

ΑΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

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

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΑΡΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΒΑΘΜΙΟΥ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΗ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΗ
ΥΠΕΡΗΧΩΝ»**



ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΗΛΙΑΝΑ ΑΜ 2013008

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΦΩΤΙΟΣ ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΗΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον καθηγητή μου κ. Κουτρομπή Φώτιο, του οποίου η συμβολή και καθοδήγηση υπήρξε πολύτιμη και καθοριστική στη διεξαγωγή της πτυχιακής μου μελέτης, καθώς επίσης και την οικογένειά μου για τη στήριξή τους καθ' όλο το διάστημα των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με το θέμα της αριστοποίησης συνθηκών λειτουργίας διβάθμιου βιομηχανικού ομογενοποιητή πίεσης καθώς επίσης και ομογενοποιητή υπερήχων και θα ολοκληρωθεί μέσα από πέντε κεφάλαια, όπου πιο συγκεκριμένα, το πρώτο κεφάλαιο θα αποτελέσει γενικά στοιχεία που αφορούν τους γαλακτωματοποιητές, ενώ θα αναφερθούν οι ιδιότητες, η εμφάνιση, οι τύποι αστάθειας αλλά και οι μηχανισμοί που λειτουργούν στους γαλακτωματοποιητές. Στη συνέχεια, το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρθηκε στη διαδικασία ομογενοποίησης, τις εφαρμογές, τους λόγους και την αποτελεσματικότητα της εν λόγω διαδικασίας. Έπειτα, το τρίτο κεφάλαιο εστίασε στους ομογενοποιητές, τους μηχανισμούς αυτών καθώς και τις κατηγορίες που υπάρχουν. Επίσης λόγος έγινε και για τους ομογενοποιητές πίεσης αλλά και υπερήχων σε εργαστηριακή χρήση. Το τέταρτο κεφάλαιο ανέπτυξε τις διαδικασίες ομογενοποίησης, είτε μέσα από τη χρήση ομογενοποιητή τύπου στροφέα-στάτορα είτε μέσα από ομογενοποίηση πίεσης. Λόγος έγινε και για τη μονοβάθμια αλλά και δυο σταδίων ομογενοποίηση. Καταγράφηκαν πληροφορίες που αφορούν την αρχή του ομογενοποιητή υπερήχων, αλλά δόθηκαν και παραδείγματα που επιταχύνουν τις αντιδράσεις οι ομογενοποιητές υπερήχων. Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο αφορά την ομογενοποίηση γάλακτος και το ομογενοποιημένο γάλα καθώς και την διαδικασία ομογενοποίησης αυτού, τους παράγοντες που επηρεάζουν την ομογενοποίηση του γάλακτος και την επίδραση της ομογενοποίησης στο γάλα. Τέλος, η εργασία έκλεισε με τον επίλογο, όπου καταγράφηκαν τα κυριότερα συμπεράσματα σε σχέση με την ανάπτυξη του θέματος.

Λέξεις κλειδιά: Βιομηχανικός ομογενοποιητής, ομογενοποιητής υπερήχων, εργαστηριακή χρήση, ομογενοποιημένο γάλα

Abstract

The present study dealt with the optimization of operating conditions of a two-stage industrial pressure homogenizer as well as an ultrasonic homogenizer and will be completed through five chapters, more specifically the first chapter will be general data regarding the emulsifiers and the properties, the appearance, the types of disease but also the mechanisms that work in the emulsifiers. Subsequently, the second chapter referred to the homogenization process, the applications, the reasons and the effectiveness of this process. Then, the third chapter focused on the homogenizers, their mechanisms and the categories that exist. Also the reason was for pressure and ultrasonic homogenizers in laboratory use. The fourth chapter developed homogenization processes, either through the use of a rotor-stator homogenizer or pressure homogenization. Reason for both one-stage and two-stage homogenization. Information on the principle of the ultrasonic homogenizer was recorded, but examples were also given to speed up the reactions of ultrasonic homogenizers. The fifth and final chapter concerns the homogenisation of milk and homogenised milk as well as the process of homogenization, the factors affecting the homogenization of milk and the effect of homogenization on milk. Finally, the work ended with the epilogue, where the main conclusions were drawn in relation to the development of the subject

Key words: Industrial homogenizer, ultrasonic homogenizer, laboratory use, homogenized milk

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<i>Εισαγωγή</i>	8
<i>Κεφάλαιο 1</i>	9
<i>Γαλακτώματα</i>	9
1.1 Ορισμός	9
1.1.1 Γαλακτωματοποιητές	9
1.2 Εμφάνιση και ιδιότητες	11
1.3 Τύποι αστάθειας	13
1.4 Μηχανισμοί γαλακτωματοποίησης	14
<i>Κεφάλαιο 2</i>	17
<i>Ομογενοποίηση</i>	17
2.1 Ορισμός	17
2.1.1 Ιστορική αναδρομή	17
2.2 Εφαρμογές ομογενοποίησης	18
2.3 Λόγοι ομογενοποίησης	19
2.4 Αποτελεσματικότητα ομογενοποίησης	20
<i>Κεφάλαιο 3</i>	21
<i>Ομογενοποιητές</i>	21
3.1 Ομογενοποιητές	21
3.2 Μηχανικοί ομογενοποιητές	22
3.2.1 Κατηγορίες ομογενοποιητών	22
3.3 Ομογενοποιητής πίεσης	27
3.4 Ομογενοποιητές υπερήχων σε εργαστηριακή χρήση	27
<i>Κεφάλαιο 4 Διαδικασίες ομογενοποίησης</i>	29
4.1 Διαδικασία ομογενοποίησης	29
4.2 Ομογενοποίηση με χρήση ομογενοποιητή τύπου στροφέα-στάτορα	33
4.3 Διαδικασία ομογενοποίησης πίεσης	34
4.4 Μονοβάθμια και δυο σταδίων ομογενοποίηση	36
4.5 Η αρχή του ομογενοποιητή υπερήχων	37
4.6 Παραδείγματα που επιταχύνουν αντιδράσεις οι ομογενοποιητές υπερήχων.	39
<i>Κεφάλαιο 5</i>	41
<i>Ομογενοποίηση γάλακτος</i>	41
5.1 Ομογενοποιημένο γάλα	41

5.2 Ομογενοποιητής κατά την παραγωγή γάλακτος	41
5.3 Πλήρης και μερική ομογενοποίηση ροής	42
5.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ομογενοποίηση του γάλακτος	42
5.5 Επίδραση της ομογενοποίησης στο γάλα	44
<i>Συμπεράσματα</i>	46
<i>Βιβλιογραφία</i>	49

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Επιφανειακή τάση μορίου υγρού στοιχείου	15
Εικόνα 2: Γαλακτώματα διασκορπισμένα.....	16
Εικόνα 3: Μηχανικοί ομογενοποιητές.....	22
Εικόνα 4: Ομογενοποιητής τύπου γεννήτριας στροφέα- στάτορα	23
Εικόνα 5: Υπερηχητικοί ομογενοποιητές.....	28
Εικόνα 6: διαδικασία ομογενοποίησης.....	29
Εικόνα 7: Επαγγελματικός ομογενοποιητής γάλακτος , ποτών, καλλυντικών, φαρμάκων	31
Εικόνα 8: Διαδικασία ομογενοποίησης.....	32
Εικόνα 9: Ομογενοποιητές υψηλής πίεσης.....	35
Εικόνα 10: Φαινόμενο σπηλαίωσης με υπερήχους.....	38
Εικόνα 11: Υπερηχητικές συσκευές.....	40
Εικόνα 12: Ομογενοποίηση	43
Εικόνα 13: Θραύση λιποσφαιρίων.....	44

Εισαγωγή

Τα γαλακτώματα είναι ομογενή μίγματα τα οποία προέρχονται από δύο μη αναμίξιμες φάσεις. Η υψηλή πίεση χρησιμοποιείται ως μέρος διαφόρων σύγχρονων τομέων.

Τα γαλακτώματα έχουν θερμοδυναμική δράση μέσω ταλάντωσης. Τυπικά απαιτείται διαδικασία δύο σταδίων για την παρασκευή γαλακτωμάτων.

Η ομογενοποίηση είναι μια διαδικασία επίτευξης ομοιογένειας μέσω ενός προϊόντος με τροποποίηση μεγέθους σωματιδίων. Η εφαρμογή της ομογενοποίησης ποικίλλει στη τροφική, χημική και φαρμακευτική βιομηχανία. Η πιο σημαντική χρήση της διαδικασίας ομογενοποίησης στη βιομηχανία τροφίμων είναι η ομογενοποίηση του γάλακτος. Τα κριτήρια επιλογής των ομογενοποιητών εξαρτώνται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή που θα λάβει χώρα .

Πολλές βελτιώσεις στη διαδικασία υψηλής πίεσης έχουν αναπτυχθεί με επιτυχία για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και να διευρύνουν το φάσμα της εφαρμογής τους.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αναδείξει τη διαδικασία ομογενοποίησης γάλατος και τις εφαρμογές αυτής μέσω της βιομηχανίας και των σύγχρονων μηχανημάτων βιομηχανοποιητή πίεσης και υπερήχων

Κεφάλαιο 1

Γαλακτώματα

1.1 Ορισμός

Ένα γαλάκτωμα είναι ένα μείγμα δύο ή περισσότερων υγρών τα οποία αποτελούν μέρος μιας γενικότερης κατηγορίας συστημάτων δύο φάσεων της ύλης που ονομάζονται κολλοειδή (Khan et al., 2006).

Σε ένα γαλάκτωμα, ένα υγρό (η διασκορπισμένη φάση) διασπείρεται σε υγρή φάση. Παραδείγματα γαλακτωμάτων αποτελούν οι βινεγκρέτες, το ομογενοποιημένο γάλα, η μαγιονέζα και μερικά ρευστά κοπής για κατεργασία μετάλλων (Khan et al., 2006).

