

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

«ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΕΚΝΕΦΩΣΗ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΟΛΙΟΛΙΟΥ ΕΛΕΝΗ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2017

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

«ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΕΚΝΕΦΩΣΗ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΟΛΙΟΛΙΟΥ ΕΛΕΝΗ

Εξεταστική Επιτροπή:

Φώτιος Κουτρομπής (επιβλέπων)

Γιώργος Ζακυνθινός (μέλος)

Ιωακείμ Σπηλιόπουλος (μέλος)

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης καθώς και για την ολοκλήρωση των σπουδών μου συνέβαλλαν κάποιοι άνθρωποι που χωρίς την βοήθειά τους δεν θα μπορούσα να την ολοκληρώσω και αισθάνομαι την ανάγκη να αναφέρω την ευγνωμοσύνη μου αρχικά, στην οικογένεια μου για όλα αυτά που μου έχουν προσφέρει καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων καθώς και τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Φώτιο Κουτρομπή που μου πρότεινε το θέμα της πτυχιακής εργασίας και με βοήθησε με τις πολύτιμες πληροφορίες που μου μετέδωσε κατά την διάρκεια της συγγραφής αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία εστιάζουμε στον τομέα της μηχανικής τροφίμων που περιλάμβανε τη διαδικασία της ξήρανσης με εκνέφωση ή αλλιώς ψεκασμό. Αρχικά γίνεται αναφορά στο περιεχόμενο και τη χρησιμότητα, τα κίνητρα της μηχανικής τροφίμων, τις γραμμές επεξεργασίας και τις λειτουργικές μονάδες αλλά και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις μονάδες επεξεργασίας τροφίμων. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία της ξήρανσης ως προς τις διεργασίες και την συμπεριφορά των υλικών. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι τύποι των διεργασιών ξήρανσης τα φαινόμενα που συμβαίνουν και περιγράφονται οι διάφοροι τύποι ξηραντήριων. Λεπτομερώς παρουσιάζεται ο ξηραντήρας εκνέφωσης. Στη συνέχεια δίνεται έμφαση στην μικροενθυλάκωση όσον αφορά τα λειτουργικά τρόφιμα, τα πλεονεκτήματα αυτής, αλλά και τις διάφορες τεχνολογίες.

Παρουσιάζεται λεπτομερώς η μικροενθυλάκωση μέσω ξήρανσης με εκνέφωση ως προς τα στάδια της διαδικασίας και τις συνθήκες διεργασίας, τους φορείς και τις συνθήκες ξήρανσης. Δίνονται κάποια παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας και τέλος μελετάται το ελαιόλαδο και συγκεκριμένα η ενθυλάκωση έξτρα παρθένου ελαιολάδου στο τομέα της βιομηχανίας τροφίμων.

Λέξεις κλειδιά: ξήρανση με εκνέφωση, μικροενθυλάκωση, έξτρα παρθένο ελαιόλαδο

ABSTRACT

In this paper we focus in the field of food engineering including the process of spray-drying or atomization. Initially we refer to the content and usefulness, motivation of food engineering, processing lines and modules and the processes taking place in food processing plants. Following the drying procedure is analyzed, in terms of the processes and behavior of materials. Specifically, we analyze the types of drying processes, occurring phenomena and various types of drying equipment. In detail the spray dryer is presented along with its components. Then emphasis is given on microencapsulation regarding functional foods, advantages and various technologies. Microencapsulation by spray drying is analyzed in detail in terms of the process steps and the process conditions, the carriers and the drying conditions. Some examples are given for better understanding of the process and finally we use olive oil as a case study, and particularly the encapsulation by spray drying of extra virgin olive oil in the food industry.

Keywords: spray-drying, microencapsulation, extra virgin olive oil

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	1
Abstract.....	2
Εισαγωγή	7
1.1 Υπόβαθρο της έρευνας.....	7
1.2 Στόχος της έρευνας	8
1.3 Σημαντικότητα της έρευνας.....	9
2 Μηχανική τροφίμων	10
2.1 Περιεχόμενο και χρησιμότητα.....	10
2.2 Κίνητρα ανάπτυξης μεθοδολογιών παραγωγής.....	11
2.3 Γραμμή επεξεργασίας και λειτουργικές μονάδες	15
2.4 Διεργασίες στις λειτουργικές μονάδες και ορολογία	17
3 Η ξήρανση: Διεργασίες και Συμπεριφορά υλικών	22
3.1 Η ξήρανση γενικά	22
3.2 Τύποι διεργασιών ξήρανσης.....	23
3.3 Συμπεριφορά υλικών.....	24
3.4 Φαινόμενα στη ξήρανση.....	25
3.5 Τύποι ξηραντήρων	30
3.5.1 Ξηραντήρες θαλάμου	30
3.5.2 Ατμοσφαιρικοί ξηραντήρες	30
3.5.3 Ξηραντήρες θαλάμου κενού	30
3.5.4 Ξηραντήρες σήραγγας.....	31
3.5.5 Ξηραντήρες ενδιάμεσης λειτουργίας	32
3.5.6 Ξηραντήρες τουρμπίνας	32
3.5.7 Περιστροφικοί ξηραντήρες.....	33

3.5.8	Θέρμανση απευθείας επαφής.....	33
3.5.9	Θέρμανση χωρίς απευθείας επαφή	34
3.5.10	Ξηραντήρες τυμπάνων	34
4	Ξηραντήρας εκνέφωσης.....	35
4.1	Περιγραφή εκνέφωσης	35
4.2	Ξήρανση με ψεκασμό (εκνέφωση)	36
4.2.1	Διεργασίες.....	37
4.2.2	Ατομοποίηση και εκνέφωση.....	39
4.3	Τύποι εκνέφωσης και παραδείγματα.....	40
4.3.1	Διάσπαση σε άτομα μέσω πίεσης (χωρίς αέρα).....	40
4.3.2	Ψεκασμός με τη χρήση σπρέι αέρα.....	41
4.3.3	Φυγόκεντρη διάσπαση ατόμων.....	42
4.3.4	Ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων	42
4.3.5	Υπερηχητική διάσπαση ατόμων	43
4.3.6	Φθάνοντας στην επιθυμητή διάσπαση ατόμων	44
4.4	Περιγραφή του ξηραντήρα εκνέφωσης.....	44
5	Μικροενθυλάκωση	47
5.1	Εισαγωγή	47
5.2	Τα λειτουργικά τρόφιμα και η σημασία της μικροενθυλάκωσης	48
5.3	Πλεονεκτήματα μικροενθυλάκωσης	50
5.4	Τεχνολογίες μικροενθυλάκωσης.....	51
5.5	Μικροενθυλάκωση μέσω ξήρανσης με εκνέφωση	54
5.5.1	Τα βήματα της διαδικασίας	59
5.5.2	Συνθήκες διεργασίας	60
5.5.3	Φορείς και συνθήκες ξήρανσης	62
5.5.4	Εφαρμογές σε τρόφιμα.....	65

6	Μελέτη περίπτωσης: Ελαιόλαδο	71
6.1	Το ελαιόλαδο και η σύνθεση κάθε τύπου ελαιόλαδου.....	71
6.2	Παραγωγή παρθένου ελαιόλαδου	73
6.3	Σημασία μικροενθυλάκωσης ελαιόλαδου στα τρόφιμα	80
6.4	Η μικροενθυλάκωση ελαιόλαδου μέσω ξήρανσης με ψεκασμό.....	81
6.5	Η επίδραση του υλικού τοιχώματος στην μικροενθυλάκωση έξτρα παρθένου ελαιόλαδου.....	83
6.5.1	Υλικό μικροενθυλάκωσης	84
6.5.2	Διαδικασία μικροενθυλάκωσης	86
6.5.3	Σύγκριση μεταξύ διαφορετικών υλικών τοιχώματος.....	86
7	Συμπεράσματα.....	88
	Βιβλιογραφία	90

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Καθώς η κοινωνία εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου, ο κλάδος της διατροφής έχει εξελιχθεί σε ένα παγκόσμιο σύστημα με μεγάλη πολυπλοκότητα. Η δέσμευση της επιστήμης της τεχνολογίας τροφίμων και των επαγγελματιών για τη προαγωγή της επιστήμης των τροφίμων έχει ως στόχο την ασφαλή και άφθονη προμήθεια τροφίμων, ενώ συμβάλλει στην υγεία των ανθρώπων ως αναπόσπαστο μέρος της εξέλιξης.

Αρχικά η τεχνολογία τροφίμων επικεντρώθηκε στην έρευνα για μεθόδους συντήρησης τροφίμων με την ανάπτυξη της διαδικασίας κονσερβοποίησης ως το πρώτο ορόσημο που είχε σημαντικό αντίκτυπο στις τεχνικές διατήρησης των τροφίμων. Η έρευνα του *Pasteur* για την αλλοίωση του κρασιού και η μεθοδολογία για την αποφυγή της αλλοίωσης αποτέλεσε τη πρώτη προσπάθεια εφαρμογής των επιστημονικών γνώσεων στη διαχείριση των τροφίμων. Στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία παστερίωσης, κατά την οποία το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα θερμαίνονται για να αποτραπεί η αλλοίωση των τροφίμων και η ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Η έρευνα στον τομέα της τεχνολογίας τροφίμων τροφοδοτεί τις επιστήμες της βακτηριολογίας και της προληπτικής ιατρικής. Η ξήρανση αποτελεί και μια φυσική τεχνική συντήρησης των τροφίμων καθώς τα τρόφιμα μπορούν αν αφεθούν στο περιβάλλον όπου έρχονται σε επαφή με τον ήλιο και με τον άνεμο και έτσι να ξηραθούν. Η διαδικασία της ξήρανσης όμως με την εξέλιξη της τεχνολογίας διαπιστώθηκε ότι μπορεί να βελτιστοποιηθεί αν εφαρμοστούν μηχανικές τεχνικές για την πραγματοποίησή της.

Επιπλέον, η διαδικασία της ενθυλάκωσης παρατείνει τη διάρκεια ζωής αλλά και το χρόνο αποθήκευσης των ουσιών, ενώ κατά την αποθήκευση τους διατηρείται το άρωμα των ουσιών και τέλος προστατεύει από τις διάφορες μικροβιολογικές αλλοιώσεις. Η μικροενθυλάκωση δίνει τη δυνατότητα να παραχθούν τρόφιμα με υψηλότερη διατροφική αξία αφού επιτρέπει τον εγκλεισμό πλούσιων σε θρεπτικές ουσίες συστατικών σε μικροκάψουλες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ξήρανση είναι μια από τις παλαιότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να παρεμποδίζουν την αποσύνθεση των προϊόντων διατροφής (χρησιμοποιείται από το 12.000 π.χ. στη Μέση Ανατολή με χρήση της ηλιακής ενέργειας). Η ξήρανση με εκνέφωση αποτελεί μια πολύ ιδιαίτερη και σημαντική μέθοδο, η οποία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1990 και ο σκοπός της εφαρμογής της ήταν να παραχθεί σκόνη γάλακτος.

Με την πάροδο των χρόνων εξελίχθηκε και βρήκε εφαρμογή σε μια πολύ μεγάλη ποικιλία τροφίμων. Ο κύριος σκοπός της είναι η μετατροπή υγρών προϊόντων, που αποτελούνται από σχετικά μεγάλο ποσοστό υγρασίας, σε σκόνη. Ένα από τα στοιχεία που κάνει την μέθοδο αυτή ιδιαίτερη είναι ότι ο κύκλος ξήρανσης είναι ταχύς και το χρονικό διάστημα που το προϊόν πρέπει να παραμείνει στον ξηραντήρα είναι πολύ μικρό. Ακόμη, ένα στοιχείο που την κάνει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα ως μέθοδο, είναι ότι κατά την διάρκεια της εφαρμογής της χρησιμοποιείται αέρας με υψηλή θερμοκρασία και δεν επιδρά στο τρόφιμο, δηλαδή δεν υποβαθμίζει την ποιότητα του τροφίμου. Ο εξοπλισμός που διατίθεται για την ξήρανση με εκνέφωση ποικίλει όσο αφορά την ροή του αέρα σε σχέση με τα σταγονίδια που περιέχονται στο τρόφιμο (*Gharsallaoui et al., 2007*).

Ωστόσο, η διαδικασία της ξήρανσης με εκνέφωση έχει γίνει ακόμη πιο γνωστή τα τελευταία χρόνια καθώς χρησιμοποιείται στη διαδικασία μικροενθυλάκωσης συστατικών στα τρόφιμα. Εδώ και αρκετά χρόνια, η μικροενθυλάκωση έβρισκε κυρίως εφαρμογή στις φαρμακοβιομηχανίες ενώ τα τελευταία χρόνια εδραιώθηκε και στις βιομηχανίες τροφίμων. Η ενθυλάκωση μέσω της ξήρανσης με εκνέφωση αποτελεί μια τεχνική όπου μια ουσία, είτε ένα μείγμα ουσιών το οποίο είναι καλυμμένο από ένα άλλο υλικό (μέσο εγκλεισμού), ενσωματώνεται σε μια ομογενή ή ετερογενή μήτρα που έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικροκάψουλας. Η τεχνολογία αυτή αποσπά ιδιαίτερα το ενδιαφέρον των βιομηχανιών τροφίμων γιατί πολλά συστατικά των τροφίμων, που παλαιότερα θεωρούνταν τεχνικά ανέφικτο να

μπορέσουν να υποστούν οποιαδήποτε διαδικασία ξήρανσης, πλέον είναι εφικτό λόγω της τεχνικής της μικροενθυλάκωσης γιατί δίνει την δυνατότητα ενσωμάτωσης, δηλαδή του εγκλεισμού διάφορων συστατικών που περιέχονται στα τρόφιμα, όπως αντιοξειδωτικά, βιταμίνες αρωματικά συστατικά, αιθέρια έλαια, μικροοργανισμοί, συντηρητικά κ.α. Η συγκεκριμένη τεχνική επίσης προσφέρει προστασία από φυσικοχημικές μεταβολές όπως οξείδωση, θέρμανση, απορρόφηση υγρασίας καθώς και εξάτμιση (Gharsallaoui et al., 2007).

Με την πάροδο του χρόνου οι τεχνικές που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της ξήρανσης με εκνέφωση εξελίχθηκαν, παρόλα αυτά παραμένει ημιτελής ως διαδικασία. Συγκεκριμένα η ξήρανση με εκνέφωση για σκοπούς μικροενθυλάκωσης αποτελεί μια πολύπλοκη τεχνική και αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να διορθωθούν και να βελτιστοποιηθούν (Gharsallaoui et al., 2007).

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Βάσει των παραπάνω, η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη περιγραφή της διεργασίας ξήρανσης με εκνέφωση και την ανάλυση των παραγόντων που καθορίζουν την απόδοση της μικροενθυλάκωσης μέσω ξήρανσης με εκνέφωση. Συγκεκριμένα, ο παραπάνω στόχος θα επιτευχθεί μέσω των παρακάτω βημάτων:

1. Διερεύνηση των συντελεστών της διεργασίας ξήρανσης και ξήρανσης με εκνέφωση.
2. Ανάλυση των χαρακτηριστικών του ξηραντήρα εκνέφωσης, των χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος και των εφαρμογών του.
3. Ανάλυση της μεθόδου και του επιπέδου ελέγχου της διαδικασίας μικροενθυλάκωσης μέσω ξήρανσης με εκνέφωση αξιοποιώντας ως μελέτη περίπτωσης το ελαιόλαδο.

1.3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Καθώς η διαδικασία της μικροενθυλάκωσης μέσω ξήρανσης με εκνέφωση είναι δύσκολο να ελεγχθεί, λόγω της πολυπαραγοντικής φύσης της, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση της διαδικασίας όσον αφορά τους διάφορους τύπους μοριακών αλληλεπιδράσεων: νερό- τοίχωμα, νερό - πυρήνας, και τοίχωμα - πυρήνας, τον σχηματισμό των γαλακτωμάτων πριν από την ξήρανση, τη κατανομή του μεγέθους στις μικροκάψουλες, τη μορφολογία τους, καθώς και οι μετρήσεις του ρυθμού απελευθέρωσης της ενθυλακωμένης ουσίας (*Gharsallaoui et al., 2007*).

Η διεθνής βιβλιογραφία καταγράφει ανοιχτά πεδία διερεύνησης, σχετικά με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υλικού ενθυλάκωσης. Δεδομένων των παραπάνω, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι παράγοντες σχετικά με τη διαδικασία αλλά και με τα υλικά, οι οποίοι συμβάλλουν στον έλεγχο και την απόδοση της μικροενθυλάκωσης μέσω ξήρανσης με εκνέφωση.

2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

2.1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

Ο κύριος σκοπός της επεξεργασίας τροφίμων και η κύρια ασχολία της είναι πρακτικά η διατήρηση της ασφάλειας των θρεπτικών συστατικών που περιέχουν τα τρόφιμα για παράδειγμα η κύρια αιτία δημιουργίας της τεχνικής της κονσερβοποίησης που εφευρέθηκε από τον *Nicholas Appert* , είχε ως στόχο την διατήρηση των τροφίμων και των συστατικών αυτών. Για την αποθήκευση των κονσερβοποιημένων προϊόντων αρχικά χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα βάζα τα οποία με την πάροδο των ετών αντικαταστάθηκαν από μεταλλικά κουτιά.

Παλαιότερα τα κονσερβοποιημένα προϊόντα έβρισκαν χρήση σε περιόδους πολέμου όπου τα χρησιμοποιούσε ο στρατός και το ναυτικό αλλά, με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας γρήγορα η τεχνική της κονσερβοποίησης αναπτύχθηκε και τα κονσερβοποιημένα προϊόντα εδραιώθηκαν στην καθημερινή διατροφή του καταναλωτή. Ωστόσο, μια άλλη ιδιαίτερη τεχνική που εμφανίστηκε με την εξέλιξη της τεχνολογίας ήταν η ταχεία κατάψυξη των τροφίμων που πρωτοεμφανίστηκε το 1932 από τον *Clarence Birdseye* η οποία έπαιξε κύριο ρόλο στην εδραίωση των κατεψυγμένων προϊόντων στον κλάδο της βιομηχανίας των τροφίμων.

Πολλοί άνθρωποι συγχέουν την έννοια του όρου επεξεργασία τροφίμων και του όρου μεταποιημένα τρόφιμα. Με την εικόνα προϊόντων που είναι επιβαρυνμένα δηλαδή με προϊόντα που περιέχουν μεγάλο ποσοστό λίπους καθώς και αλάτι, παρόλα αυτά αυτή η εικόνα δεν είναι αληθής καθώς στην πιο απλή μορφή της η επεξεργασία των τροφίμων περιλαμβάνει την συγκομιδή, την συσκευασία του προϊόντος, τη μεταφορά του, και τέλος την αποθήκευση αυτή είναι μια πολύ γενική εικόνα της διαδικασίας της επεξεργασίας ενός τροφίμου. Πλέον η επεξεργασία των τροφίμων βρίσκει πολύ μεγάλη εφαρμογή και καλύπτει τους σημαντικότερους τομείς της όπως για παράδειγμα τα γαλακτοκομικά προϊόντα (φρέσκο γάλα, γάλα UHT, γιαούρτι,

παγωτά), τα δημητριακά (δημητριακά για πρωινό, μούσλι, μπάρες δημητριακών), σνακ (πατατάκια, ξηροί καρποί), κατεψυγμένα τρόφιμα, μπύρα και φρέσκα προϊόντα (λαχανικά, κρέας). Ουσιαστικά αποτελεί προϊόντα τα οποία καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ανθρώπινης διατροφής.

Βασικό ρόλο στην επεξεργασία των τροφίμων διαδραματίζει η επιστήμη των τροφίμων και οι τεχνολόγοι τροφίμων που ο κυρίαρχος στόχος τους είναι η μετατροπή των προϊόντων που βρίσκονται στην πρωτογενή τους μορφή σε προϊόντα υγιή και κατάλληλα για τον άνθρωπο.

2.2 ΚΙΝΗΤΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η επιστήμη των τροφίμων είναι η μελέτη των φυσικών, βιολογικών και χημικών διαδικασιών παραγωγής των τροφίμων, των αιτιών μείωσης της ποιότητας των τροφίμων και των εννοιών που διέπουν την επεξεργασία τροφίμων. Οι επιστήμονες και οι τεχνολόγοι τροφίμων εφαρμόζουν τις αρχές διαφόρων κλάδων της επιστήμης όπως η χημεία, μηχανική, μικροβιολογία, και η διατροφή, για τη μελέτη σχετικά με τη βελτίωση της ασφάλειας της διατροφής, την υγιεινή και τη διαθεσιμότητα των τροφίμων. Ανάλογα με τον τομέα της ειδίκευσής τους, οι επιστήμονες τροφίμων μπορούν να αναπτύξουν τρόπους για την επεξεργασία, τη διατήρηση, τη συσκευασία ή και την αποθήκευση τροφίμων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που τίθενται από τη βιομηχανία και τους διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς (*IFT, 2016*).

Η τεχνολογία τροφίμων είναι η εφαρμογή της επιστήμης των τροφίμων για την επιλογή, την συντήρηση, την μεταποίηση, τη συσκευασία, την διανομή και την χρήση ασφαλών τροφίμων. Αφορούν και περιλαμβάνουν τους τομείς της βιοχημείας, της βιοτεχνολογίας, της μηχανικής, της διατροφής, τον ποιοτικό έλεγχο και την διαχείριση της ασφάλειας των τροφίμων (*IFT, 2016*).

Η επεξεργασία των τροφίμων έχει σκοπό να αλλάξει τις ιδιότητες τους ώστε να διατηρήσουν ή να βελτιώσουν την ποιότητα τους ή να το καταστήσουν λειτουργικά πιο χρήσιμο. Δηλαδή οι επεξεργαστές τροφίμων λαμβάνουν τις πρώτες ζωικές, φυτικές ύλες ή θαλασσινά προϊόντα για να τα μετατρέψουν σε βρώσιμα προϊόντα μέσω της εφαρμογής της εργασίας, με την βοήθεια των μηχανημάτων και την

επιστημονική γνώση που απαιτείται. Χημικές, βιολογικές και μηχανικές διαδικασίες χρησιμοποιούνται για να διατηρήσουν ασφαλή τα ογκώδη, ευπαθή και μη βρώσιμα υλικά τροφίμων κατά την αποθήκευση ώστε να παραμείνουν εύγεστα τα τρόφιμα και τα ποτά (IFT, 2016).

Η έρευνα των τροφίμων αποτελεί την προσεκτική και αποτελεσματική μελέτη που έχει ως σκοπό την συλλογή πληροφοριών που αφορούν τα τρόφιμα και τα συστατικά τους.

Από την άλλη η ανάπτυξη των προϊόντων αφορά, την δημιουργία νέων γεύσεων, χρωμάτων ή ποικιλιών από τα υπάρχοντα προϊόντα ή δημιουργία εντελώς νέων προϊόντων.

Τόσο η διασφάλιση της ποιότητας όσο και ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνουν τη διαδικασία της διασφάλισης δηλαδή ότι τα προϊόντα που κατασκευάζονται είναι σωστά και ότι τα συστατικά και τα τελικά προϊόντα έχουν μελετηθεί και πληρούν τις προδιαγραφές ασφάλειας και ποιότητας. Και τέλος η ρύθμιση των τροφίμων είναι η διαδικασία του καθορισμού προτύπων για τα προϊόντα, καθορίζοντας την ασφάλεια και τον έλεγχο των προϊόντων. Οι κανονισμοί καθορίζονται από την κυβέρνηση (IFT, 2016).

Ο άνθρωπος έχει ανάγκη να τρέφεται από καλή ποιότητα τρόφιμα γιατί τα τρόφιμα αυτά έχουν άμεσο αντίκτυπο στην υγεία του. Τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί μια πολύ μεγάλη έφεση για τα τρόφιμα ευκολίας όπως είναι για παράδειγμα τα έτοιμα φαγητά, έτοιμες σαλάτες κ.α. Εάν και πλέον το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλωτών γνωρίζει για τους κινδύνους που εγκυμονούν σε αυτές τις τροφές καθώς περιέχου μεγάλα ποσοστά αλατιού και κορεσμένων και trans λιπαρών.

Σε αυτό το σημείο καλούνται οι επιστήμες των τροφίμων να δείξουν την λεπτή ισορροπία που υπάρχει στα τρόφιμα γιατί από την μια πλευρά υπάρχουν οι παραπάνω κίνδυνοι και από την άλλη πλευρά θέλουν να αναδείξουν τους λειτουργικούς ρόλους των τροφίμων. Με την πάροδο των χρόνων οι βιομηχανίες των τροφίμων έχουν μειώσει την περιεκτικότητα των trans λιπαρών οξέων που περιέχονται στα τρόφιμα λόγω των διατροφικών επιπτώσεων που έχουν στην διατροφή του ανθρώπου.

Ωστόσο τα trans λιπαρά οξέα αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την διατήρηση της υφής των παραγόμενων προϊόντων διατροφής. Έχει διαπιστωθεί ότι έχουν μειωθεί τα επίπεδα του αλατιού στα προϊόντα, το αλάτι εκτός

από ενίσχυση της γεύσης μειώνει και την ενεργότητα του νερού με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής των προϊόντων. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν και κατανοούν το αντίκτυπο των συγκεκριμένο συστατικών στην υγεία των ανθρώπων οπότε συνεχώς ερευνούν και αναζητούν λύσεις και αυτό τους οδηγεί στην δημιουργία προϊόντων με καινοτόμες λειτουργίες που καλούνται λειτουργικά τρόφιμα . Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα προβιοτικά βακτήρια που αποσκοπούν στην ενίσχυση τη ανοσίας και τα γαλακτοκομικά πεπτίδια που βοηθούν στην μείωση της αρτηριακής πίεσης (*University of Reading, 2016*).

Στις τεχνικές επεξεργασίας των τροφίμων που έχουν ως σκοπό την διατήρηση των τροφίμων από διάφορες αλλοιώσει είναι η ψύξη, η κονσερβοποίηση, η ξήρανση καθώς και η κατάψυξη. Άλλες τεχνικές διατήρησης οι οποίες εντάσσονται στις εναλλακτικές τεχνολογίες αποτελούν η επεξεργασία με υψηλή πίεση η οποία αναπτύχθηκε λόγω των αυξανόμενων ζητήσεων ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις υψηλές ζήτησης των καταναλωτών. Ωστόσο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα επεξεργασμένα τρόφιμα και ποτά που έχουν πολλά θετικά οφέλη και περιλαμβάνουν αρκετά θρεπτικά συστατικά.

Ο κλάδος των τροφίμων έχει αλλάξει δραστικά η παραγωγή των τροφίμων έχει επεκταθεί πάρα πολύ και ένα βασικό επίτευγμα της είναι η πρόληψη των διάφορων ασθενειών που προκαλούνται από έλλειψη κάποιων συστατικών που περιέχουν τα τρόφιμα όπως για παράδειγμα η ραχίτιδα η οποία αποτελούσε μια πολύ σημαντική διαταραχή της παιδικής ηλικίας η οποία οφειλόταν στην έλλειψη της βιταμίνης D. Η απόκτηση τροφίμων όπως τα δημητριακά, το ψωμί και τα ζυμαρικά που περιέχουν φολικό οξύ και την βιταμίνη Β αποφεύγεται ο κίνδυνος σοβαρών γενετικών ανωμαλιών.

Άλλο ένα σημαντικό κομμάτι αποτελεί η ασφάλεια των τροφίμων η οποία περιλαμβάνει τις διαφορές επεξεργασίες που δημιουργήθηκαν με σκοπό να αποφεύγουν του κινδύνους που εγκυμονούν για την υγεία του καταναλωτή που συνδέονται με μικροβιολογικούς παθογόνους μικροοργανισμούς. Η παστερίωση του γάλακτος για παράδειγμα είναι ένα από τα πολλά παραδείγματα που μειώνουν τον κίνδυνο από τροφικές ασθένειες και επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (*University of Reading, 2016*).

