματος 3.38 α) χρησιμοποιείται πιο συχνά, όπως για παράδειγμα σε συνδυασμένους αεριστήρες καθαρισμού θεριζοαλωνιστικής μηχανής.

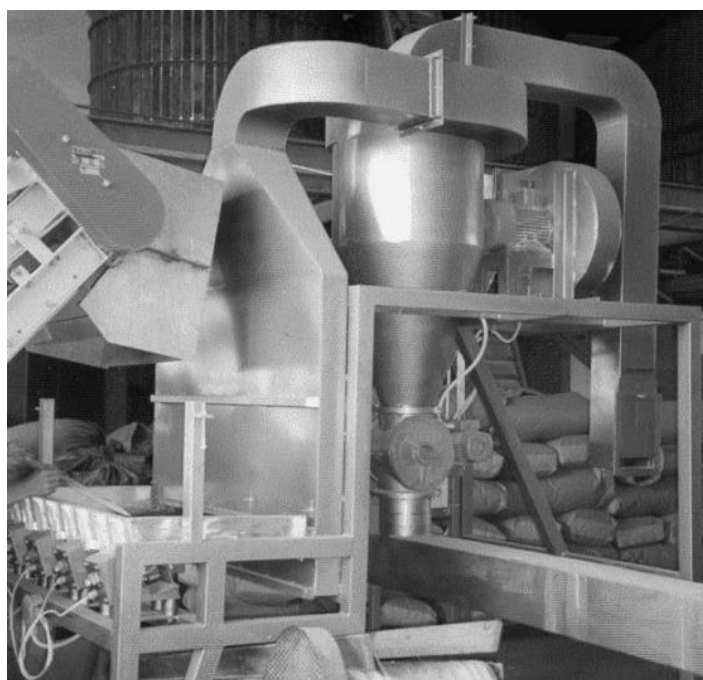
Η χαμηλού επιπέδου ακρίβεια διαχωρισμού ή/ και ταξινόμησης αποτελεί ένα μειονέκτημα, που χαρακτηρίζει και τις δύο συσκευές. Η χαμηλή αυτή ακρίβεια οφείλεται στο ανομοιογενές πεδίο ταχύτητας ροής αέρα. Ένα ακόμη μειονέκτημα αποτελεί η πραγματοποίηση ομοιόμορφης προώθησης. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της διαδικασίας, αυτές οι συσκευές έχουν τη δυνατότητα επιτυχούς χρησιμοποίησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις και για να προκύψει ο επιτυχημένος διαχωρισμός και ταξινόμησης του επιθυμητού συστατικού, στις συσκευές γίνεται εφαρμογή μιας πολλαπλής διέλευσης υλικού. Ένα παράδειγμα μιας συσκευής όπου η ροή αέρα ανυψώνει τα «ευκολότερα» σωματίδια, όπως δηλαδή στο Σχήμα 3.38 β), παρουσιάζεται λεπτομερέστερα στο Σχήμα 3.39.



Σχήμα 3.39: Κατακόρυφος διαχωριστής ροής αέρα

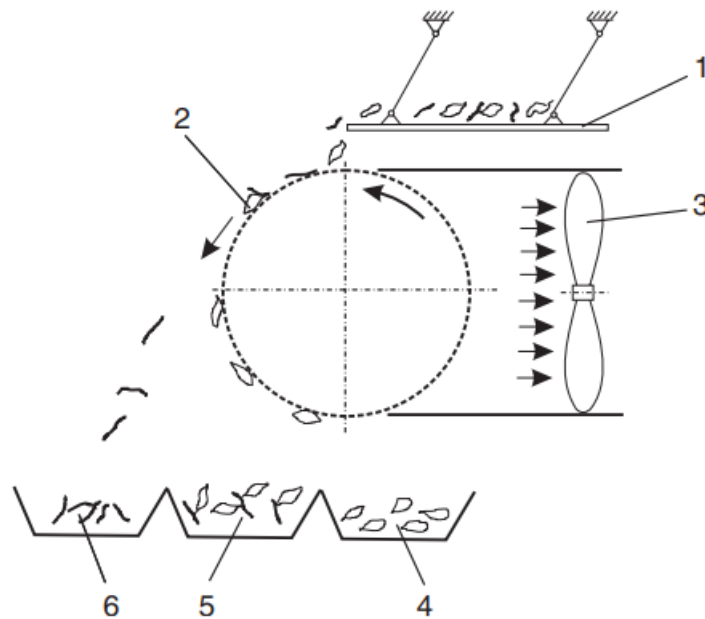
Με το άνοιγμα και το κλείσιμο της συρόμενης πόρτας (7), επιτυγχάνεται η ρύθμιση της έντασης της ροής αέρα. Το παράθυρο από πλεξιγκλάς (12) επιτρέπει τον οπτικό έλεγχο του διαχωρισμού και της ταξινόμησης, όπως για παράδειγμα να ελεγχθεί αν το σύνολο των κοτσανιών πέφτουν κάτω και το σύνολο των φύλλων ωθούνται προς τα πάνω, οπότε και να θεωρηθεί σωστός ο διαχωρισμός. Στην περίπτωση που ο διαχωρισμός δεν είναι σωστός, η ροή αέρα θα πρέπει να μειωθεί ή να αυξηθεί, χρησιμοποιώντας τη συρόμενη πόρτα. Ο δονούμενος δοσομετρητής (2) θα πρέπει να φέρει υλικό στον κατακόρυφο αγωγό (3) με ένα κατά το μέγιστο δυνατό ομοιόμορφο και χαλαρό στρώμα. Το πιο «εύκολο» υλικό θα πιαστεί στον περιδινητή (4). Επιπλέον επιμέρους τμήματα και βήματα της συγκεκριμένης συσκευής αποτελούν η ταινία τροφοδοσίας (1), ο κυβελωτός προωθητής (5), ο αεριστήρας (6), ο ρυθμιστής ροής αέρα, ολισθητήρας (7), το «ελαφρύ» (8) και το «βαρύ» υλικό (9) και η κύρια (10) και δευτερεύουσα (11) είσοδος αέρα.