Η λέξη "γαλάκτωμα" προέρχεται από τη λατινική *mulgeo*, *mulgere* όπως το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα λίπους και νερού, μαζί με άλλα συστατικά. Δύο υγρά μπορούν να σχηματίσουν διαφορετικούς τύπους γαλακτωμάτων. Ως παράδειγμα, το έλαιο και το νερό μπορούν να σχηματίσουν, πρώτα, ένα γαλάκτωμα ελαίου σε νερό, όπου το έλαιο είναι η διεσπαρμένη φάση και το νερό είναι το μέσο διασποράς. (Οι λιποπρωτεΐνες, όπως εφαρμόζονται από όλους τους σύνθετους ζωντανούς οργανισμούς, είναι ένα παράδειγμα αυτού). Δεύτερον, μπορούν να σχηματίσουν γαλάκτωμα νερού σε λάδι, όπου το νερό είναι η διασκορπισμένη φάση και το έλαιο είναι η εξωτερική φάση. Είναι επίσης δυνατά πολλαπλά γαλακτώματα, συμπεριλαμβανομένου ενός γαλακτώματος "νερό σε λάδι-σε-νερό" και ενός γαλακτώματος «έλαιο σε νερό-σε-έλαιο» (Khan et al., 2006).

1.1.1 Γαλακτωματοποιητές

Ένας γαλακτωματοποιητής είναι μια ουσία που σταθεροποιεί ένα γαλάκτωμα αυξάνοντας την κινητική του σταθερότητα. Μία κατηγορία γαλακτωματοποιητών είναι γνωστή ως "επιφανειοδραστικοί παράγοντες" ή επιφανειοδραστικές ουσίες. Οι

γαλακτωματοποιητές είναι ενώσεις που τυπικά έχουν ένα πολικό ή υδρόφιλο (δηλαδή υδατοδιαλυτό) τμήμα και ένα μη πολικό (δηλ. Υδρόφοβο ή λιπόφιλο) τμήμα (Khan et al., 2006).

Εξαιτίας αυτού, οι γαλακτωματοποιητές τείνουν να έχουν περισσότερο ή λιγότερο διαλυτότητα είτε σε νερό είτε σε έλαιο. Οι γαλακτωματοποιητές που είναι περισσότερο διαλυτοί στο νερό (και αντίστροφα, λιγότερο διαλυτοί στο έλαιο) θα σχηματίζουν γενικά γαλακτώματα ελαίου σε νερό, ενώ οι γαλακτωματοποιητές που είναι περισσότερο διαλυτοί στο έλαιο θα σχηματίζουν γαλακτώματα νερού σε έλαιο (Mc Clements, 1999).

Ορισμένα παραδείγματα γαλακτωματοποιητών τροφίμων είναι:

- Κρόκος αυγού - στον οποίο ο κύριος παράγοντας γαλακτωματοποίησης είναι η λεκιθίνη. Στην πραγματικότητα, ο λεκιθός είναι η ελληνική λέξη για τον κρόκο αυγού.
- Μουστάρδα - όπου μια ποικιλία χημικών ουσιών στο βλεννώδες που περιβάλλει τη γάστρα σπόρων ενεργεί ως γαλακτωματοποιητές
- Η λεκιθίνη σόγιας είναι ένας άλλος γαλακτωματοποιητής και παχυντής
- Ρύθμιση σταθεροποίησης - χρησιμοποιεί σωματίδια υπό ορισμένες συνθήκες
- Φωσφορικά άλατα νατρίου
- Στεατοϋλο-2-γαλακτυλικό νάτριο
- DATEM (εστέρας μονοακετυλο-τρυγικού (οξικού οξέος)) - ένας γαλακτωματοποιητής που χρησιμοποιείται κυρίως στο ψήσιμο

Τα απορρυπαντικά είναι μια άλλη κατηγορία επιφανειοδραστικών ουσιών και θα αλληλεπιδρούν φυσικά τόσο με έλαιο όσο και με νερό, σταθεροποιώντας έτσι τη διεπαφή μεταξύ των σταγονιδίων ελαίου και νερού σε εναιώρημα. Αυτή η αρχή χρησιμοποιείται στο σαπούνι, για να απομακρύνει το γράσο για τον καθαρισμό. Πολλοί διαφορετικοί γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική για την παρασκευή γαλακτωμάτων όπως κρέμες και λοσιόν. Τα συνήθη παραδείγματα

περιλαμβάνουν τον γαλακτωματοποιητικό κηρό, την κεταρυλική αλκοόλη, το πολυσορβικό 20 και το cetareth 20 (Lamba et al., 2015).

Μερικές φορές η ίδια η εσωτερική φάση μπορεί να λειτουργήσει ως γαλακτωματοποιητής και το αποτέλεσμα είναι ένα νανογαλάκτωμα, όπου η εσωτερική κατάσταση διασκορπίζεται σε σταγονίδια "νανο-μεγέθους" μέσα στην εξωτερική φάση. Ένα καλά γνωστό παράδειγμα αυτού του φαινομένου, το "φαινόμενο ούζο", συμβαίνει όταν το νερό χύνεται σε ένα ισχυρό αλκοολούχο ποτό με βάση το γλυκάνισο, όπως το ούζο, το παστί, το απέντι, το αράκ ή το ρακί. Οι ανισολικές ενώσεις, οι οποίες είναι διαλυτές σε αιθανόλη, στη συνέχεια σχηματίζουν σταγονίδια νανο-μεγέθους και γαλακτωματοποιούνται μέσα στο νερό. Το προκύπτον χρώμα του ποτού είναι αδιαφανές και γαλακτώδες λευκό (Dhankhar, 2014).

1.2 Εμφάνιση και ιδιότητες

Τα γαλακτώματα περιέχουν τόσο διασκορπισμένη όσο και συνεχή φάση, με τα όρια μεταξύ των φάσεων που ονομάζονται "διασυνδέσεις". Τα γαλακτώματα τείνουν να έχουν μια θολή εμφάνιση επειδή οι πολλές διεπαφές φάσης διασκορπίζουν το φως καθώς περνούν μέσα από το γαλάκτωμα. Τα γαλακτώματα εμφανίζονται λευκά όταν όλα τα φώτα είναι διάσπαρτα εξίσου. Εάν το γαλάκτωμα είναι αρκετά αραιωμένο, το φως μεγαλύτερης συχνότητας (χαμηλού μήκους κύματος) θα διασκορπιστεί περισσότερο και το γαλάκτωμα θα εμφανιστεί πιο μπλε - αυτό ονομάζεται "φαινόμενο Tyndall" (Khan et al., 2006).

Εάν το γαλάκτωμα είναι αρκετά συμπυκνωμένο, το χρώμα θα παραμορφωθεί προς συγκριτικά μεγαλύτερα μήκη κύματος και θα εμφανιστεί πιο κίτρινο. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται εύκολα όταν συγκρίνεται το αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο περιέχει λίγο λίπος, στην κρέμα, η οποία περιέχει πολύ υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος γάλακτος. Ένα παράδειγμα θα ήταν ένα μίγμα νερού και ελαίου (Mc Clements, 1999).

Ειδικές κατηγορίες γαλακτωμάτων - μικρογαλακτωμάτων και νανογαλακτωμάτων, με μεγέθη σταγονιδίων κάτω των 100 nm - εμφανίζονται διαφανή. Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στο γεγονός ότι τα φωτεινά κύματα διασκορπίζονται από τα σταγονίδια μόνο εάν τα μεγέθη τους υπερβαίνουν το ένα τέταρτο του μήκους κύματος του

προσπίπτοντος φωτός. Δεδομένου ότι το ορατό φάσμα του φωτός αποτελείται από μήκη κύματος μεταξύ 390 και 750 νανόμετρα (nm), εάν τα μεγέθη σταγονιδίων στο γαλάκτωμα είναι κάτω από περίπου 100 nm, το φως μπορεί να διεισδύσει μέσω του γαλακτώματος χωρίς να διασκορπιστεί (Matalanis et al., 2012).

Λόγω της ομοιότητας στην εμφάνισή τους, τα διαφανή νανογαλακτώματα και τα μικρογαλακτώματα συχνά συγχέονται. Σε αντίθεση με τα διαφανή νανογαλακτώματα, τα οποία απαιτούν την παραγωγή εξειδικευμένου εξοπλισμού, σχηματίζονται αυθόρμητα μικρογαλακτώματα με τη «διαλυτοποίηση» μορίων ελαίου με ένα μίγμα επιφανειοδραστικών ουσιών, συν-τασιενεργών και συνδιαλυτών. Το γραφένιο και οι τροποποιημένες μορφές του είναι επίσης ένα καλό παράδειγμα των πρόσφατων αντισυμβατικών επιφανειοδραστικών ουσιών που βοηθούν στη σταθεροποίηση των συστημάτων γαλακτώματος (Mc Clements, 1999).

Η απαιτούμενη συγκέντρωση επιφανειοδραστικού σε ένα μικρογαλάκτωμα είναι, ωστόσο, αρκετές φορές υψηλότερη από εκείνη σε ένα ημιδιαφανές νανογαλάκτωμα και υπερβαίνει σημαντικά τη συγκέντρωση της διεσπαρμένης φάσης. Λόγω πολλών ανεπιθύμητων παρενεργειών που προκαλούνται από επιφανειοδραστικές ουσίες, η παρουσία τους είναι μειονεκτική ή απαγορευτική σε πολλές εφαρμογές. Επιπροσθέτως, η σταθερότητα ενός μικρογαλακτώματος συχνά διακυβεύεται με αραίωση, με θέρμανση ή με αλλαγή των επιπέδων pH (Matalanis et al., 2012).

Τα συνήθη γαλακτώματα είναι εγγενώς ασταθή και επομένως δεν τείνουν να σχηματίζονται αυθόρμητα. Η είσοδος ενέργειας - μέσω ανακίνησης, ανάδευσης, ομογενοποίησης ή έκθεσης σε υπερηχητική ισχύ - απαιτείται για να σχηματιστεί ένα γαλάκτωμα. Με την πάροδο του χρόνου, τα γαλακτώματα τείνουν να επανέρχονται στην σταθερή κατάσταση των φάσεων που περιέχουν το γαλάκτωμα.

Το κατά πόσο ένα γαλάκτωμα ελαίου και νερού μετατρέπεται σε ένα γαλάκτωμα "νερό σε λάδι" ή ένα γαλάκτωμα "σε νερό-σε-νερό" εξαρτάται από το κλάσμα όγκου αμοιότερων των φάσεων και από τον τύπο του γαλακτωματοποιητή (επιφανειοδραστικό) (βλέπε παρακάτω γαλακτωματοποιητή) [γενικές γραμμές, ισχύει ο κανόνας Bancroft που αναφέρει ότι: Οι γαλακτωματοποιητές και τα γαλακτωματοποιημένα σωματίδια τείνουν να προάγουν τη διασπορά της φάσης στην οποία δεν διαλύονται πολύ καλά. Για παράδειγμα, οι πρωτεΐνες διαλύονται καλύτερα

στο νερό από ό, τι στο πετρέλαιο και έτσι τείνουν να σχηματίζουν γαλακτώματα ελαίου σε νερό (δηλαδή, προάγουν τη διασπορά σταγονιδίων ελαίου σε μια συνεχή φάση νερού) (Lamba et al., 2015).