Συγκεκριμένα τα επιστημονικά και τεχνικά επιτεύγματα της τεχνολογίας τροφίμων που είναι υπεύθυνα για πολλά από τα χαρακτηριστικά της αλυσίδας των τροφίμων είναι τα εξής (Colin, 2010):

1. Διατήρηση - Ξήρανση, κονσερβοποίηση, συντήρηση και ψύξη (συμπεριλαμβανομένης της ψύξης και κατάψυξης), είναι όλα τα παραδείγματα των τεχνικών επεξεργασίας τροφίμων που βοηθούν να κρατήσουν τα τρόφιμα βρώσιμα μετά την συγκομιδή για μεγάλες χρονικές περιόδους. Εναλλακτικές τεχνολογίες συντήρησης, όπως η επεξεργασία υψηλής πίεσης, έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 - 20 ετών λόγω της αυξανόμενης ζήτησης των καταναλωτών για ασφαλή, φρέσκα και υψηλής διατροφικής αξίας τρόφιμα.
2. Ποιότητα - Γεύση, άρωμα, υφή, χρώμα και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, όλα συμβάλλουν στην ποιότητα των τροφίμων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτά τα χαρακτηριστικά αρχίζουν να μειώνονται μόλις συλλέγονται οι πρώτες ύλες των τροφίμων ή των συστατικών τους. Διαδικασίες προσαρμοσμένες από την επιστήμη των τροφίμων βοηθούν στην ελαχιστοποίηση αυτού του φαινομένου.
3. Διατροφή - Επεξεργασμένα τρόφιμα και ποτά μπορεί να έχουν θετικά οφέλη σε θρεπτικά συστατικά πέραν εκείνων της πρώτης ύλης ή του σπιτικού επεξεργασμένου προϊόντος. Ορισμένα μεταποιημένα προϊόντα όπως τα κατεψυγμένα λαχανικά, έχουν συχνά μεγαλύτερη αξία για τον καταναλωτή.
4. Ευκολία - Το σύστημα των τροφίμων έχει αλλάξει δραστικά με τη πάροδο των ετών. Από τη μία επικεντρώνεται γύρω από την παραγωγή τροφίμων σε μεμονωμένες μικρές καλλιέργειες και την οικιακή διατήρηση του σπιτικού φαγητού, και από την άλλη στο σύγχρονο σύστημα του σήμερα, όπου οι αγορές τροφίμων πωλούν τρόφιμα που απαιτούν ελάχιστη ή καμία Παρασκευή και επεξεργασία.
5. Πρόληψη Ασθενειών –Η ραχίτιδα, που κάποτε θεωρούνταν μια εξαιρετικά κοινή διαταραχή της παιδικής ηλικίας, προκαλείται από την ανεπάρκεια της βιταμίνης D. Η προστασία των γαλακτοκομικών προϊόντων και άλλων προϊόντων, έχουν σχεδόν εξαλείψει αυτή την ασθένεια. Η προστασία των τροφίμων, όπως τα δημητριακά, το ψωμί και τα ζυμαρικά με το φολικό οξύ,

μια βιταμίνη Β που βοηθά στο να δημιουργηθούν νέα υγιή κύτταρα, συνέβαλε στη μείωση του κινδύνου σοβαρών γενετικών ανωμαλιών.

6. Αειφορία – Το εμπόριο παραγωγής τροφίμων είναι πιο αποτελεσματικό στη μετατροπή των πρώτων υλών σε καταναλωτικά προϊόντα από την επεξεργασία και την προετοιμασία στο σπίτι. Μέσω των αξιολογήσεων του κύκλου ζωής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος των τροφίμων, οι πρακτικές διαχείρισης των αποβλήτων ενισχύθηκαν και βελτιώθηκαν περαιτέρω.
7. Ασφάλεια των Τροφίμων - Η επεξεργασία τροφίμων έχει σχεδιαστεί για να εξαλείψει κινδύνους για την υγεία που συνδέονται με μικροβιακά παθογόνα. Η παστερίωση του γάλακτος είναι μόνο ένα από τα πολλά παραδείγματα διαδικασιών που μειώνουν τον κίνδυνο τροφικής ασθένειας και επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής.

2.3 ΓΡΑΜΜΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων μια μονάδας επεξεργασίας τροφίμων μπορεί να αποτελέσει μια μακροχρόνια και πολύ απαιτητική διαδικασία καθώς οι παράγοντες που λαμβάνουν χώρα για την δημιουργία τους είναι πολλοί. Ο σχεδιασμός τους εξαρτάται από τους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς οι οποίοι είναι σε συνεχή συνεργασία με τους ιδιώκτητες.

Αρχικά, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή του χώρου που θα εγκατασταθεί η μονάδα, δηλαδή η περιοχή να είναι προσβάσιμη, ωστόσο ανάλογα με την χώρα και την περιοχή, οι σχεδιαστές πρέπει να λάβουν σοβαρά υπόψη τις καιρικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Εάν για παράδειγμα η περιοχή αυτή είναι σεισμογενής θα πρέπει κατά την διαδικασία της κατασκευής να χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός.

Το βασικό δομικό υλικό το οποίο βρίσκει περισσότερο χρήση για τον εσωτερικό χώρο και τον εξωτερικό θα είναι αυτό το που θα παίζει τον κυρίαρχο ρόλο στην συνολική εικόνα της εγκατάστασης και των συστημάτων που σχετίζονται με αυτή.

Για παράδειγμα το σκυρόδεμα περιορίζει το ύψος του κτιρίου λόγω του βάρους του. Από την άλλη ο χάλυβας δίνει το πλεονέκτημα της ευελιξίας αλλά αν θεωρηθεί το κυρίαρχο υλικό θα πρέπει να ληφθεί ένα ανώτατο όριο χρήσης του. Οι σωληνώσεις, ο εξοπλισμός και τα ηλεκτρικά εξαρτώνται από τον τύπο του κτιρίου που θα επιλεγεί και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Ένα πολύ σημαντικό ζήτημα το οποίο θα πρέπει να συζητηθεί μεταξύ των ιδιοκτητών και των μηχανικών είναι η τοποθεσία που θα απορρίπτονται τα απόβλητα του εργοστασίου ή και η μέθοδος διαχείρισης αυτών.

2.4 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται στις λειτουργικές μονάδες παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να βελτιώσει τη βιοδιαθεσιμότητα των μικροθρεπτικών συστατικών όπως η θειαμίνη και το ιώδιο με την καταστροφή ορισμένων αντιδιατροφικών παραγόντων (π.χ., goitrogens, thiaminases), αν και το κατά πόσο αυτό υποβαθμίζει τον φυτικό, ισχυρό αναστολέα του σιδήρου, ψευδαργύρου, και την απορρόφηση του ασβεστίου, εξαρτάται από το είδος του φυτού, τη θερμοκρασία και το pH. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι ο βρασμός των κονδύλων και η λεύκανση των πράσινων φύλλων επάγουν μέτριες απώλειες (δηλαδή 5-15%) του φυτικού οξέος. Η θερμική επεξεργασία μπορεί επίσης να ενισχύσει τη βιοδιαθεσιμότητα της θειαμίνης, της βιταμίνης B-6, της νιασίνης, του φολικού οξέως, και των καροτενοειδών απελευθερώνοντας τα από τη μήτρα του φυτού.

Παραμένει να προσδιοριστεί αν οι βελτιώσεις στην βιοδιαθεσιμότητα αντισταθμίζουν τις απώλειες σε δραστηριότητα των θερμοαυαίσθητων και υδατοδιαλυτών βιταμινών (π.χ., θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, βιταμίνη C, φολικό οξύ). Μια απλή μηχανική επεξεργασία για την απομάκρυνση των φύτρων και του πίτουρου από τα δημητριακά αποτελεί το κοσκίνισμα και ο κύριος λόγος της εφαρμογής του είναι για να λιγοστέψει την περιεκτικότητα του φυτικού οξέος το οποίο υπάρχει στο εξωτερικό στρώμα των δημητριακών. Πολλές φορές αυτή η κατηγορία τροφίμων είναι δυνατόν να δεχθεί εμπλουτισμό προκειμένου να μειωθεί το έλλειμμα από μικροθρεπτικά συστατικά που είναι πιθανόν να παρουσιαστεί. Μία άλλη αρκετά απλή τεχνική αποτελεί το μούσκεμα των δημητριακών των αλεύρων τα οποία τα λαμβάνουμε από τα όσπρια (Hotz & Gibson, 2007).

Μέσω της διαδικασίας της ζύμωσης επιτυγχάνεται η υδρόλυση του φυτικού οξέος και αυτό οφείλεται κυρίως στην δράση κάποιων ενζύμων φυτικών οξέων τα οποία παρουσιάζουν την ικανότητα να υδρολύουν το φυτικό οξύ σε χαμηλότερη φωσφορική ινοσιτόλη με λιγότερες από πέντε φωσφορικές ομάδες. Ωστόσο τα μικροβιακά φυτικά οξέα μπορούν να εμφανιστούν είτε από κάποια μικροχλωρίδα η

οποία υπάρχει στην επιφάνεια των δημητριακών είτε να προέρθουν από εμβολιασμό που θα δεχθούν τα δημητριακά με την κατάλληλη καλλιέργεια εκκίνησης.

Τέλος η βλάστηση και η ζυθοποιία αποτελεί μια σημαντική τεχνική καθώς έχει την δυνατότητα να ενισχύει την δράση του ενδογενούς φυτικού οξέος το οποίο υπάρχει στα δημητριακά τα όσπρια καθώς και στους σπόρους που προέρχεται λάδι και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εκκίνησης του ενδογενούς φυτικού οξέος ή της *denovo* σύνθεσης. Όμως κάποια είδη δημητριακών παρουσιάζουν μικρότερα επίπεδα ενδογενών φυτικών οξέων. Επιπλέον η δράση της αμυλάσης έχει παρατηρηθεί ότι μεγαλώνει κατά την χρονική περίοδο της βλάστησης των δημητριακών (Hotz & Gibson, 2007).

Πίνακας 1 Διεργασίες και μέθοδοι ανάλογα με το στόχο της επεξεργασίας του τροφίμου

Στόχος	Μέθοδοι	Διεργασίες
Πρόληψη, μείωση, εξάλειψη μόλυνσης τροφίμων	<ul style="list-style-type: none"> - Συσκευασία (πρωτεύουσα, δευτερεύουσα) - Καθαρισμός (μηχανικός, χημικός) - Άλεση - Καλές πρακτικές παραγωγής - Παστερίωση - Συνδυασμοί των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική επεξεργασία - Αποστείρωση - Μη θερμικές διεργασίες (ακτινοβολία, υψηλή πίεση) - Χημικές διεργασίες
Πρόληψη μικροβιακής ανάπτυξης ή παραγωγής, ή τη μείωση αυτών των κινδύνων σε αποδεκτά επίπεδα	<ul style="list-style-type: none"> - Παστερίωση, Ψύξη, Κατάψυξη - Μείωση της δραστηριότητας του νερού - Οξίνιση - Βιοτεχνολογία - Συντηρητικά - Συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα - Συνδυασμοί των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Αφυδάτωση, προσθήκη άλατος, προσθήκη ζάχαρης - Μικροβιακές ζυμώσεις - Φυσικά φυτοφάρμακα (Bt), φυτά ανθεκτικά σε φυτοφάρμακα

		<ul style="list-style-type: none"> - Προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα που αναστέλλει <i>S. aureus</i>, <i>Salmonella</i> spp., <i>Yersinia enterocolitica</i>, - <i>E. coli</i>, NOT <i>C. botulinum</i>
Αποτροπή ή επιβράδυνση επιβλαβών χημικών ή βιοχημικών αντιδράσεων	<ul style="list-style-type: none"> - Πάγωμα – τρόφιμα ‘χημικώς ενεργά’ μέχρι τους -40 βαθμούς Fahrenheit - Ψύξη - Αφυδάτωση - Ζύμωση - Γενετική Μηχανική - Συσκευασία (αποκλεισμός οξυγόνου ή μείωση κατά 1-3%, αποκλεισμός ενυδάτωσης και φωτός, τροποποιημένη ατμόσφαιρα) - Συνδυασμός των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Παράγοντες θείωσης - Αντιοξειδωτικά - Ρυθμιστικοί παράγοντες - Χημικοί παράγοντες - Συντηρητικά - Ένζυμα - Θυσιαστικά πρόσθετα - Θερμική επεξεργασία - Μη θερμική επεξεργασία – αναστέλλει διαφορετικά μέσω διαφορετικών μηχανισμών από ότι η θέρμανση
Διατήρηση και βελτίωση διατροφικών χαρακτηριστικών	<ul style="list-style-type: none"> - Μηχανική επεξεργασία - Αντιοξειδωτικά, καθαριστές ελευθέρων ριζών και χημικοί παράγοντες - Συσκευασία (αποκλεισμός 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική επεξεργασία (εμπορική στείρωση, παστερίωση)

	<p>φωτός, οξυγόνου)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Συνδυασμός των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Εμπλουτισμός οχύρωσης (βιταμίνες, μεταλλικά στοιχεία) - “Θρεπτική ενίσχυση” (επιπρόσθετες βιταμίνες, μεταλλικά στοιχεία, πρωτεΐνες, ίνες)
Ενίσχυση της σταθερότητας κατά την αποθήκευση	<ul style="list-style-type: none"> - Συντηρητικά - Αντιοξειδωτικά, καθαριστές ελευθέρων ριζών και χημικοί παράγοντες - Συσκευασία - Συνδυασμός των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική επεξεργασία - Πάγωμα - Ψύξη - Αφυδάτωση - Ζύμωση - Ωρίμανση και κάπνισμα
Ενίσχυση της γεύσης και της ελκυστικότητας του τροφίμου	<ul style="list-style-type: none"> - Υδρογόνωση λίπους - Λειτουργικά πρόσθετα - Επιπρόσθετα συστατικά - Συνδυασμός των παραπάνω 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική επεξεργασία - Πάγωμα - Ψύξη - Αφυδάτωση - Ζύμωση - Ωρίμανση και κάπνισμα - Άλεση και λείανση (αλεύρι)
Για ειδικές ομάδες ατόμων	<ul style="list-style-type: none"> - Τρόφιμα για βρέφη - Γηριατρικά τρόφιμα - Nutraceuticals/Λειτουργικά τρόφιμα 	<ul style="list-style-type: none"> - Υπηρεσίες τροφίμων/ θεσμικά προϊόντα - Μειωμένες

	<ul style="list-style-type: none">- Εθνικά τρόφιμα- Προμαγειρεμένα τρόφιμα	θερμίδες/λίπος/τρόφιμα νατρίου
--	---	--------------------------------

3 Η ΞΗΡΑΝΣΗ: ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΛΙΚΩΝ

3.1 Η ΞΗΡΑΝΣΗ ΓΕΝΙΚΑ

Η ξήρανση για πρώτη φορά έλαβε χώρα από τα προϊστορικά χρόνια με σκοπό να διατηρηθούν οι τροφές αυτής της εποχής και έτσι αποτελεί μια από τις παλαιότερες τεχνικές συντήρησης των τροφίμων. Κατά την οποία τα τρόφιμα αφυδατώνονται ή αποξηραίνονται. Τα τρόφιμα που έχουν υποστεί αφυδάτωση ή ξήρανση έχουν ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα και αυτό είναι ότι μπορούν να διατηρηθούν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να προσβληθούν από διάφορους μικροοργανισμούς ή αλλοιώσεις γιατί η περιεκτικότητα τους σε υγρασία είναι πολύ μικρή και έτσι αποτελεί βασικό παρεμποδιστικό παράγοντα εναντίων των βακτηρίων και των ζυμών αλλά και της μούχλας καθώς, αναστέλλει την ανάπτυξη τους.

Οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν καθώς το περιβάλλον που υπάρχει είναι απαλλαγμένο από υγρασία και από την άλλη η δραστηριότητα των ενζύμων και οι διάφορες χημικές αντιδράσεις αδυνατούν πολύ να ολοκληρωθούν. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο της ξήρανσης που την καθιστά πολύ ενδιαφέρουσα σε σχέση με την αφυδάτωση και την κονσερβοποίηση εάν το τρόφιμο αποθηκευτεί σε περιβάλλον που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες. Είναι μια σχετικά απλή και εύκολη μέθοδος και ο εξοπλισμός που χρειάζεται για να λάβει χώρα είναι απλός.

Η περιεκτικότητα της υγρασίας είναι σε αρκετά χαμηλά επίπεδα επειδή το νερό απομακρύνεται μέσω του φαινομένου της εξάτμισης, είτε με ξήρανση με αέρα ή με αποξήρανση στον ήλιο ή με κάπνισμα, πλέον όμως πιο ευρεία χρήση βρίσκει η ηλεκτρική αφυδάτωση και η ξήρανση με κατάψυξη καθώς τα αποτελέσματα που λαμβάνονται είναι ποιο συνεπή.

Ένα σημαντικό μειονέκτημά της είναι σε σύγκριση με την κονσερβοποίηση και την κατάψυξη, οι οποίες αποδίδουν καλύτερη εμφάνιση και διατήρηση της γεύσης στα τρόφιμα από ότι η ξήρανση. Από την άλλη όμως με την ξήρανση μπορούν να

δημιουργηθούν νόστιμα θρεπτικά σνακ και επιπλέον αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο διατήρησης των τροφίμων, και έχει το πλεονέκτημα ότι τα παραγόμενα τρόφιμα μέσω αυτής της διαδικασίας χρειάζονται πολύ λιγότερο χώρο για την αποθήκευση τους από ότι τα τρόφιμα που έχουνε επεξεργαστεί με την τεχνική της κονσερβοποίησης ή της κατάψυξης.

3.2 ΤΥΠΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τις διάφορες ασθένειες χρειάζονται ένα περιβάλλον το οποίο αποτελείται από υγρασία ώστε να επιβιώσουν και στη συνέχεια να αυξηθούν. Με την τεχνική της ξήρανσης επιτεύχθηκε η αποφυγή της κατάστασης αυτής δηλαδή με την αφαίρεση - απομάκρυνση του νερού αποφεύγεται η αλλοίωση των τροφίμων. Πλέον έχουν εφευρεθεί πολλές τεχνικές για την πραγματοποίηση της οι οποίες βέβαια εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις ιδιότητες και τον τύπο του τροφίμου.

Μια παραδοσιακή μέθοδος για την διατήρηση του ρυζιού είναι να στεγνώσει φυσικά ή να ξηραθεί σε ξηραντήρα όπου το ρύζι θα παραμείνει εκεί για εβδομάδες. Μετά από αυτό το χρονικό διάστημα, το ρύζι αλωνίζεται και στην συνέχεια ξηραίνεται πάλι και τοποθετείται σε ψάθες στον ήλιο και αφήνεται εκεί για περίπου τρεις ημέρες. Οι σύγχρονες τεχνικές ξήρανσης γίνονται με χρήση ανεμιστήρων και θερμαντήρων σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Κάνοντας χρήση τέτοιων τεχνικών αποφεύγονται τα διάφορα σφάλματα που μπορούν να προκύψουν. Η ξήρανση με αέρα είναι μια διαδομένη τεχνική για τα διάφορα πλεονεκτήματα που παρέχει όπως για παράδειγμα ότι διατηρεί την σύσταση του προϊόντος σε πολύ καλή κατάσταση. Επιπλέον παρέχει το πλεονέκτημα το παραγόμενο τρόφιμο να τοποθετείται σε μεγάλους περιέκτες όπου έχει αφαιρεθεί ο αέρας και έτσι το τρόφιμο διατηρεί τις ιδιότητές του και η συντήρησή του επεκτείνεται.

Σε αυτό το σημείο σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι υδρατμοί στο εσωτερικό του προϊόντος καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο από ότι στο εξωτερικό τμήμα του. Επίσης αποτελεί μια βιολογικά επιθυμητή τεχνική (Walter, 2002; Mujumdar, 2007).

3.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΛΙΚΩΝ

Σύμφωνα με τον τρόπο ξήρανσης τα υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τα κοκκώδη αποτελούν τη πρώτη κατηγορία όπου η υγρασία συγκρατείται στα διάκενα των σωματιδίων ή σε πόρους που υπάρχουν στην επιφάνεια του. Σε αυτή την περίπτωση δεν εμποδίζεται ιδιαίτερα η κίνηση της υγρασίας και επηρεάζεται από την βαρύτητα και το τριχοειδές φαινόμενο. Όσο αφορά τις ένυδρες ουσίες η διαδικασία της ξήρανσης επηρεάζει το προϊόν αυτό κάθε αυτό αλλά για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και υγρασιών δεν επηρεάζουν τα υλικά. Κάποια παραδείγματα που μπορούν να αναφερθούν για την κατηγορία αυτή είναι ένυδρος θειικός ψευδάργυρος, φωσφορικό νάτριο, καταλύτες κ.α.

Η δεύτερη κατηγορία υλικών περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος από τα οργανικά οξέα ανεξαιρέτως την μορφή τους. Σε αυτή την κατηγορία πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η υγρασία αφού αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της δομής τους και βρίσκεται μέσα σε πόρους ή ίνες. Ωστόσο σε σύγκριση με τα κοκκώδη ή κρυσταλλικά υλικά η ταχύτητα της υγρασίας είναι ήπια και ο πιο πιθανός λόγος είναι ότι γίνεται με την διάχυση του υγρού μέσα στη δομή του στερεού και δίνει ως αποτέλεσμα μικρές περιόδους σταθερού ρυθμού στις καμπύλες ξήρανσης και το τελικό αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση μεγάλων τιμών της κρίσιμης υγρασίας.

Εξάλλου η κύρια ξήρανση γίνεται στην δεύτερη περίοδο ελλατούμενου ρυθμού. Όπως προαναφέρθηκε συγκρατείται μια μεγάλη ποσότητα νερού από την δομή του υλικού ή από πόρους που διαθέτει και έτσι η υγρασία να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα και η τάση των ατμών να είναι χαμηλότερη. Αυτά τα υλικά επηρεάζονται πολύ κατά την διάρκεια της ξήρανσης εφόσον η υγρασία που περιέχεται σε αυτά είναι συνδεδεμένη με την δομή τους και κατά την αφαίρεση του νερού από αυτά επηρεάζονται. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή όταν λαμβάνει χώρα η διαδικασία της ξήρανσης καθώς έχει διαπιστωθεί ότι η επιφάνεια ξηραίνεται πιο άμεσα από ότι το εσωτερικό τμήμα του υλικού γιατί, μπορεί το υλικό να δεχθεί αλλοιώσεις στην δομή του όπως ρωγμές, αναδιπλώσεις, αποξηραμένο κέλυφος στο επιφανειακό τμήμα του προϊόντος.

Μια επικίνδυνη αλλοίωση που εγκυμονεί κατά την διάρκεια της ξήρανσης του προϊόντος είναι η συρρίκνωση και αυτό συμβαίνει λόγω των μειωμένων επιπέδου νερού στο προϊόν. Παρόλα αυτά έχει διαπιστωθεί ότι κάποιες ομάδες υλικών δεν είναι τόσο ευπαθή στο φαινόμενο αυτό όπως είναι τα σκληρά πορώδη ή μη πορώδη υλικά. Ενώ τα ινώδη και τα κολλοειδή υλικά είναι πιο πιθανό να συστελλούν.

Σημαντικό είναι να αναφερθούν οι επιπτώσεις που ακολουθούν αν το τρόφιμο υποστεί συρρικνωθεί. Αρχικά θα επηρεαστεί η εξωτερική επιφάνεια του προϊόντος με αποτέλεσμα την μείωση του βάρους του. Μετά ακολουθεί η δημιουργία μιας σκληρής στοιβάδας όπου δημιουργεί πρόβλημα στην κίνηση της υγρασίας. Και τέλος δημιουργεί την ολοκληρωτική αλλαγή της όψης και της δομής του υλικού. Στην περίπτωση αυτή επιθυμητή είναι η ξήρανση με υγρό αέρα. Γιατί με αυτή την τεχνική μειώνεται η υγρασία μεταξύ του αέρα και της επιφάνειας του στερεού και με αυτό τον τρόπο περιορίζεται η συρρίκνωση του υλικού.

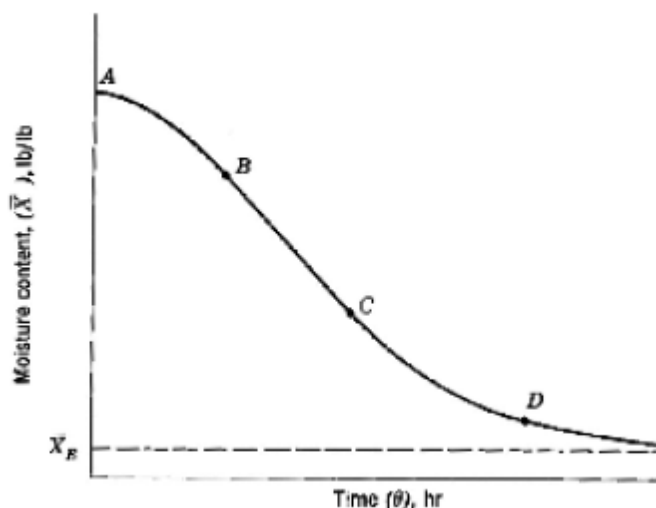
3.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ

Όταν υπόκειται σε ξήρανση ένα υγρό ή στέρεο, εμφανίζεται μία συγκεκριμένη συμπεριφορά στη διεργασία όταν έρχεται σε επαφή με αέριο σε δεδομένη θερμοκρασία. Μετά την αρχική επαφή του υλικού με το μέσο ξήρανσης το στέρεο θα μεταβάλλει τη θερμοκρασία του ώσπου να φτάσει σε μία τιμή η οποία θα είναι σταθερή. Η θερμοκρασία του στερεού και άρα ο ρυθμός της ξήρανσης αυξάνεται ή μειώνεται έως ότου να επιτευχθούν οι σταθερές αυτές συνθήκες. Περιγράφοντας τις συνθήκες αυτές θα μπορούσαμε να πούμε ότι η θερμοκρασία μέσα στο υλικό τείνει να εξισώνεται με τη θερμοκρασία του υγρού βολβού του αερίου, αλλά αυτό δεν μπορεί να συμβεί εξ ολοκλήρου λόγω της καθυστέρησης στη μεταφορά της μάζας και της θερμότητας. Μετά την επίτευξη των σταθερών συνθηκών ο ρυθμός ξήρανσης παραμένει σταθερός και το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται ως περίοδος σταθερού ρυθμού ξήρανσης.

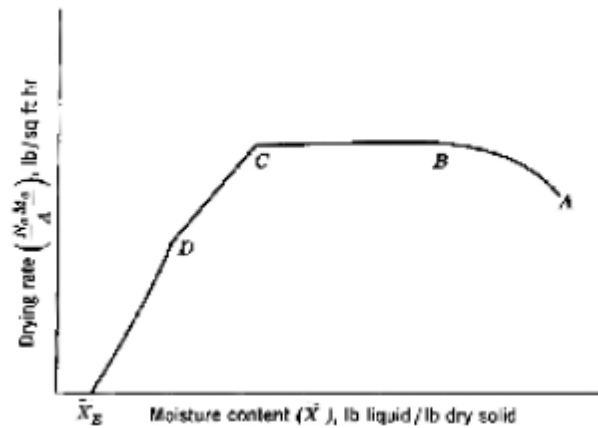
Η περίοδος αυτή ολοκληρώνεται καθώς το υλικό αποκτά ένα ποσοστό υγρασίας το οποίο καλείται κρίσιμη υγρασία, και μετά από αυτό το σημείο η επιφανειακή θερμοκρασία του αυξάνεται με αποτέλεσμα ο ρυθμός ξήρανσης να ελαττωθεί

γρήγορα. η περίοδος αυτή καλείται περίοδος ελλατούμενου ρυθμού ξήρανσης και έχει μεγαλύτερη διάρκεια από την περίοδο του σταθερού ρυθμού ξήρανσης. Παρά το γεγονός ότι η υγρασία που αφαιρείται είναι συγκριτικά μικρότερη. Κατά την τελευταία περίοδο η θερμοκρασία της επιφάνειας αυξάνεται και ως εκ τούτου η ξήρανση προχωρά ώσπου η θερμοκρασία του ξηρού βολβού να φτάσει τη θερμοκρασία του αέρα.