Οι μικρής και μεσαίας κλίμακας παραγωγοί μπορούν εφαρμόσουν αποτελεσματική τη συγκεκριμένη συσκευή, που έχει δείξει ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα όταν εφαρμόζεται με σκοπό το διαχωρισμό πέτρας και άμμου. Ένας τέτοιος εμπορικά διαθέσιμος διαχωριστής ροής αέρα παρουσιάζεται και στην Εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13: Διαθέσιμος στην αγορά κατακόρυφος διαχωριστής ροής αέρα (Öztekin και Martinov, 2007)

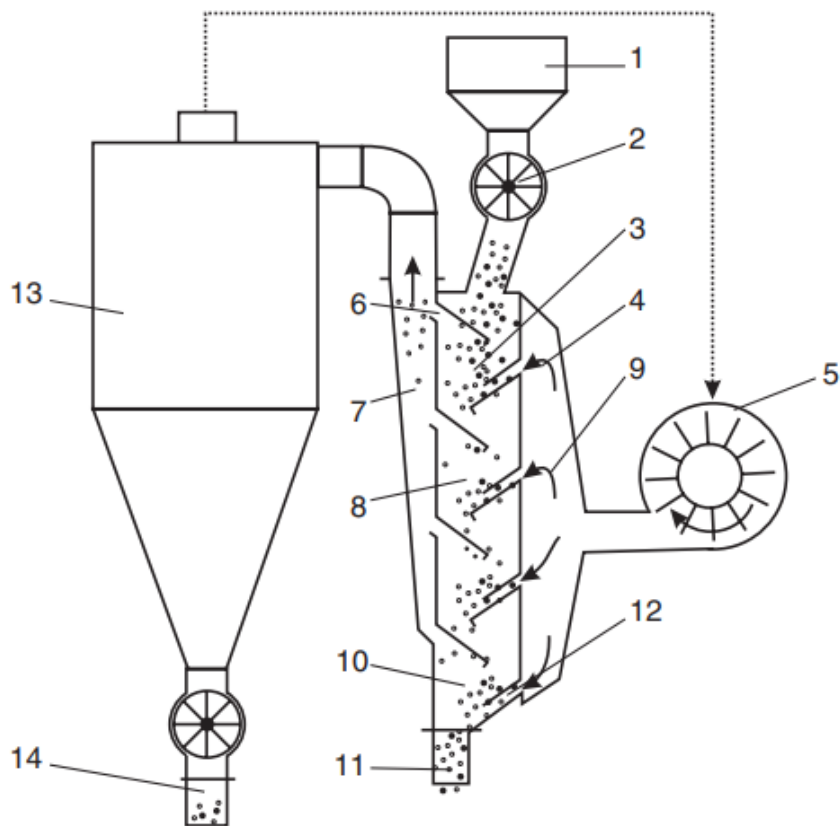
Ένας απλός και καινοτόμος διαχωριστής ροής αέρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.40. Επιμέρους τμήματά τους αποτελούν η δονούμενη τροφοδοσία – προωθητής (1), το διάτρητο τύμπανο (2), ο αεριστήρας (3), η χοάνη για τα φύλλα (4), η χοάνη για τα φύλλα με μίσχους (5) και η χοάνη για τους μίσχους (6).



Σχήμα 3.40: Συσκευή διαχωρισμού ροής αέρα με διάτρητο τύμπανο (Öztekin και Martinov, 2007)

Στην περίπτωση αυτή γίνεται συνδυασμός της διαφοράς στην αντίσταση της ροής αέρα (ή αλλιώς της αναλογίας ανάμεσα στην επιφάνεια και το βάρος) με τη φυγόκεντρο δύναμη, που αναπτύσσεται λόγω περιστροφής του τυμπάνου σχάρας. Τα φύλλα που έχουν χαμηλότερη κρίσιμη ταχύτητα και ταυτόχρονα μεγαλύτερη αντίσταση ροής αέρα (ή με άλλα λόγια τα μακρύτερα φύλλα) συνδεδεμένα με την επιφάνεια του τυμπάνου τοποθετούνται στη δεξιά τοποθετημένη χοάνη (4), ενώ παράλληλα η «ελαφριά» σκόνη απομακρύνεται από την ροή αέρα.

Επαναλαμβάνοντας τα βήματα της επεξεργασίας, ο διαχωρισμός και ταξινόμηση ροής αέρα μπορεί να βελτιωθεί. Αυτό σημαίνει ότι το υλικό θα περάσει τουλάχιστον μια φορά από τη ζώνη, στην οποία λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των σωματιδίων διαφορετικής κρίσιμης ταχύτητας, όπως γίνεται για παράδειγμα με τον διαδοχικό διαχωριστή, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.41.