Η γεωμετρική δομή ενός μίγματος γαλακτώματος δύο λυοφοβικών υγρών με μεγάλη συγκέντρωση του δευτερογενούς συστατικού είναι φράκταλ: Τα σωματίδια γαλακτώματος αναπόφευκτα σχηματίζουν δυναμικές ανομοιογενείς δομές σε κλίμακα μικρού μήκους. Η γεωμετρία αυτών των δομών είναι φράκταλ. Το μέγεθος των στοιχειωδών ανωμαλιών διέπεται από μια καθολική λειτουργία η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε όγκο των εξαρτημάτων. Η φράκταλ διάσταση αυτών των ανωμαλιών είναι 2,5 (Khan et al., 2006).

1.3 Τύποι αστάθειας

Η σταθερότητα του γαλακτώματος αναφέρεται στην ικανότητα ενός γαλακτώματος να αντισταθεί στην αλλαγή των ιδιοτήτων του με την πάροδο του χρόνου. Υπάρχουν τέσσερις τύποι αστάθειας στα γαλακτώματα:

- κροκίδωση,
- κρέμασμα,
- συσσωμάτωση και
- ωρίμανση Ostwald.

Η κροκίδωση εμφανίζεται όταν υπάρχει μια ελκυστική δύναμη μεταξύ των σταγονιδίων, έτσι ώστε να σχηματίζουν νιφάδες, όπως τσαμπιά σταφυλιών. Η κροκίδωση αποτελεί μια από τις κυριότερες διαδικασίες που πρέπει να υποστεί το νερό σε αρχικό στάδιο ώστε να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια μετά από βάρυνση και την καθίζηση που ακολουθεί. Κροκιδωτικό θεωρείται το χημικό αντιδραστήριο που προστίθεται για την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων στα υγρά απόβλητα και τον σχηματισμό κροκίδων.

Η συσσωμάτωση εμφανίζεται όταν τα σταγονίδια χτυπήσουν το ένα στο άλλο και συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα μεγαλύτερο σταγονίδιο, έτσι ώστε το μέσο Το εν λόγω φαινόμενο παρατηρείται λόγω διαφοράς στη

Όσον αφορά τη διεπιφανειακή ελεύθερη ενέργεια μεταξύ ενός μικρού κι ενός μεγαλύτερου λιποσφαιρίου., μόρια των μικρότερων λιποσφαιρίων διαχέονται στη συνεχή φάση του γαλακτώματος και συνενώνονται με μεγαλύτερα λιποσφαίρια, τα οποία είναι ενεργειακά σταθερότερα λόγω μικρότερου λόγου επιφάνειας προς όγκο. Για να λάβει χώρα το φαινόμενο αυτό, θα πρέπει το έλαιο να είναι σε σημαντικό βαθμό διαλυτό στη συνεχή φάση. Δεδομένου ότι η διαλυτότητα των περισσότερων τριγλυκεριδίων σε υδατικά διαλύματα είναι ελάχιστη, το φαινόμενο είναι σπάνιο σε γαλακτώματα τύπου o/w .

Τα γαλακτώματα μπορούν επίσης να υποβληθούν σε κρέμα, όπου τα σταγονίδια ανέρχονται στην κορυφή του γαλακτώματος υπό την επίδραση της πλευστότητας ή υπό την επίδραση της κεντρομόλου δύναμης που προκαλείται όταν χρησιμοποιείται μια φυγόκεντρος (Dhankhar, 2014).

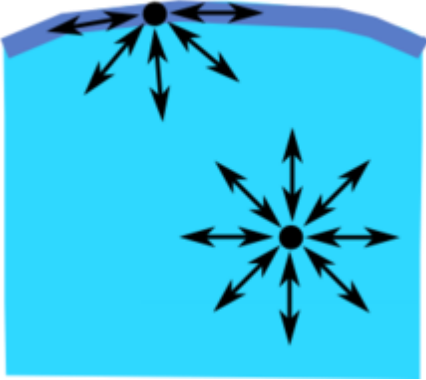
Ένας κατάλληλος "επιφανειοδραστικός παράγοντας" (ή "τασιενεργό") μπορεί να αυξήσει την κινητική σταθερότητα ενός γαλακτώματος έτσι ώστε το μέγεθος των σταγονιδίων να μην μεταβάλλεται σημαντικά με το χρόνο. Στη συνέχεια λέγεται ότι είναι σταθερό. Η σταθερότητα των γαλακτωμάτων μπορεί να χαρακτηριστεί χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως το φως (Lamba et al., 2015).

1.4 Μηχανισμοί γαλακτωματοποίησης

Μια σειρά διαφορετικών χημικών και φυσικών διεργασιών και μηχανισμών μπορεί να εμπλέκονται στη διαδικασία γαλακτωματοποίησης. Αυτές είναι:

- Θεωρία της επιφανειακής τάσης: η γαλακτωματοποίηση λαμβάνει χώρα με τη μείωση της διεπιφανειακής τάσης μεταξύ δύο φάσεων Με τον όρο αυτό εκφράζεται μία εκ των ιδιοτήτων της ύλης η οποία και είναι δύναμη που εμφανίζεται ως φυσικό φαινόμενο στην επιφάνεια των υγρών στοιχείων όπως και

η κάτωθι εικόνα η οποία απεικονίζει τις δυνάμεις συνοχής σε ένα μόριο υγρού στοιχείου εκφράζοντας την επιφανειακή τάση.

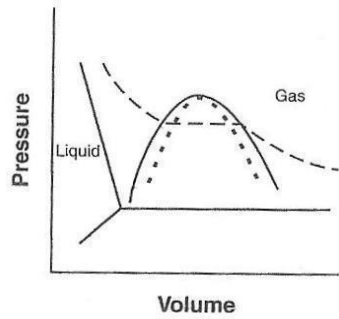


Εικόνα 1: Επιφανειακή τάση μορίου υγρού στοιχείου

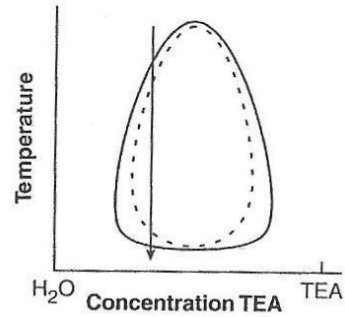
Πηγή: Lamba et al., 2015

- **Γαλακτώματα (Emulsions):** ένα υγρό διασκορπισμένο υπό μορφή σταγόνων, διεσπαρμένη (dispersed) φάση, σε ένα άλλο υγρό μη αναμείξιμο με το πρώτο, συνεχής (continuous) φάση
- **Θεωρία της απομάκρυνσης:** ο γαλακτωματοποιητής δημιουργεί μια μεμβράνη πάνω από μία φάση που σχηματίζει σφαιρίδια, τα οποία απωθούν η μία την άλλη. Αυτή η απωστική δύναμη τους αναγκάζει να παραμένουν εναιωρημένοι στο μέσο διασποράς με αποτέλεσμα να παραμένουν απομακρυσμένα μεταξύ τους τα σφαιρίδια

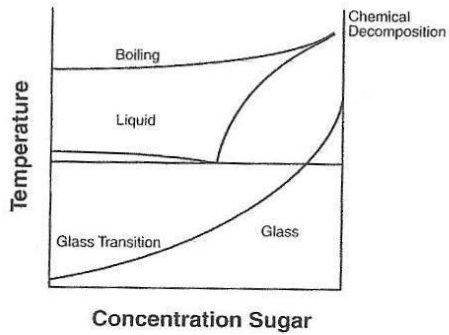
(a) Gas–Liquid



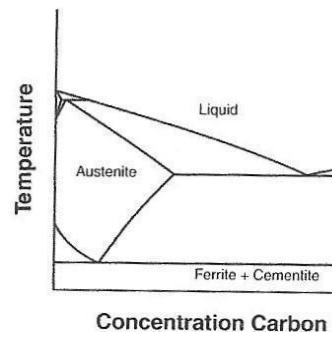
(b) Liquid–Liquid



(c) Sugar–Water



(d) Iron–Carbon



Εικόνα 2: Γαλακτώματα διασκορπισμένα

Πηγή: Lamba et al., 2015

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ο θόλος που χωρίζει υγρά (αριστερά) από αέρια (δεξιά) φάση. Κάτω από θόλο οι 2 φάσεις συνυπάρχουν. Μέγιστο θόλου: κρίσιμο σημείο (critical point).

Κεφάλαιο 2

Ομογενοποίηση

2.1 Ορισμός

Ο όρος "ομογενοποίηση" αναφέρεται στη διαδικασία ή τη δράση που συμβαίνει στο συγκρότημα ομογενοποίησης βαλβίδας. Το πεδίο ομογενοποίησης περιλαμβάνει έναν πολύ ευρύ τομέα (Dhankhar, 2014). Η λέξη ομογενοποίηση σημαίνει "να γίνει ομοιογενής", ενώ ομογενοποίηση σημαίνει "έχοντας την ίδια σύνθεση, δομή ή χαρακτήρα σε όλη την έκταση". Η ομογενοποίηση είναι μια λέξη που καλύπτει μια πολύ μεγάλη περιοχή. Όταν κάποιος λέει ότι ομογενοποιώ, μπορεί να σημαίνει κάτι από τα παρακάτω: ανάμιξη, ανάμιξη, διάσπαση, γαλακτωματοποίηση, διασπορά, ανάδευση κλπ. (Lamba et al., 2015).

Οι τρέχουσες διεργασίες ή μέθοδοι ομογενοποίησης μπορούν να κατανεμηθούν σε τρεις (3) μεγάλες κατηγορίες,

- υπερήχων
- πίεσης και
- Μηχανικής (Dhankhar, 2014).