Ο ρυθμός ξήρανσης μηδενίζεται στο ποσοστό υγρασίας που ονομάζεται υγρασία ισορροπίας η οποία αποτελεί την υγρασία με την οποία το υλικό μπορεί και παραμένει σε στερεή μορφή για δεδομένες συνθήκες ξήρανσης στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η τυπική καμπύλη ξήρανσης για σταθερές συνθήκες με την υγρασία ως συνάρτηση του χρόνου ενώ στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η τυπική καμπύλη ξήρανσης με το ρυθμό ξήρανσης ως συνάρτηση της υγρασίας.



Εικόνα 1 Τυπική καμπύλη ξήρανσης για σταθερές συνθήκες ξήρανσης. Υγρασία ως συνάρτηση του χρόνου



Εικόνα 2 Τυπική καμπύλη ξήρανσης για σταθερές συνθήκες ξήρανσης. Ρυθμός ξήρανσης ως συνάρτηση της Υγρασίας

Οι καμπύλες που παρουσιάζονται στις παραπάνω εικόνες έχουν σχέση με τον μηχανισμό της ξηράς παρατηρούμε ότι ο ρυθμός της ξήρανσης εξαρτάται από το ρυθμό μετάδοσης θερμότητας στην επιφάνεια ξηράς καθώς ο ρυθμός μεταφοράς μάζας εξισορροπεί το ρυθμό μετάδοσης θερμότητας η επιφανειακή θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Η διαφορά της τάσης των υδρατμών ανάμεσα στην επιφάνεια και την κύρια μάζα του αέρα δημιουργεί τη δύναμη η οποία προκαλεί την κινητικότητα των υδρατμών.

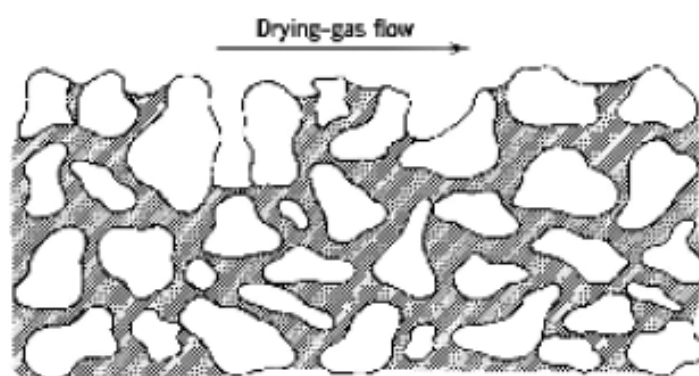
Σε στερεά υλικά τα οποία είναι ομογενή, όπως για παράδειγμα τα ινώδη οργανικά υλικά, ο μηχανισμός της μοριακής διάχυσης είναι αυτός που κατευθύνει την υγρασία στην επιφάνεια του υλικού. Σε αυτή την περίπτωση ο ρυθμός κίνησης της υγρασίας εκφράζεται από το νόμο του *Fick*. Να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο ότι όταν το υγρό κινείται με διάχυση, η κίνησή του είναι σχετικά αργή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η καμπύλη του ρυθμού ξήρανσης να μην παρουσιάζει περίοδο σταθερού ρυθμού σε πολλές περιπτώσεις.

Όταν τα υλικά αποτελούνται από στοιβάδες μικρομερών στερεών που έχουν μεγάλους πόρους, η σημασία της μοριακής διάχυσης δεν είναι τόσο μεγάλη. Σε αυτές τις περιπτώσεις υλικών, η υγρασία κινείται ως αποτέλεσμα της διαφοράς των υδροστατικών δυνάμεων λόγω των φαινομένων επιφανειακής τάσης. Η πίεση στην πλευρά κάτω από την καμπυλωμένη επιφάνεια του υγρού είναι διαφορετική από αυτή

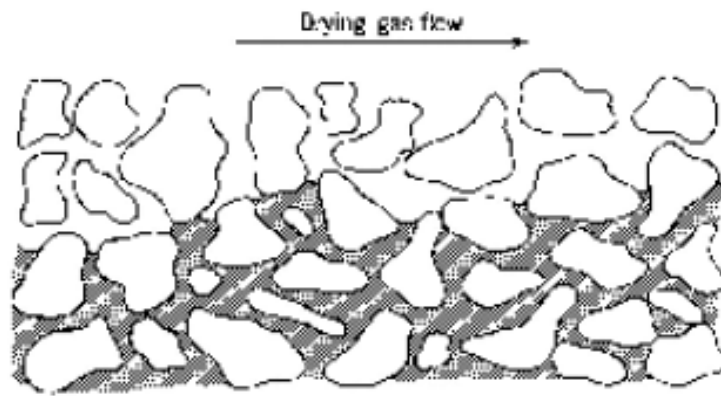
που θα είχε η αντίστοιχη επίπεδη επιφάνεια και έτσι προκαλείται μία επιφανειακή τάση.

Σε χαμηλά ποσοστά υγρασίας το υγρό μετακινείται από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του στερεού υλικού αυτή η μετακίνηση δεν είναι ομοιόμορφη καθώς η ακτίνα καμπυλότητας του υγρού μηνίσκου στην επιφάνεια είναι ανομοιόμορφη. Το υγρό μετακινείται από τους μεγαλύτερους πόρους με στόχο να κατευθυνθεί προς μικρότερους πόρους λόγω της επιφανειακής τάσης που προαναφέραμε. Έτσι η διαδικασία της ξήρανσης συνεχίζεται μέχρι να φτάσει το υγρό σε ένα στενό πέρασμα με ακτίνα καμπυλότητας ίση με αυτή των μικρότερων πόρων. Καθώς αποβάλλεται υγρασία, οι πόροι που βρίσκονται στην επιφάνεια χάνουν την υγρασία τους και αυξάνεται η κορεσμένη επιφάνεια συνεχώς. Έτσι η ξήρανση συνεχίζεται από την εξωτερική κορεσμένη επιφάνεια με τον ίδιο ρυθμό. Όμως ο ολικός ρυθμός της ξήρανσης μειώνεται καθώς θερμότητα και μάζα διαχέονται μέσω των στρωμάτων του στερεού ως το σημείο όπου όλη η υγρασία έχει υποχωρήσει από τους επιφανειακούς πόρους. Για να επιτευχθεί περαιτέρω ξήρανση θα πρέπει το μήκος διάχυσης να αυξηθεί.

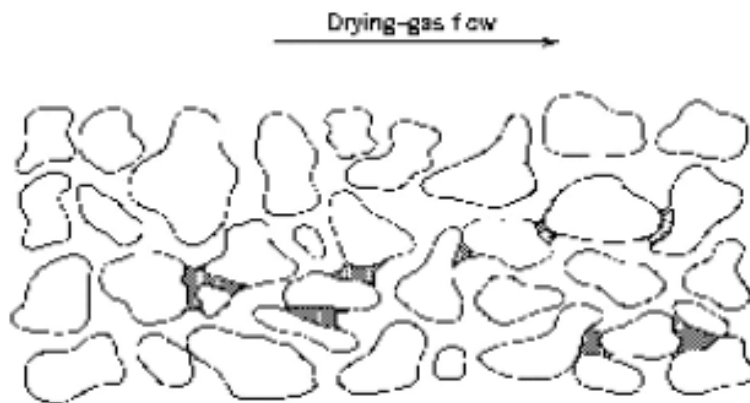
Με βάση τα παραπάνω στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η κατανομή της υγρασίας μέσα σε στρώμα μικρομερούς στερεού για την πρώτη περίοδο όπου ο ρυθμός ξήρανσης ελαττώνεται, η εικόνα 4 παρουσιάζει την κατανομή της υγρασίας για τη δεύτερη περίοδο του ελλαιτούμενου ρυθμού ξήρανσης, ενώ εικόνα 5 παρουσιάζει την κατανομή της υγρασίας στο τελικό στάδιο της ξήρανσης.



Εικόνα 3 Κατανομή υγρασίας μέσα σε στρώμα μικρομερούς στερεού κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου ελλαιτούμενου ρυθμού ξήρανσης



Εικόνα 3 Κατανομή υγρασίας μέσα σε στρώμα μικρομερούς στερεού κατά τη διάρκεια της δεύτερης περιόδου ελατούμενου ρυθμού ξήρανσης



Εικόνα 5 Κατανομή υγρασίας μέσα σε στρώμα μικρομερούς στερεού προς το τέλος της ξήρανσης

3.5 ΤΥΠΟΙ ΞΗΡΑΝΤΗΡΩΝ

Όλα αυτά τα χρόνια και στηριζόμενοι κυρίως στην εμπειρία και στην εξέλιξη της βιομηχανίας δημιουργήθηκαν πολλά είδη ξηραντήρων. Κάποιοι από αυτούς παρουσιάζονται παρακάτω:

3.5.1 Ξηραντήρες θαλάμου

Οι ξηραντήρες θαλάμου είναι ασυνεχής λειτουργίας και η δομή τους αποτελείται από έναν μεγάλο θάλαμο.

3.5.2 Ατμοσφαιρικοί ξηραντήρες

Η λειτουργία τους πραγματοποιείται κάτω από ατμοσφαιρικές συνθήκες είτε με κενό. Οι ατμοσφαιρικοί ξηραντήρες θερμαίνονται με την παρουσία ενός αερίου όπως είναι ο προθερμασμένος αέρας ή θερμά καύσιμα αέρα. Το αέριο αυτό πρέπει να εισέρχεται στον ξηραντήρα με όσο το δυνατόν πιο υψηλή θερμοκρασία επιτρέπει η δομή του προϊόντος. Ο τρόπος που θα κατανεμηθεί το προϊόν που είναι να ξηρανθεί μπορεί να είναι με οποιοδήποτε μορφή όπως για παράδειγμα να είναι απλωμένο ή κρεμασμένο είτε το ένα να βρίσκεται επάνω στο άλλο. Αλλά πρέπει να υπάρχει μια απόσταση στο μοίρασμά τους για να μπορεί να εισέρχεται ζεστός αέρας. Πολλή συχνά χρησιμοποιούνται ειδικά ράφια ή αλλιώς δίσκοι όπου ο ένας να είναι τοποθετημένος πάνω στον άλλο, διαθέτοντας την κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους ώστε να μπορεί να διαπεράσει ο αέρας που χρησιμοποιείται για την ξήρανση του προϊόντος από όλους τους δίσκους.

Οι πιο πιθανές μορφές είναι με μόνο μια διαδρομή του αερίου και η ταχύτητα του αέρα να είναι μέτρια και τα ράφια με πολλαπλές διαδρομές. Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου βρίσκουν χρήση για μικρές ποσότητες υλικών ή για προϊόντα όπου η δομή τους είναι τέτοια που επιτρέπει την αργή ξήρανση τους.

3.5.3 Ξηραντήρες θαλάμου κενού

Ο κύριος λόγος που πραγματοποιείται η ξήρανση υπό κενό είναι για να εξασφαλιστεί ότι το προϊόν δεν θα αλλοιωθεί από τις μεγάλες θερμοκρασίες ούτε από οξειδώσεις. Ωστόσο μπορεί να γίνει χρήση της για την άντληση μιας οργανικής

ουσίας από ένα εκχυλισμένο στερεό, σε αυτό το σημείο αν γίνει χρήση του αέρα ως κύριο μέσο ξήρανσης η παροχή αέρα θα δώσει ένα μείγμα αέρα- διαλύτη.

Βασικό ρόλο στην τεχνική αυτή παίζει ο συμπυκνωτής ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στον ξηραντήρα και την αντλία κενού και ο κυριότερος όγκος του διαλύτη λαμβάνεται από αυτό ενώ μια ποσότητα του διαλύτη αφομοιώνεται και χάνεται από την αντλία κενού και αυτό οφείλεται στο ότι τα μη συμπυκνωμένα αέρια που φεύγουν είναι κορεσμένα με τον διαλύτη. Με σκοπό λοιπόν, τόσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες το νερό του συμπυκνωτή θα πρέπει να βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Η ξήρανση με κενό γίνεται με έμμεση θέρμανση και αυτό πραγματοποιείται είτε σε ξηραντήρες κενού που έχουν ράφια και οι δίσκοι του υλικού τοποθετούνται σε επίπεδα ράφια όπου κυκλοφορεί το μέσο ξήρανση που αυτό μπορεί να είναι ατμός ή θερμό νερό.

Από την άλλη οι περιστροφικοί ξηραντήρες κενού απαρτίζονται από σύστημα που αποτελείται από διπλό τοίχος και το υλικό που πρέπει να ξηραθεί βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με θερμές επιφάνειες που αποξέονται συνεχώς. Το πλεονέκτημα της είναι ότι οι θερμές επιφάνειες διατηρούνται καθαρές και το υλικό αναμιγνύεται συνεχώς αλλά, λόγω της απόξυσης παράγεται σκόνη που μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα όπως απόφραξη του συμπυκνωτή ή πρόβλημα στην αντλία κενού για να μην μαζεύεται σκόνη θα πρέπει να τοποθετείται κατάλληλο σύστημα για την συλλογή της παραγόμενης σκόνης.

3.5.4 Ξηραντήρες σήραγγας

Οι ξηραντήρες σήραγγας θα μπορούσαν να αναφερθούν και ως υποκατάστατα των ξηραντήρων θαλάμου. Οι ξηραντήρες σήραγγας σε σύγκριση με τους ξηραντήρες θαλάμου χρησιμοποιούνται για την ξήρανση μεγάλων ποσοτήτων προϊόντος η οποία λειτουργεί με συνεχή λειτουργία.

Υπάρχει σύνδεση μεταξύ αυτών των δύο καθώς, οι ξηραντήρες θαλάμου μπορούν να μετατραπούν σε ξηραντήρες σήραγγας. Ανάλογα, με τον απαιτούμενο χρόνο ξήρανσης το υλικό υπολογίζεται και το απαιτούμενη μήκος που θα πρέπει να διαθέτει η σήραγγα καθώς επηρεάζεται από τον ρυθμό ξήρανση και την ταχύτητα που κινείται το υλικό. Ένα χαρακτηριστικό της τεχνικής αυτής αποτελεί το ότι γίνεται χρήση ενός ξηραντήρα σήραγγας είναι η αντιρροή του αέρα ξήρανσης στα ράφια. Χρησιμοποιείται κύριος για υλικά όπως ξυλεία, τούβλα, κεραμικά κ.α.

3.5.5 Ξηραντήρες ενδιάμεσης λειτουργίας

Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου βρίσκουν χρήση κυρίως για ξήρανση υλικών που έχουν την ιδιότητα του σχηματισμού κλίνης υψηλής διαπερατότητας του αέρα.

Η λειτουργία του έχει ως εξής ο αέρας ξήρανσης διαπερνά μέσα από κλίνη και περνά δίπλα από τα σωματίδια που αποτελούν το υλικό που πρέπει να υποστεί ξήρανση. Σε σύγκριση με τους ξηραντήρες δίσκων πετυχαίνουν υψηλότερους ρυθμούς ξήρανσης όταν λειτουργούν σε πανομοιότυπες θερμοκρασίες.

Λειτουργεί με βάση της αρχής της κινούμενης κλίνης αν το προς ξήρανση υλικό κινείται ελεύθερα με λίγα λόγια το υλικό μπαίνει στο υψηλότερο σημείο ενός πύργου και μεταφέρεται με βάση την βαρύτητα ενώ, ταυτόχρονα ο αέρας ξήρανσης κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα να μετακινείται ο αέρας κατά πλάτος της κλίνης. Επιπλέον τα υλικά διαθέτουν την ιδιότητα να κινούνται ελεύθερα μπορούν να υποστούν ξήρανση με βάση την αρχή της ρευστομηχανικής στοιβάδας και το ρευστοποιητικό μέσο να είναι ο αέρας ξήρανσης και τέλος δεν έχει την δυνατότητα να κινείται ελεύθερα υπάρχει η δυνατότητα ξήρανσης σε συνεχή λειτουργία με άπλωμα του πάνω σε μεταφορική ταινία η οποία βρίσκεται σε κίνηση.

Πολλά υλικά δεν έχουν την δυνατότητα να ξηρανθούν με αυτή την τεχνική καθώς μειονεκτούν λόγω της χαμηλής διαπερατότητας τους. Ακόμα δίνει την δυνατότητα της αλλαγής του σε μορφή συσσωματώματος δίνοντας τον απαιτούμενο μέγεθος και σχήμα με σκοπό την δημιουργία στοιβάδας υψηλής διαπερατότητας. Τέτοιοι μέθοδοι αλλαγής αποτελούν η εξώθηση, η ταμπλετοποίηση και η πελετοποίηση αλλά, τα υλικά θα πρέπει να έχουν το σωστό ποσοστό.

3.5.6 Ξηραντήρες τουρμπίνας

Ο ξηραντήρας αυτός συγκροτείται από δακτυλιοειδή ράφια τα οποία βρίσκονται σε κάθετη διάταξη το ένα πάνω στο άλλο με ιδανική απόσταση μεταξύ τους. Τα ράφια απαρτίζονται από διάφορα τμήματα με κενά μεταξύ τους και ο κεντρικός άξονας διαθέτει, ανεμιστήρες τουρμπίνας που έχουν την δυνατότητα να δώσουν ακτινικά του απαιτούμενου αέρα ξήρανσης στον ξηραντήρα. Τα διάφορα θερμαντικά μέσα βρίσκονται γύρω από τα ράφια.

Το σύστημα αυτό που περιγράφηκε βρίσκεται κλεισμένο μέσα σε ένα κυλινδρικό ή εξαγωνικό κέλυφος. Η ταχύτητα περιστροφής του συστήματος είναι από

0,1 έως 1 rpm ενώ, οι ανεμιστήρες εξάγουν τον αέρα με ταχύτητες από 0,8 έως 3.0 m/s. Η τροφοδοσία του υλικού επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του στο επάνω μέρος του ραφιού και ένας σταθερός βραχίονας πατάει και φέρνει στο ίδιο επίπεδο όλο το υλικό που εισέρχεται σε κάθε τμήμα του ραφιού εφόσον , το ράφι περιστρέφεται από έναν διαφορετικό βραχίονα ο οποίος αποξύνει το υλικό και έτσι αναγκάζεται να περάσει από μια οπή στο επόμενο ράφι στο άλλο και έτσι μια νέα επιφάνεια εκτίθεται στον αέρα ξήρανσης και έτσι ο ρυθμός ξήρανσης βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα.

Το τελικό προϊόν που πλέον βρίσκεται στο κάτω ράφι μεταφέρεται από μια μεταφορική ταινία και εξάγεται.

3.5.7 Περιστροφικοί ξηραντήρες

Αυτού του τύπου ξηραντήρες βρίσκουν χρήση κυρίως για κοκκώδη υλικά και απαρτίζονται από κυλινδρικό κέλυφος που περιστρέφεται. Το προϊόν που πρέπει να υποστεί ξήρανση τοποθετείται στο επάνω τμήμα και η κίνηση του είναι προς εμπρός αφού ταυτόχρονα περιστρέφεται το κέλυφος. Οι τρόποι που μπορεί να πραγματοποιηθεί η θέρμανση του είναι με δύο τρόπους είτε με την έμμεση επαφή μέσω θερμαινόμενων επιφανειών είτε με άμεση επαφή του στερεού με θερμό αέρα. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις οι ατμοί με την παρότρυνση ρεύματος αέρα πρέπει να απομακρύνονται από τον ξηραντήρα.

3.5.8 Θέρμανση απευθείας επαφής

Το εκάστοτε υλικό μπορεί να αποκαλεστεί ευαίσθητο ως προς τις διάφορες θερμοκρασίες καθώς τα σωματίδια κινούνται διαμέσου του περιστροφικού ξηραντήρα με άλλες ταχύτητες. Ωστόσο ο χρόνος που πρέπει το προϊόν να παραμείνει στον ξηραντήρα εξαρτάται από κάποιους παράγοντες όπως είναι το μήκος, η διάμετρος, η κλίση , η ταχύτητα του κελύφους το σχήμα και ο αριθμός και η κατανομή των πτερυγίων η ταχύτητα του αερίου εξαρτάται ξήρανσης καθώς και οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της ελεύθερης κίνησης του προϊόντος. Ωστόσο, ο ρυθμός τροφοδοσίας μπορεί να επιβραδύνει τον χρόνο παραμονής του προϊόντος στον ξηραντήρα καθώς αν ο ξηραντήρας έχει σε αφθονία υλικού.

Οι ξηραντήρες αποτελούν μονάδες μετάδοσης θερμότητας οι περιστροφικοί ξηραντήρες που έχουν απευθείας θέρμανση γίνεται με το αέριο ξήρανσης και έτσι η

επαφή γίνεται γρηγορότερα μεταξύ του αερίου και των στερεών σωματιδίων γιατί τα σωματίδια υψώνονται και πέφτουν και διασπείρονται μέσω του αέρα. Η θερμότητα μεταδίδεται με συναγωγή ενώ ο ρυθμός συνδέεται με την ταχύτητα του αερίου ξήρανση και από την επαφή μεταξύ του αερίου και των στερεών σωματιδίων.

Οι διάφορες μετρήσεις της θερμοκρασίας που έχουν γίνει στο υλικό όταν βρίσκεται σε κίνηση κατά μήκος του ξηραντήρα έχουν δώσει τρία διαφορετικά τμήματα στον ξηραντήρα. Αρχικά το πρώτο τμήμα βρίσκεται δίπλα στο τερματικό μέρος όπου γίνεται η τροφοδοσία. Το δεύτερο βρίσκεται στο μέσο όπου εκεί γίνεται εξάτμιση σταθερής θερμοκρασίας και σταθερού ρυθμού. Και το τελευταίο τμήμα είναι δίπλα στην έξοδο όπου γίνεται η ξήρανση σε ελαττωμένους ρυθμούς και η θερμοκρασία μεγαλώνει

3.5.9 Θέρμανση χωρίς απευθείας επαφή

Εδώ τα σωματίδια του προϊόντος θερμαίνονται με αγωγή εφόσον βρίσκονται σε συνεχή επαφή με ζεστές επιφάνειες και με ακτινοβολία.

Για την αποφυγή των υδρατμών περνά ρεύμα αέρα από τον ξηραντήρα στο θάλαμο των υλικών

3.5.10 Ξηραντήρες τυμπάνων

Ο τύπος αυτός περιλαμβάνει περιστροφικά τύμπανα ενώ, η ξήρανση πραγματοποιείται στο εσωτερικό τμήμα του τύμπανου μορφή του προϊόντος κατά την διάρκεια της ξήρανσης είναι μια λεπτή μορφή στρώματος μοιρασμένη ομοιόμορφα με το ίδιο πάχος στην επιφάνεια του τυμπάνου. Αυτό αποδεικνύει ότι εξειδικεύετε για προϊόντα που έχουν την μορφή πολτού ή πάστας στερεών σε λεπτaiώρηση και διαλυμάτων. Το τύμπανο λειτουργεί με συνδυασμό του συμπυκνωτή και του ξηραντήρα στην περίπτωση διαλυμάτων.

4 ΞΗΡΑΝΤΗΡΑΣ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ

Η διαδικασία διάλυσης υγρών σε σταγονίδια είναι η διαδικασία της διάσπασης των ατόμων. Η φυσική διάσπαση σε άτομα γίνεται με την διάχυση ενός υγρού από ένα δοχείο. Κατά την διαδικασία που χύνουμε το υγρό σταδιακά ανυψώνεται το δοχείο και έτσι το ρεύμα υγρού επιμηκώνεται και έτσι έχουμε την δημιουργία σταγονιδίων.

Αυτό αποτελεί ένα παράδειγμα της διάσπασης σε άτομα ώστε να κατανοήσουμε την διαδικασία αυτή. Παραδείγματα φυσικών ψεκασμών αποτελούν η βροχή και τα διάφορα σπρέι. Τα σταγονίδια θα μπορούσαν να περιγραφούν στη απλούστερη μορφή τους ως μικρές υγρές σφαιρικές μπάλες και η σφαιρική τους αυτή μορφή οφείλεται στην επιφανειακή τάση του υγρού γιατί τους παρέχει την ιδιότητα να ενώνονται σε σφαιρικό σχήμα και να αντιστέκονται η ιδιότητα αυτή κάνει τους λεπτούς δεσμούς του υγρού να είναι ασταθής και έτσι τα οδηγεί σε διάσπαση σταγονιδίων ή ατόμων.

❖ Ιδιότητες των υγρών που επηρεάζουν τα σπρέι.

Το μέγεθος των σταγονιδίων καθώς και η ταχύτητα που το υγρό διασπάται σε σταγονίδια μετά την απομάκρυνση του από το στόμιο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Παρακάτω αναλύονται κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες:

I. Επιφανειακή τάση

Έχει την ιδιότητα της σταθεροποίησης ενός υγρού αποφεύγοντας την διάσπαση τους σε μικρά σταγονίδια. Τα υγρά έχουν υψηλότερο μέγεθος σταγονιδίων κατά την διάρκεια της διάσπασης σε άτομα.

II. Ιξώδες

Το υγρό οφείλει την αντίσταση στην ανακίνηση του στο ιξώδες καθώς αποτρέπει την διάσπαση και οδηγεί σε δημιουργία μεγαλύτερου μεγέθους σταγονιδίων. Το ιξώδες ενός υγρού επηρεάζει το μέγεθος των σταγονιδίων και την επιφανειακή του τάση

III. Πυκνότητα

Η κυρία δράση της είναι να προκαλεί την αντίσταση του υγρού στην επιτάχυνση. Παρομοίως με τις ιδιότητες της επιφανειακής τάσης και του ιξώδους η μεγάλη πυκνότητα οδηγεί σε μεγαλύτερο μέγεθος σταγονιδίων.

4.2 ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ (ΕΚΝΕΦΩΣΗ)

Παρακάτω θα δοθούν οι όροι που αφορούν τις τεχνικές που εφαρμόζονται στα τρόφιμα και ο κύριος σκοπός τους είναι η απομάκρυνση του νερού και της υγρασίας από αυτά. Η ξήρανση αφορά την απομάκρυνση του νερού είτε από στερεά είτε από ημιστερεά υλικά. Από την άλλη η απομάκρυνση της υπάρχουσας υγρασίας από τα αέρια λαμβάνεται με αφύγρανση ή προσρόφηση. Αλλά για την απομάκρυνση μεγάλων ποσοτήτων νερού λαμβάνει χώρα η εξάτμιση. Το σημαντικότερο σημείο όσο αφορά τις διαδικασίες ξήρανσης είναι το λαμβανόμενο αποξηραμένο υλικό το οποίο λαμβάνεται με απομάκρυνση της υπάρχουσας υγρασίας σε θερμοκρασία μικρότερη από αυτή του σημείου βρασμού και στην εξάτμιση γίνεται στο σημείο βρασμού.