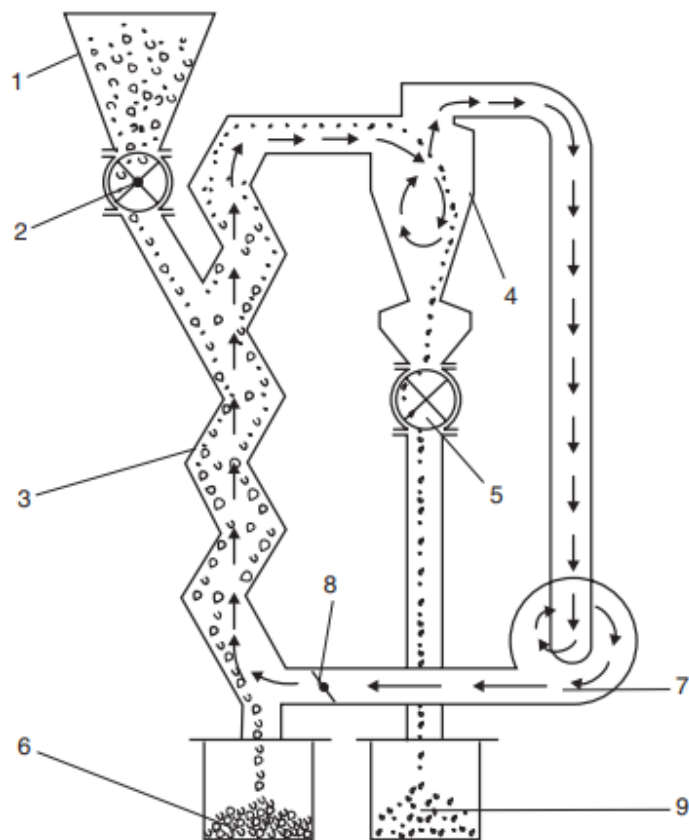
Σχήμα 3.41: Διαδοχικός διαχωριστής ροής αέρα (Öztekın και Martinov, 2007)

Ο συγκεκριμένος διαχωριστής είναι εξοπλισμένος με τέσσερις διαδοχές (3), δηλαδή τέσσερις ζώνες διαχωρισμού. Ένα τμήμα των «ελαφρύτερων» σωματιδίων απομακρύνεται με τη ροή αέρα στην επάνω ζώνη, ενώ τμήμα των «ελαφριών» σωματιδίων συνεχίζει να πέφτει και να ολισθαίνει προς τα κάτω με αποτέλεσμα να παραμένει ανακατεμένο με το «βαρύτερο» υλικό. Η ολίσθηση και η πτώση του υλικού προκαλεί χαλάρωση του και έτσι σε κάθε επόμενη ζώνη βελτιώνεται η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού.

Επιμέρους τμήματα και βήματα του συγκεκριμένου διαχωριστή αποτελούν η χοάνη (1), ο κυβελωτός προωθητής (2), η άνω εισαγωγή αέρα (4), ο αεριστήρας (5), η άνω έξοδος αέρα (6), ο κάθετος αγωγός (7), η κεντρική έξοδος αέρα (8), η κεντρική εισαγωγή αέρα (9), η κάτω αέρα έξοδος (10), η αποβολή «βαρέος» υλικού (11), η χαμηλότερη εισαγωγή αέρα (12), ο περιδινητής (13) και η έξοδος «ελαφρού» υλικού (14).

Ο λεγόμενος διαχωριστής τύπου «ζιγκ-ζαγκ», που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.42, χρησιμοποιείται συχνότερα. Ο κατακόρυφος αγωγός σε σχήμα ζιγκ-ζαγκ (3) έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει πολλαπλές διαδοχές και ζώνες διαχωρισμού, επιτρέποντας

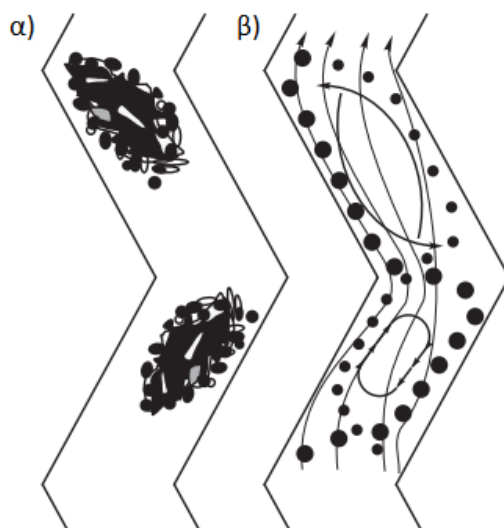
την πολλαπλή διόρθωση του εσφαλμένου διαχωρισμού σαν απόρροια της χαμηλότερης ταχύτητας κοντά στα τοιχώματα του αγωγού. Τα «ελαφρύτερα» σωματίδια πέφτουν στη μέση της ζώνης «πλήρους» ταχύτητας αέρα.



Σχήμα 3.42: Διαχωριστής τύπου ζιγκ-ζαγκ (Öztek και Martinov, 2007)

Σημειώνεται ότι επιπλέον επιμέρους τμήματα και βήματα του συγκεκριμένου διαχωριστή αποτελούν η χοάνη (1), ο κυψελωτός προωθητής (2) και (5), ο περιδινητής (4), η αποθήκη «βαρέος» υλικού (6), ο αεριστήρας (7), ο ρυθμιστής ροής αέρα (8) και η αποθήκη «ελαφρού» υλικού (9).

Η συμπεριφορά του ομαδοποιημένου και αποσαθρωμένου - χαλαρωμένου υλικού, στη ζώνη ζιγκ-ζαγκ, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.43, όπου και διαπιστώνεται η θετική επίδραση της χαλάρωσης και της πτώσης ομαδοποιημένου υλικού, που συμβάλει στον καλύτερο διαχωρισμό στα κάτω τμήματα του διαχωριστή.