2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ομοιογένεια και η ετερογένεια είναι έννοιες που σχετίζονται με την ομοιομορφία ή την έλλειψή τους σε μια ουσία. Ένα υλικό που είναι ομοιογενές είναι ομοιόμορφο σε σύνθεση ή χαρακτήρα. ένα που είναι ετερογενές στερείται ομοιομορφίας. Τα παλιότερα χρόνια χειροποίητα και σήμερα μηχανικά, η ομογενοποίηση του γάλακτος, γίνεται όταν τα μικρά σφαιρίδια που εμπεριέχονται σε αυτό ανεβαίνουν προς την επιφάνεια κάνοντας τη γνωστή πέτσα. Παλιά γινόταν με χειροποίητες ενέργειες και τώρα σε εργοστάσια περισσότερο βιομηχανοποιημένα ώστε να παραχθεί αυτό το

φαινόμενο. Η ομογενοποίηση επέρχεται με την ομοιόμορφη κατανομή λίπους στο γάλα. Τα σφαιρίδια λίπους στο γάλα διασπώνται μηχανικά ώστε να κινούνται ελεύθερα στο γάλα. Το γάλα για παράδειγμα που πρόκειται να γίνει γιαούρτι, αφού ομογενοποιηθεί θερμαίνεται σε μεγάλη θερμοκρασία. Οι έννοιες είναι εφαρμόσιμες σε συνδυασμούς σε κάθε επίπεδο πολυπλοκότητας, από άτομα σε πληθυσμούς ζώων ή ανθρώπων, σε γαλαξίες. Ως εκ τούτου, μια ουσία μπορεί να είναι ομοιογενής σε μεγαλύτερη κλίμακα, σε σύγκριση με την ετερογένεια σε μικρότερη κλίμακα μέσα στην ίδια ουσία (1). Το 1899 ο Auguste Gaulin έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τον ομογενοποιητή του.

2.2 Εφαρμογές ομογενοποίησης

Εφαρμογές ομογενοποίησης τροφίμων και γαλακτοκομικών προϊόντων

Η ομογενοποίηση είναι η διαδικασία μείωσης του μεγέθους σωματιδίων των υγρών προϊόντων, όπως το γάλα, ο χυμός φρούτων και σάλτσες, υπό συνθήκες ακραίας πίεσης, καθαρότητας, αναταράξεων, επιτάχυνσης και κρούσης, για να τις κάνουν πιο σταθερές και έχουν καλύτερη υφή. Το αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την εξαναγκασμό του προϊόντος μέσω ενός ειδικού βαλβίδα ομογενοποίησης σε πολύ υψηλή πίεση. Τα σωματίδια εισέρχονται στον ομογενοποιητή με μεγέθη που κυμαίνονται συνήθως από 0,2 - 20. Μεγάλα σωματίδια διασκορπίζονται για να παράγουν ένα προϊόν με σωματίδια που κυμαίνονται τυπικά από 0,4 έως 1 ανάλογα με την εφαρμογή (Ertugay et.al.2004)

Εφαρμογές ομοιογενοποιητών καλλυντικών

Η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης είναι απαραίτητη για την ποιότητα και τη σταθεροποίηση των κρέμες ομορφιάς, των λοσιόν, βερνίκια νυχιών, σαμπουάν, οδοντόκρεμες και γαλακτώματα ενώ παράλληλα δημιουργεί πολύ σταθερό προϊόν σε σύγκριση με τις παραδοσιακές συσκευές όπως αναδευτήρες, συσκευές ρότορα-στάτορα ή κολλοειδείς μύλους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση του μεγέθους και της ομοιομορφίας των σωματιδίων υπό συνθήκες ακραίας πίεσης, διάτμησης και τάσης.

Το αποτέλεσμα είναι ένα ομοιογενές αποτελεσματικό προϊόν με ανώτερη σταθερότητα και διάρκεια ζωής. Είναι γνωστό το γεγονός ότι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες στην απόδοση κάποιου καλλυντικού προϊόντος, όπως είναι οι κρέμες ομορφιάς, είναι η ικανότητά του να απορροφηθεί στο δέρμα. Η δραστική μείωση του μεγέθους των σωματιδίων επιτρέπει στο δέρμα να απορροφά τα ενεργά συστατικά του αυτές οι κρέμες καθώς η επιφάνεια αυξάνεται μετά την ομογενοποίηση (σε σχέση με τον όγκο) (Yuan et.al.2009).

2.3 Λόγοι ομογενοποίησης

Η ομογενοποίηση εφαρμόζεται για οποιονδήποτε από τους ακόλουθους λόγους:

1. Αντιμετώπιση της κρέμας: Όταν το ιξώδες των σταγονιδίων είναι σημαντικά μικρότερο από το ιξώδες της συνεχούς φάσης ($n_2 \ll n_1$), τότε προκύπτει ότι η ταχύτητα κρεμοποίησης είναι 1.5 φορά μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη (Lamba et al., 2015). Για να επιτευχθεί αυτό, το μέγεθος των σφαιριδίων λίπους πρέπει να μειωθεί σημαντικά.
2. Βελτίωση της σταθερότητας έναντι της μερικής συγχώνευσης: Η αυξημένη σταθερότητα των ομογενοποιημένων λιπωδών σφαιριδίων προκαλείται από την μειωμένη διάμετρο και από την επίκτητη επιφανειακή στιβάδα των λιπωδών σφαιριδίων. Επιπλέον, μερική συγχώνευση ειδικότερα συμβαίνει σε ένα στρώμα κρέμας, και ένα τέτοιο στρώμα σχηματίζεται πολύ αργότερα σε ομογενοποιημένα προϊόντα.
3. Δημιουργία επιθυμητών ρεολογικών ιδιοτήτων: Ο σχηματισμός συστάδων ομογενοποίησης μπορεί να αυξήσει σημαντικά το ιξώδες ενός προϊόντος όπως είναι η κρέμα. Το ομογενοποιημένο και ακολούθως το συσσωματωμένο γάλα έχει υψηλότερο ιξώδες από το μη ομογενοποιημένο γάλα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σφαιρίδια λίπους που τώρα καλύπτονται εν μέρει με μικκύλια καζεΐνης στη συσσωμάτωση των μικυλλίων καζεΐνης.
4. Ανασυνδυασμένα γαλακτοκομικά προϊόντα Ένας ομοιογενοποιητής δεν είναι μηχανή γαλακτωματοποίησης. Συνεπώς, το μίγμα πρέπει πρώτα να προ-

γαλακτωματοποιηθεί, για παράδειγμα, με έντονη ανάδευση. το σχηματισμένο χονδρό γαλάκτωμα στη συνέχεια ομοιογενοποιείται (Walstra et al., 2006).

2.4 Αποτελεσματικότητα ομογενοποίησης

Η ομογενοποίηση πρέπει να είναι πάντοτε επαρκώς αποτελεσματική ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία κρέμας. Το αποτέλεσμα μπορεί να ελεγχθεί με τον προσδιορισμό του δείκτη ομογενοποίησης, ο οποίος μπορεί να βρεθεί με τον τρόπο που περιγράφεται στο ακόλουθο παράδειγμα: Ένα δείγμα γάλακτος αποθηκεύεται σε ένα βαθμολογημένο γυαλί μέτρησης για 48 ώρες σε θερμοκρασία 4-60 ° C. Το άνω στρώμα (1/10 του όγκου) απορροφάται, ο υπόλοιπος όγκος (9/10) αναμιγνύεται επιμελώς και στη συνέχεια προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε λιπαρά κάθε κλάσματος. Η διαφορά στην περιεκτικότητα σε λιπαρά μεταξύ της άνω και της κάτω στιβάδας, εκφραζόμενη ως ποσοστό του ανώτερου στρώματος, αναφέρεται ως ο δείκτης ομογενοποίησης. Ο δείκτης για το ομογενοποιημένο γάλα πρέπει να είναι στο δείγμα από 1 έως 10 (Bylund, 2003a).

Κεφάλαιο 3

Ομογενοποιητές

3.1 Ομογενοποιητές

Οι ομογενοποιητές είναι αντλίες παλινδρομικής πίεσης υψηλής πίεσης, απαραίτητες για την τροφοδοσία της τροφοδοσίας στη βαλβίδα. Οι ομογενοποιητές έχουν γενικά είτε τρία είτε πέντε έμβολα, που οδηγούνται από έναν στροφαλοφόρο άξονα μέσω συνδετικών ράβδων (Ahmad, 2012).

Αυτό είναι ένα μηχάνημα που προκαλεί την υποδιαίρεση των σφαιριδίων λίπους. Τα σφαιρίδια λίπους στο γάλα υποδιαίρονται έτσι σε μικρότερα σωματίδια πιο ομοιόμορφου μεγέθους. Η βαλβίδα ομογενοποίησης συγκρατείται από ένα βαρύ ελατήριο πίεσης προς την έδρα της βαλβίδας. Η βαλβίδα και η έδρα της είναι κατασκευασμένα από εξαιρετικά σκληρό υλικό και οι η βαλβίδα κάθεται με ακρίβεια στην έδρα της. Οι ομογενοποιητές είναι είτε μονοβάθμια είτε διπλή (De, 2001).

Οι ομογενοποιητές του κοινού τύπου αποτελούνται από μια αντλία υψηλής πίεσης που ωθεί το υγρό μέσα από ένα στενό άνοιγμα, τη λεγόμενη βαλβίδα ομογενοποίησης. Τα αρχικά λιπώδη σφαιρίδια επιτυγχάνονται με τη συνένωση συμβάλλοντων παραγόντων. Τα νεοδημιουργημένα σφαιρίδια λίπους δεν καλύπτονται πλέον πλήρως με το αρχικό υλικό μεμβράνης. Αντ 'αυτού, επικαλύπτονται με ένα μίγμα πρωτεϊνών προσροφημένων από τη φάση πλάσματος.

Η ομογενοποίηση γίνεται με εξαναγκασμό ολόκληρου του γάλακτος σε υψηλές πιέσεις μέσω μιας στενής σχισμής, η οποία είναι μόνο ελαφρώς μεγαλύτερη από τη διάμετρο των ίδιων των σφαιριδίων. Η ταχύτητα στη στενότερη σχισμή μπορεί να είναι 100 έως 250 m / s. Αυτό μπορεί να προκαλέσει υψηλές τάσεις διατμήσεως, σπηλαιώση και μικρο-στροβιλισμό (Ahmad, 2012).