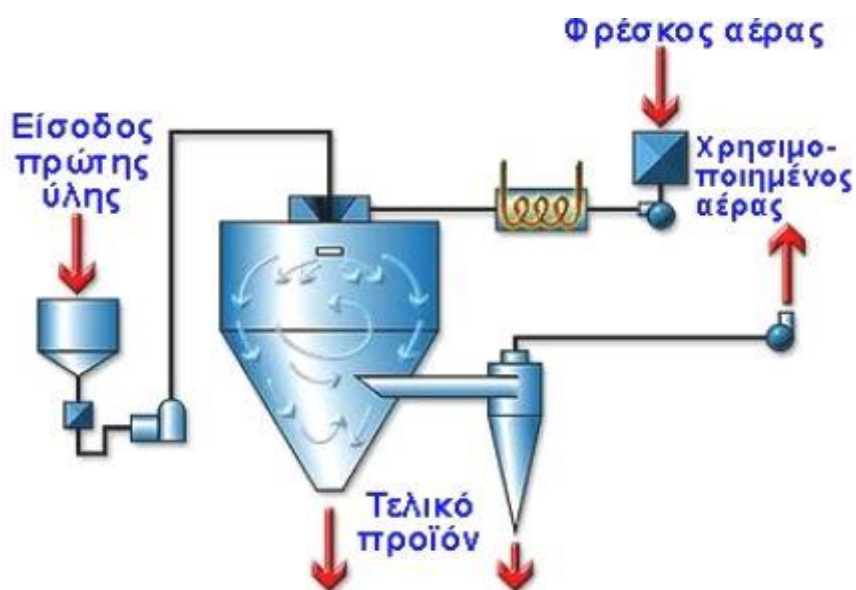
Για να κατανοήσουμε και να εφαρμόσουμε τον κατάλληλο ξηραντήρα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες που αφορούν την ρευστομηχανική και την φυσικοχημεία επιφανειών καθώς και τις παραμέτρους της μεταφοράς θερμότητας και μάζας για να μπορέσει να υπολογισθεί το απαιτούμενο μέγεθος του ξηραντήρα. Η ξήρανση με εκνέφωση διάφορων υλικών ο χρόνος που χρειάζεται για την ξήρανση των υλικών σχετίζεται από το μέγεθος των σταγονιδίων που συγκεντρώνεται στον εκάστοτε θάλαμο ξήρανσης. Τα παραγόμενα σταγονίδια κυμαίνονται σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος και η ξήρανση γίνεται σε διαφορετικό βαθμό αλλά οι συνθήκες είναι ίδιες για όλα τα σταγονίδια.

Η ξήρανση των τυμπάνων. Στην τεχνική αυτή τα προϊόντα όπως για παράδειγμα το λάδι κολλάει πάνω σε αυτά αφού παράλληλα καλύπτει τα θερμά αυτά τύμπανα κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Αν και η σχέση μεταξύ τους δεν είναι ακόμα γνωστή και τεκμηριωμένη το πάχος του υλικού προς ξήρανση αποτελεί συνάρτηση της επιφανειακής τάσης και των χαρακτηριστικών προσκόλλησης του υλικού στα τύμπανα. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην τεχνική αυτή αποτελεί το πάχος του υλικού ξήρανσης καθώς από αυτό εξαρτάται το πόσο θα ξηραθεί.

4.2.1 Διεργασίες

Έχει προαναφερθεί η σημαντικότητα της ξήρανσης με εκνέφωση η οποία αποτελεί μια σημαντική και ιδιαίτερη τεχνική αφυδάτωσης η οποία οφείλεται για την παραγωγή σταγονιδίων. Όσο αφορά τα μέρη ενός συστήματος αφυδάτωσης με εκνέφωση τα χαρακτηριστικά της κόνεως γνωρίζουμε ότι είναι ελεγχόμενα και οι διάφορες ιδιότητες τις διατηρούνται σταθερές σε μια συνεχή λειτουργία. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας είναι διαθέσιμη μια μεγάλη γκάμα ξηραντήρων εκνέφωσης και ανάλογα με το ζητούμενο αποτέλεσμα μπορούν να παραχθούν λεπτόκοκκες ή χονδρόκοκκες κόνες ή συσσωματώματα είτε σωματίδια.

Στο παρακάτω σχήμα διατυπώνεται η αρχή λειτουργίας ενός ξηραντήρα εκνέφωσης. Αρχικά το υλικό τοποθετείται σε ένα θάλαμο ξήρανσης με την μορφή λεπτής ομίχλης είτε με ψεκασμό με μορφή μικρών σταγονιδίων όπου εκεί έρχεται σε επαφή με θερμό αέρα, εάν το μέγεθος των σταγονιδίων είναι μικρό αυτό θεωρείται ως βασικό πλεονέκτημα καθώς επιτυγχάνεται γρήγορη αφυδάτωση και ο χρόνος που χρειάζεται να παραμείνει στον ξηραντήρα είναι λίγα δευτερόλεπτα. Το αφυδατωμένο υλικό με μορφή σκόνης προσλαμβάνεται από την βάση του ξηραντήρα και απομακρύνεται με μια βίδα μεταφοράς ή ένα πνευματικό σύστημα και η παραγόμενη σκόνη ψύχεται συνεχώς.



Εικόνα 4 Τα μέρη που απαρτίζεται ένα σύστημα ξήρανσης με ψεκασμό

Ωστόσο πολύ σημαντικό και ενδιαφέρον είναι να ορισθεί ο όρος ατομοποίηση ο οποίος αναφέρεται στην διάσπαση ενός υγρού σε πάρα πολλά μικροσκοπικά σταγονίδια τα οποία φαίνονται ως μια μορφή νέφους και έτσι προκύπτει και ο όρος εκνέφωση.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται κατά την διεργασία της ξήρανσης με εκνέφωση. Αρχικά οι κόνεις που λαμβάνονται έχουν μέγεθος σωματιδίου και περιεκτικότητα σε υγρασία η οποία δεν συσχετίζεται με τις ιδιότητες του ξηραντήρα και την θερμική ευαισθησία του προϊόντος. Η ποιότητα της κόνωσης σε όλη την διαδικασία παραμένει ίδια όπως και οι συνθήκες στον ξηραντήρα. Ο ξηραντήρας εκνέφωσης λειτουργεί με εύκολο χειρισμό και με αυτόματο έλεγχο. Η τεχνική αυτή δίνει την δυνατότητα της ξήρανσης πολλών ειδών προϊόντων όπως για παράδειγμα διαλύματα, αιωρήματα, πάστες.

Ένα από τα λίγα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ότι το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό και έχει χαμηλά επίπεδα θερμικής απόδοσης. Άλλο ένα ενδιαφέρον τμήμα της ξήρανσης με εκνέφωση είναι οι διεργασίες που συμβαίνουν κατά την λειτουργία της είναι η προσυμπύκνωση του υγρού, η ατομοποίηση της τροφοδοσίας προς ένα νέφος.



Εικόνα 7 Εκνεφωτής ακροφυσίου

4.2.2 Ατομοποίηση και εκνέφωση

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της ξήρανσης με εκνέφωση αποτελεί ο σχηματισμός νέφους ή ψεκάσματος. Για την απόκτηση οικονομικής παραγωγής και της παραγωγής ενός ποιοτικού προϊόντος σημαντικό ρόλο παίζει η σωστή επιλογή και λειτουργία του εκνεφωτήρα. Για την επίτευξη του αρεστού προϊόντος στο στάδιο της

ατομοποίησης θα πρέπει να παραχθεί νέφος για άριστες συνθήκες εξατμίσεως. Οι πιο συχνόί είναι οι περιστροφικοί ατομοποιητές και οι ατομοποιητές ακροφυσίου (Εικόνα 7).

4.2.2.1 Περιστροφικοί ή Φυγοκεντρικοί ατομοποιητές.

Η λειτουργία τους έχει ως εξής τροφοδοτείται το υλικό στο κέντρο του περιστρεφόμενου δίσκου ο οποίος περιστρέφεται με ταχύτητα 90-200 m/s και από τις άκρες του τροχίσκου βγαίνουν με μεγάλη ταχύτητα σταγονίδια που έχουν εύρος 50-50 μm και η μορφή του είναι ομοιόμορφη. Αποτελούν συστήματα χαμηλής πίεσης. Είναι εύπιστα μηχανήματα και χαρακτηρίζονται για την ευκολία στην λειτουργία τους και μπορούν να δεχθούν ψηλούς ρυθμούς τροφοδοσίας.

4.2.2.2 Ατομοποιητές ακροφυσίου πίεσεως.

Το υγρό πρέπει να περάσει μέσω ακροφυσίου με ένα πολύ μικρό άνοιγμα με μεγάλη πίεση (700-2000 kPA) με αποτέλεσμα την δημιουργία σταγονιδίων με διάμετρο 120-300 μm. Στο εσωτερικό του ακροφυσίου υπάρχουν ραβδώσεις που δίνουν αποτέλεσμα ε ψεκασμό που έχει την μορφή κώνου και για αυτό γίνεται χρήση όλου του όγκου του θαλάμου. Δε σύγκριση με αυτό από τους δίσκους περιστροφής το παραγόμενο νέφος είναι λιγότερο ομοιογενές και ογκώδες.

4.3 ΤΥΠΟΙ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

4.3.1 Διάσπαση σε άτομα μέσω πίεσης (χωρίς αέρα)

Οι διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την ξήρανση με ψεκασμό για τη διάσπαση σε άτομα μέσω πίεσης περιλαμβάνουν το ψεκασμό χωρίς αέρα, υποβοηθούμενος από αέρα ψεκασμός, υδροστατικός ψεκασμός και υδραυλική τεχνολογία. Στη διαδικασία διάσπασης σε άτομα χωρίς αέρα, η μεγάλη πίεση εξαναγκάζει το υγρό να διέλθει μέσω ενός μικρού στομίου. Το υγρό αναδύεται ως ένα στέρεο ρεύμα ή φύλλο σε μεγάλη ταχύτητα. Η τριβή ανάμεσα στο υγρό και τον αέρα διασπά το ρεύμα αρχικά σε θραύσματα και έπειτα ολοκληρωτικά σε σταγονίδια.

Η πηγή ενέργειας για αυτή τη μορφή διάσπασης σε άτομα είναι η πίεση του υγρού, που μετατρέπεται σε ορμή καθώς το υγρό αφήνει το στόμιο. Τρεις παράγοντες +που επηρεάζουν ένα σπρέι χωρίς αέρα συμπεριλαμβάνουν τη διάμετρο του στομίου κατά διάσπαση σε άτομα, την ατμόσφαιρα, και το σχετικό ιξώδες ανάμεσα στο υγρό και τον αέρα. Σχετικά με τη διάμετρο του στομίου, ο γενικός κανόνας είναι ότι όσο μεγαλύτερη η διάμετρος ή το μέγεθος του στομίου, τόσο μεγαλύτερο το μέσο μέγεθος του σταγονιδίου σε ένα σπρέι.

Η ατμόσφαιρα παρέχει αντίσταση και τείνει να διασπάσει το ρεύμα του υγρού. Αυτή η αντίσταση τείνει να υπερνικά, εν μέρει, τις ιδιότητες του υγρού όσον αφορά την επιφανειακή τάση, το ιξώδες και τη πυκνότητα. Επιπροσθέτως, η θερμοκρασία του αέρα μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διάσπαση.

Το σχετικό ιξώδες ανάμεσα στο υγρό και τον αέρα επίσης επηρεάζει το μέγεθος των σταγονιδίων. Το ιξώδες του υγρού δημιουργείται μέσω της πίεσης στο στόμιο. Καθώς η πίεση του υγρού αυξάνεται, αυξάνεται και το ιξώδες αλλά το μέσο μέγεθος του σταγονιδίου μειώνεται. Αντιθέτως, όσο μειώνεται η πίεση του υγρού, το ιξώδες επίσης μειώνεται ενώ το μέσο μέγεθος του σταγονιδίου είναι μεγαλύτερο.

4.3.2 Ψεκασμός με τη χρήση σπρέι αέρα

Στη διάσπαση των ατόμων μέσω του ψεκασμού με τη χρήση σπρέι αέρα, το υγρό που αναδύεται από ένα στόμιο σε μικρή ταχύτητα, περιβάλλεται από ένα μεγάλης ταχύτητας ρεύμα αέρα. Το κενό ανάμεσα στο υγρό και τον αέρα επιταχύνει και διασπά το ρεύμα του υγρού και προκαλεί τη διάσπαση των ατόμων. Η πηγή ενέργειας για τη διάσπαση των ατόμων με αέρα είναι η πίεση του αέρα. Ο χειριστής μπορεί να ρυθμίσει τη ροή του υγρού ανεξάρτητα από τη πηγή ενέργειας. Υπάρχει μια σχετική διαφορά στη ταχύτητα ανάμεσα στο υγρό και τον αέρα που προκαλεί τη διάσπαση των ατόμων.

Σχετική αρχική ταχύτητα	Αέρας	Υγρό
Διάσπαση ατόμων χωρίς αέρα	Αργό	Γρήγορο

Διάσπαση ατόμων με αέρα	Γρήγορο	Αγρό
----------------------------	---------	------

4.3.3 Φυγόκεντρη διάσπαση ατόμων

Στη φυγόκεντρη ή περιστροφική διάσπαση ατόμων, ένα στόμιο εισάγει το υγρό στο κέντρο ενός περιστρεφόμενου δοχείου ή δίσκου. Η φυγόκεντρος δύναμη οδηγεί το υγρό στην άκρη του δίσκου και το ρίχνει εκτός. Το υγρό σχηματίζει συνδέσμους ή φύλλα που σπάνε σε ομοιόμορφα σχηματισμένα σταγονίδια.

Η πηγή ενέργειας για τη περιστροφική διάσπαση ατόμων είναι η φυγόκεντρος δύναμη. Με την ίδια περιστροφική ταχύτητα, σε χαμηλά επίπεδα ροής, τα σταγονίδια σχηματίζονται κοντινότερα στην άκρη του δίσκου από ότι σε υψηλότερα επίπεδα ροής. Το μοτίβο των σπρί τείνει να κινεί το υγρό ακτινικά μακριά από το δίσκο ή το δοχείο σε όλες τις κατευθύνσεις (360°). Με τη περιστροφική διάσπαση ατόμων, οι χειριστές μπορούν να ελέγξουν τόσο το ρυθμό της ροής όσο και τη ταχύτητα κίνησης του δίσκου, ανεξάρτητα το ένα με το άλλο.

Στις περισσότερες εφαρμογές επικάλυψης με ψεκασμό, ηλεκτροστατική φόρτιση εφαρμόζεται στο σπρί προκειμένου να προσελκύσει τα σταγονίδια σε ένα γειωμένο αντικείμενο – στόχο. Σε κάποιους τύπους ψεκαστήρων, όπως οι καμπανοειδής, η διαμόρφωση του αέρα μπορεί να γίνει για να μεταφερθεί το σπρί μπροστά σε αξονική διεύθυνση.

4.3.4 Ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων

Η ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων εκθέτει το υγρό σε ένα έντονο ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στον φορτισμένο ψεκαστήρα και το γειωμένο αντικείμενο εργασίας. Η φόρτιση μεταφέρει στο υγρό και τις αποθητικές δυνάμεις ανάμεσα στο ψεκαστήρα και το δάκρυ του υγρού τα σταγονίδια από το ψεκαστήρα και τα στέλνουν στην επιφάνεια εργασίας. Η πηγή ενέργειας για την ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων

είναι η ηλεκτρική φόρτιση που λαμβάνει το υγρό. Το μέγεθος του σωματιδίου με την ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων είναι το αποτέλεσμα τριών παραγόντων:

- Η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου
- Η ροή του υγρού
- Οι ιδιότητες του υγρού (συμπεριλαμβανομένων και των ηλεκτρικών ιδιοτήτων)

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητή η διαφορά ανάμεσα στην ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων και στην ηλεκτροστατική φόρτιση του σπρέι. Στην ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων, οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις χρησιμοποιούνται για το ψεκασμό του υγρού. Στην ηλεκτροστατική φόρτιση του σπρέι, το σπρέι συνήθως ψεκάζεται χωρίς αέρα, με σπρέι αέρα ή περιστροφικά μέσα, και ηλεκτροστατική φόρτιση εφαρμόζεται στα σταγονίδια καθώς σχηματίζονται για να βοηθηθεί η προσέλκυση τους στην επιφάνεια εργασίας.

Παρόλα αυτά, η ηλεκτροστατική διάσπαση ατόμων δεν είναι επιτυχημένη για συγκεκριμένες επιστρώσεις ιξώδους.

4.3.5 Υπερηχητική διάσπαση ατόμων

Δεν είναι καθόλου συνηθισμένη η χρήση αυτής της διαδικασίας διάσπασης ατόμων. Είναι πολύ σημαντικό να γίνει κατανοητή η διαδικασία για την εκτίμηση αυτών των τεχνολογιών και για την αντιμετώπιση των ισχυρισμών των ανταγωνιστών αποτελεσματικά. Η υπερηχητική διάσπαση βασίζεται σε μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που δονείται σε μεγάλη συχνότητα. Το υγρό περνά πάνω από τη δονούμενη περιοχή και η δόνηση αυτή το αναγκάζει να διασπαστεί σε σταγονίδια.

Οι εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας περιλαμβάνουν:

- Ιατρικούς νεφελοποιητές για θεραπεία εισπνοής
- Αποξηραμένα υγρά όπως το γάλα σε σκόνη
- Επιφανειακές επικαλύψεις στη βιομηχανία ηλεκτρονικών

Η τεχνολογία της υπερηχητικής διάσπασης είναι αποτελεσματική μόνο για μικρού ιξώδους Νευτώνεια υγρά. Δεν έχει εφαρμοστεί αποτελεσματικά για μιογία.

4.3.6 Φθάνοντας στην επιθυμητή διάσπαση ατόμων

Για να καταλήξουμε στο ιδανικό επίπεδο διάσπασης των ατόμων θα πρέπει οπωσδήποτε να διατηρηθεί η ισοροπία ιξώδους του υγρού και της ποσότητας καθώς και της ενέργειας της διάσπασης των ατόμων. Μόλις το σύστημα (ή ο χειριστής) καταφέρει να φθάσει στο επιθυμητό επίπεδο διάσπασης των ατόμων, μια αλλαγή σε οποιαδήποτε παράμετρο μπορεί να την επηρεάσει. Η εξισορρόπηση της ισοροπίας με μια αντίθετη αλλαγή μπορεί να επαναφέρει τη διάσπαση των ατόμων στο επιθυμητό επίπεδο.

Διαδικασίες διάσπασης	Πηγές ενέργειας
Πίεση (χωρίς αέρα, υποβοηθούμενη από αέρα)	Πίεση του υγρού
Αέρας (σπρέι αέρα)	Σπρέι αέρα
Φυγόκεντρος (περιστροφή)	Φυγόκεντρος δύναμη (μοτέρ)

4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ

Αποτελεί μια διαφορετική λύση όταν πρέπει να γίνει ξήρανση σε διαλύματα και ρευστές πάστες που προαναφέρθηκε ότι με αυτές τις κατηγορίες υλικών ασχολείται η ξήρανση τυμπάνων αλλά, ένας άλλος τρόπος ξήρανσης για αυτή την ομάδα προϊόντων επιτυγχάνεται μέσω της ξήρανσης με εκνέφωση.

Αποτελείται από έναν κάθετο κυλινδρικό θάλαμο τις περισσότερες φορές και διαθέτει κωνική βάση και το υλικό τροφοδοτείται στο κεντρικό σημείο του θαλάμου

και διασπείρεται με κατάλληλη συσκευή όπως για παράδειγμα με ακροφύσιο πίεσης ή ακροφύσιο δυο φάσεων είτε με υψηλής ταχύτητας περιστρεφόμενο δίσκο.

Ωστόσο το αέριο ξήρανσης μπαίνει στον εκάστοτε θάλαμο και επιτυγχάνει μια ελεγχόμενη στροβίλωση η οποία είναι πολύ σημαντική ώστε να διατηρηθούν σε αιώρηση οι σταγόνες μέχρι να υποστούν ξήρανση, εάν όμως αυτό δεν επιτυγχάνει λόγω του μεγέθους ή τη πυκνότητας τότε δίνεται η δυνατότητα στο αέριο ξήρανσης να συμπεριφέρεται ως μεταφορέας των σωματιδίων και να τα οδηγεί σε κυκλώνα όπου διαχωρίζονται και γίνεται η πρόσληψη τους και το αέριο διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα ο κυκλώνας αυτός έχει την δυνατότητα να διαχωρίζει τα σωματίδια αλλά εξαρτάται από το μέγεθος τους γιατί, όταν το αέριο εξέρχεται από αυτόν μεταφέρει μικροσκοπικά σωματίδια και έτσι μετά τον κυκλώνα τοποθετείται σύστημα διαχωρισμού.

Όπως προαναφέρθηκε οι ξηραντήρες εκνέφωσης αλλά και των τυμπάνων χρησιμοποιούνται σχεδόν για τις ίδιες κατηγορίες υλικών έτσι αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον συναγωνισμό τους για παράδειγμα στερεά γάλακτος που υπέστησαν ξήρανση με εκνέφωση απέδωσαν διαλυτότητα 99,9% ενώ με ξήρανση τυμπάνων 85%. Έτσι αντιλαμβανόμαστε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ αυτών των δύο κατηγοριών ξήρανσης. Η δομή των αποξηραμένων προϊόντων ορίζεται από την θερμοκρασία εξάτμισης και την θερμοκρασία που έφτασαν τα αποξηραμένα υλικά.

Όταν αφαιρεθούν τα μικρά σωματίδια μετά την ξήρανση δίνεται το πλεονέκτημα της ομοιομορφίας του προϊόντος. Επίσης το προϊόν που έχει αποξηραθεί ψύχεται με την χρήση αέρα σε ειδικούς θαλάμους ξήρανσης κάτω από την ζώνη ξήρανσης ενώ, στην ξήρανση τυμπάνων η θερμοκρασία της θερμής επιφάνειας είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του υγρού βολβού. Τα στοιχεία του προϊόντος όπως το ιξώδες η επιφανειακή τάση είναι συνδεδεμένα με το μέγεθος, την δομή και την πυκνότητα των προϊόντων που υπέστησαν ξήρανση με εκνέφωση. Επιπλέον εξαρτώνται από την εκάστοτε τεχνική που εκτελείται για την διασπορά του υλικού και από τις συνθήκες ξήρανσης. Ένα ομοιόμορφο μέγεθος προϊόντος δημιουργείται όταν το προϊόν διασπείρεται με την χρήση ακροφυσίου πίεσης ή περιστρεφόμενο δίσκο.

Στην περίπτωση όπου η επιφανειακή εξάτμιση είναι ταχεία σε σχέση με τον ρυθμό που το υγρό φτάνει στην επιφάνεια έχει ως αποτέλεσμα το εξωτερικό μέρος

των σταγονιδίων να ξηραίνεται και να οδηγείται σε σχηματισμό πέτσας η οποία δεν διαπερνάται και έχει την ικανότητα να εγκλωβίζει το υγρό στο εσωτερικό μέρος των σταγονιδίων. Στην περίπτωση όμως που δημιουργηθούν ρωγμές στην πέτσα αυτή τότε θα υπάρξει διαρροή των ατμών στην ατμόσφαιρα αν όμως δεν δημιουργηθούν ρωγμές η θερμοκρασία σε αυτήν την περίπτωση ανεβαίνει και όταν αρχίσει ο βρασμός του υγρού στο εσωτερικό τμήμα της σταγόνας προκαλείται διαστολή των σωματιδίων σε κενές σφαίρες που σε συνθήκες πίεσης του ατμού διαλύονται σε μικρά κομμάτια.

Ωστόσο για να επιτευχθεί ο βρασμός του υγρού στο εσωτερικό των σωματιδίων θα πρέπει η θερμοκρασία του αέριου ξήρανσης να είναι μεγαλύτερη από αυτή του σημείου βρασμού του υγρού αλλιώς, τα σωματίδια που θα προσληφθούν θα έχουν ακόμα υγρό εσωτερικό περιβάλλον. Η τελική μορφή που θα πρέπει να έχουν τα σωματίδια κατά την εξαγωγή τους από τον ξηραντήρα θα πρέπει να είναι σφαιρικά ή σπογγώδης καθώς η δομή τους δείχνει την πυκνότητα αλλά και την ειδική επιφάνεια.

Τέλος η ξήρανση με εκνέφωση επιφέρει δυο βασικά πλεονεκτήματα. Αρχικά ότι το αποξηραμένο προϊόν προσλαμβάνεται και έχει κοκκώδης μορφή και δεύτερον ότι από ελεγχόμενες συνθήκες σκλήρυνσης της επιφάνειας επιτυγχάνεται προϊόν με υψηλή ειδική επιφάνεια.

5 ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μικροενθυλάκωση ουσιαστικά αποτελεί μια τεχνική η οποία βασίζεται στον εγκλεισμό σταγονιδίων τα οποία, μπορούν να βρίσκονται σε υγρή, στερεή ή αέρια μορφή ο εγκλεισμός αυτός πραγματοποιείται σε έναν φορέα εγκλεισμού ο οποίος έχει την δυνατότητα να απελευθερώνει το υλικό το οποίο περιέχει με ελεγχόμενο ρυθμό και σε υπό καθορισμένες συνθήκες. Η απελευθέρωση του υλικού με συγκεκριμένο ρυθμό επιτυγχάνεται με την διάτμηση του μορίου, θέρμανσης, διαφοροποίηση του Ph, διαλυτοποίηση ή ενζυμική δράση. Η μικροενθυλάκωση επιτυγχάνει την απελευθέρωση του πυρηνικού υλικού στην ώρα που πρέπει και με συγκεκριμένο ρυθμό απελευθέρωσης (*Nedovic et al., 2011*). Το τελικό προϊόν που παράγεται από αυτή την διαδικασία έχει την μορφή μιας κάψουλας και τα χαρακτηριστικά της (δομή, μέγεθος) δίνονται βάση της μεθόδου και των υλικών που χρησιμοποιούνται.

Ωστόσο η ουσία η οποία υπόκειται εγκλωβισμό μπορεί να αποκαλεστεί ως πυρήνας, ενεργή ή εσωτερική φάση ενώ ο παράγοντας ενθυλάκωσης ονομάζεται κέλυφος, εξωτερικό κάλυμμα κάψουλας, μήτρα, υλικό μεταφοράς και έχει την ιδιότητα να προφυλάσσει την ενεργή ουσία από την εξωτερική ατμόσφαιρα. Διαχωρίζει την ενθυλακωμένη ουσία από τα άλλα υλικά του προϊόντος (*Estevinho et al., 2013*).

Η ανάπτυξη και η πρώτη εφαρμογή της μικροενθυλάκωσης οφείλεται στη βιομηχανία φαρμάκων. Η μικροενθυλάκωση στη βιομηχανία φαρμάκων εφαρμόστηκε με σκοπό τον έλεγχο και την τροποποίηση απελευθέρωση από τα φάρμακα και συγκεκριμένα για τη βελτίωση της βιοδιαθεσιμότητας φαρμακευτικών ουσιών, τον έλεγχο της απελευθέρωσης των ουσιών, την ελαχιστοποίηση των παρενεργειών των φαρμάκων και την κάλυψη της πικρής γεύσης κάποιων φαρμακευτικών ουσιών (*Kuang et al., 2010*).

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 8 η μέθοδος της μικροενθυλάκωσης χρησιμοποιείται πλέον σε πολλούς τομείς με πρώτο τη βιομηχανία φαρμάκων κατά 68%. Ακολουθεί η βιομηχανία τροφίμων με 13%, η βιομηχανία καλλυντικών με 8%,

η κλωστοϋφαντουργία με 5%, η ιατρική με 3%, η γεωργία με 2% και τα ηλεκτρονικά στο 1%.



Εικόνα 5 Σχηματική απεικόνιση της κατανομής της εφαρμογής της μικροενθλάκωσης σε διάφορους τομείς (Martins et al., 2013)

5.2 ΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ

Η μικροενθλάκωση έχει εδραιωθεί εδώ και πολλές δεκαετίες στις βιομηχανίες τροφίμων. Αλλά τα τελευταία χρόνια έχει κεντρικό ρόλο στις βιομηχανίες αυτές καθώς οι επιθυμίες να ενσωματωθούν συστατικά που θα εμπλουτίσουν τα τρόφιμα όλο και αυξάνεται. Η κύρια χρήση της στοχεύει σε συστατικά που αφορούν το άρωμα το χρώμα και την συντήρηση επιπλέον ιδιαίτερο ενδιαφέρον οι βιομηχανίες τροφίμων έχουν στραφεί στη χρήση βιοδραστικών μορίων με πιθανές ευεργετικής ιδιότητες για την υγεία. Τα στοιχεία αυτά των τροφίμων καταλαμβάνουν βασικό ρόλο στη υγεία

του ανθρώπου. Η ενσωμάτωση των ουσιών αυτών που προαναφέρθηκαν δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμη καθώς υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν πρώτα όπως η ευαισθησία των συστατικών στις διάφορες συνθήκες.