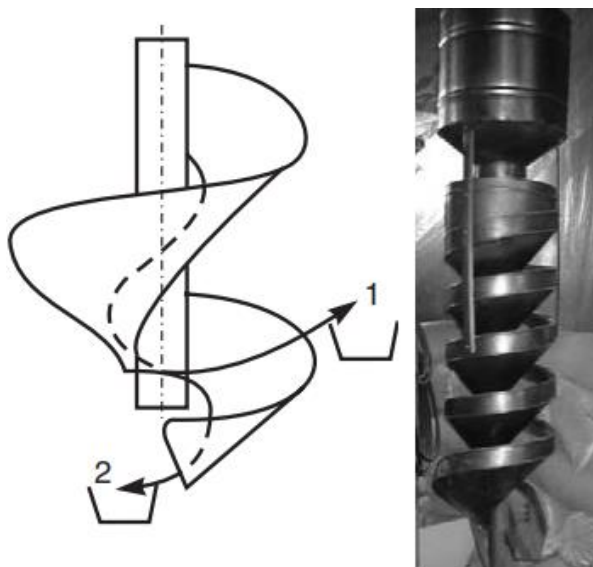
Σχήμα 3.43: Ροή υλικού στον αγωγό ζιγκ-ζαγκ με α) το ομαδοποιημένο υλικό και β) το χαλαρωμένο υλικό (Öztekin και Martinov, 2007)

Οι διαχωριστές τύπου ζιγκ-ζαγκ είναι πολύ ψηλοί (της τάξης των κατά προσέγγιση των 5 m) για να καλυφτεί η απαίτηση ενός συγκεκριμένου αριθμού τμημάτων. Ένα πρώτο μειονέκτημά τους είναι ότι μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων λόγω της προκληθείσας σύνθλιψης στους κυψελωτούς προωθητές. Ένα δεύτερο μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος, που τους αποκλείει από τη χρήση σε μικρομεσαίας κλίμακας καλλιέργειες.

3.3.3 Διαχωρισμός - ταξινόμηση βάσει της διαφοράς συντελεστή τριβής και αντίστασης κύλισης

Οι διαφορές του φυτικού υλικού στους συντελεστές τριβής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον διαχωρισμό μεταξύ των ανεπιθύμητων και των επιθυμητών τμημάτων του. Για ορισμένους σπόρους, η διαφορά στον συντελεστή τριβής χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό φύλλων, τμημάτων φύλλων, μίσχων, σπασμένων μίσχων και ούτω καθεξής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα απλές συσκευές, όπως αυτές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.44. Στη συγκεκριμένη συσκευή, τα σωματίδια του φυτικού υλικού με τον χαμηλότερο συντελεστή τριβής είναι αυτά που αποκτούν τις μεγαλύτερες ταχύτητες κατά την ολίσθησή τους στη σπείρα με αποτέλεσμα την εκτόξευσή τους προς την αποθήκη (1). Αντίθετα τα σωματίδια με τον υψηλότερο συντελεστή τριβής είναι αυτά που αποκτούν τις χαμηλότερες ταχύτητες κατά την ολίσθησή τους στη σπείρα με αποτέλεσμα την

εκτόξευσή τους προς την αποθήκη (2). Το μοναδικό μειονέκτημα εδώ είναι η χαμηλή απόδοση.



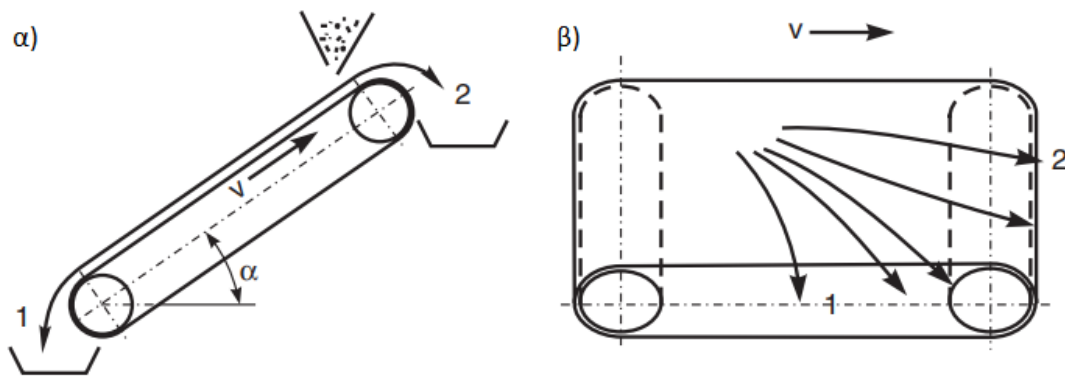
Σχήμα 3.44: Σπειροειδές σύστημα βαρύτητας για διαχωρισμό ανάλογα με τη διαφορά στο συντελεστή τριβής (Öztekin και Martinov, 2007)

Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες αξιοποίησης της διαφοράς αντίστασης κύλισης για το διαχωρισμό και ταξινόμηση των υλικών. Οι κόκκοι έχουν συνήθως χαμηλότερη αντίσταση κύλισης από το άχυρο ή τα μέρη αυτού. Αυτή η ιδιότητα χρησιμοποιείται ευρέως για τον καθαρισμό του υλικού σπόρων. Δύο συσκευές που χρησιμοποιούν αυτήν την αρχή παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.45.

Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή του υλικού της ταινίας είναι επίσης σημαντική, αλλά λιγότερο από ό,τι στην περίπτωση διαχωρισμού και ταξινόμησης σύμφωνα με τη διαφορά του συντελεστή τριβής. Η συσκευή που φαίνεται στο Σχήμα 3.45 β) προσφέρει τη δυνατότητα ταξινόμησης σε περισσότερες από δύο ομάδες.

Σημειώνεται ότι επιμέρους τμήματα των δύο συσκευών αποτελούν η έξοδος για σωματίδια με χαμηλότερη αντίσταση κύλισης (1) και η έξοδος για σωματίδια με υψηλότερη αντίσταση κύλισης (2).

Οι συσκευές διαχωρισμού και ταξινόμησης σύμφωνα με τον συντελεστή τριβής και αντίστασης κύλισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος των γραμμών επεξεργασίας ή ακόμη και ως μέρος μιας μεμονωμένης μηχανής. Μερικές φορές ολισθητήρες ή μεταφορείς, που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά υλικών, σχεδιάζονται επίσης για αυτούς τους σκοπούς.