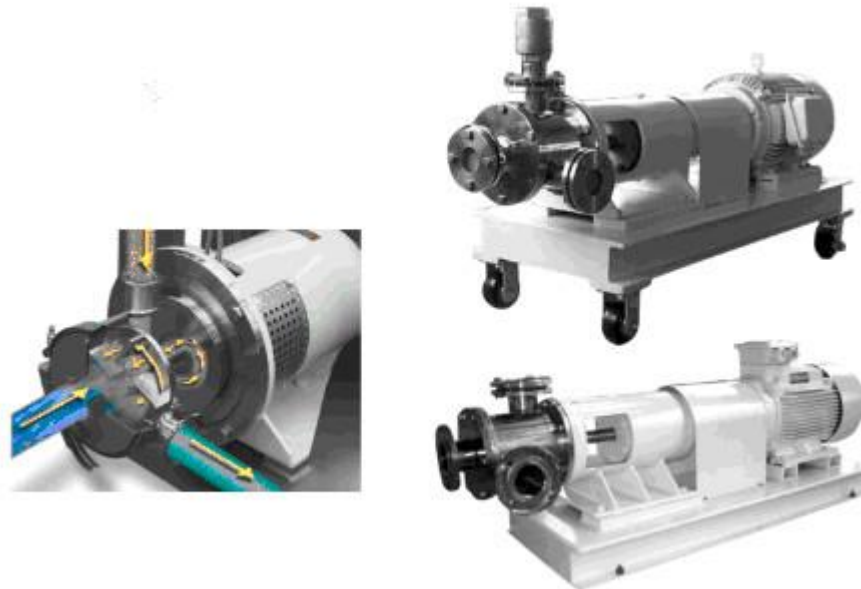
3.2 Μηχανικοί ομογενοποιητές

3.2.1 Κατηγορίες ομογενοποιητών

Οι μηχανικοί ομογενοποιητές μπορούν να χωριστούν σε δύο (2) ξεχωριστές κατηγορίες,

α) ομογενοποιητές ρότορα-στάτορα και

β) ομογενοποιητές τύπου λεπίδας (Ertugay et.al.2004)



Εικόνα 3: Μηχανικοί ομογενοποιητές

Πηγή: Ertugay et.al.2004

Α) ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΕΣ ΡΟΤΟΡΑ-ΣΤΑΤΟΡΑ

Οι ομογενοποιητές στροφέα-στάτορα (επίσης ονομαζόμενοι κολλοειδείς μύλοι ή ομογενοποιητές Willems) γενικά υπερσχύουν κοπτικές λεπίδες και είναι κατάλληλοι για φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Σε συνδυασμό με γυάλινες χάντρες, ο ομογενοποιητής ρότορα-στάτορα χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για τη διάρρηξη

μικροοργανισμών. Ωστόσο, τα ομογενοποιημένα το δείγμα μολύνεται με λεπτά σωματίδια γυαλιού και ανοξειδωτου χάλυβα και η λειαντική φθορά στον στάτορα ρότορα είναι απaráδεκτα υψηλή. Η διάσπαση κυττάρων με τον ομογενοποιητή ρότορα-στάτορα περιλαμβάνει υδραυλική και μηχανική διάτμηση καθώς και σπηλαιώση. Μερικοί άνθρωποι στον τομέα ομογενοποίησης ισχυρίζονται επίσης ότι υπάρχει σε ένα μικρότερος βαθμος υψηλής πίεσης υπερήχων (Ertugay et.al.2004).

Το μόνο πράγμα που ο υπερηχητικός και μηχανικός (rotor-stator) ομογενοποίησης έχουν κοινό είναι ότι και οι δύο μέθοδοι παράγουν και χρησιμοποιούν σε κάποιο βαθμό τη σπηλαιώση. Σπηλαιώση ορίζονται ως ο σχηματισμός και κατάρρευση των κοιλοτήτων ατμού χαμηλής πίεσης σε ένα ρέον υγρό. Δημιουργείται σπηλαιώση καθώς μετακινείτε ένα στερεό αντικείμενο μέσα από ένα υγρό με υψηλό ρυθμό ταχύτητα. Το υπερηχητικό αντικείμενο που μετακινείται είναι ο ανιχνευτής που δονείται με πολύ υψηλό ρυθμό δημιουργίας σπηλαιώσης. Σε μηχανική ομογενοποίηση (στροφέιο-στάτορας) η λεπίδα (ρότορας) μετακινείται διαμέσου του υγρού σε υψηλό ρυθμό δημιουργίας στροβίλου.



Εικόνα 4: Ομογενοποιητής τύπου γεννήτριας στροφέα- στάτορα

Πηγή: Ertugay et.al.2004

Το μέγεθος του καθετήρα στροφέα-στάτη (που ονομάζεται επίσης γεννήτρια) μπορεί να ποικίλει από τη διάμετρο ενός μολυβιού για 0.01-10 ml όγκοι δειγμάτων σε πολύ μεγαλύτερες μονάδες με χωρητικότητα μέχρι 19.000 λίτρα ή, για μονάδες on-line, με ικανότητες των 68.000 λίτρων / ώρα.

Οι ομογενοποιητές μεγέθους εργαστηρίου ρότορα-στάτορα επεξεργάζονται δείγματα υγρών στην κλίμακα 0,01 έως 20 λίτρων. Η χωρητικότητα του στάτορα ρότορα πρέπει να ταιριάζει με το ιξώδες και τον όγκο του μέσου και με τον τύπο και την ποσότητα φυτικών και ζωικών ιστών προς επεξεργασία.

Επίσης, λειτουργούν οι περισσότεροι ομογενοποιητές μεγέθους εργαστηρίου σωστά μόνο με δείγματα υγρού στο εύρος χαμηλού έως μέσου ιξώδους (<10.000 cps). Αυτό πρέπει να είναι ισορροπημένο ενάντια στην πρακτική παρατήρηση ότι τα συγκεντρωμένα δείγματα, διαλύονται περισσότερο ταχέως. Τα δείγματα υψηλότερου ιξώδους μπορούν να υποστούν επεξεργασία αλλά απαιτούν ειδικά σχήματα ομογενοποίησης ή μοναδικές διαμορφώσεις ρότορα-στάτη. Το μέγεθος του δείγματος πριν από την επεξεργασία με τον ομογενοποιητή πρέπει να είναι αρκετά μικρό ώστε να τραβηχτεί μέσα στον στάτορα. Ως εκ τούτου, τα δείγματα συχνά πρέπει να είναι προ-κομμένα, κομμένα ή κατακερματισμένα (Salmin et.al.1997).

B) ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΕΣ ΤΥΠΟΥ ΛΕΠΙΔΑΣ.

Αν και είναι λιγότερο αποδοτικοί από τους ομογενοποιητές ρότορα-στάτορα, οι ομογενοποιητές λεπίδων (που ονομάζονται και αναμείκοι) έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ και πολλά χρόνια για την παραγωγή λεπτών κόκκων και εκχυλισμάτων από ιστό φυτών και ζώων. Οι λεπίδες κοπής είναι ενεργοποιημένες κι αυτή η κατηγορία ομογενοποιητή οδηγείται και περιστρέφεται σε ταχύτητες από 6.000 έως 50.000 rpm (Yuan et.al.2009).



Εικόνα 10: Ομογενοποιητής τύπου λεπίδας

Πηγή: Yuan et.al.2009

ΟΛΟΚΑΘΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ:

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η υπερηχητική διάσπαση. Αυτές οι συσκευές λειτουργούν δημιουργώντας έντονα ηχητικά κύματα πίεσης σε ένα υγρό μέσο. Τα κύματα πίεσης προκαλούν ροή στο υγρό και κάτω από τις σωστές συνθήκες, ο γρήγορος σχηματισμός μικροφουσαλίδων που αναπτύσσονται και συσσωρεύονται μέχρι να φθάσουν το συντονισμένο τους μέγεθος, δονείται βίαια και τελικά καταρρέει. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται σπηλαίωση. Η έκρηξη του ατμού και οι φουσαλίδες φάσης δημιουργούν ένα κύμα κλονισμού με επαρκή ενέργεια για να σπάσουν τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Διάτμηση από την εμφάνιση φουσαλίδων σπηλαίωσης καθώς επίσης και από την διόγκωση που προκαλείται από το δονητικό ηχητικό μορφοτροπέα διακόπτουν τα κύτταρα. Υπάρχουν μερικές εξωτερικές

μεταβλητές που πρέπει να βελτιστοποιηθούν για να επιτευχθεί αποτελεσματική διακοπή κυττάρων. Αυτές οι μεταβλητές είναι:

- Εύρος και ένταση συμβουλών
- Θερμοκρασία
- Συγκέντρωση κυττάρων
- Πίεση
- Ικανότητα σκάφους και σχήμα(Bosiljkov et.al.2011)

Τέτοιου είδους επεξεργαστές λειτουργούν με πιεζοηλεκτρικές γεννήτριες κατασκευασμένες από κρυστάλλους ζirkονικής τιτανικής μολύβδου. Οι δονήσεις μεταδίδονται κάτω από ένα κέρατο από μέταλλο τιτανίου ή ανιχνευτή που συντονίζεται για να κάνει τη μονάδα επεξεργαστή να αντηχεί σε 15-25 kHz. Η ονομαστική ισχύς των υπερηχητικών επεξεργαστών κυμαίνεται από 10 έως 375 Watt. Η χαμηλή ισχύς εξόδου δεν σημαίνει απαραίτητα ότι ο αποσαθρωτής κυττάρων είναι λιγότερο ισχυρός επειδή οι μεταλλάκτες μικρότερης ισχύος είναι γενικά αντιστοιχούν σε ανιχνευτές που έχουν μικρότερες άκρες. Είναι η πυκνότητα ισχύος στην άκρη που μετράει. Η υψηλότερη ισχύς εξόδου είναι που απαιτούνται για τη διατήρηση του επιθυμητού εύρους και έντασης υπό συνθήκες αυξημένου φορτίου, όπως υψηλές ιξώδεις ή πίεση.

Η θερμοκρασία του εναιωρήματος του δείγματος πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη. Εκτός από την αντιμετώπιση του οι συνήθεις ανησυχίες προκύπτουν σχετικά με την ασφάλεια των πρωτεϊνών από τη θερμοκρασία, τις χαμηλές θερμοκρασίες των μέσων που προωθούν το σοκ υψηλής έντασης. Έτσι ιδανικά, η θερμοκρασία του υπερηχητικού υγρού θα πρέπει να διατηρείται ακριβώς πάνω από το σημείο τήξης. Ο απολυμαντής υπερήχων παράγει σημαντική θερμότητα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και αυτό περιπλέκει τα θέματα (Villamiel et.al.1999).