Όλοι κατανοούμε πόσο σημαντική είναι η προσθήκη βιοδραστικών ουσιών σε τρόφιμα, ειδικά σε τρόφιμα που έχουν κυρίαρχο ρόλο στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου. Η ανάγκη αυτή να δημιουργηθούν τέτοιου είδους λειτουργικά τρόφιμα οδηγεί στην παραγωγή προϊόντων με βελτιωμένο επίπεδο με σημαντικά οφέλη για την υγεία του ανθρώπου. Η εφαρμογή της μικροενθυλακώσης στοχεύει στην διατήρηση της σταθερότητας των βιοδραστικών μορίων, όταν τα τρόφιμα αποθηκεύονται, επεξεργάζονται καθώς και για την πρόσληψη και την αποφυγή των διάφορων επιδράσεων με τα άλλα συστατικά που περιέχουν τα τρόφιμα. Με την μικροενθυλάκωση επιτυγχάνεται η ελάττωση των διάφορων υποβαθμίσεων (οξειδωσης, υδρόλυση) για τα βιοδραστικά συστατικά ωφελούνται από την μικροενθυλάκωση (*Champagne and Fustier, 2007, Nesterenko et al., 2013*).

Η τεχνική αυτή διευκολύνει την διάκριση αρωμάτων και γεύσεων και καλύπτει τις δυσάρεστες οσμές και γεύσεις καθώς επιτρέπει την σταθεροποίηση των συστατικών και αυξάνει την βιοδιαθεσιμότητα που αυτό οφείλεται στο ότι εμποδίζεται η επαφή ανάμεσα στα ευάλωτα βιοδραστικά στοιχεία και στο εξωτερικό περιβάλλον. Η μικροενθυλάκωση προφυλάσσει το πυρηνικό υλικό από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στον γαστρεντερικό αυλό κατά την πέψη.

Χρήσιμο είναι να αναφερθεί η μικροενθυλάκωση των προβιοτικών ουσιών που έχει ως βασικό σκοπό την διατήρηση των σημαντικών ιδιοτήτων των προβιοτικών. Με τη χρήση της επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση των κυττάρων και η βελτίωση της ζωτικότητας των μικροοργανισμών. Μικροοργανισμοί όπως οι λακτοβάκιλοι ωφελούνται από την μικροενθυλάκωση κατά την διαδικασία της αφυδάτωσης και της λυοφιλίωσης (*Augustin and Sangiansri, 2008*).

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή που θα γίνει για το εξωτερικό κάλυμμα καθώς αποτελεί βασικό στοιχείο για την μετέπειτα αποτελεσματικότητα της ενθυλάκωσης και την σταθερότητα του σύμπλοκου εγκλεισμού. Η επιλογή για το υλικό αφορά παράγοντες που σχετίζονται με την ασφάλεια, τις φυσικοχημικές

ιδιότητες του πυρηνικού υλικού καθώς και του εξωτερικού καλύμματος και στην σχέση που θα υπάρχει μεταξύ των δύο υλικών (*Nedovic et al., 2011*).

5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ

Με το πέρασμα του χρόνου η μικροενθυλάκωση των τροφίμων χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο και συνεχώς, αξιολογούνται τα αποτελέσματα της ώστε, να βελτιώνεται συνεχώς, τα συστατικά των τροφίμων που μικροενθυλακώνονται είτε γίνεται η απελευθέρωση τους σε ελεγχόμενο περιβάλλον είναι αρκετά τα συστατικά που κυριαρχούν και χρειάζεται να μικροενθυλακωθούν είναι οι αρωματικές ύλες, οι χρωστικές ουσίες, οι σταθεροποιητές, τα αντιοξειδωτικά, τα ένζυμα, τα προβιοτικά, τα λιποειδή μέταλλα και οι βιταμίνες.

Μια μελέτη που έγινε *Barrower et al., (2009)* έδειχνε ότι η βιοδιαθεσιμότητα των ω-3 λιπαρών οξέων που μικροενθυλακώθηκαν δεν υπήρχε καμία διαφορά με την βιοδιαθεσιμότητα των ω-3 λιπαρών οξέων ενός διατροφικού συμπληρώματος. Ένα άλλο πλεονέκτημα που αποδίδει η μικροενθυλάκωση είναι ότι δίνει την δυνατότητα του εμπλουτισμού των τροφίμων με βιταμίνες και μέταλλα ενώ, ταυτόχρονα εμποδίζεται η αντίδραση των συστατικών με τα άλλα συστατικά που υπάρχουν στο τρόφιμο. Ακόμα, με τη χρήση της μικροενθυλάκωσης είναι δυνατόν να χορηγηθεί ασβέστιο στο γάλα από σόγια, και έτσι να προσομοιάζει με τα επίπεδα του ασβεστίου με αυτά που περιέχοντα στο αγελαδινό γάλα. (*Hirotsuka et al., 1984*). Επιπλέον, μέσω της τεχνικής της μικροενθυλάκωσης αυξάνεται η συγκέντρωση στα τρόφιμα γιατί, έχει αυξηθεί η παρουσία ανεπιθύμητων μικροοργανισμών.

Οι *Hermenean et al., (2012)* παρατήρησαν ότι το ενθυλακωμένο εκχύλισμα *Berberivulgaris* σε β-κυκλοδεξτρίνη έδειξε καλύτερα αποτελέσματα ηπατοπροστατευτικής δράσης σε σχέση με το απλό εκχύλισμα μετά από την χορήγηση που έγινε σε ενήλικους μύες και αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα.

Έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια από τις βιομηχανίες τροφίμων για την ανάπτυξη διάφορων τρόπων για να αξιοποιηθούν οι πολυφαινόλες.

Μελέτες *in vitro* απέδειξαν ότι η χρήση των πολυφαινολών μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση φλεγμονών και να αποτρέψουν την ανάπτυξη όγκων ακόμη και να ελέγχουν το ανοσοποιητικό σύστημα να προφυλάσσουν το καρδιαγγειακό σύστημα και τέλος να βοηθήσουν στην απώλεια βάρους. Πολύ σημαντική ικανότητα των πολυφαινολών είναι η αντιοξειδωτική δράση που παρουσιάζουν καθώς τους παρέχεται η δυνατότητα του σχηματισμού χημικών δεσμών με μεταλλικά ιόντα. Επιπροσθέτως η δράση τους ως αναστολείς ενζύμων που παράγουν ελεύθερες ρίζες. Οι μελέτες *in vitro* δείχνουν ότι οι ποσότητες των πολυφαινολών είναι πολύ μεγαλύτερες από την πραγματική αποτελεσματικότητα της *in vitro*.

Πολύ σημαντικό είναι η διατήρηση των πολυφαινολών γιατί έχει αποδειχθεί ότι μόνο ένα μικρό μέρος των μορίων παρουσιάζει δραστηριότητα μετά από χορήγηση από το στόμα καθώς, επιδρά σε αυτό γαστρικό υγρό και λόγω των χαμηλών επιπέδων διαπερατότητας και διαλυτότητας στον εντερικό αυλό αλλά, η μείωση της δράσης των πολυφαινολών παρουσιάζεται και στον γαστρεντερικό σωλήνα λόγω της παρουσίας άλλων συστατικών όπως των ενζύμων pH κ.λπ. Γνωστό επίσης, είναι ότι οι πολυφαινόλες χαρακτηρίζονται για την πικρή τους γεύση οπότε η εφαρμογή της μικροενθυλάκωσης βοηθάει στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και καλύπτει τις ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις.

Σημαντικό είναι να σημειωθεί τα οικονομικά κριτήρια που αφορούν την εφαρμογή της μικροενθυλάκωσης στις βιομηχανίες τροφίμων. Το προϊόν με το ενθυλακωμένο προϊόν φαίνεται να είναι λίγο πιο ακριβό σε σύγκριση με άλλο προϊόν που δεν υπόκειται μικροενθυλάκωση. Εκτιμήθηκε ότι το μέγιστο κόστος της εφαρμογής της μικροενθυλάκωσης δεν πρέπει να ξεπερνάει το 0,1 ευρώ ανά κιλό προϊόντος (Gouin 2004).

5.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές τεχνικές μικροενθυλάκωσης που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί αλλά η κατάλληλη επιλογή σχετίζεται με τη βιοσυμβατότητα, την επιθυμητή ικανότητα βιοαποικοδόμησης του τελικού προϊόντος, τις φυσικοχημικές

ιδιότητες του πυρηνικού υλικού και του εξωτερικού καλύμματος, τον τρόπο εφαρμογής των μικροκάψουλων, τον τρόπο απελευθέρωσης του πυρηνικού υλικού και το κόστος της παραγωγής (Nesterenko et al., 2013).

Μερικές από τις πιο συνηθισμένες τεχνικές παρουσιάζονται ακολούθως (Gouin, 2004, Fang and Bhandari, 2010):

1. Ξήρανση με ψεκασμό (spray drying)

Η ξήρανση με ψεκασμό για την μικροενθυλάκωση συστατικών χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια ώστε να επιτευχθεί η ενθυλάκωση αρωματικών ελαίων και ταυτόχρονα παρέχει προστασία για τυχόν οξειδώσεις, αλλοιώσεις και για οποιαδήποτε μετατροπή υγρών ουσιών σε στερεά (Gouin 2004). Αποτελεί μια χαμηλού κόστους τεχνική είναι αποτελεσματική συνεχούς λειτουργίας και έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή καλής ποιότητας σωματιδίων. Αυτή τη στιγμή λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών έχει εδραιωθεί στις βιομηχανίες τροφίμων και κυριαρχεί ως μέθοδος για την μικροενθυλάκωση συστατικών στα τρόφιμα.

2. Λυοφιλίωση ή ξήρανση με κατάψυξη (lyophilisation)

Η λυοφιλίωση αποτελεί μια τεχνική ξήρανσης που καλείται και ξήρανση με κατάψυξη και βρίσκει χρήση σε θερμοευαίσθητα συστατικά. Η χρήση της διευκολύνει πολύ στην σταθεροποίηση των συστατικών των τροφίμων. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από τέσσερα διαφορετικά στάδια α) την ψύξη – εξάχνωση β) την εκρόφηση γ) αποθήκευση. Χαρακτηρίζεται για την παραγωγή προϊόντων με πολύ υψηλή ποιότητα και μεγάλο χρόνο ζωής

3. Ψύξη με ψεκασμό (spray cooling / chilling)

Αποτελεί μια τεχνική η οποία είναι παρόμοια με την ξήρανση με ψεκασμό καθώς, διαθέτει τη διάλυση του πυρηνικού υλικού σε ένα διάλυμα το οποίο ήδη έχει διαλυθεί το υλικό του εξωτερικού καλύμματος και έχει ως στόχο την παραγωγή εναιωρήματος, γαλακτώματος ή διαλύματος. Υπάρχουν και διάφορες μεταξύ των δύο αυτών τεχνικών μια από τις βασικότερες είναι οι θερμοκρασίες του αέρα που λαμβάνουν χώρα στον θάλαμο ξήρανσης αλλά και στο υλικό του εξωτερικού καλύμματος που χρησιμοποιείται. Στην ξήρανση ψεκασμό γίνεται χρήση θερμού αέρα για να επιτευχθεί η εξάτμιση του διαλύτη αλλά στην ψύξη με ψεκασμό

χρησιμοποιείται. Στην ξήρανση με ψεκασμό γίνεται χρήση θερμού αέρα για να επιτευχθεί η εξάτμιση του διαλύτη αλλά, στην ψύξη με ψεκασμό χρησιμοποιείται ο κρύος αέρας ο οποίος βρίσκεται σε μικρότερη θερμοκρασία από αυτή της πήξης των τηγμένων λιποειδών ή κύρων που υπάρχουν ως εξωτερικό κάλυμμα.

4. Εξώθηση ή εκβολή (extrusion)

Η διαδικασία αυτή λειτουργεί με την εφαρμογή πίεσης η οποία έχει μια άμορφη μάζα με σκοπό την ροή μέσα από ένα στόμιο σε ελεγχόμενες συνθήκες. Για να ενθυλακωθούν τα εκάστοτε συστατικά χρησιμοποιείται η συσκευή εξώθησης που απαρτίζεται από την συσκευή παραγωγής και σκλήρυνσης των σωματιδίων. Η διαδικασία της μικροενθυλάκωσης με εξώθηση γίνεται σε μεγάλες θερμοκρασίες και διαθέτει την εκβολή ενός γαλακτώματος του πυρηνικού υλικού και του εξωτερικού καλύμματος διαμέσου ενός στομίου με υψηλή πίεση (Augustin sanguansri, 2008). Η χρήση της γίνεται κυρίως για την μικροενθυλάκωση πτητικών και μη σταθερών αρωματικών συστατικών σε υδατάνθρακες που βρίσκονται σε υαλώδη κατάσταση. Κύριο πλεονέκτημα είναι ότι προσδίδει στα προϊόντα πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.

5. Επικάλυψη σε ρευστοποιημένη κλίνη (fluidized bed coating)

Χρησιμοποιείται για την δημιουργία μιας ομοιογενής στοιβάδας γύρω από στερεά σωματίδια αυτά παρασύρονται από ρεύμα θερμού αέρα από τον πυθμένα του θαλάμου επικάλυψης και καταλήγουν στο υψηλότερο σημείο του θαλάμου.

6. Συγκρυστάλλωση (cocrystallization)

Ο σκοπός της τεχνικής αυτής είναι να διαφοροποιήσει την κρυσταλλική μορφή της σουκρόζης μέσω της τεχνικής της ενθυλάκωσης σε ένα ακανόνιστο συσσωματωμένο κρύσταλλο, που θα έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας πορώδους μήτρας και έτσι δίνεται η δυνατότητα ενός δεύτερου συστατικού να ενσωματωθεί στο υλικό.

7. Εγκλεισμός σε λιποσώματα (liposome entrapment)

Η δομή των λιποσωμάτων αποτελούνται από ένα τουλάχιστον κυστίδιο και συντίθενται από λιπιδικές μεμβράνες και διαθέτουν μια ή δυο στοιβάδες. Ωστόσο, η χρήση της είναι ιδιαίτερα χαμηλές αποδόσεις ενθυλάκωσης ακόμα και το κόστος είναι αρκετά υψηλό και υπάρχουν υψηλές πιθανότητες της απομάκρυνσης

υδατοδιαλυτών έγκλειστων μορίων κατά ην διάρκεια της αποθήκευσης (Zudan, 2010).

8. Ενθυλάκωση σε ζύμες (yeast encapsulation)

Διάφορες έρευνες που έχουν γίνει έχουν δείξει ότι είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί ο μικροεγκλεισμός υδρόφοβων καθώς και υδρόφιλων συστατικών σε κύτταρα ζυμομυκήτων. Η τεχνική αυτή προσδίδει μικροκάψουλες με ομοιόμορφο μέγεθος και η απόδοση της ενθυλάκωσης είναι πολύ υψηλή και το κόστος είναι αρεστό (*Phnn – Hoang et al., 2013*).

5.5 ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΜΕΣΩ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΕ ΕΚΝΕΦΩΣΗ

Η λειτουργία της ξήρανσης με ψεκάσμό έχει ως εξής. Ένα υγρό προϊόν ψεκάζεται σε ένα ρεύμα στον αέρα με στόχο την δημιουργία μια στιγμιαίας κόνης (*Gharsallaoui et. al., 2007*). Η βασική της λειτουργία βασίζεται στην διάλυση του πυρηνικού υλικού και του εξωτερικού καλύμματος με σκοπό την δημιουργία εναιωρήματος ή γαλακτώματος ενός διαλύματος. Στην συνέχεια το παραγόμενο σκεύασμα ψεκάζεται σε συνθήκες θερμού αέρα και έτσι επιτυγχάνεται η γρήγορη απομάκρυνση του διαλύτη. Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για την μέθοδο αυτή είναι από 150 έως 222°C αλλά στην πορεία μειώνεται και φθάνουν τους 50-80°C. Τα παραγόμενα σωματίδια έχουν την μορφή σκόνης.

Όπως έχει προαναφερθεί η μικροενθυλάκωση αποτελεί από τις πιο παλιές τεχνικές για την ενθυλάκωση δραστικών ουσιών, η ξήρανση με ψεκάσμό του δραστικού παράγοντα γίνεται με την διάλυση, γαλακτωματοποίηση είτε την διασπορά της δραστικής ουσίας σε υδατικό διάλυμα του υλικού και ακολουθεί η εξαέρωση και στην συνέχεια λαμβάνει χώρα ο ψεκάσμος του μείγματος σε εάν θερμό θάλαμο (*Barbosa – Canovas et al., 2005, Gharsallaoui et al., 2007*). Μέσα την διάρκεια αυτής της διαδικασίας πραγματοποιείται η δημιουργία μιας μεμβράνης στην επιφάνεια των σταγονιδίων και έτσι, μειώνεται η δραστικότητα των μεγαλύτερων μορίων και τα μικρά μόρια του νερού εν συνεχεία εξατμίζονται.

Πολύ σημαντικό στην ξήρανση με ψεκασμό είναι ο δραστικός παράγοντας σε οργανικά διαλύματα γίνεται χρήση ακετόνης ή αιθανόλης. Στην περίπτωση ευπαθών ή πτητικών υλικών ο ψεκασμός γίνεται με χρήση ακροφύσιου υψηλής πίεσης ή με περιστροφικό ψεκαστήρα που λειτουργεί με παράλληλη ροή. Η επιφανειακή τάση το ιξώδες του υγρού καθώς και η πτώση της πίεσης κατά μήκος του ακροφυσίου και η ταχύτητα του ψεκασμού είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος των σταγονιδίων. Ωστόσο, από το μέγεθος τους ορίζεται και ο χρόνος ξήρανσης. Η θερμοκρασία της επιφάνειας των σταγονιδίων αντιστοιχεί σε οποιαδήποτε σημείο εντός του ξηραντήρα στην θερμοκρασία του υγρού βολβού της αέριας φάσης που περιβάλλει το σταγονίδιο αν η επιφάνεια του είναι υγρή.

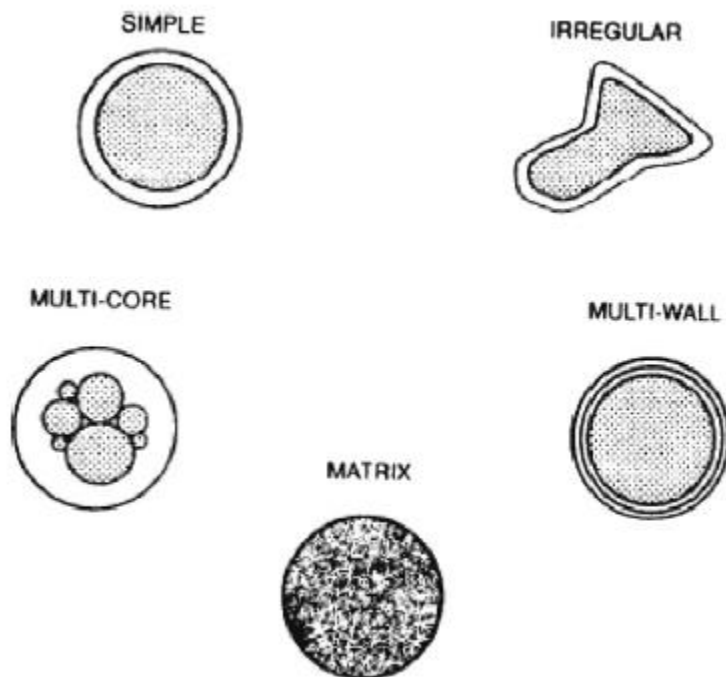
Η θερμοκρασία του υγρού βολβού σε συνθήκες ξήρανσης με ψεκασμό είναι 50 °C. Η θερμοκρασία των σταγονιδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τους 100 °C η τιμή αυτή υποδεικνύεται από την θερμοκρασία εξόδου του αέρα που πρέπει να είναι περίπου στους 50 – 80 °C. Ανάλογα με το μέγεθος του ξηραντήρα ψεκασμού μεγαλώνει και ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων είναι 5 -100s. Η διάταξη του ακροφυσίου ψεκασμού είναι τέτοια ώστε να ψεκάζει προς τα κάτω αλλά, δίνεται και η δυνατότητα του ψεκασμού να ψεκάζει και προς τα πάνω όπου, εκεί λόγω του μεγαλύτερου χρόνου παραμονής των σταγονιδίων ξηραίνονται και τα μεγαλύτερα σε μέγεθος σωματίδια.

Κατά την διάρκεια της ξήρανσης εντοπίζεται ο σχηματισμός μια μεμβράνης στην επιφάνεια των σταγονιδίων και ο αριθμός των συστατικών στα σταγονίδια αυξάνεται και επίσης το υλικό του φορέα που θα βρει χρήση θα πρέπει να βασίζεται πάνω σε κάποια κριτήρια όπως να παρέχει προστασία στο ενεργό υλικό να, έχει υψηλή διαλυτότητα στο νερό, μοριακό βάρος, υαλώδες μετάπτωση, κρυσταλλικότητα και ιδιότητες σχηματισμού μεμβράνης και ικανότητα γαλακτωματοποίησης (*Gharsallaoui et al., 2007*). Κάποια παραδείγματα τέτοιων υλικών αποτελούν το φυσικά κόμμεα (αραβικό κόμμι), πρωτεΐνες (πρωτεΐνες σόγιας), υδατάνθρακες (μαλτοδεξτρίνες) και λιπίδια (κήροι). Με την ξήρανση με ψεκασμό η απελευθέρωση του δραστικού παράγοντα γίνεται άμεσα με την παρουσία νερού. Επιπλέον τα υδρόφοβα υλικά του φορέα μπορούν να δώσουν μια ποιο σταδιακή απελευθέρωση κατά την αραίωση στο νερό.

Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία στο σημείο αυτό θα περιγραφεί μια κατηγορία υλικών που επιδέχονται την ξήρανση με ψεκασμό: Το τροποποιημένο άμυλο, οι μαλτοδεξτρίνες και οι κόμμες. Αρχικά, διαλύονται σε νερό για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξωτερικό κάλυμμα έπειτα, το πυρηνικό υλικό ομογενοποιείται με το υλικό του εξωτερικού καλύμματος ύστερα, το μείγμα που έχει δημιουργηθεί τοποθετείται στην συσκευή της ξήρανσης με ψεκασμό και ψεκάζεται από τον εκνεφωτή ή από τον περιστρεφόμενο δίσκο της συσκευής.

Οι μεγάλες θερμοκρασίες που αναφέρθηκαν και πριν που υπάρχουν στο χώρο επιταχύνουν την εξάτμιση της υγρασίας και έτσι παράγονται οι μικροκάψουλες που βρίσκονται στο ξηραντήρα όπου και από εκεί προσλαμβάνονται. Ωστόσο, το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων που έχουν παραχθεί από την όλη διαδικασία είναι από 10-100 nm (*Fang and Bhandari 2010*) ενώ η αναλογία που πρέπει να βρίσκεται το πυρηνικό υλικό του εξωτερικού καλύμματος θα πρέπει να είναι 1:4 (*Gibbset et al., 1999*).

Η μείωση της ενεργότητας του νερού είναι μια βασική πρακτική που επιτυγχάνεται και με την ξήρανση με ψεκασμό η χρήση της έχει ως στόχο την διασφάλιση της μικροβιολογικής σταθερότητας των τροφίμων και την αποφυγή όσο περισσότερο είναι εφικτό για χημικές και βιολογικές υποβαθμίσεις του προϊόντος καθώς και την μείωση του κόστους αποθήκευσης και μεταφοράς και στοχεύει στην δημιουργία προϊόντων με συγκεκριμένες ιδιότητες όπως για παράδειγμα η αυξημένη διαλυτότητα (*Estevinho et al., 2013*).



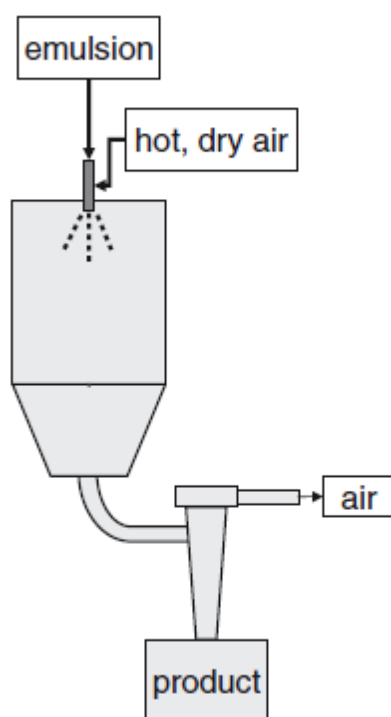
Εικόνα 6 Μορφολογία διαφορετικών τύπων μικροκάψουλας (Gibbs *et al.*, 1999)

Όμως παρ' όλα αυτά, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στην μέθοδο αυτή αρχικά, το υλικό του εξωτερικού καλύμματος πρέπει να είναι υδατοδιαλυτό και αυτό έχει αντίκτυπο για τα υλικά που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν (Gouin, 2004, Estevinho *et al.*, 2013). Τέλος στην ενθυλάκωση των προβιοτικών οι υψηλές θερμοκρασίες >60ο C μπορεί να έχουν αρνητικά αποτελέσματα για τους μικροοργανισμούς (de Vos *et al.*, 2010). Το πυρηνικό υλικό προστατεύεται από το εξωτερικό κάλυμμα από τους διάφορους παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν υποβάθμιση στο υλικό επίσης, δρα ως παρεμποδιστικός παράγοντας μεταξύ του υλικού και των διάφορων συστατικών του προϊόντος.

Η σχεδίαση του εξωτερικού καλύμματος είναι τέτοια όπου επιτρέπει την συγκεκριμένη απελευθέρωση πυρηνικού υλικού σε συγκεκριμένες συνθήκες και προφυλάσσει από οποιεσδήποτε απώλειες λόγω πτητικότητας. Για την επιλογή του εξωτερικού καλύμματος λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, κάποια κριτήρια όπως η διαθεσιμότητα σε νερό το μοριακό βάρος, η υαλώδης μετάπτωση, η κρυσταλλικότητα, η ικανότητα διάχυσης, η ικανότητα γαλακτωματοποίησης, η μηχανική αντοχή, η συμβατότητα που έχει με το τρόφιμο και τέλος είναι η τιμή.

Ωστόσο ως κύρια εξωτερικά καλύμματα στην μέθοδο της μικροενθυλάκωσης με ξήρανση με ψεκασμό βρίσκουν τα βιοπολυμερή όπως πρωτεΐνες, οι κήροι τα κόμμεα και οι μαλτοδεξτρίνες (*Gharsallaoui et al., 2007*).

Όσον αφορά, το κόστος παράγωγης της τεχνικής αυτής έχει προκύψει ότι σε σύγκριση με άλλες τεχνικές είναι πιο χαμηλό το κόστος και ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι εύκολος να παραληφθεί. Για παράδειγμα με το κόστος της μεθόδου της λυοφιλοποίησης η τιμή της ξήρανσης με ψεκασμό είναι 30 – 50 φορές πιο χαμηλή (*Desobory, Netto and Labuza, 1997*). Η ξήρανση με ψεκασμό λύνει τα συμβατικά προβλήματα της και είναι άκρως οικονομική και αποτελεσματική μέθοδος. Το κόστος της ξήρανσης με εκνέφωση αναλύθηκε από το *Quinn (1965)*. Η τεχνική αυτή φαίνεται να σπαταλάει μεγάλο μέρος ενέργειας καθώς δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί όλη η θερμότητα που διέρχεται από τον θάλαμο ξήρανσης.



Εικόνα 7 Διάταξη συστήματος μικροενθυλάκωσης μέσω ξήρανσης με ψεκασμό με παράλληλη ροή. Το ξηρό προϊόν συλλέγεται σε ένα κυκλώνα στο τέλος

5.5.1 Τα βήματα της διαδικασίας

Η εφαρμογή της διαδικασίας της ξήρανσης με ψεκασμό με μικροενθυλάκωση περιέχει τρία στάδια (*Dziekak 1988*). Το πρώτο περιλαμβάνει την δημιουργία του γαλακτώματος ύστερα, το δεύτερο την ομογενοποίηση της διασποράς και τέλος η ατομοποίηση της μάζας μέσα σε θάλαμο ξήρανσης. Οι *Shahidi and Han (1993)* διατύπωσαν τα τέσσερα στάδια για την μικροενθυλακωση με ξήρανση με ψεκασμό.