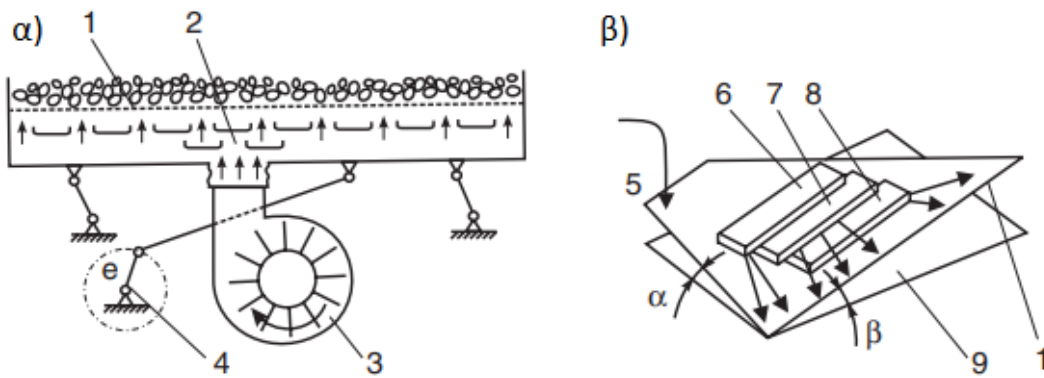


Σχήμα 3.45: Συσκευές διαχωρισμού και ταξινόμησης με βάση τη διαφορά αντίστασης κύλισης: α) μεταφορέας ταινίας με διαμήκη κλίση και β) μεταφορέας ταινίας με κάθετη κλίση (Öztekın και Martinov, 2007)

3.3.4 Λοιπές διαδικασίες διαχωρισμού - ταξινόμησης

Για την επεξεργασία ορισμένων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι δυνατή η χρήση συνδυασμένων διαχωριστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο διαχωριστής βαρύτητας, που χρησιμοποιείται κατά κόρον για την επεξεργασία σπόρων. Ο διαχωρισμός στην συγκεκριμένη περίπτωση βασίζεται στη διαφορά στα χαρακτηριστικά ροής αέρα, στην αντίσταση κύλισης, στην πυκνότητα και ακόμη και στον συντελεστή τριβής. Ένα παράδειγμα αυτού του διαχωριστή παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.46.

Το επίπεδο εργασίας - σχάρα (1) έχει κλίση κατά μήκος στη γωνία β και κάθετα στη γωνία α με τις δύο αυτές κλίσεις να είναι ρυθμιζόμενες. Η ένταση της ροής αέρα και οι ταλαντώσεις (e) είναι επίσης ρυθμιζόμενες. Οι συνδυασμένες επιδράσεις της ροής αέρα, των ταλαντώσεων και της ολίσθησης οδηγούν στο διαχωρισμό υλικού διαφορετικού βάρους. Το ελαφρύτερο υλικό σχηματίζει μια ανώτερη στρώση (6), που κινείται προς τα κάτω και το βαρύτερο υλικό σχηματίζει μια κατώτερη στρώση (8), που κινείται προς τα πάνω.

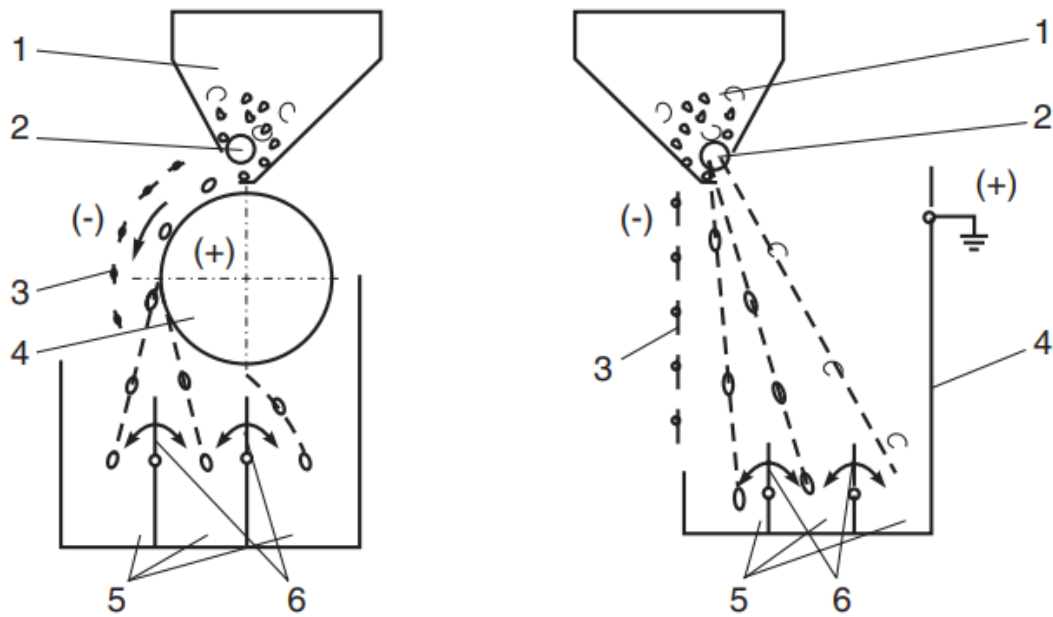


Σχήμα 3.46: Διαχωριστές βαρύτητας (Öztekin και Martinov, 2007)

Σημειώνεται ότι επιπλέον τμήματα και βήματα των διαχωριστών του Σχήματος 3.46 αποτελούν οι διανομείς ροής αέρα (2), ο αεριστήρας (3), ο έκκεντρος ενεργοποιητής για δημιουργία ταλαντώσεων (4), η είσοδος υλικού (5), η μεσαία στρώση (7) και το οριζόντιο επίπεδο (9).

Πολλές αξιόπιστες εταιρείες, προμηθευτές δημητριακών και παραγωγοί σπόρων, παράγουν αυτόν τον τύπο διαχωριστή. Μόνο λόγω της σχετικά υψηλής τιμής αυτή η συσκευή δεν χρησιμοποιείται ευρέως από μικρής και μεσαίας κλίμακας εταιρείες που επεξεργάζονται αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά.