3.3 Ομογενοποιητής πίεσης

Οι ομογενοποιητές υψηλής πίεσης έχουν χρησιμοποιηθεί για να διαταράξουν τα μικροβιακά κύτταρα για πολλά χρόνια. Εκτός από εξαιρετικά νηματοειδείς μικροοργανισμούς, η μέθοδος έχει βρεθεί γενικά κατάλληλη για α' ποικιλία βακτηρίων, ζύμης και μυκήλια.

Αυτός ο τύπος ομοιογενοποιητής λειτουργεί αναγκάζοντας τα κυτταρικά εναιωρήματα μέσω ενός πολύ στενού διαύλου ή οπής υπό πίεση. Στη συνέχεια, και ανάλογα με τον τύπο ομογενοποιητή υψηλής πίεσης, μπορούν ή όχι να είναι προσκρούουν με μεγάλη ταχύτητα σε έναν δακτύλιο σκληρής κρούσης ή σε ένα άλλο ρεύμα υψηλής ταχύτητας κυττάρων που προέρχονται από το αντίθετη κατεύθυνση. Οι μηχανές που περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό πρόσκρουσης είναι πιο αποτελεσματικές από αυτές που δεν έχουν.

3.4 Ομογενοποιητές υπερήχων σε εργαστηριακή χρήση

Ορισμένα παραδείγματα της πρακτικής χρήσης, μέχρι σήμερα, είναι τα κύρια πεδία εφαρμογής των ομογενοποιητών υπερήχων στους ακόλουθους τομείς:

- Διάσπαση κυττάρων, βακτηρίων, ιών, σπόρων, μυκήτων ή ιστών
- Εξαγωγή των συστατικών
- Ομογενοποίηση ουσιών κάθε είδους
- Παραγωγή των λεπτότερων γαλακτωμάτων με ελάχιστο μέγεθος σταγονιδίων
- Διάλυση δύσκολων προς διάλυση και εξαιρετικά δυσδιάλυτων ουσιών σε υγρά
- Παρασκευή διασπορών και εναιωρημάτων
- Κατάλυση και επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων. (Letang et.al.2001)



Εικόνα 5: Υπερηχητικοί ομογενοποιητές

Πηγή: Letang et.al.2001

Επιπλέον, υπάρχουν επίσης πολλές ειδικές εφαρμογές στη χημεία, τη βιολογία και σε διάφορους τεχνικούς τομείς. Έτσι, οι υπερηχητικοί ομογενοποιητές έχουν αυξανόμενη σημασία στην έρευνα του καρκίνου για την παρασκευή λιποσωμάτων τα τελευταία χρόνια. Επίσης, η ομογενοποίηση κυτταρικών εναιωρημάτων για την απομόνωση των ιών και η απομάκρυνση των πρωτεϊνών από ειδικές δομές και αποτελούν παραδείγματα ιατρικών εφαρμογών. (Cucheval, et.al.2008).

Οι πιθανές τεχνικές εφαρμογές είναι σχεδόν άπειρες, εκτείνονται από την κατασκευή χρωστικών ουσιών και χρωμάτων με χρήση υπερήχων, στην ομογενοποίηση των λυμάτων, στη διάσπαση των πυρήνων των γεωτρήσεων από δείγματα εδάφους για σκοπούς ανάλυσης και στον προσδιορισμό του μεγέθους των κόκκων στην ανάλυση ορυκτών. Οι εφαρμογές που επιταχύνουν τις αντιδράσεις είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες.

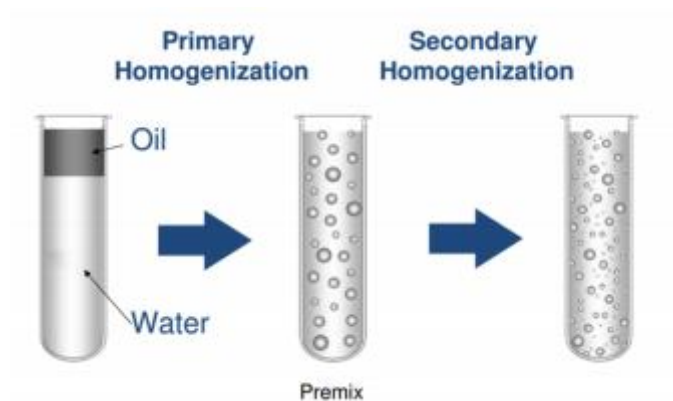
Κεφάλαιο 4

Διαδικασίες ομογενοποίησης

4.1 Διαδικασία ομογενοποίησης

Το πρώτο στάδιο ή η πρωτογενής ομογενοποίηση περιλαμβάνει την προσθήκη επιφανειοδραστικών ή γαλακτωματοποιητών. Τα γαλακτώματα, από τη φύση τους, είναι εγγενώς ασταθή. Με την πάροδο του χρόνου, όλα τα γαλακτώματα τελικά θα συγχωνευθούν ή θα πάψουν να είναι ομογενή μίγματα παρουσιάζοντας διαχωρισμό υλικών. Οι επιφανειοδραστικές ουσίες λειτουργούν διευκολύνοντας τη δημιουργία του γαλακτώματος και βοηθούν στην επιβράδυνση του ενδεχόμενου σπασίματος. Το προκύπτον μέγεθος σωματιδίων των σφαιριδίων μπορεί να κυμαίνεται σε μέγεθος από 0,1nm έως 10nm. <http://www.mgnewell.com/wp-content/uploads/2016/05/Homogenizer-Overview.pdf>

Τα γαλακτώματα αλλάζουν την κατανομή μεγέθους τους με την πάροδο του χρόνου, αλλάζοντας σε μεγαλύτερα μεγέθη. Η σταθερότητα ενός γαλακτώματος προσδιορίζεται από διάφορους παράγοντες που περιλαμβάνουν την επιλογή του γαλακτωματοποιητή, την αναλογία φάσης-όγκου, τη μέθοδο παρασκευής του γαλακτώματος και τη θερμοκρασία τόσο στην επεξεργασία όσο και στην αποθήκευση.



Εικόνα 6: διαδικασία ομογενοποίησης

Πηγή: <http://www.mgnewell.com/wp-content/uploads/2016/05/Homogenizer-Overview.pdf>

Η σειρά προσθήκης, ο ρυθμός προσθήκης και η ενέργεια του συστήματος μπορεί να έχουν μεγάλη επίδραση στις τελικές ιδιότητες του γαλακτώματος. Στην ιδανική περίπτωση, το λιπόφιλο επιφανειοδραστικό πρέπει να διασπείρεται στην ελαιώδη φάση. Τα λεπτά γαλακτώματα προκύπτουν όταν το υδρόφιλο επιφανειοδραστικό (που αγαπά το νερό) διασπείρεται επίσης στην ελαιώδη φάση.

Όταν συνδυάζεται το πετρέλαιο και το νερό, η προσθήκη νερού στην ελαιώδη φάση παράγει τα καλύτερα γαλακτώματα. Εάν το έλαιο προστεθεί στη υδατική φάση, απαιτείται περισσότερη ενέργεια για την παραγωγή μικρών σταγονιδίων. Μία σημαντική βελτίωση στο γαλακτώμα μπορεί συνήθως να παρατηρηθεί με την προσθήκη της υδατικής φάσης με βραδύτερο ρυθμό. Τα περισσότερα γαλακτώματα είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία του συστήματος. Γενικά η θερμότητα προστίθεται στο σύστημα καθώς τα θερμά μόρια ελαίου / λίπους αποσυντίθενται πιο εύκολα από τα κρύα.

Ειδικά γαλακτώματα όπως φορτισμένα σωματίδια ή γαλακτώματα τήγματος μπορούν να υποστούν κατεργασία σε ομογενοποιητές υψηλής πίεσης χρησιμοποιώντας βαλβίδες Search Engine Marketing SEM. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αποφευχθεί η τριβή ή η απόφραξη της βαλβίδας ομογενοποίησης. Επιπροσθέτως, το ρεύμα ανάμιξης της βαλβίδας SEM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπεριλάβει επιπρόσθετες λειτουργίες όπως άμεση ψύξη, προσθήκη πρόδρομων αντιδράσεων ή αραίωση στη διαδικασία HPH. Μια πρώτη εφαρμογή στη γαλακτοκομική βιομηχανία υπογραμμίζει το οικονομικό της ενδιαφέρον.

Τα μικρογαλακτώματα είναι μια διασπορά νερού, ελαίου και επιφανειοδραστικού με μεγέθη σωματιδίων που κυμαίνονται από 1-100 nm. Χαρακτηρίζονται τυπικά ως ένα πιο σταθερό γαλακτώμα και γενικά έχουν καθαρή εμφάνιση. Τείνουν να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση επιφανειοδραστικού σε σχέση με την περιεκτικότητα σε έλαιο. Αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως στις βιομηχανίες φαρμάκων και προσωπικής φροντίδας. <http://www.mgnewell.com/wp-content/uploads/2016/05/Homogenizer-Overview.pdf>

Η ομογενοποίηση είναι μια μηχανική διαδικασία που χρησιμοποιείται για τη μείωση του μεγέθους των σφαιριδίων λίπους σε διάφορα υλικά όπως για παράδειγμα στο γάλα. Το καθαρό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η μείωση του ρυθμού κρέμασης σύμφωνα με το νόμο της Stokes, η μειωμένη συσσώρευση κατά τη διάρκεια της κρέμας και η καλύτερη αντιστοίχιση της πυκνότητας με τη συνεχή φάση. Παρακάτω ακολουθεί εικόνα ομογενοποιητή



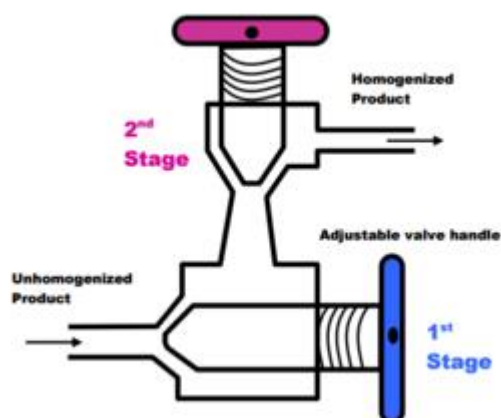
Εικόνα 7: Επαγγελματικός ομογενοποιητής γάλακτος , ποτών, καλλυντικών, φαρμάκων

Πηγή: <http://www.horiba.com/scientific/products/particle-characterization/applications/milk-homogenization/>

Όλη η διαδικασία ομογενοποίησης από τις βιομηχανίες είναι πλέον απλή και εύκολη στη χρήση με τη βοήθεια σύγχρονων μηχανημάτων που πραγματοποιούν αυτόματα όλη τη διαδικασία .