Αρχικά, είναι η παρασκευή της διασποράς ή του γαλακτώματος, δεύτερον η ομογενοποίηση της διασποράς, τρίτον η ατομοποίηση του γαλακτώματος τροφοδοσίας και τέλος η αφυδάτωση των κονιορτοποιημένων σωματιδίων.

Ποιο αναλυτικά το πρώτο στάδιο αφορά τον σχηματισμό ενός καλού και σταθερού γαλακτώματος του πυρήνα. Το μείγμα που πρέπει να ψεκαστεί παρασκευάζεται με διασπορά του υλικού του πυρήνα η οποία συχνά έχει υδρόφοβη φάση. Η διασπορά θα πρέπει να θερμανθεί και να ομογενοποιηθεί ενώ μπορεί να γίνει και προσθήκη των υλικών επικάλυψης επειδή, κάποια από αυτά έχουν ίδια επιφανειακή δράση. Κατά την διάρκεια της ξήρανσης με ψεκασμό τα πρώτα σταγονίδια γαλακτώματος έχουν διάμετρο 1-100 m.

Το σχηματιζόμενο γαλάκτωμα πριν από την ξήρανση με ψεκασμό θα πρέπει να παραμείνει σταθερό για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (*Liu et al., 2001*) και τα σταγονίδια του ελαίου θα πρέπει να είναι μικρά και το ιξώδες να έχει την ιδιότητα της αποφυγής της εισροής του αέρα στα σωματίδια (*Drusch 2006*). Το ιξώδες του γαλακτώματος καθώς και η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων έχουν σημαντική επίδραση στην μικροενθυλάκωση με ξήρανση με ψεκασμό. Η διαδικασία της διάσπασης σε άτομα που οδηγεί στο σχηματισμό μεγάλων σταγονιδίων παρεμποδίζεται από το υψηλό ιξώδες (*Rosenberg, Kopelman, & Tulman 1990*). Κατά την διάρκεια της μικροενθυλάκωσης με ξήρανση με ψεκασμό το υλικό του πυρήνα επηρεάζεται από την σύνθεση και τις ιδιότητες του γαλακτώματος και από τις συνθήκες ξήρανσης. Το γαλάκτωμα που λαμβάνεται σε μορφή ελαίου σε νερό μετά ψεκάζεται σε ένα θερμαινόμενο ρεύμα αέρα που δίνεται από τον θάλαμο ξήρανσης

και η εξάτμιση του διαλύτη γίνεται ποιο συχνά σε νερό. Αφού τα σωματίδια ψεκάζονται και πέφτουν μέσω του αερίου μέσου και έχουν σφαιρικό σχήμα και το λάδι είναι εγκλωβισμένο στην υδατική φάση (*Dziedzik, 1988*).

Παρά τις αυξημένες θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται στην διαδικασία ο σύντομος χρόνος έκθεσης καθώς και η ταχεία εξάτμιση του νερού επιταχύνει να διατηρεί την θερμοκρασία του πυρήνα και να είναι μικρότερη από τους 40° C.

5.5.2 Συνθήκες διεργασίας

Για να επιτευχθεί καλή απόδοση της μικροενθυλάκωσης, ακόμα και αν το υλικό του τοιχώματος είναι κατάλληλο, η ξήρανση με ψεκασμό είναι απαραίτητη. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της ξήρανσης με ψεκασμό είναι: η σταθερότητα της θερμοκρασίας, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία αέρα εισόδου και εξόδου (*Liu, Zhou, Zeng Ouyang, 2004*).

Στην πραγματικότητα, η θερμοκρασία τροφοδοσίας τροποποιεί το ιξώδες του γαλακτώματος, την ρευστότητα και την ικανότητα προς ομοιογενή ψεκασμό. Όταν η θερμοκρασία τροφοδοσίας είναι αυξημένη, το ιξώδες και το μέγεθος των σταγονιδίων πρέπει να ελαττωθούν, αλλά οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν εξαέρωση ή την αποικοδόμηση μερικών θερμοαυαίσθητων συστατικών.

Ο ρυθμός τροφοδοσίας στον ψεκαστήρα ελέγχεται για να εξασφαλίσει ότι κάθε σταγονίδιο θα φτάσει το επιθυμητό επίπεδο ξηρασίας πριν έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του θαλάμου ξήρανσης. Επιπλέον η ρύθμιση της θερμοκρασίας του αέρα εισόδου και ο ρυθμός ροής του είναι εξίσου σημαντική (*Zbiunski, Delag, Strumilo, 2002*). Η θερμοκρασία του αέρα εισόδου είναι ευθέως ανάλογη της ταχύτητας ξήρανσης της μικροκάψουλας και της τελικής περιεκτικότητας σε νερό. Όταν η θερμοκρασία του αέρα εισόδου είναι χαμηλή, το ποσοστό εξάτμισης, προκαλεί τον σχηματισμό μικροκάψουλων με μεμβράνες υψηλής πυκνότητας, υψηλής περιεκτικότητας σε νερό και κακής ρευστότητας.

Ωστόσο, η είσοδος αέρα υψηλής θερμοκρασίας προκαλεί υπερβολική εξάτμιση και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών στην μεμβράνη και επακολουθεί πρόωρη αποδέσμευση και αποικοδόμηση του ενθυλακώμενου συστατικού

(Zakarian, King, 1982). Η θερμοκρασία του αέρα εισόδου καθορίζεται από δύο παράγοντες. Από το ποια είναι η θερμοκρασία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια χωρίς να καταστραφεί το προϊόν και το κόστος των πηγών θερμότητας (Folger Kleinschmidt, 1938). Η θερμοκρασία στο τέλος της ξήρανσης, λαμβάνεται κάτω από ορισμένες συνθήκες και μπορεί να θεωρηθεί δείκτης ελέγχου του στεγνωτηρίου. Τη θερμοκρασία αυτή είναι αρκετά δύσκολο να την προβλέψουμε εκ των προτέρων δεδομένου ότι εξαρτάται τα χαρακτηριστικά ξήρανσης του εκάστοτε υλικού.

Σε αντίθεση με την θερμοκρασία εισόδου του αέρα, η θερμοκρασία εξόδου δεν μπορεί να ελεγχθεί άμεσα εφόσον εξαρτάται από πολλούς παράγοντες . Οι καλύτερες συνθήκες ξήρανσης με ψεκασμό είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ υψηλής θερμοκρασίας του αέρα, υψηλής περιεκτικότητας σε στερεά και εύκολη κονιοποίηση και ξήρανση χωρίς ρωγμές των τελικών σωματιδίων (Bimbenet et al, 2002).

Η χρήση ορισμένων ειδικών ενώσεων μπορεί να τροποποιήσει το στέγνωμα των μικροκαψουλών . Πράγματι, η προσθήκη λακτόζης στο σύστημα ορού γάλακτος που βασίζεται σε πρωτεΐνη φάνηκε να ενισχύει τον σχηματισμό κρούστας με τη βελτίωση των ιδιοτήτων της ξήρανσης. Αυτή η θετική επίδραση της λακτόζης έχει αποδοθεί στην γυάλινη φάση τήξης λακτόζης και οφείλεται στις διεσπαρμένες πρωτεϊνικές αλυσίδες. (Rosenberg ,Sheu 1996).

Ήταν αναμενόμενο ότι η θερμότητα μετουσίωσης του ορού γάλακτος επηρεάζει τα χαρακτηριστικά γαλακτωματοποίησης. Η αποτελεσματικότητα της μικροενθυλάκωσης μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών του διαλύματος. Ο κύριος περιορισμός της τεχνικής ξήρανσης με ψεκασμό στην μικροενθυλάκωση είναι ο περιορισμένος αριθμός των στερεών τοιχωμάτων του υλικού και ότι αυτά θα πρέπει να έχουν καλή διαλυτότητα στο νερό. Ένα άλλο μειονέκτημα για την ξήρανση με ψεκασμό που πρέπει να εξεταστεί, είναι ότι παράγεται μια λεπτή πούδρα η οποία χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία, όπως συσσωμάτωση.

5.5.3 Φορείς και συνθήκες ξήρανσης

Όπως περιληπτικά αναφέρθηκε και παραπάνω, οι παράγοντες εγκλεισμού που χρησιμοποιούνται σε κάψουλες κατά την ξήρανση με ψεκασμό είναι υδατάνθρακες (άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, σακχαρόζη, κυτταρίνη και παράγωγα της), κόμμες (αραβικό κόμμεο, άγαρ κ.α.), λιπίδια (κερί, παραφίνη, διγλυκερίδια) και πρωτεΐνες (γλουτένη, καζεΐνες, αλβουμίνες). Από τα παραπάνω πολυμερή με το υψηλό μοριακό βάρος αυτό που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι η μαλτοδεξτρίνη, το αραβικό κόμμι και το τροποποιημένο άμυλο (*Cano-Chauca et al., 2011*).

Για την βελτίωση του χειρισμού της σκόνης και για την ασφάλεια των τροφίμων μπορεί να γίνει προσθήκη αντισυσσωματικών και αντιυγραντικών παραγόντων όπως φωσφορικά, πυριτικά και άλατα ασβεστίου εκείνα απορροφούν την περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία και έτσι διευκολύνεται η διαδικασία της ξήρανσης. Ένα άλας που έχει διαπιστωθεί ότι έχει πολλές ιδιότητες είναι το ανθρακικό ασβέστιο το οποίο έχει εμφανιστεί ως μια πολλά υποσχόμενη ουσία για την ξήρανση των προϊόντων με ψεκασμό. Έχει χαμηλή τιμή είναι ένα άμορφο κρύσταλλο και βρίσκεται σε κέλυφος από μύδια στρείδια και αυγά τα προϊόντα αυτά δεν βρίσκουν χρήση στις βιομηχανίες. Έγιναν μελέτες που είχαν κύριο σκοπό την αποκατάσταση του εμπορικού ασβεστίου *Batista et al. (2008)*. Στόχος είναι τα κελύφια από τα μύδια και τα στρείδια να αντικαταστήσουν.

Οι *Murakami et al., (2007)* πήραν ανθρακικό ασβέστιο από το κέλυφος αυγών από κότες όπου το 94% της σύνθεσης του αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο. Βεβαιώνεται ότι το ανθρακικό ασβέστιο που προσλαμβάνεται από το κέλυφος του αυγού δεν περιέχει τοξικές ουσίες και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα τρόφιμα. Επίσης το ανθρακικό ασβέστιο αποσυντίθεται σε χαμηλές θερμοκρασίες (30°C) από αυτό που χρησιμοποιείται από το κέλυφος του αυγού.

Επίσης, οι μαλτοδεξτρίνες είναι σακχαρίτες, μη γλυκό πολυμερές το οποίο αποτελείται από D- γλυκόζη και ενώνεται από α 1-4 αλυσίδα. Η μορφή του μπορεί να είναι είτε ως μια λευκή σκόνη ή ένα διάλυμα που συμπυκνώνεται με μερική υδρόλυση αμύλου αραβόσιτου οξέα ή ένζυμα. Ωστόσο η χρήση του περιορίζεται καθώς παρουσιάζει μια μικρή ικανότητα γαλακτωματοποίησης το πρόβλημα αυτό όμως, οδηγεί στη χρήση μείγματος μαλτοδεξτρίνης με αραβικό κόμμι τροποποιημένο άμυλο ή πρωτεΐνες οι οποίες έχουν υψηλή ικανότητα γαλακτωματοποίησης (*Ascheri*

et al., 2003, Reineccias, 1998). Ο σχηματισμός της μαλτοδεξτρίνης γίνεται μέσω μερικής υδρόλυσης μέσω της δράσης οξέων ή ενζύμων αμύλου αραβοσίτου και έτσι είναι ισοδύναμες σε διαφορετικές δεξτρώζες (DE) οι οποίες δείχνουν το επίπεδο της υδρόλυσης του πολυμερούς αμύλου.

Το προϊόν υδρόλυσης του αμύλου δίνει την δυνατότητα του χαμηλού κόστους σχεδόν στο ένα τρίτο του τροποποιημένου αμύλου καθώς χαρακτηρίζεται από ουδέτερη οσμή και γεύση, μικρό ιξώδες και υψηλή συγκέντρωση στερεών. Εκτός αυτών διαθέτουν προστασία εναντίον των οξειδώσεων (Bemiller and Whistler, 1996). Η μαλτοδεξτρίνη αποτελεί έναν φορέα που η κύρια χρήση του είναι στην ξήρανση με ψεκασμό επειδή έχει μικρή υγροσκοπικότητα και δεν ενδέχεται η συσσωμάτωση των σωματιδίων (*Tonon et al., 2008*). Σε συγκεκριμένες συνθήκες αυτό δείχνει μια αντιοξειδωτική δράση καλή κατακράτηση πτητικών ουσιών (65 – 80%) (*Anselmo et al., 2006*).

Οι *Aburto and Tavares (1998)* έκαναν χρήση μαλτοδεξτρίνης με συγκέντρωση 18 – 23% για την ξήρανση ινδικού σύκου σε ξηραντήρες ψεκασμού. Χρησιμοποιώντας υγροσκοπικές σκόνες με χαμηλή συγκέντρωση μαλτοδεξτρίνης και υψηλές θερμοκρασίες ξήρανσης. Οι *Quek et al. (2007)* έκαναν χρήση μαλτοδεξτρίνης ως κεντρικού φορέα για την ξήρανση του χυμού καρπουζιού μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό. Οι συγγραφείς βεβαιώνουν ότι η προσθήκη της μαλτοδεξτρίνης πριν την ξήρανση είχε την ιδιότητα της αύξησης της περιεκτικότητας του συνόλου των στερεών και το μείγμα τροφοδοτήθηκε στο εσωτερικό του ξηραντήρα ψεκασμού, η μείωση της περιεκτικότητας του νερού οφείλεται στην εξάτμιση που θα γίνει η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της περιεκτικότητας της υγρασίας σε σκόνες που παρήχθησαν (*Tonon et al., 2008*).

Άλλο ένα υλικό που χρησιμοποιείται ως φορέας αποτελεί το αραβικό κόμμι το οποίο είναι σύμπλοκο πολυσακχαρίτη και οξύ με μοριακή μάζα περίπου 5000.000. Η δομή του αποτελείται από πολλές διακλαδώσεις που είναι εύκολο να διασκορπιστούν σε νερό σε συγκεντρώσεις έως και 50%. Ωστόσο, χαρακτηρίζεται από χαμηλό ιξώδες και του παρέχεται καλή ποιότητα γαλακτωματοποίησης με καλή γεύση και μεγάλη οξειδωτική ικανότητα. Η υψηλή γαλακτωματοποιητική του ικανότητα αποτελεί το λόγο που είναι ικανό για την προστασία και την διατήρηση των ευαίσθητων γεύσεων κατά την διάρκεια της ξήρανσης.

Ωστόσο αυτή η χρήση περιορίζεται καθώς χαρακτηρίζεται για το αρκετά υψηλό του κόστος και ότι η διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη καθώς λαμβάνεται από περιοχές που έχουν ταραγμένες κλιματολογικές συνθήκες. Βρίσκει ευρεία χρήση καθώς σε σύγκριση με άλλα κόμμεα προσδίδει σταθερά γαλακτώματα με μεγάλη γκάμα από Ρhaλλά, πρέπει να αναφερθεί ότι το αραβικό κόμμεα παρέχει μερική προστασία έναντι των οξειδώσεων γιατί δρα ως ημιδιαπερατή μεμβράνη η οποία μπορεί να επηρεάσει την ανθεκτικότητα και την σταθερότητα της μικροκάψουλας (Gharsallaoui et al., 2007). Ascheri et al. (2003) έγινε χρήση αραβικού κόμμεος σε συγκέντρωση 0,5 και 10% μαζί με μαλτοδεξτρίνη με συγκέντρωση 36% για την μικροενθυλάκωση αιθέριων ελαίων που περιέχονται στο πορτοκάλι μέσω της τεχνικής της ξήρανσης με ψεκασμό έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν μικρότερη.

Το άμυλο είναι διαθέσιμο και χαρακτηρίζεται από το χαμηλό του κόστος (Costa et al. Αλλά το ιξώδες των διαλυμάτων είναι πολύ μεγάλο για τις διάφορες διεργασίες ξήρανσης επίσης, δεν περιέχει υδρόφοβες ομάδες και δεν περιέχει σταθεροποιητικό αποτέλεσμα στο γαλάκτωμα παρά μόνο μια αύξηση στο ιξώδες (Reineccius, 1998). Οι λόγοι που τροποποιείται το άμυλο είναι για την αλλαγή των χαρακτηριστικών της ζελατινοποίησης, η μείωση της υποβάθμισης και της τάσης της πάστας να μετατρέπεται σε τζέλ και η αύξηση της σταθερότητας της πάστας όταν δέχεται ψύξη και απόψυξη και η βελτίωση της όψης της πάστας (Silva et al., 2006). Η κύρια χρήση του τροποποιημένου αμύλου είναι ως παράγοντας εγκλεισμού γιατί χαρακτηρίζεται για την υψηλή διατήρηση των πτητικών ουσιών (>93%). Από την άλλη παρέρχου χαμηλή προστασία εναντίων των οξειδώσεων.

Η επιλογή του υλικού τοιχώματος για την μικροενθυλάκωση μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό είναι πολύ σημαντική για την αποτελεσματικότητα της ενθυλάκωσης και την σταθερότητα της μικροκάψουλας. Η επιλογή αυτή βασίζεται σε κάποια κριτήρια τα οποία τα οποία αφορούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες (διαλυτότητα, μοριακό βάρος κρυσταλλικότητα, τον σχηματισμό μεμβράνης και τις ιδιότητες γαλακτωματοποίησης).

Ωστόσο και το κόστος θα πρέπει να είναι αρεστό. Οπότε η επιλογή του υλικού είναι σημαντική. Είναι χρήσιμο να αναφερθούν οι απαιτούμενες ιδιότητες που θα πρέπει να έχει το υλικό του τοιχώματος καθώς, είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε, να

προστατεύει το υλικό του πυρήνα από παράγοντες που μπορούν να το επηρεάσουν για την αντίδραση μεταξύ του υλικού του πυρήνα και των άλλων συστατικών καθώς και για να επιτρέψει την ελεγχόμενη απελευθέρωση (*Shahidi&Hun, 1993*).

Το υλικό του τοιχώματος ανάλογα με το υλικό του πυρήνα και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος μπορούν να επιλεγθούν μια ποικιλία φυσικών και συνθετικών πολυμερών. Το υλικό του τοιχώματος πρέπει να είναι διαλυτό στο νερό σε αποδεκτό επίπεδο καθώς της διαδικασίας της ξήρανσης με ψεκασμό γίνονται σε υδατικές συνθήκες (*Gouin, 2004*). Εκτός, από την μεγάλη διαλυτότητα το υλικό του τοιχώματος για μικροενθυλάκωση με ξήρανση με ψεκασμό θα πρέπει να έχει καλές ιδιότητες γαλακτωματοποίησης, σχηματισμό μεμβράνης και χαμηλό ιξώδες (*Reinecciuw, 1998*). Πολλά υλικά έχουν αυτές τις ιδιότητες αλλά λίγα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα (*Dziedzak, 1988*).

Η μικροενθυλάκωση των συστατικών των τροφίμων επιτυγχάνεται με βιοπολυμερή όπως φυσικά κόμμεα. Κύρια χρήση ως υλικά τοιχώματος για την μικροενθυλάκωση με ξήρανση με ψεκασμό βρίσκουν οι υδατάνθρακες με μικρό μοριακό βάρος, το γάλα, οι πρωτεΐνες σόγιας, η ζελατίνη (*Reinecciuw Ward, Whorter & Andon 1995; Thuvenet, 1995*).

5.5.4 Εφαρμογές σε τρόφιμα

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει λειτουργικές συνθήκες ξήρανσης με ξηραντήρα ψεκασμού, που χρησιμοποιείται σε ορισμένες μελέτες. Η θερμοκρασία εισόδου κυμαίνεται από 120 έως 190°C, και η μαλτοδεξτρίνη εμφανίζεται ως ο πλέον κοινός χρησιμοποιούμενος φορέας. Οι παράγοντες μεταφοράς είναι επίσης ικανοί να παρέχουν μια καλή συγκράτηση των πτητικών ενώσεων σε προϊόντα κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Οι πτητικές ενώσεις είναι, σε μεγάλο μέρος, υπεύθυνες για το άρωμα και την γεύση των προϊόντων, καθώς η συντήρησή τους μετά την ξήρανση είναι θεμελιώδους σημασίας για την εφαρμογή.

Πίνακας 2 Παραδείγματα για λειτουργικές συνθήκες ξήρανσης με ξηραντήρα ψεκασμού (Costa et al., 2015)

References	Product	Carrier	Drying conditions
Abadio et al. (2004)	Pineapple Juice	Maltodextrine	Input temperature: 190°C Output temperature: 90°C Speed of aspensor: 25.000 rpm Feeding rate: 0,18 kg/min
Quek et al. (2007)	Watermelon	Maltodextrine (concentrations of 3 and 5%)	Input temperatures: 145, 155, 165 and 175°C. Output temperature: 94,7 to 112,7°C Feeding rate: 600 L/h Pressure: 4,5 bar
Georgetti et al. (2008)	Soy extract	Colloidal silicon dioxide, maltodextrine and starch	Input temperature: 150°C Feeding rate: 4 g/min Fluxo de ar: 0,0227 kg/s Pressure: 1 bar
Tonon et al. (2008)	Açaí	Maltodextrine (concentrations of 10 to 30%)	Input temperature: 138 to 202°C Feeding rate: 5 to 25 g/min Air flow: 73 m ³ /h Pressure: 0,06 Mpa
Ferrari et al. (2012)	Black cherry pulp	Maltodextrine (5, 15 and 25%)	Input temperature: 160 and 180°C Feeding rate: 7 g/min Air flow: 35 m ³ /h Compressed air flow: 473 L/h

Η ύπαρξη των πιο σημαντικών συστατικών αποδίδεται στην ενθυλάκωση των γεύσεων, των λιπιδίων και των καροτενοειδών. Λόγω του ότι ένας μοναδικός παράγοντας εγκλεισμού δεν μπορεί να κατέχει όλες τις ιδανικές ιδιότητες του υλικού του τείχους, πρόσφατες έρευνες έχουν επικεντρωθεί σε συνδυασμούς υδατανθράκων, γομών και πρωτεϊνών. Αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στα πιο σημαντικά συστατικά φαγητού που πρόσφατα ενθυλακώθηκαν μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό.

Πίνακας 3 Πειραματικές συνθήκες βελτιστοποιημένες για την ενθυλάκωση συστατικών μέσω ξήρανσης με εκνέφωση (*Gharsallaoui et al. 2007*)

Encapsulated ingredient	Wall material	Feed temperature (°C)	Air inlet temperature (°C)	Air outlet temperature (°C)	References
Anhydrous milk fat	Whey proteins/lactose	50	160	80	Young et al. (1993)
Ethyl butyrate ethyl caprylate	Whey proteins/lactose	5	160	80	Rosenberg and Sheu (1996)
Oregano, citronella and marjoram flavors	Whey proteins/milk proteins	NR	185–195	85–95	Baranauskiené et al. (2006)
Soya oil	Sodium caseinate/carbohydrates	NR	180	95	Hogan et al. (2001)
Calcium citrate calcium lactate	Cellulose derivatives/polymethacrylic acid	NR	120–170	91–95	Oneda and Ré (2003)
Lycopene	Gelatin/sucrose	55	190	52	Shu et al. (2006)
Fish oil	Starch derivatives/glucose syrup	NR	170	70	Drusch et al. (2006)
Cardamom essential oil	Mesquite gum	Room T	195–205	105–115	Beristain et al. (2001)
Arachidonyl L-ascorbate	Maltodextrin/gum arabic/soybean polysaccharides	NR	200	100–110	Watanabe et al. (2004)
Cardamom oleoresin	Gum arabic/modified starch/maltodextrin	NR	176–180	115–125	Krishnan et al. (2005)
Bixin	Gum arabic/maltodextrin/sucrose	Room T	180	130	Barbosa et al. (2005)
D-Limonene	Gum arabic/maltodextrin/modified starch	NR	200	100–120	Soottitantawat et al. (2005a)
L-Menthol	Gum arabic/modified starch	NR	180	95–105	Soottitantawat et al. (2005b)
Black pepper oleoresin	Gum arabic/modified starch	NR	176–180	105–115	Shaikh et al. (2006)
Cumin oleoresin	Gum arabic/maltodextrin/modified starch	NR	158–162	115–125	Kanakdande et al. (2007)
Fish oil	Sugar beet pectin/glucose syrup	NR	170	70	Drusch (2006)
Caraway essential oil	Milk proteins/whey proteins/maltodextrin	NR	175–185	85–95	Bylaité et al. (2001)
Short chain fatty acid	Maltodextrin/gum arabic	NR	180	90	Teixeira et al. (2004)

NR: not reported.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα συστατικών των τροφίμων που έχουν υποστεί μικροενθυλάκωση μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό.

5.5.4.1 Γεύσεις

Οι περισσότεροι συνδυασμοί γεύσεων που δίνουν στα φαγητά το χαρακτηριστικό τους άρωμα είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητοι παρόλη τη σχέση τους με το νερό και έτσι χάνονται εύκολα κατά τη διαδικασία της ξήρανσης τους με ψεκασμό. Αρκετές μέθοδοι έχουν αναφερθεί για τη μικροενθυλάκωση των γεύσεων, αλλά η πιο γνωστή τεχνική που χρησιμοποιείται είναι η ξήρανση με ψεκασμό.

Η μικροενθυλάκωση υδροφοβικών γεύσεων είναι μεγάλης σημασίας για τις βιομηχανίες φαγητού, καθώς η στέρεη και υγρή μορφή γεύσης μικροενθυλακωμένου φαγητού παρουσιάζει μια καλή χημική σταθερότητα και μια ελεγχόμενη ελευθέρωση.

Η ξήρανση με ψεκασμό χρησιμοποιείται γενικά για τη παραγωγή σκόνης με γεύσεις σε μικρό χρονικό διάστημα. Πολλές έρευνες έχουν γίνει για την επιρροή της σύνθεσης των υλικών των τοιχωμάτων και τις συνθήκες λειτουργίας πάνω στην κράτηση και την ελεγχόμενη απελευθέρωση ενθυλακωμένων γεύσεων. Η μινθόλη, ένα κυκλικό τερπένιο αλκοόλης, είναι συνήθως διαθέσιμη σε μορφή κρυστάλλων ή κόκκων με σημείο 41-43 βαθμούς κελσίου στο οποίο λιώνει. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζει υψηλή μεταβλητότητα και χαμηλή ανάπτυξη. Αυτά τα δύο προβλήματα που περιορίζουν την εφαρμογή της και την ικανότητα αποθήκευσης της προσπεράστηκαν με τη χρήση της μικροενθυλάκωσης μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό και αναφέρθηκε πως η υψηλή κατακράτηση μινθόλης σε ένα σύστημα τείχους μαλτοδεξτρίνης και αραβικής γόμας παρατηρήθηκε μόνο σε υψηλό και στέρεο περιεχόμενο. Έτσι, προέκυψε πως η βέλτιστη συγκέντρωση μινθόλης στο γαλάκτωμα, το οποίο θα πρέπει να έχει υψηλή κράτηση γεύσης και χαμηλό υπόλειμμα της στην επιφάνεια, είναι μινθόλη / υλικό τείχους της τάξεως του ¼.