Για την απομάκρυνση της σκόνης, χρησιμοποιούνται κυρίως ηλεκτρικοί διαχωριστές, όπως είναι για παράδειγμα οι συσκευές του Σχήματος 3.47, των οποίων η αρχή λειτουργίας βασίζεται στη διαφορά στις ηλεκτρικές ιδιότητες ανάμεσα στο φυτικό υλικό και τη σκόνη. Η αριστερή συσκευή έχει ένα περιστρεφόμενο τύμπανο (4) με θετικό φορτίο, το οποίο έλκει υλικό που διασχίζει το αρνητικά φορτισμένο πεδίο του ηλεκτροδίου (3). Οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για την επεξεργασία δημητριακών και αλεύρων και λιγότερο συχνά για την επεξεργασία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.



Σχήμα 3.47: Εγκαταστάσεις διαχωρισμού βάσει διαφοράς ηλεκτρικών ιδιοτήτων (Öztekin και Martinov, 2007)

Τα σωματίδια με υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα πέφτουν προς τα αριστερά, λόγω του βάρους και της φυγόκεντρης δύναμης. Τα άλλα, με χαμηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα, βρίσκονται σε επαφή με το τύμπανο περισσότερο και πέφτουν προς τα δεξιά. Τα ρυθμιζόμενα διαχωριστικά (6) επιτρέπουν τον ακριβή διαχωρισμό διαφορετικών υλικών. Η συσκευή που παρουσιάζεται στα δεξιά έχει παρόμοια αρχή λειτουργίας, αλλά εδώ τα σωματίδια πέφτουν κάτω και η τροχιά της ελεύθερης πτώσης εξαρτάται από το ηλεκτρικό τους φορτίο - το αρνητικά φορτισμένο τοίχωμα του κιβωτίου έλκει προς τα αριστερά μόνο θετικά φορτισμένα σωματίδια.

Σημειώνεται ότι επιπλέον τμήματα και βήματα των διαχωριστών του Σχήματος 3.47 αποτελούν η χοάνη (1), ο προωθητής (2) και τα επιλεγμένα τμήματα υλικού (5).

Ο διαχωρισμός με βάση τη διαφορά στις ηλεκτρικές ιδιότητες έχει χρησιμοποιηθεί συνήθως για τον καθαρισμό των σπόρων. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στη διαφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα των σπόρων και των προσμειξεων, όπως είναι για παράδειγμα η σκόνη. Τα σώματα με χαμηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σε θέση να συγκρατούν το ηλεκτροστατικό φορτίο περισσότερο, αφού περάσουν από ένα ηλεκτρικό πεδίο (Mohsenin, 1980).

Οι εγκαταστάσεις για τον διαχωρισμό του υλικού με βάση τη διαφορά στις ηλεκτρικές ιδιότητες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για αρωματικά και φαρμακευτικά φυτών. Άλλες αποτελεσματικές διαδικασίες, για τον διαχωρισμό και την

ταξινόμηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με βάση τη διαφορά των άλλων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του υλικού, είναι ακόμα είτε στη φάση ανάπτυξης είτε πολύ ακριβές για ευρύτερη χρήση.

3.4 ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

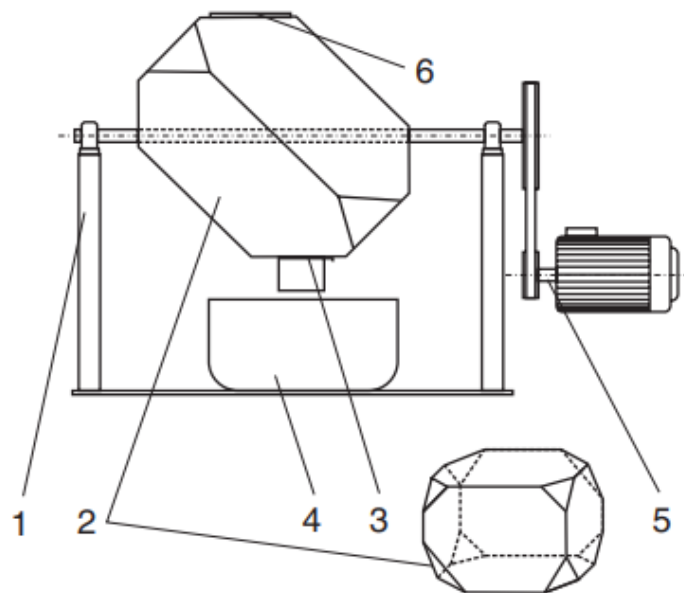
Υπάρχουν πολλές επιπλέον διαφορετικές διαδικασίες επεξεργασίας, των οποίων η εφαρμογή είναι συνάρτηση του τύπου του τελικού προϊόντος. Ο χειρωνακτικός έλεγχος, σαν τελική φάση της διαδικασίας, εφαρμόζεται σε πολλές μικρής και μεσαίας κλίμακας επιχειρήσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το υλικό κατανέμεται σε ένα λεπτό στρώμα σε ένα τραπέζι ή καλύτερα σε μια ταινία επιθεώρησης και παρατηρείται. Τα έμπειρα άτομα κάνουν έναν οριστικό διαχωρισμό όλων των ανεπιθύμητων προσμίξεων. Η συσκευασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών για αποθήκευση ή μεταφορά είναι μια συνηθισμένη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται μεγάλοι σάκοι από φυσικές ή συνθετικές ίνες. Για το γέμισμα των σάκων χρησιμοποιούνται διάφορα βοηθητικά εργαλεία, όπως είναι για παράδειγμα το πολύ απλό και αυτοδημιούργητο πλαίσιο της Εικόνας 3.14, όπου ένας δακτύλιος μεγάλης διαμέτρου επιτρέπει την εύκολη πλήρωση του φυτικού υλικού χωρίς πίεση.