Η διαδικασία ομογενοποίησης μειώνει το μέγεθος του σφαιριδίου με το πέρασμα του υλικού υπό υψηλή πίεση μέσα από ένα μικρό στόμιο. Καθώς εισέρχεται πρώτα στη βαλβίδα, η ταχύτητα υγρού είναι περίπου 4 έως 6 m / s. Κατόπιν μετακινείται στο κενό μεταξύ της βαλβίδας και της έδρας της βαλβίδας και η ταχύτητά της αυξάνεται στα 120 m / s σε περίπου 0,2 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Το υγρό στη συνέχεια κινείται κατά μήκος της όψης της έδρας της βαλβίδας και εξέρχεται σε περίπου 50

μικροδευτερόλεπτα. Το φαινόμενο ομογενοποίησης ολοκληρώνεται πριν το υγρό εγκαταλείψει την περιοχή μεταξύ της βαλβίδας και του καθίσματος.



Εικόνα 8: Διαδικασία ομογενοποίησης

Πηγή: <http://www.horiba.com/scientific/products/particle-characterization/applications/milk-homogenization/>

Ενώ το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης των λιποκυττάρων λαμβάνει χώρα στο πρώτο στάδιο, υπάρχει μια τάση συσσώρευσης ή συσσωμάτωσης των σφαιριδίων μειωμένου λίπους. Η βαλβίδα δεύτερου σταδίου που φαίνεται επιτρέπει τον διαχωρισμό αυτών των συστάδων σε ξεχωριστά σφαιρίδια λίπους. Το δεύτερο στάδιο είναι παρόμοιο με το πρώτο στάδιο. Ο ομογενοποιητής δύο σταδίων επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της διαδικασίας ομογενοποίησης. Οι διαφορετικές ρυθμίσεις της βαλβίδας δίνουν γαλακτώματα διαφορετικού μεγέθους, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τη σταθερότητα, τη γεύση και τη διάρκεια ζωής των τελικών προϊόντων.

<http://www.horiba.com/scientific/products/particle-characterization/applications/milk-homogenization/>

Οι τρέχουσες διεργασίες ή μέθοδοι ομογενοποίησης μπορούν να χωριστούν σε τρεις (3) μεγάλες κατηγορίες,

- υπερήχων,
- πίεση, και
- Μηχανική. (Ertugay et.al.2004)

Οι μεγαλύτεροι ομογενοποιητές ρότορα-στάτορα είναι είτε κλιμακωτές εκδόσεις των εργαστηριακών μοντέλων είτε σε σειρά από ομογενοποιητές(Ertugay et.al.2004).

4.2 Ομογενοποίηση με χρήση ομογενοποιητή τύπου στροφέα-στάτορα

Ο ομογενοποιητής τύπου γεννήτριας στροφέα-στάτορα αναπτύχθηκε αρχικά για να δημιουργήσει διασπορές και γαλακτώματα, και οι περισσότεροι βιολογικοί ιστοί ομογενοποιούνται γρήγορα και πλήρως με αυτή τη συσκευή. Στο κατάλληλο μέγεθος το κυψελοειδές υλικό τραβιέται μέσα στη συσκευή από έναν ταχέως περιστρεφόμενο στροφέο (λεπίδα) τοποθετημένο μέσα σε μια στατική κεφαλή ή σωλήνα (στάτορας) που περιέχει σχισμές ή οπές. Εκεί το υλικό φυγοκεντρικά ρίχνεται προς τα έξω σε μια αντλία από τις σχισμές ή τις τρύπες. Επειδή ο ρότορας (λεπίδα) στρέφεται σε πολύ υψηλές στροφές, ο ιστός είναι γρήγορα μειωμένου μεγέθους από το συνδυασμό ακραίων αναταράξεων, σπηλαίωσης και μηχανικής διάτμησης(Salmin et.al.1997).

Η διαδικασία είναι γρήγορη και εξαρτάται από την αντοχή του στο δείγμα ιστού, τα επιθυμητά αποτελέσματα θα λαμβάνονται συνήθως σε 15-120 δευτερόλεπτα. Οι μεταβλητές που πρέπει να είναι βελτιστοποιημένες για μέγιστη απόδοση είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός και μέγεθος του ρότορα-στάτη (γεννήτρια)
- Ταχύτητα άκρου στροφέα
- Αρχικό μέγεθος δείγματος
- Ιξώδες μέσου

- Χρόνος επεξεργασίας ή ρυθμού ροής
- Όγκος μέσου και συγκέντρωση δείγματος
- Σχήμα του σκάφους και τοποθέτηση του ρότορα-στάτη

Το μέγεθος του καθετήρα στροφέα-στάτη (που ονομάζεται επίσης γεννήτρια) μπορεί να ποικίλει από τη διάμετρο ενός μολυβιού για 0.01-10 ml όγκοι δειγμάτων σε πολύ μεγαλύτερες μονάδες με χωρητικότητα μέχρι 19.000 λίτρα ή, για μονάδες on-line, με ικανότητες των 68.000 λίτρων / ώρα.

Ο αφρισμός και τα αερολύματα μπορεί να είναι ένα πρόβλημα με τους ομογενοποιητές ρότορα-στάτορα. Κρατώντας την άκρη του ομογενοποιητή καλά βυθισμένη μέσα στα μέσα ενημέρωσης και η χρήση κατάλληλα μεγέθους σκαφών βοηθά με το πρώτο πρόβλημα. Τετραγωνισμένα ή αυλακωτά δοχεία δίνουν καλύτερα αποτελέσματα από τα στρογγυλά δοχεία και είναι επίσης ευεργετικό να κρατήσουμε το βυθισμένο άκρο εκτός κέντρου. Τα αερολύματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν χρησιμοποιώντας καλυμμένα δοχεία.

Δεν υπάρχουν αερολύματα με ενσωματωμένους ομογενοποιητές. Παρόλο που σε ένα αριθμό εργαστηρίου στροφέιου-στάτη οι ομογενοποιητές χρησιμοποιούν σφραγισμένους κινητήρες, κανένα από αυτά δεν είναι πραγματικά ανθεκτικό στις εκρήξεις. Οι ομογενοποιητές ρότορα-στάτορα παράγουν ελάχιστη θερμότητα κατά τη λειτουργία και αυτό μπορεί να διαλυθεί εύκολα από ψύξη του δοχείου ομογενοποίησης σε παγωμένο νερό κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

4.3 Διαδικασία ομογενοποίησης πίεσης

Η διάσπαση του κυτταρικού τοιχώματος συμβαίνει με ένα συνδυασμό της μεγάλης πτώσης πίεσης, των πολύ εστιασμένων στροβιλώσεων, και ισχυρές δυνάμεις διάτμησης. Ο ρυθμός διάσπασης των κυττάρων είναι ανάλογος με την τρίτη δύναμη του στροβιλώδη ταχύτητα του προϊόντος που ρέει διαμέσου του καναλιού ομοιογενοποιητή, το οποίο με τη σειρά του είναι άμεσα ανάλογα με την εφαρμοζόμενη πίεση. Έτσι, όσο υψηλότερη είναι η πίεση, τόσο μεγαλύτερη είναι η αποτελεσματικότητα της διαταραχής μέσα από το μηχάνημα. Οι παράμετροι

λειτουργίας που επηρεάζουν την απόδοση των ομογενοποιητών υψηλής πίεσης έχουν ως εξής:

- Πίεση
- Θερμοκρασία
- Αριθμός περασμάτων
- Σχέδιο βαλβίδας και πρόσκρουσης
- Ροή ροής(Yuan et.al.2009)



Εικόνα 9: Ομογενοποιητές υψηλής πίεσης

Πηγή: Yuan et.al.2009

Οι ομογενοποιητές υψηλής πίεσης είναι οι καλύτεροι διαθέσιμοι μηχανισμοί για να διαταράξουν μηχανικά μη νηματώδεις μικροοργανισμούς σε μεγάλη κλίμακα. Ο ζωικός ιστός μπορεί επίσης να υποβληθεί σε επεξεργασία, αλλά ο ιστός πρέπει να είναι προεπεξεργασμένο με ένα μπλέντερ λεπίδων, ομογενοποιητή ρότορα-στάτορα ή αναδευτήρα με πετρώγια. Η υπεροχή της υψηλής πίεσης, οι ομογενοποιητές για διάσπαση μικροοργανισμών προκαλούνται τώρα από ομογενοποιητές μύλων σφαιριδίων. Οι όροι παραγωγής, τα μεγαλύτερα βιομηχανικά μοντέλα ομογενοποιητών υψηλής πίεσης αφορούν τα ελαιοτριβεία. Ο μέγιστος όγκος μικροβιακού εναιωρήματος ανά ώρα που μπορεί να αντιμετωπιστεί από τις μεγαλύτερες εμπορικές μηχανές είναι 4.500 λίτρα για ομογενοποιητές υψηλής πίεσης έναντι περίπου 1.200 λίτρων για μύλους σφαιριδίων. Ακόμα μεγαλύτερες υψηλής πίεσης είναι διαθέσιμες οι ομογενοποιητές αλλά η αποτελεσματικότητά τους στη διακοπή μικροβιακών κυττάρων δεν έχει τεκμηριωθεί. (Bosiljkov et.al.2011)

Ένας οικείος εμπορικός ομογενοποιητής υψηλής πίεσης για το εργαστήριο είναι ο γαλλικός τύπος που χρησιμοποιεί κινητήριο έμβολο μέσα σε χαλύβδινο κύλινδρο για την ανάπτυξη πιέσεων έως 40.000 psi. Δείγμα υπό πίεση αιωρήματα μέχρι 35 ml ρέουν μέσω βαλβίδας βελόνης με ρυθμό περίπου 1 ml / λεπτό. Η διαδικασία παράγει θερμότητα, το δείγμα, το έμβολο και ο κύλινδρος είναι συνήθως προψυκτικά. Τυπικές πιέσεις που χρησιμοποιούνται για τη διακοπή της ζύμης είναι 8.000 έως 10.000 psi και μπορούν να απαιτηθούν αρκετές περάσματα μέσω του πιεστηρίου για υψηλή απόδοση διαταραχής.