Πρόσφατα, γεύσεις της ρίγανης, της αρωματώδους χλόης και της μαντζουράνας υπέστησαν επιτυχή ενθυλάκωση μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό σε συστήματα τείχους όπως η αποβουτυρωμένη σκόνη γάλακτος και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που έχει αναφερθεί κατά τη μικροενθυλάκωση αυτών των γεύσεων είναι ότι η παγκόσμια μοριακή σύνθεση μικροενθυλακωμένων γεύσεων μπορεί να αλλάξει κατά το στέγνωμα. Η οξειδωτική σταθερότητα του μικροενθυλακωμένου λιμονενίου σε ένα σύνδεσμο αραβικού κόμμεος, υδατοδιαλυτού πολυσακχαρίτη σπόρου σόγιας και τροποποιημένου άμυλου, αναμειγμένων με μαλτοδεξτρίνη, και επεξεργασμένα μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό, μελετήθηκε επίσης.

5.5.4.2 Λιπίδια και ελαιορητίνες

Απαραίτητα έλαια, ειδικά εκείνα που είναι πλούσια σε μονοτερπένια, χρησιμοποιούνται συνήθως σαν συστατικά που δίνουν γεύση. Η μεγαλύτερη πόλωση, οδηγεί σε μεγαλύτερη διαλυτότητα της ενθυλακωμένης χημικής ένωσης σε ένα υδατικό μέσο, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη περιεκτικότητα διάχυσης μέσω της σύνθεσης κατά τη διάρκεια ξήρανσης με ψεκασμό, και επακόλουθος σε μεγαλύτερες απώλειες κατά το σχηματισμό των καψουλών. Η διάχυση των πτητικών μέσω της σύνθεσης του τείχους κατά τη ξήρανση με ψεκασμό μπορεί να επεξηγηθεί μέσω ενός μηχανισμού επιλεκτικής διαπερατότητας. Αυτό προϋποθέτει βασικά πως η κράτηση του συστατικού είναι μια λειτουργία του πυρήνα γραμμομοριακού όγκου.

Όπως είδαμε πριν, θα μπορούσε να είναι η «γραμμομοριακή διάμετρος» και όχι ο γραμμομοριακός όγκος που καθορίζει την διάχυση των συστατικών μέσω της σύνθεσης κατά τη διάρκεια του στεγνώματος. Στη πραγματικότητα, τα μόρια μονοτερπενίων όταν έχουν το ίδιο γραμμομοριακό βάρος και παρόμοιες διαλυτότητες, δείχνουν διαφορετικές αποδόσεις διατήρησης στη διαδικασία στεγνώματος. Αυτές οι διαφορές επεξηγήθηκαν από τις μοριακές δομές των ισομερών μονοτερπενίων.

Σε μια άλλη έρευνα, η γεύση σουμάκι ενθυλακώθηκε επιτυχώς σε χλωριούχο νάτριο σαν υλικό τείχους, αλλά η αλμυρή ιδιότητα αυτού του φορέα και η οξειδωτική ιδιότητα του ορίου που έχει το σουμάκι, περιορίζουν τις εφαρμογές των λαμβανόμενων σωματιδίων σε αλμυρά μπισκότα, κράκερ κλπ.

Γενικά, τα λιπίδια είναι δύσκολο να διασκορπιστούν σε προϊόντα τροφίμων, επιπροσθέτως και ειδικά σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ευπαθή σε αυτόματη οξείδωση, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα μη ευχάριστες γεύσεις και τοξικές ενώσεις. Οι *Matsuno & Adachi* καταμέτρησαν πέντε πλεονεκτήματα της ενθυλάκωσης λιπιδίων:

1. Επιβράδυνση της αυτόματης οξείδωσης
2. Ενίσχυση της σταθερότητας
3. Ελεγχόμενη απελευθέρωση λιποδιαλυτότητας γεύσεων
4. Απόκρυψη της πικρής γεύσης των λιποδιαλυτών ουσιών
5. Προστασία των διαλυμένων ουσιών ενάντια στην υδρόλυση των ενζύμων

Η ξήρανση μέσω ψεκασμού ταιριάζει σε ότι αφορά την ενθυλάκωση ελαίων και ελαιορητινών. Η μικροενθυλάκωση της ελαιορητινής μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό με τη χρήση αραβικής κόμης, μαλτοδεξτρίνης και επεξεργασμένου άμυλου και η μίξη θεωρήθηκε ταιριαστή. Αυτή η τριαδική μίξη αποδείχθηκε επίσης αποτελεσματική για την ενθυλάκωση ελαιορητινής κυμίνου.

5.5.4.3 Άλλα συστατικά τροφίμων

Η ξήρανση με ψεκασμό χρησιμοποιήθηκε για την διαμόρφωση μικροσωματιδίων ασβεστίου με την χρήση κυτταρίνης και πολυμεθακρυλικού οξέος ως υλικά τοιχώματος (*Oneda & Re, 2003*). Αποδείχθηκε ότι η μορφολογία καθώς και το μέγεθος των αποξηραμένων μικροσφαιριδίων επηρεάζονται από τον τύπο του πολυμερούς και την αρχική συγκέντρωση του. Ωστόσο το λυκοπένιο έχει μικροενθυλακωθεί μέσω της ξήρανσης με ψεκασμό και το υλικό του τοιχώματος που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνται από ζελατίνη και σακχαρόζη. Η αναλογία της ζελατίνης και της σακχαρόζης ήταν 3/7 και του υλικού του πυρήνα με του τοιχώματος $\frac{1}{4}$ (*Shu, Yu, Zhao, & Liu, 2006*).

Από την άλλη το λυκοπένιο το οποίο είναι ένα θερμοευαίσθητο συστατικό η θερμοκρασία τροφοδοσίας ήταν 55 C, η θερμοκρασία εισόδου ήταν 190 C και η πίεση της ομογενοποιήσεως ήταν 40MPa και η καθαρότητα του λυκοπενίου ήταν >52%. Ωστόσο πολύ αποτελεσματική αποδείχθηκε η ξήρανση με ψεκασμό για την ενθυλάκωση ιωδίου και έγινε χρήση δεξτρίνης ως παράγοντας εγκλεισμού (*Diosady, Alberti, & Venkatesh Mannar, 2002*). Τα μικροσωματίδια που παρήχθησαν περιείχαν έως 1% ιώδιο και ήταν σταθερά έως ένα χρόνο σε θερμοκρασία 40C και σε υψηλή σχετική υγρασία.

Πολύ σημαντική είναι η σταθεροποίηση των κερατονοειδών στα τρόφιμα καθώς οι οξειδώσεις που προκαλούνται υποβαθμίζουν το τελικό προϊόν καθώς, αλλοιώνουν τα θρεπτικά συστατικά και το χρώμα του προϊόντος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιήθηκε μαλτοδεξτρίνη που παρουσιάστηκε ότι είναι αποτελεσματική στην προστασία των κερατονοειδών σε πάπρικα ελαιορητινής (*Beatus, Raziell, Rosenberg, & Kopelman, 1985*).

6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

6.1 ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΘΕ ΤΥΠΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Πρότυπο για το Ελαιόλαδο και το Πυρηνέλαιο (αναθεώρηση 2015), ως ελαιόλαδο, ορίζεται το έλαιο που λαμβάνεται αποκλειστικά από τον καρπό της ευρωπαϊκής ελιάς (*Olea europaea L.*), εξαιρώντας τα έλαια που προκύπτουν με διαλύτες ή με μετεστεροποίηση και όλα τα μείγματα με έλαια άλλης φύσης. Παρθένα ελαιόλαδα είναι τα έλαια που λαμβάνονται από τον καρπό της ελιάς, μόνο με μηχανικές ή άλλες φυσικές μεθόδους υπό συνθήκες, ιδίως θερμικές, που δεν προκαλούν αλλοίωση του ελαίου και τα οποία δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία πλην της πλύσης, της καθίζησης, της φυγοκέντρωσης και της διήθησης. Πυρηνέλαιο είναι το έλαιο που παράγεται από επεξεργασία των ελαιοπυρήνων με διαλύτες, εκτός αλογονωμένων διαλυτών, ή με άλλες φυσικές επεξεργασίες, με εξαίρεση τα έλαια που λαμβάνονται με διεργασίες επανεστεροποίησης και πρόσμειξης με έλαια κάθε άλλης φύσης.

Η βασική σύνθεση κάθε τύπου ελαίου δίνεται ακολούθως:

- Εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Είναι το παρθένο ελαιόλαδο με ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, που δεν υπερβαίνει τα 0,8 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια ελαίου και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά αντιστοιχούν σε εκείνα που ορίζονται για την κατηγορία αυτή. Αυτό το έλαιο, αξιολογείται από πιστοποιημένους δοκιμαστές, και πρέπει να περιέχει μηδέν (0) ελαττώματα και περισσότερα θετικά χαρακτηριστικά, ιδίως κάποια φρουτώδη γεύση. Αποτελεί το ελαιόλαδο υψηλότερης ποιότητας.
- Παρθένο ελαιόλαδο. Είναι το παρθένο ελαιόλαδο με ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, που δεν υπερβαίνει τα 2,0 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια ελαίου και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά αντιστοιχούν σε εκείνα που ορίζονται για την κατηγορία αυτή.

- Κοινό παρθένο ελαιόλαδο. Είναι το παρθένο ελαιόλαδο με ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 3,3 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά αντιστοιχούν σε εκείνα που προβλέπονται για την κατηγορία αυτή. Αυτό το έλαιο ανήκει στην κατώτερη κατηγορία ελαιόλαδων με σημαντικά ελαττώματα και δεν επιτρέπεται η συσκευασία με βάση τους νόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) με αποτέλεσμα να υπόκειται εξευγενισμό. Δεν θεωρείται κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο.
- Εξευγενισμένο ελαιόλαδο. Είναι το ελαιόλαδο που λαμβάνεται από παρθένα ελαιόλαδα με μεθόδους εξευγενισμού, οι οποίες δεν οδηγούν σε αλλαγές στην αρχική γλυκεριδική δομή. Έχει ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, που δεν υπερβαίνει τα 0,3 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια και τα άλλα χαρακτηριστικά του αντιστοιχούν σε εκείνα που προβλέπονται για την κατηγορία αυτή. Δεν θεωρείται κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο.
- Ελαιόλαδο. Είναι το έλαιο που αποτελείται από μείγμα εξευγενισμένου ελαιόλαδου και παρθένα ελαιόλαδα, κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Έχει ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, που δεν υπερβαίνει το 1 γραμμάριο ανά 100 γραμμάρια ελαίου και τα άλλα χαρακτηριστικά του αντιστοιχούν σε εκείνα που προβλέπονται για την κατηγορία αυτή.
- Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο. Είναι το έλαιο που παράγεται από το ακατέργαστο πυρηνέλαιο με μεθόδους εξευγενισμού, οι οποίες δεν οδηγούν σε αλλαγές στην αρχική γλυκεριδική δομή. Έχει ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, που δεν υπερβαίνει τα 0,3 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια ελαίου και τα άλλα χαρακτηριστικά του αντιστοιχούν σε εκείνα που αναφέρονται για την κατηγορία. Δεν θεωρείται κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο.
- Πυρηνέλαιο: Είναι το έλαιο που αποτελείται από μείγμα εξευγενισμένου πυρηνελαίου και παρθένων ελαιόλαδων. Έχει ελεύθερη οξύτητα,

εκφραζόμενη σε ελαιϊκό οξύ, η οποία δεν υπερβαίνει το 1 γραμμάριο ανά 100 γραμμάρια ελαίου και τα άλλα χαρακτηριστικά του αντιστοιχούν σε εκείνα που αναφέρονται για την κατηγορία αυτή. Δεν θεωρείται κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, το παρθένο ελαιόλαδο, το κοινό παρθένο ελαιόλαδο, το εξευγενισμένο ελαιόλαδο και το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο ανήκουν στην κατηγορία των ελαίων που μπορούν να πωληθούν απευθείας στον καταναλωτή, αν επιτρέπεται αυτό από τους κανονισμούς της χώρας στην οποία διανέμεται το προϊόν. Το παρθένο ελαιόλαδο και το πυρηνέλαιο, ανήκουν στην κατηγορία των ελαίων για τα οποία η χώρα προορισμού μπορεί να απαιτήσει πιο ειδική ονομασία.

Στα παρθένα ελαιόλαδα δεν επιτρέπονται πρόσθετα. Αντίθετα, στο εξευγενισμένο ελαιόλαδο, το ελαιόλαδο, το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο και το πυρηνέλαιο, επιτρέπεται η προσθήκη άλφα-τοκοφερόλης ή μεικτού συμπυκνώματος τοκοφερόλης, ώστε να αποκατασταθεί η φυσική τοκοφερόλη που χάνεται κατά τη διαδικασία διύλισης. Η συγκέντρωση της άλφα-τοκοφερόλης στο τελικό προϊόν δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200 mg/kg.

6.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΑΡΘΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Τα βασικά βήματα στην παραγωγή ελαιόλαδου είναι πάντα τα ίδια, ανεξαρτήτως του είδους του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, από τα μικρά ελαιοτριβεία ως τα πολύ μεγάλα εμπορικά εργοστάσια που μπορούν να επεξεργαστούν πολλούς τόνους ελαιόκαρπου ανά ώρα. Τα στάδια παραγωγής του ελαιόλαδου παρουσιάζονται στη συνέχεια αναλυτικά.

1. Η συλλογή το πλύσιμο και η ταξινόμηση των ελαιόκαρπων

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία εξόρυξης ελαιόλαδου είναι ο καθαρισμός του ελαιόκαρπου και η αφαίρεση των μίσχων, φύλλων, κλαδιών και άλλων υπολειμμάτων που βρίσκονται μαζί με τις ελιές. Οι ελιές πρέπει να πλένονται με κρύο νερό για να απομακρυνθούν φυτοφάρμακα, βρωμιά κλπ. Οι πέτρες και η άμμος μπορούν να

προκαλέσουν ζημιά σε σφυρόμυλο και γρήγορα φθορά σε μια φυγοκεντρική φιάλη ή διαχωριστή λαδιού, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής από 25 έως μόλις 5 έτη. Μαζί με τον ελαιόκαρπο μπορούν να βρεθούν πολλαπλά ανεπιθύμητα υλικά όπως, πέτρες και κλαδιά, σπασμένα γυαλιά, δαχτυλίδια, κομμάτια από μέταλλο, μαχαίρια, ακόμα και ξυραφάκια. Τα ελαφρά ανεπιθύμητα υλικά απομακρύνονται με φυσστήρα και τα βαριά βυθίζονται στο λουτρό ύδατος.

Οι ελιές χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την κατάσταση της ωριμότητας, και την ποιότητα. Στη συνέχεια, οι ελιές που λαμβάνονται και αποθηκεύεται για ένα μικρό χρονικό διάστημα, από λίγες ώρες έως αρκετές ημέρες. Η περίοδος είναι αρκετά μικρή για να αποφευχθεί η ζύμωση, αλλά αρκετά μεγάλη ώστε οι ελιές να ζεσταθούν, και να απελευθερώσουν το έλαιο τους εύκολα.



Εικόνα 8 Συλλογή ελαιόκαρπου



Εικόνα 9 Πλύσιμο του ελαιόκαρπου

2. Σύνθλιψη για την παραγωγή πάστας (άλεση)

Το δεύτερο βήμα είναι η σύνθλιψη του ελαιοκάρπου για την παραγωγή πάστας. Ο σκοπός της σύνθλιψης είναι να σκιστούν τα κύτταρα της σάρκας ώστε να διευκολυνθεί η απελευθέρωση του ελαίου από τα χυμοτόπια. Οι ελιές ξεπλένονται με κρύο νερό και στη συνέχεια διέρχονται κατά μήκος ενός μεταφορικού ιμάντα μεταξύ κυλίνδρων ή θραυστήρα. Αυτά τα μηχανήματα, που συχνά αποκαλούνται θραυστήρες ελιάς, διασπών τα κύτταρα και αποστερεοποιούν τις ελιές. Ανάλογα με την ελαστικότητα του φλοιού της ελιάς και το στάδιο της ωρίμανσης, μπορεί να είναι απαραίτητο να περαστούν και δεύτερη φορά.



Εικόνα 10 Αλεση ελαιόκαρπου

3. Ανάμειξη της πάστας και μάλαξη

Στη σύγχρονη διαδικασία, οι αλεσμένες ελιές μεταφέρονται από το θραυστήρα σε κάδους στους οποίους οι λεπίδες πολτοποίησης περιστρέφονται αργά και μετατρέπουν τις αλεσμένες ελιές σε μια ομογενοποιημένη πάστα. Η πάστα αναμειγνύεται για 20 έως 45 λεπτά και έτσι τα μικρά σταγονίδια του ελαίου συνδυάζονται σε μεγαλύτερα. Είναι ένα απαραίτητο βήμα. Η πάστα μπορεί να θερμανθεί ή να προστεθεί νερό κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας για να αυξηθεί η απόδοση, αν και αυτό έχει ως αποτέλεσμα γενικά τη μείωση της ποιότητας του ελαίου.



Εικόνα 11 Μάλαξη της πάστας ελιάς

4. Ψυχρή συμπίεση της πάστας ελιάς για την εξαγωγή του λαδιού

Το έλαιο εκχυλίζεται από τη φόρτωση της πάστας σε μία υδραυλική πρέσα. Η πάστα ελιάς κατανέμεται ομοιόμορφα σε δίσκους που καλύπτονται με συνθετικές ίνες. Κάθε δίσκος καλύπτεται με περίπου 4-6 kg πάστας. Οι 25 ως 50 δίσκοι στοιβάζονται πάνω σε μια πλάκα πίεσης. Οι πλάκες χρησιμεύουν για να διατηρηθεί η ισορροπία της στοίβας και να διανεμηθεί ομοιόμορφα η πίεση. Ένα έμβολο ωθεί ενάντια στη στοίβα, και το έλαιο διαρρέει αργά μέσω σε σωλήνες. Το στερεό υλικό παραμένει μέσα στο σύστημα συμπίεσεως. Ο όρος ψυχρή συμπίεση αναφέρεται στο γεγονός ότι το έλαιο εξάγεται χωρίς θέρμανση της πάστας, εξασφαλίζοντας την καθαρότητα του ελαίου. Το έλαιο που εξάγεται είναι ένα κοκκινωπό μίγμα του ελαίου και των εγγενών φυτικών υδάτων. Αυτό είναι το λάδι που λαμβάνει την ονομασία «έξτρα παρθένο» ελαιόλαδο. Η πάστα μπορεί να υποστεί εκ νέου συμπίεση για να ληφθούν και οι μικρότερες ποιότητες ελαίου που παραμένουν.

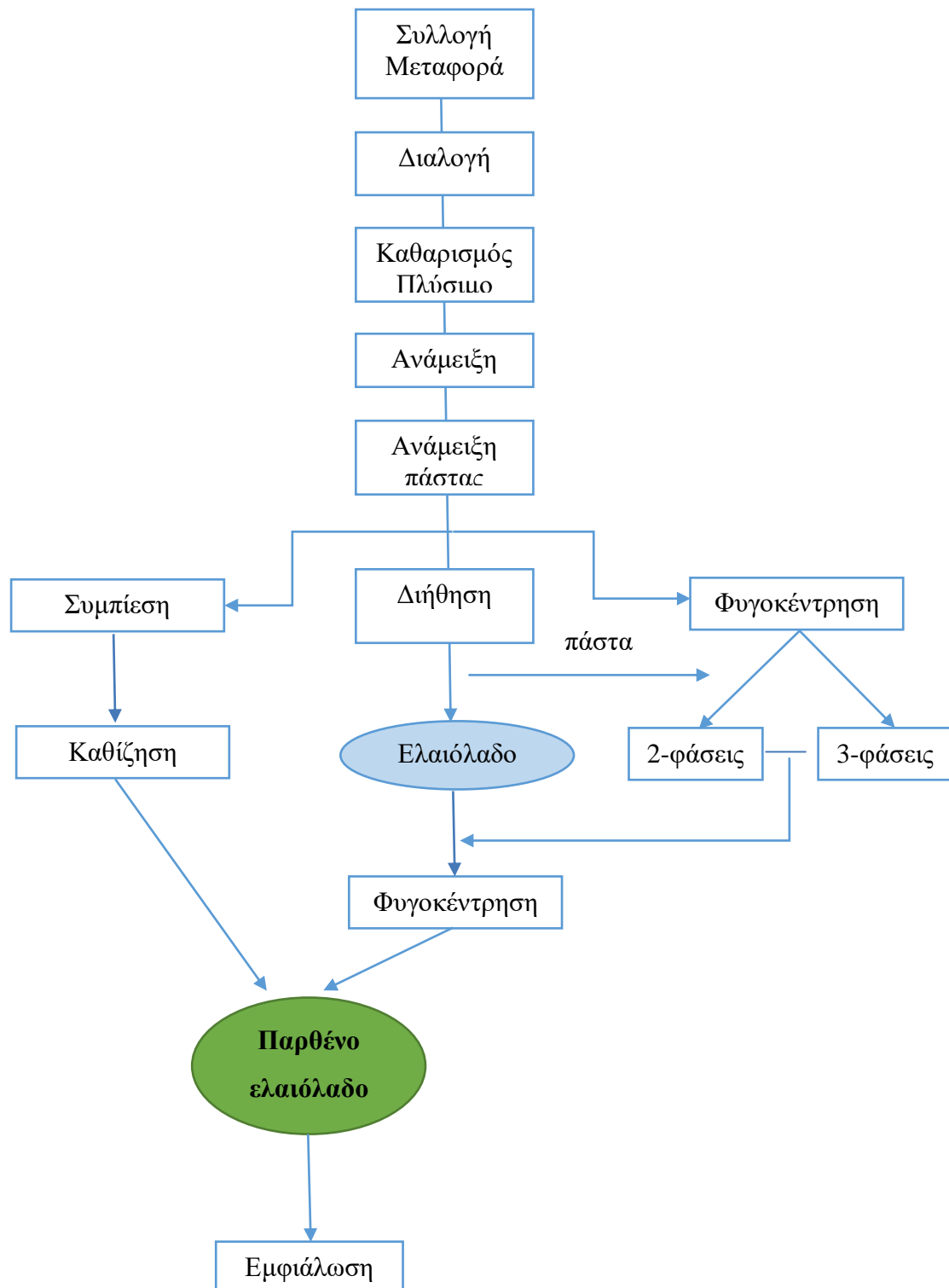
5. Ο διαχωρισμός του λαδιού από το φυτικό νερό

Παλαιότερα, το μίγμα ελαίου και ύδατος αποθηκεύταν σε κάδους μέχρι το λάδι να ανέλθει στην κορυφή. Η διαδικασία ζύμωσης, με αυτή τη μέθοδο, είναι αναπόφευκτη, και επηρεάζει τη γεύση και την οσμή του ελαιόλαδου. Σήμερα, ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται ταχέως με άντληση του μίγματος σε ένα φυγοκεντρικό μηχάνημα δύο φάσεων. Το φυγοκεντρικό μηχάνημα αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο και έναν ατέρμονα κοχλία που περιστρέφονται στον ίδιο άξονα με μεγάλη ταχύτητα. Επειδή το λάδι και το φυτικό νερό έχουν διαφορετικές πυκνότητες, η φυγόκεντρος τα αναγκάζει να διαχωριστούν σε ξεχωριστά δοχεία.



Εικόνα 12 Διαχωρισμός ελαίου και νερού με φυγοκεντρικό μηχάνημα

Η διαδικασία παραγωγής του παρθένου ελαιόλαδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 13 Διαδικασία παραγωγής παρθένου ελαιόλαδου.

6.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Το παρθένο ελαιόλαδο έχει υψηλή διατροφική αξία καθώς περιέχει 56% έως 87% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, 8% έως 25% κορεσμένα λιπαρά οξέα, και 8% έως 22% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (*Koutsopoulos et al., 2008*), επίσης απαραίτητες βιταμίνες και πολυφαινόλες που συμβάλλουν στη σταθερότητα του ελαίου και μπορεί να έχουν αντί-φλεγμονώδεις και αντί-αθηροσκληρωτικές ιδιότητες (*Lockyer και Rowland 2014*). Επιπλέον, πιθανά οφέλη υγείας περιλαμβάνουν τη ταχεία πεπτικότητα, τη δράση κατά του έλκους, της χοληστερόλης και της γήρανσης, μειωμένη πιθανότητα ανάπτυξης οξέος στεφανιαίου συνδρόμου και καρκίνων, και θεραπευτικές δυνατότητες για τον διαβήτη τύπου 1 και τύπου 2 (*Bakry et al., 2016*).

Λόγω των βιολογικών λειτουργικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους, τα εδώδιμα έλαια, και κυρίως το ελαιόλαδο, χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ασφαλών προϊόντων, με θετικό αντίκτυπο στην υγεία των καταναλωτών. Συγκεκριμένα, οι βιολογικές δραστηριότητες που συνδέονται με την κατανάλωση των παρθένων ελαιολάδων (αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδης, χημειοπροληπτική και αντικαρκινική) έχουν εξαπλώσει τη χρήση αυτού του ελαίου. Μάλιστα, το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο χρησιμοποιείται όχι μόνο από τον τελικό καταναλωτή ως αρωματική ουσία και μαγειρικό λίπος, αλλά και από τη βιομηχανία τροφίμων ως συστατικό σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων (*Calvo et al., 2012*).

Παρόλα αυτά, το παρθένο και το έξτρα παρθένο είναι χημικώς ασταθή και επιρρεπή σε υποβάθμιση έλαια (*Bakry et al., 2016*). Η μικροενθυλάκωση είναι ένα αποτελεσματικό και σημαντικό εργαλείο για την προπαρασκευή υψηλής ποιότητας και ευεργετικών την υγεία προϊόντων σε διάφορες βιομηχανίες, προκειμένου να ενισχυθεί η χημική, οξειδωτική, και θερμική σταθερότητα τους. Ταυτοχρόνως, η διάρκεια ζωής, η βιολογική δραστηριότητα, η λειτουργική δράση, η ελεγχόμενη απελευθέρωση, οι φυσικοχημικές ιδιότητες και η συνολική ποιότητα του ελαιολάδου μπορεί επίσης να ενισχυθεί.

Στο πλαίσιο αυτό, η μικροενθυλάκωση του έξτρα παρθένου ελαιολάδου θα μπορούσε να θεωρηθεί μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση όταν πρέπει να εισαχθεί λίπος ως συστατικό σε λειτουργικά τρόφιμα και ποτά, ιδιαίτερα στη λυοφιλισμένη

παρουσίαση αυτών των σκευασμάτων τροφίμων που πρόκειται να ανασυσταθεί από τον καταναλωτή (*Calvo et al., 2012*). Η ξήρανση με ψεκασμό και η συσσωμάτωση είναι οι πλέον κοινώς χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την ενθυλάκωση των ελαίων (Εικόνα 19).