Εικόνα 3.14: Απλό, αυτοδημιούργητο πλαίσιο σαν βοηθητικός εξοπλισμός πλήρωσης σάκων (Öztekin και Martinov, 2007)

Οι μεσαίας και μεγάλης κλίμακας εταιρείες χρησιμοποιούν βιομηχανικές συσκευές πλήρωσης, με συνεχή ή ημισυνεχή ζύγιση. Στην περίπτωση που τα φυτά δεν είναι ευαίσθητα σε μηχανικές βλάβες, εφαρμόζεται συμπίεση. Ορισμένες πρέσες που στοχεύουν σε άλλους σκοπούς, όπως είναι για παράδειγμα οι πρέσες για χαρτί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Μπορούν όμως να αναπτυχθούν και πρέσες αποκλειστικά για αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Το συμπιεσμένο υλικό δένεται, χρησιμοποιώντας πλαστικές ταινίες, που χρησιμοποιούνται συνήθως για συσκευασία και τοποθετούνται σε υφαντικούς σάκους. Αυτό επιτρέπει την ασφαλή αποθήκευση και μεταφορά.

Πολλές μικρής και μεσαίας κλίμακας εταιρείες ενδιαφέρονται για τη διαμονή μέρους των προϊόντων τους απευθείας στην αγορά σε τοπικό επίπεδο, παρασκευάζοντας μίγματα τσαγιού ή μπαχαρικών. Για το σκοπό αυτό, μπορεί να γίνει χρήση διάφορων συσκευών ανάμιξης. Μία από τις πιο συνηθισμένες συσκευές είναι το βαρέλι του Σχήματος 3.48, που είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα με διαγώνιο άξονα και που περιστρέφεται χειροκίνητα. Η αλλαγή της διαδρομής του υλικού προκαλεί επαρκή ανάμιξη.



Σχήμα 3.48: Βαρέλι - συσκευή ανάμιξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Öztekin και Martinov, 2007)

Σημειώνεται ότι τμήματα και βήματα της παραπάνω συσκευής αποτελούν το πλαίσιο (1), το κιβώτιο ανάμιξης (2), ο σωλήνας εξόδου με ολισθητήρα (3), η χοάνη (4), ο οδηγός (5) και το άνοιγμα πλήρωσης με κάλυμμα (6).

Το πρόβλημα είναι ο σωστός καθαρισμός του βαρελιού, ώστε να μην αναμιχθεί το υπόλειμμα ενός προηγούμενου μίγματος, που συσσωρεύεται κυρίως στις οξείες γωνίες του βαρελιού, με το νέο μίγμα. Το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί σχεδιάζοντας ένα δοχείο με πλευρικές γωνίες μεγαλύτερες των 90°.

Παραδείγματα παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.15 και 3.16. Μια εναλλακτική λύση για περιστρεφόμενα δοχεία είναι ένας αναμικτήρας με δύο οριζόντιους κοχλίες αντίθετης κατεύθυνσης. Αυτός ο τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μίγματα, όπου τα στοιχεία δεν είναι ευαίσθητα στην εντατική μηχανική επεξεργασία ή τρίψιμο. Από την άλλη πλευρά, το μέγεθος των σωματιδίων θα μειωθεί και είναι δυνατή η αυξημένη περιεκτικότητα σε σωματίδια μικρού μεγέθους. Αυτό μπορεί να προκαλέσει χαμηλή ποιότητα μίγματος ή ακόμα και άχρηστο μίγμα.