Τα μικροενθυλακωμένα έλαια έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορα προϊόντα τροφίμων, φαρμάκων, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και φυτοφαρμάκων (*Bakry et al., 2016*). Ειδικά στη βιομηχανία τροφίμων η μικροενθυλάκωση ελαιόλαδου σε διάφορα τρόφιμα όπως έτοιμες σάλτσες, σαλάτε

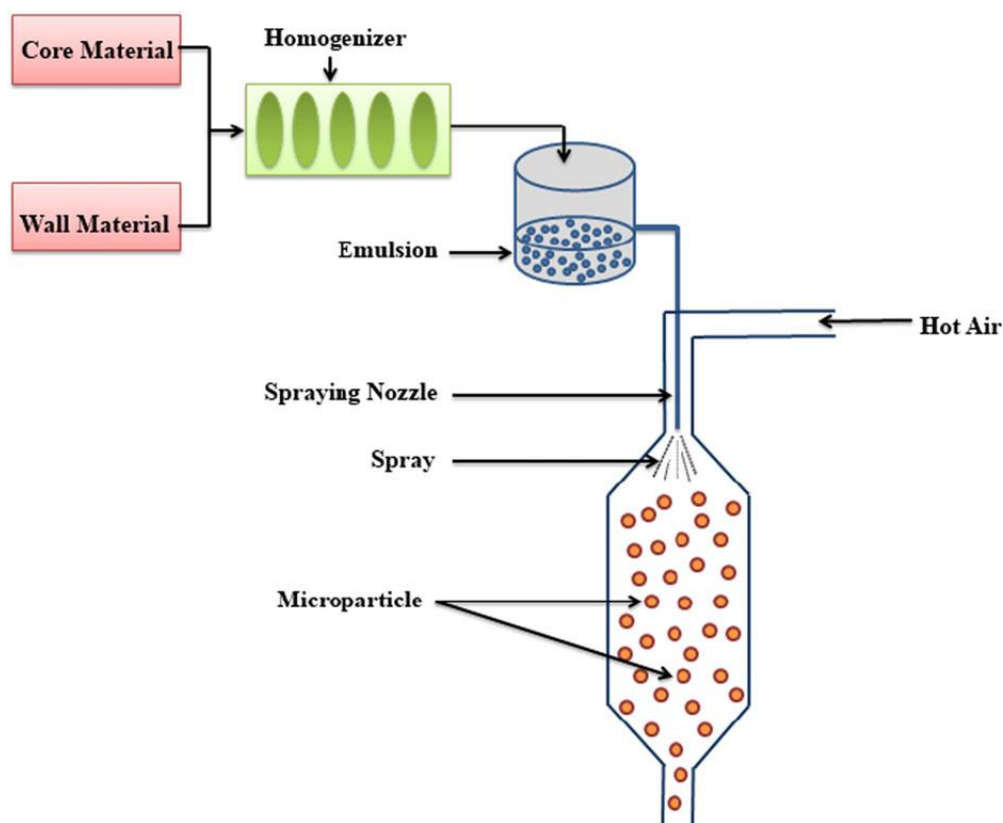
ς και τυριά, παρατείνει το χρόνο ζωής των προϊόντων τροφίμων, μειώνοντας περαιτέρω τα οικονομικές απώλειες, ιδιαίτερα σε προϊόντα που είναι ευαίσθητα σε προσβολή μυκήτων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και αποθήκευσης.

6.4 Η ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΜΕΣΩ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ

Η ξήρανση με ψεκασμό είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική για τη μικροενθυλάκωση ελαίων και ειδικά του ελαιόλαδου. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αρκετές δεκαετίες για την ενσωμάτωση διαφόρων ελαίων στη βιομηχανία τροφίμων. Σε σύγκριση με τη ξήρανση με ψύξη, το κόστος της ξήρανσης με ψεκασμό είναι 30 έως 50 φορές χαμηλότερο. Η ξήρανση με ψεκασμό έχει θεωρηθεί ως λύση για τα συμβατικά προβλήματα ξήρανσης επειδή η διαδικασία έχει συνήθως αποδειχθεί ότι είναι όχι μόνο αποτελεσματική, αλλά και οικονομική. Ωστόσο, κάποια ενέργεια υπό μορφή θερμότητας σπαταλιέται κατά την διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης με ψεκασμό (*Gharsallaoui et al., 2007*).

Από την άλλη πλευρά, η ξήρανση με ψεκασμό είναι ταχεία και επανάληψημη, επιτρέποντας την εύκολη κλιμάκωση σε σύγκριση με άλλες τεχνικές ενθυλάκωσης, δικαιολογώντας τη προτιμώμενη χρήση της στον βιομηχανικό τομέα. Η διαδικασία είναι ευέλικτη, προσφέροντας έτσι σημαντική ποικιλία σχετικά με το υλικό της μήτρας και παράγει σωματίδια καλής ποιότητας. Η ξήρανση με ψεκασμό περιλαμβάνει την εξαερίωση των γαλακτωμάτων σε ένα θάλαμο ξήρανσης σε μία

σχετικά υψηλή θερμοκρασία, η οποία οδηγεί σε πολύ γρήγορη εξάτμιση του νερού και, ως εκ τούτου, η κρούστα που σχηματίζεται σε γρήγορο ρυθμό και επιφέρει την άμεση παγίδευση των ελαίων (Tonon et al., 2011).



Εικόνα 17 Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας μικροενθυλάκωσης στα έλαια με ξήρανση με ψεκασμό(Bakry et al., 2016)

Η απομάκρυνση νερού με ξήρανση με ψεκασμό είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη πρακτική στη βιομηχανία τροφίμων, για να εξασφαλιστεί η μικροβιολογική σταθερότητα των ελαίων. Επιπλέον, βοηθά στην απόκτηση ενός προϊόντος με συγκεκριμένες λειτουργικές ιδιότητες, μείωση των κινδύνων χημικής ή / και βιολογικής αποδόμησης και, τέλος, μείωση του συνολικού κόστους αποθήκευσης και μεταφοράς (Gharsallaoui et al., 2007, Bakry et al., 2016). Ο κύριος λόγος που το όριο της τεχνικής ξήρανσης με ψεκασμό στη μικροενθυλάκωση είναι ο περιορισμένος αριθμός των υλικών τοιχώματος και ότι πρέπει να έχει μια καλή διαλυτότητα στο νερό. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι παράγει μία λεπτή σκόνη μικροκάψουλας, η

οποία χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία όπως συσσωμάτωση. Επιπλέον, η οξειδωτική σταθερότητα είναι περιορισμένη, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία ατομοποίησης (Bakry *et al.*, 2016).

Ένα σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη μικροκάψουλας ελαιολάδου είναι η επιλογή του υλικού τοιχώματος που πληροί απαιτούμενα κριτήρια, συμπεριλαμβανομένων της μηχανικής αντοχής, συμβατότητας με το προϊόν, κατάλληλες θερμικές ιδιότητες, και το κατάλληλο μέγεθος σωματιδίου. Στην επιλογή των υλικών τοιχώματος για μικροενθυλάκωση με ξήρανση με ψεκασμό παραδοσιακά εμπλέκονται διαδικασίες δοκιμής και σφάλματος μέχρις ότου σχηματιστούν οι μικροκάψουλες. Οι κάψουλες στη συνέχεια αξιολογούνται με αρκετές δοκιμές, (αποδοτικότητα εγκλεισμού, μεγέθους σωματιδίων, σταθερότητα υπό διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης βαθμός προστασίας που παρέχεται στο υλικό του πυρήνα, και μορφολογία των μικροκαψουλών) με μικροσκοπία σάρωσης (Bakry *et al.*, 2016).

6.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΜΙΚΡΟΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΕΞΤΡΑ ΠΑΡΘΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η επιλογή του πλέον κατάλληλου υλικού του τοιχώματος είναι ένα σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη μικροκάψουλας. (Calvo *et al.* 2010). Στην πραγματικότητα, η αποτελεσματικότητα της προστασίας η ελεγχόμενης απελευθέρωσης εξαρτάται κυρίως από τη σύνθεση και τη δομή του τοιχώματος. Αυτό το τοίχωμα θα μπορούσε να δράσει ως φραγμός και μπορεί να προστατεύσει από το οξυγόνο, το νερό, και το φως ή θα μπορούσε να αποφύγει την επαφή με άλλα συστατικά ή ελεγχόμενη διάχυση.

Τα υλικά τοιχώματος για τη μικροενθυλάκωση ελαιολάδου πρέπει να έχουν υψηλή σταθερότητα, υψηλή διαλυτότητα στο νερό, ιδιότητες ξήρανση, την τάση να σχηματίζουν ένα λεπτό και πυκνό δίκτυο κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, ιδιότητες γαλακτωματοποίησης και δεν θα πρέπει να επιτρέπουν τον διαχωρισμό των λιπιδίων από το γαλάκτωμα κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης.

Όταν πρόκειται για μικροενθυλάκωση με ξήρανση με ψεκασμό τα υλικά του τοιχώματος πρέπει έχουν πάρα πολύ χαμηλό ιξώδες, δεδομένου ότι το ιξώδες του γαλακτώματος είναι ένας περιοριστικός παράγοντας για τη χρήση της μεθοδολογίας ξήρανσης με ψεκασμό. Το στερεό επίπεδο τυπικά μεγιστοποιείται, αφού υπάρχει μικρό όφελος από την προσθήκη αχρειάστου νερού και εν γένει, το ανώτερο όριο είναι το ιξώδες κατά το οποίο το γαλάκτωμα δεν μπορεί να ψεκαστεί ικανοποιητικά ή το υλικό δεν στεγνώνει στο στεγνωτήριο. Τυπικά υλικά τοιχώματος περιλαμβάνουν πρωτεΐνες (καζεϊνικό νάτριο, πρωτεΐνες ορού γάλακτος, πρωτεΐνες σόγιας και ζελατίνη) και υδροκolloειδή (τροποποιημένο άμυλο και αραβική κόμμι). Τα υδρολυμένα άμυλα (γλυκόζη, λακτόζη, σιρόπι αραβοσίτου στερεά και μαλτοδεξτρίνη) γενικά προστίθεται ως δευτερεύον υλικό τοιχώματος για να βελτιωθούν οι ιδιότητες ξήρανσης.

Οι *Calvo et al.*, (2012) έχουν μελετήσει τη χημική σύνθεση ενός τύπου έξτρα παρθένου ελαιόλαδου ως προς τη σύνθεση των λιπαρών οξέων, τα περιεχόμενα τοκοφερόλης, την αντιοξειδωτική δράση και την οξειδωτική σταθερότητα, σε μικροενθυλάκωση με διαφορετικά υλικά τοιχώματος, αναλογία τοιχώματος-πυρήνα στη μικροκάψουλα, αποδοτικότητα μικροενθυλάκωσης και προσθήκη αντιοξειδωτικών.

Η μικροενθυλάκωση έξτρα παρθένου ελαιόλαδου έχει αξιοσημείωτο ενδιαφέρον για τις βιομηχανίες γεωργικών προϊόντων διατροφής, και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα της μελέτης παρέχουν πρακτικές πληροφορίες για την παραγωγή υψηλής ποιότητας μικροενθυλακωμένου έξτρα παρθένου ελαιόλαδου από την επιλογή των κατάλληλων συστατικών τοιχώματος μικροκάψουλας και αποφεύγοντας την προσθήκη περιττών συντηρητικών αντιοξειδωτικών χημικών ενώσεων. Τα υλικά τοιχώματος, η διαδικασία μικροενθυλάκωσης και τα αποτελέσματα της μελέτης των *Calvo et al.*, (2012) παρουσιάζονται ακολούθως.

6.5.1 Υλικό μικροενθυλάκωσης

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το καζεϊνικό νάτριο, το BHT, η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, η μαλτοδεξτρίνη και η λεκιθίνη. Συνολικά μελετήθηκαν

τέσσερα μοντέλα μικρό-κάψουλας. Τα δύο πρώτα μοντέλα (μοντέλο 1 και μοντέλο 2) ήταν μοντέλα με βάση τη πρωτεΐνη, και τα δύο τελευταία μοντέλα (μοντέλο 3 και το μοντέλο 4) ήταν μοντέλα με βάση υδατάνθρακα. Σε κάθε ομάδα μοντέλων (μοντέλο 1-μοντέλο 2 και το μοντέλο 3-μοντέλο 4) χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια φορτία έξτρα παρθένου ελαιόλαδου προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των συστατικών τοιχώματος. Οι πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του τοιχώματος μικροκάψουλας, η αναλογία του υλικού ελαίου-τοίχο και η παρουσία ή απουσία του αντιοξειδωτικού προσθέτου BHT συνοψίζονται στον Πίνακα 4. Η επιλογή αυτών των συστατικών τοιχώματος έγινε σε βάση μιας αρχικής διαλογής που πραγματοποιήθηκε εργαστηριακά.

Πίνακας 4 Σύνθεση Μικροκάψουλας και χαρακτηρισμός διαδικασίας όσον αφορά στην απόδοση ενθυλάκωσης, εσωτερικού και εξωτερικού λίπους και της αποδοτικότητας μικροκάψουλας για κάθε δοκιμαζόμενο συστατικό τοίχωμα (Calvo et al. 2012).

	Μοντέλα με βάση τη Πρωτεΐνη		Μοντέλα με βάση τον Υδατάνθρακα	
	Μοντέλο 1	Μοντέλο 2	Μοντέλο 3	Μοντέλο 4
Έλαιο (%)	50	50	39,6	39,6
Καζεϊνικό νάτριο(%)	25	25	-	-
Μαλτοδεξτρίνη (%)	-	-	19,8	19,8
Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (%)	-	-	39,6	39,6
Λεκιθίνη(%)	-	-	1	1
Έλαιο-υλικό τοιχώματος	1:1	1:1	1:1,5	1:1,5
Απόδοση ενθυλάκωσης	97.67±3.29	97.67±3.29	99.79±0.51	99.79±0.51
Απόδοση μικροκάψουλας	36.90±2.60	36.90±2.60	69.09±8.96	69.09±8.96

6.5.2 Διαδικασία μικροενθυλάκωσης

Η μικροενθυλάκωση του ελαιόλαδου διεξήχθη με το σχηματισμό ενός λεπτού και σταθερού γαλακτώματος του υλικού πυρήνα (ελαίου) στο διάλυμα τοιχώματος. Διαφορετικές αναλογίες ελαίου και υλικού τοιχώματος αξιολογήθηκαν για κάθε υλικό τοιχώματος. Όλα τα γαλακτώματα παρασκευάστηκαν σε θερμοκρασία δωματίου χρησιμοποιώντας ένα εργαστηριακό αναμείκτη (*Fisher Scientific Power-Gen* Μοντέλο 1800 ομογενοποιητής, στις 10,000 rpm). Τα γαλακτώματα παρασκευάστηκαν, καταψύχθηκαν στους -80°C , στέγνωσαν με ένα λυοφιλοποιητή *Virtis*, και μετά τη λυοφιλοποίηση οι μικροκάψουλες αλέθονται και μεταφέρονται σε πλαστικούς σάκους διπλού στρώματος.

6.5.3 Σύγκριση μεταξύ διαφορετικών υλικών τοιχώματος

Σύμφωνα με τους *Calvo et al. (2012)* τα μοντέλα που βασίζονται σε πρωτεΐνη είναι πιο αποτελεσματικά στη διατήρηση της ποιότητας του μικροενθυλακωμένου έξτρα παρθένου ελαιόλαδου. Σε σύγκριση με το μοντέλο με βάση τον υδατάνθρακα, παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές του δείκτη οξειδωτικής σταθερότητας, τοκοφερόλης και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων στο έλαιο όταν χρησιμοποιήθηκε μοντέλο πρωτεΐνης για το τοίχωμα της μικροκάψουλας. Από την άλλη πλευρά, η παρουσία του αντιοξειδωτικού BHT στο τοίχωμα βοήθησε να διατηρηθεί η χημική σύσταση του ελαίου. Αυτή η επίδραση ήταν πιο έντονη στα μοντέλα με τους υδατάνθρακες ως συστατικά τοιχώματος μικροκάψουλας. Όσον αφορά τη σταθερότητα του ελαίου, τα μοντέλα που βασίζονται στη πρωτεΐνη προστατεύουν πιο αποτελεσματικά το ενθυλακωμένο έλαιο.

Αν και η παρουσία BHT προσδίδει ελαφρώς αυξημένη σταθερότητα του ενθυλακωμένου ελαίου, το κύριο προστατευτικό αποτέλεσμα πρέπει να αποδοθεί στην παρουσία πρωτεϊνών στα συστατικά τοιχώματος. Συγκεκριμένα διαπιστώνεται ότι η μικροενθυλάκωση του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου μέσω ξήρανσης με εκνέφωση, χρησιμοποιώντας καζεϊνικό νάτριο ως υλικό τοιχώματος επεκτείνει το

χρόνο ζωής στο ράφι χωρίς να μεταβληθεί το προφίλ λιπαρών οξέων (*Bakry et al., 2016*).

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ξήρανση αφορά την απομάκρυνση του νερού είτε από στερεά είτε από ημιστερεά υλικά. Με την τεχνική της ξήρανσης επιτυγχάνεται η αφαίρεση-απομάκρυνση του νερού από τα τρόφιμα και άρα την αλλοίωση των τροφίμων. Πλέον έχουν εφευρεθεί πολλές τεχνικές για την πραγματοποίηση της οι οποίες βέβαια εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις ιδιότητες και τον τύπο του τροφίμου. Το σημαντικότερο σημείο όσο αφορά τις διαδικασίες ξήρανσης είναι το λαμβανόμενο αποξηραμένο υλικό το οποίο λαμβάνεται με απομάκρυνση της υπάρχουσας υγρασίας σε θερμοκρασία μικρότερη από αυτή του σημείου βρασμού και στην εξάτμιση γίνεται στο σημείο βρασμού.

Υπάρχουν πολλά είδη ξηραντήρων όπως ο Ξηραντήρες θαλάμου, οι Ατμοσφαιρικοί ξηραντήρες, οι Ξηραντήρες θαλάμου κενού, οι Ξηραντήρες σήραγγας, οι Ξηραντήρες ενδιάμεσης λειτουργίας, οι Ξηραντήρες τουρμπίνας, οι Περιτροφικοί ξηραντήρες και οι Ξηραντήρες τυμπάνων. Ο ξηραντήρας ψεκασμού ή εκνέφωσης είναι αποδοτικός και οικονομικός. Βασικό χαρακτηριστικό του είναι ο σχηματισμός νέφους ή ψεκάσματος.

Η μικροενθυλάκωση των τροφίμων αποτελεί μια τεχνική που εδώ και αρκετά χρόνια έχει εδραιωθεί και βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών. Η εφεύρεση της μικροενθυλάκωσης οφείλεται στις βιομηχανίες φαρμάκων με κύριο σκοπό να ελεγχθεί η απελευθέρωση των υλικών και να ελαττωθούν οι παρενέργειες που προκαλούν τα διάφορα φάρμακα και για να καλυφθούν οι γεύσεις που προκαλούν αντιδράσεις. Η μικροενθυλάκωση εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων εδώ και 60 χρόνια λόγω του ότι μέσω αυτής της τεχνικής επιτυγχάνεται η αύξηση του χρόνου ζωής του προϊόντος αφού επιτυγχάνει να προστατεύει το πυρηνικό υλικό από την υγρασία, το φως, το οξυγόνο κλπ. Μειώνει τον ρυθμό εξάτμισης του πυρηνικού υλικού και του ρυθμού μεταφοράς του υλικού και του ρυθμού μεταφοράς του υλικού προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η διαχείριση του πυρηνικού υλικού γίνεται ποιο εύκολη μέσω της αποφυγής της συσσώρευσης της αλλαγής ενός υγρού σε στερεό καθώς και την ανάμειξη του πυρηνικού υλικού με άλλα συστατικά τα οποία ήδη προϋπάρχουν. Η μικροενθυλάκωση επιτυγχάνει αποτελεσματικό έλεγχο της απελευθέρωσης του

πυρηνικού υλικού και την κάλυψη δυσάρεστων οσμών και γεύσεων που προέρχονται από το πυρηνικό υλικό, ακόμα δίνεται η δυνατότητα της διάλυσης του πυρηνικού υλικού όταν γίνει χρήση του σε μικρές ποσότητες με αποτέλεσμα της δημιουργίας ομοιόμορφης κατανομής. Άλλος ένας βασικός λόγος είναι ότι αποτελεί παρεμποδιστικό παράγοντα της αντίδρασης του πυρηνικού υλικού σε σχέση με τα άλλα συστατικά που παρέχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες στα τρόφιμα. Μέσω αυτής της τεχνικής επιτυγχάνεται η αύξηση της διαλυτότητας των συστατικών σε κάποιο συγκεκριμένο μέσο και πραγματοποιείται η βελτίωση της βιοδιαθεσιμότητας. Τέλος αποφεύγεται η απελευθέρωση σημαντικών συστατικών όπως βιταμίνες, πρωτεΐνες ένζυμα κατά διάρκεια της επεξεργασίας και της αποθήκευσης των προϊόντων.

Συγκεκριμένα στη βιομηχανία τροφίμων η μικροενθυλάκωση εδώδιμων ελαίων όπως το ελαιόλαδο, είναι υψίστης σημασίας καθώς τα τελευταία χρόνια το κοινό επικεντρώνεται την κατανάλωση τροφίμων με υψηλή διατροφική αξία. Το ελαιόλαδο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και είναι ευεργετικό για την υγεία του ανθρώπου. Εκτός λοιπόν από την απευθείας κατανάλωση του ελαιόλαδου, μέσω της ενθυλάκωσης δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής ελαιόλαδου σε διάφορα τρόφιμα που καταναλώνονται καθημερινά από τον άνθρωπο και απαιτούν την εισαγωγή ελαίου ή λίπους για τη λειτουργικότητά τους.

Ο εμπλουτισμός των τροφίμων με ελαιόλαδο χωρίς την εφαρμογή κατάλληλων διαδικασιών ενθυλάκωσης οδηγεί στη γρήγορη οξείδωση του ελαίου και μείωση των βιολογικών χημικών και λειτουργικών ιδιοτήτων του. Αντίθετα η διαδικασία της ενθυλάκωσης με την επιλογή κατάλληλου τοιχώματος όσον αφορά το υλικό της κάψουλας (με βάση την πρωτεΐνη) έχει βρεθεί ότι είναι αποτελεσματικό και διατηρεί τα πλεονεκτήματα του ελαιόλαδου.

BIBLIOGRAFIA

Aburto LC, Tavares DQ (1998). Martucci, T.: Microencapsulação de óleo essencial de laranja. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 18:1.

Anselmo GCS, Mata MERMC, Arruda PC, Sousa MC (2006). Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. *Rev. Biol. Ciênc. Terra* 6(2): 4-9.

Augustin, M.A. & Sanguansri, L. (2008). Encapsulation of Bioactives. *Food Materials Science.*, J. Aguilera and P. Lillford, Springer New York: 577-601.

Bakry et al. (2015). Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, pp. 143-182.

Barroso, A.M.K., Pierucci, A.P.T.R., Freitas, S.P., Torres, A.G., & da Rocha-Leao, M.H.M. (2013). Oxidative stability and sensory evaluation of microencapsulated flaxseed oil. *Journal of Microencapsulation*, 31(2): 193-201.

Barrow, C.J., Nolan, C., & Holub., B. (2009). Bioequivalence of encapsulated and microencapsulated fish-oil supplementation. *Journal of Functional Foods*, 1(1): 38-43.

Batista BB, Santos MV, Silva HRT, Egert P, Marcondes LFT (2008). Bloco verde: reaproveitamento de resíduos da construção civil e de conchas de ostras e mariscos. *Anais, VI Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental – VISBEA*, Serra Negra, Brasil.

Bemiller JN, Whistler RL (1996). Carbohydrates. *Food Chem.* 3:157-224.

Bertolini, A.C., Siani, A.C., & Grosso, C.R. (2001). Stability of monoterpenes encapsulated in gum Arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2): 780-785

- Borrmann, D., Pierucci, A.P.T.R., Leite, S., & Leaa, M.H. (2013). Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinate-derivatised starch using spray-drying. *Food and Bioproducts Processing*, 91(1): 23-27.
- Cano-Chauca MN, Stringheta PC, Barbosa SJ, Fonseca KS, Silva FV (2011). Influence of microstructure on the hygroscopic behaviour of mango powdered obtained by spray drying. *Afr. J. Food Sci.* 5:148-155.
- Cevallos, P.A., Buera, M.P., Buera, M.P., & Elizalde, B.E. (2010). Encapsulation of cinnamon and thyme essential oils components (cinnamaldehyde and thymol) in β -cyclodextrin: Effect of interactions with water on complex stability. *Journal of Food Engineering*, 99(1): 70-75.
- Cicco, N. Lanorte, M.T. Paraggio, M. Viggiano, M. Lattanzio, V. (2009) A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, 91: 107–110.
- Costa et al. (2015). Drying by spray drying in the food industry: Micro-encapsulation, process parameters and main carriers used. *African Journal of Food Science*. 9(9), pp. 462-470.
- da Rosa, C.G., Borges, C.D., Zambiazzi, R.C., Nunes, M.R., Benvenuti, E.V., Luz, S.R.d., D'Avila, R.F., & Rutz, J.K. (2013). Microencapsulation of gallic acid in chitosan, β -cyclodextrin and xanthan. *Industrial Crops and Products*, 46: 138-146
- de Vos, P., Faas, M.M., Spasojevic, M., & Sikkema, J. (2010). Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *International Dairy Journal*, 20(4): 292-302.
- Desai, K.G.H. & Jin Park H. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Drying Technology*, 23(7): 1361-1394.
- Donsi, F., Annunziata, M., Sessa, M., and Ferrari, G. (2011). Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity. *LWT- Food science and Technology*, 44(9): 1908-1914.

Estevinho, B.N., Rocha, F., Santos, L., & Alves., A. (2013). Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2): 138-155.

Ezhilarasi, P. N., Karthik, P. ,& Anandharamakrishnan, C. (2013). Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3): 628-647.

Fang, Z. & Bhandari B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10): 510-523.

Fernandes, R.V., Borges, S.V., & Botrel, D.A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrates Polymers*, 101: 524-532.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9): 1107-1121.

Ghosh, S.K. (2006). *Functional Coatings and Microencapsulation: A General Perspective*. Functional Coatings, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 1-28.

Gibbs, B.F., Kermasha, S., & Mulligan, C.N. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3): 213-224.

Gouin, S. (2004). Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 15(7–8): 330-347.

Kalogeropoulos, N., Konteles, S., Mourtzinou, I., Troullidou, E., Chiou, A., & Karathanos, V.T. (2009). Encapsulation of complex extracts in β -cyclodextrin: An application to propolis ethanolic extract. *Journal of Microencapsulation*, 26(7): 603–613.

Koutsopoulos DA, Koutsimanis GE, Bloukas JG. 2008. Effect of carrageenan level and packaging during ripening on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages produced with olive oil. *Meat Sci* 79:188–97.

Krishnaswamy K., Valrie Orsat, V., & Thangavel, K. (2012). Synthesis and characterization of nano-encapsulated catechin by molecular inclusion with beta-cyclodextrin. *Journal of Food engineering*, 111: 255-264.

Kuang, S.S., Oliveira, J.C., & Crean, A.M. (2010). Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10): 951-968.

Lockyer S, Rowland I. 2014. 10 - Authorised EU health claims for polyphenols in olive oil. In: Sadler MJ, editor. *Foods, nutrients and food ingredients with authorised EU health claims*. Woodhead Publishing, Cambridge. p 212–28.

Munin, A. & Edward-Levy (2011) Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds; a Review. *Pharmaceuticals*, 3: 793-829

Murakami FS, Rodrigues PO, Campos CMT (2007). Physicochemical study of CaCO₃ from egg shells. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 27(3): 658-662.

Nazzaro, F., Orlando, P., Fratianni, F., & Coppola, R. (2012). Microencapsulation in food science and biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2): 182-186.

Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1(0): 1806-1815.

Nesterenko, A., Alric, I., Silvestre, F., & Durrieu, V. (2013). Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial Crops and Products*, 42(0): 469-479.

Schroyen, P. M., van der Meer, R., & de Kruif, C.G. (2001). Microencapsulation: its application in nutrition. *The Proceedings of Nutrition Society*, 60(4): 475-479.

Shahidi, F. & Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 33(6): 501-547.

Tonon RV, Brabet C, Hubinger MD (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.* 88:411-418.

Tonon RV, Grosso CRF, Hubinger MD. (2011). Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Res Int* 44:282–9.

Zuidam N. & Shimoni, E. (2010). *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food processings*, ISBN 978-1-4419-1008-0

Ηλεκτρονικές πηγές:

1. www.fao.org/input/download/standards/88/CXS_033e_2015.pdf
2. <http://www.demedici.com/templates/demedici123009/uploads/OliveOilTrainingAppetite.pdf>
3. <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewArticle/560>
4. <http://www.oliveoilsource.com/page/bottling>
5. <https://www.flottweg.com/applications/edible-fats-and-oils-biofuels/olive-oil/>
6. <https://www.reading.ac.uk/15/research/ResearchReviewonline/featuresnews/research-featurefoodscience.aspx>
7. <http://www.ift.org/knowledge-center/learn-about-food-science/food-facts/about-fs-and-t.aspx>
8. <http://www.ift.org/Knowledge-Center/Learn-About-Food-Science/World-Without-Food-Science/Availability-of-Food.aspx>