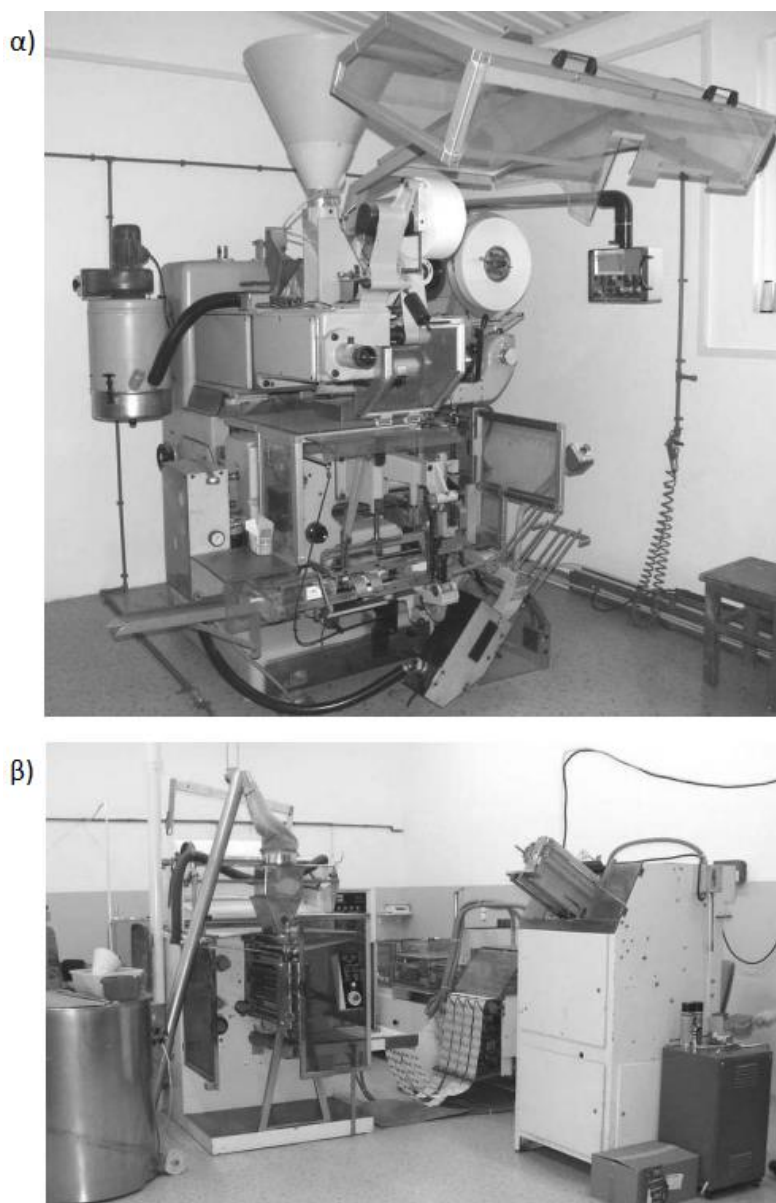


Εικόνα 3.15: Συσκευή ανάμιξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με ειδικό δοχείο (Öztekın και Martinov, 2007)

Υπάρχουν δύο τύποι συσκευασίας τσαγιού στην αγορά: σακούλες και σακούλες φίλτρου. Οι σακούλες περιέχουν 50 έως 100 gr βοτάνων ή μίγματος βοτάνων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι σακούλες είναι μεγαλύτερες, έως και 1 kg, καθώς προορίζονται για καταναλωτές μεγάλης κλίμακας, όπως είναι για παράδειγμα τα νοσοκομεία, τα σχολεία και ούτω καθεξής.

Για το γέμισμα των σακουλών χρησιμοποιούνται συσκευές ογκομετρικής δοσομέτρησης με πρόσθετη χειροκίνητη διόρθωση στην ισορροπία. Στη συνέχεια, οι

σακούλες κλείνονται και τοποθετούνται σε κατάλληλες συσκευασίες, που περιέχουν όλα τα δεδομένα που χρειάζονται για να διατεθούν στην αγορά. Αυτή είναι η απλούστερη διαδικασία που παρέχει προϊόν έτοιμο για αγορά και εφαρμόζεται σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Το υψηλότερο επίπεδο οριστικοποίησης είναι η παραγωγή φακελίσκων τσαγιού φίλτρου. Υπάρχουν διάφορα μηχανήματα για το σκοπό αυτό. Τα πιο απλά μηχανήματα φτιάχνουν φακελάκια τσαγιού χωρίς κλωστή. Ένα παράδειγμα μηχανής συσκευασίας σακουλών φίλτρου είναι αυτό της Εικόνας 3.16 α). Υπάρχουν επίσης μηχανήματα υψηλής χωρητικότητας, που παράγουν πολλές σειρές σακουλών ταυτόχρονα, όπως φαίνεται στο Εικόνας 3.16 β).



Εικόνα 3.16: Μηχανές κατασκευής για φακελάκια τσαγιού φίλτρου α) χαμηλής χωρητικότητας και β) υψηλής χωρητικότητας με τέσσερις σειρές (Öztekin και Martinov, 2007)

Το κλείσιμο των κουτιών τσαγιού και το τύλιγμα των κουτιών με σελοφάν μπορεί να είναι χειρωνακτικό ή μηχανικό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.17:



Εικόνα 3.17: Κλείσιμο των κουτιών τσαγιού και το τύλιγμα των κουτιών (Öztekin και Martinov, 2007)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η μηχανική επεξεργασία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη μια βιβλιογραφική επισκόπηση μιας σειράς από δευτερογενείς πηγές, που αναφέρονται σε ποιοτικά κυρίως, αλλά και ποσοτικά δεδομένα, που σχετίζονται άμεσα με το σκοπό και τους επιμέρους στόχους της. Η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση έδειξε ανάλογα με τη θέση της εκάστοτε διεργασίας της μηχανικής επεξεργασίας στη συνολική αλυσίδα παραγωγής και διάθεσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, η μηχανική επεξεργασία, διακρίνεται σε δύο μεγάλες υποκατηγορίες: την επεξεργασία προξήρανσης, που εφαρμόζεται από διάφορους παραγωγούς κυρίως όταν πρόκειται για μια μεγάλης κλίμακας παραγωγή και την επεξεργασία μεταξήρανσης, που εφαρμόζεται συνηθέστερα. Καθεμία από αυτές τις δύο μεθόδους περιλαμβάνει μια σειρά από διαφορετικές εναλλακτικές μεθόδους, που παρέχουν σε κάθε παραγωγό μια ευρεία ποικιλία, ώστε να μπορούν να επιλέξουν τη βέλτιστη για το ή/ τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που καλλιεργούν.

4.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σαν πρόταση για μελλοντική έρευνα προτείνεται η πιλοτική εφαρμογή μιας ή περισσότερων μεθόδων είτε προξήρανσης είτε και μεταξήρανσης σε μια συγκεκριμένη καλλιέργεια αρωματικού και φαρμακευτικού φυτού σε ελληνικό επίπεδο με σκοπό να προκύψει μια σύγκριση από την οποία θα καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός της βέλτιστης μεθόδου για την καλλιέργεια αυτή. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστεί μια μέθοδος σε διαφορετικές καλλιέργειες αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, ώστε η σύγκριση να αφορά την επίδοση της μεθόδου βάσει του τύπου του αρωματικού και φαρμακευτικού φυτού.

Βιβλιογραφία

Grochowicz, J. 1980. *Machines for Cleaning and Sorting of Seeds*. US Department of Agriculture, National Sciences Foundation.

Martinov, M., Adamovic, D. και Veselinov, B. 1992. Development of machines for leaves removal of fresh peppermint. Στον Milanovac, D. (εκδ.), *XVIII scientific meeting of Vojvodina Society of Agricultural Engineering*, Book of Proceedings (151-156).

Mohsenin, N. 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers.

Öztekin, S. και Martinov, M. 2007. *Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, Drying, and Processing*. Haworth Food & Agricultural Products Press.