Γενικά, όσο υψηλότερη είναι η πίεση, τόσο λιγότερα είναι τα περάσματα. Τα κυτία πίεσης με μέγιστη τιμή 20.000 psi εισέρχονται χωρητικότητες 3.7 και 35ml και υπάρχει επίσης μια κυψέλη χωρητικότητας 35ml με ονομαστική τιμή 40.000 psi.

Οι περισσότεροι ομογενοποιητές υψηλής πίεσης που χρησιμοποιήθηκαν για ομογενοποίηση προσαρμόστηκαν από σχεδιαζόμενο εμπορικό εξοπλισμό για την παραγωγή γαλακτωμάτων και ομογενοποιήσεων στις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων. Συνδυάζουν υψηλή πίεση με βαλβίδα πρόσκρουσης. Όσοι έχουν μέγιστη πίεση 10.000 psi ρήξη περίπου το 40% των κυττάρων σε ένα μόνο πέρασμα, το 60% στο δεύτερο πέρασμα και το 85% μετά από τέσσερα περάσματα. Η ικανότητα συνεχών ομοιογενοποιητών κυμαίνεται από 55 έως 4.500 λίτρα / ώρα σε συγκεντρώσεις κυττάρων 10-17% β / ο. Με τις μηχανές μεγαλύτερης

χωρητικότητας αρκετές απαιτούνται περάσματα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Σημαντική θερμότητα μπορεί να δημιουργηθεί κατά τη λειτουργία του ενώ ο ομογενοποιητής και συνεπώς ο εναλλάκτης θερμότητας που είναι προσαρτημένος στη θύρα εξόδου είναι απαραίτητος. (Villamiel et.al.1999)

4.4 Μονοβάθμια και δυο σταδίων ομογενοποίηση

Οι ομογενοποιητές μπορεί να είναι εφοδιασμένοι με μία συσκευή ομογενοποίησης ή δύο συνδεδεμένες σε σειρά, εξ ου και η ονομασία ομογενοποίησης ενός σταδίου και η ομογενοποίηση σε δύο στάδια.

Και στην ομογενοποίηση ενός σταδίου και στην ομογενοποίηση δύο σταδίων, χρησιμοποιείται όλη η πίεση ομογενοποίησης (P1) στην πρώτη συσκευή. Στην ομογενοποίηση μίας βαθμίδας, η πλάγια πίεση (P2) δημιουργείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Σε ομογενοποίηση δύο σταδίων δημιουργείται η αντίθλιψη (P2) από το δεύτερο στάδιο. Σε αυτή την περίπτωση η αντίστροφη πίεση μπορεί να επιλεγεί για να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση ομογενοποίησης. Χρησιμοποιώντας σύγχρονες συσκευές, τα καλύτερα αποτελέσματα αποκτώνται όταν η σχέση $P2 / P1$ είναι περίπου 0,2. Το δεύτερο στάδιο μειώνει επίσης τον θόρυβο και τις δονήσεις στον σωλήνα εξόδου (Bylund, 2003).

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ομογενοποίηση ενός σταδίου για την ομογενοποίηση προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά που απαιτούν υψηλό ιξώδες (ορισμένο σχηματισμό συμπλέγματος). Η ομογενοποίηση δύο σταδίων χρησιμοποιείται κυρίως για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων ομογενοποίησης και για τη διάσπαση των συσσωματωμάτων λίπους σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά.

4.5 Η αρχή του ομογενοποιητή υπερήχων

Το φαινόμενο σπηλαιώσης είναι ότι όταν το υπερηχητικό κύμα διαδίδεται στο μέσο, η μέση απόσταση του μορίου στο υγρό ποικίλλει ανάλογα με τη δόνηση του μορίου και η σπηλαιώση εμφανίζεται όταν υπερβαίνει την κρίσιμη μοριακή απόσταση που διατηρεί το υγρό ενεργό. Το φαινόμενο σπηλαιώσης υπερήχων χωρίζεται σε 2

μορφές, σταθερή σπηλαίωση (συχνότητα 200 ~ 500kHz, ένταση ήχου <10w / cm) και παροδική σπηλαίωση (συχνότητα~100kHz, ένταση ήχου> 10w / cm). Η σπηλαίωση σε σταθερή κατάσταση συμβαίνει κάτω από τη δράση χαμηλότερης έντασης ήχου, η φυσαλίδα επεκτείνεται αργά στον μισό κύκλο αρνητικής πίεσης, αργά συρρικνώνεται στο μισό κύκλο της θετικής πίεσης αλλά δεν διασπάται και οι φυσαλίδες κάνουν περιοδικές, μη γραμμικές κινήσεις ταλάντωσης.



Εικόνα 10: Φαινόμενο σπηλαίωσης με υπερήχους

Πηγή: Letang et.al.2001

Η ζωή των φυσαλίδων στείρωσης σε σταθερή κατάσταση είναι σχετικά μεγάλη, ο βαθμός σπηλαίωσης είναι πιο μέτριος, ο αντίκτυπος στο μεσαίο μικροπεριβάλλον είναι μικρός. μεταβατική σπηλαίωση αδιαβατική συστολή στην επέκταση της στιγμιαίας, φυσαλίδες μπορεί να παράγει υψηλή θερμοκρασία και πίεση, να βλάψει την κυτταρική δομή ή τα σπασμένα κύτταρα, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η απενεργοποίηση ενζύμου.

Ο παροδικός βαθμός σπηλαίωσης είναι έντονος, ο οποίος προκαλεί το μέσο να σχηματίζει ένα πλήθος τοπικού ακραίου φυσικού και χημικού περιβάλλοντος, το οποίο έχει μεγάλη επίδραση στο μεσαίο μικροπεριβάλλον. Η παροδική σπηλαίωση επιταχύνει ορισμένες χημικές αντιδράσεις σε αυτήν την ειδική ενεργειακή μορφή και ξεκινά νέες οδούς για ορισμένες αντιδράσεις. (Letang et.al.2001)

Το σήμα ταλάντωσης υψηλής συχνότητας που εκπέμπεται από τη γεννήτρια υπερήχων, μετατρέποντας τον μετατροπέα σε μηχανική δόνηση υψηλής συχνότητας και πολλαπλασιάζοντας στο μέσο, το υπερηχητικό κύμα Biamishang προς τα εμπρός στη λύση και όταν η πίεση του ηχητικού κύματος φτάσει σε κάποια ατμοσφαιρική την πίεση, παράγει δεκάδες χιλιάδες μικροσκοπικές φυσαλίδες που σχηματίζουν και αναπτύσσονται στη ζώνη αρνητικής πίεσης όπου ο υπέρηχος μεταδίδεται κατακόρυφα και στην περιοχή θετικής πίεσης κλείνει γρήγορα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται υπερηχητικό φαινόμενο "σπηλαιώσης". Η σπηλαιώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προώθηση χημικών αντιδράσεων, σύνθλιψης υγρών αιωρούμενων στερεών, παρασκευής γαλακτωμάτων, θανάτωσης βακτηρίων ή καθαρισμού μερών. (Letang et.al.2001)

Υπέρηχοι ομοιογενείς είναι η χρήση των υπερήχων στο φαινόμενο υγρών σπηλαιώση για να επιτευχθεί ομοιόμορφη διασπορά των υλικών. Η ομοιογενής επίδραση του υπερηχητικού κύματος δεν σχετίζεται μόνο με την πυκνότητα ισχύος, αλλά και με την υπερηχητική συχνότητα και τον χρόνο υπερηχητικής επεξεργασίας. Κάτω από την κατάλληλη υπερηχητική συχνότητα, η ελάχιστη πυκνότητα δύναμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί το ιδανικό αποτέλεσμα διασποράς. (Letang et.al.2001)

4.6 Παραδείγματα που επιταχύνουν αντιδράσεις οι ομογενοποιητές υπερήχων.

Έτσι, για παράδειγμα, η αντιδραστικότητα των μετάλλων όπως το λίθιο, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος ή το αλουμίνιο μπορεί να αυξηθεί αφαιρώντας την οξειδωμένη στιβάδα από τις επιφάνειές τους με υπερηχητική έκθεση. Οι υπέρηχοι έχουν επίσης καταλυτική επίδραση στις αντιδράσεις των σκονών. Τα καταλυτικά σωματίδια γίνονται πιο λεπτά με σπηλαιώση, παράγοντας μια μεγαλύτερη επιφάνεια αντίδρασης. (Cucheval, et.al.2008).

Η καταλυτική επίδραση του κονιοποιημένου νικελίου, για παράδειγμα, αυξάνεται κατά ένα συντελεστή άνω των 100.000 όταν υποβάλλεται σε κατεργασία με υπερηχητικά κύματα. Ομογενοποιητές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για το σχηματισμό οργανομεταλλικών συμπλοκών, για την καταστροφή μεγάλων μοριακών

αλυσίδων (αποπολυμερισμός) και για την υγροποίηση σωματιδίων μετάλλου σε υγρά. Η ταχεία τοπική θέρμανση και ψύξη μέσα από την "σπηλαίωση" στα υγρά που προκαλούνται από τα υπερηχητικά στοιχεία διευκολύνει επίσης τη διάσπαση του H₂O σε εξαιρετικά δραστικές ρίζες H + και OH⁻.

Επίσης, η "πυρόλυση" από τα αλκάνια (κύρια συστατικά του αργού πετρελαίου) σε επιθυμητά μικρότερα θραύσματα (για παράδειγμα βενζίνη), που συμβαίνει συνήθως σε θερμοκρασίες άνω των 500 ° C, θα συμβεί ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου όταν χρησιμοποιούνται υπερηχητικά. (Cucheval, et.al.2008).

Ορισμένες ουσίες μπορούν να καταστραφούν επιλεκτικά, οι χρονοβόρες διαδικασίες μπορούν να απλοποιηθούν ριζικά και η απόδοση πολλών αντιδράσεων αυξάνεται. Η υπερηχητική έρευνα αποδεικνύεται έτσι ένα συναρπαστικό πεδίο που ξανά και ξανά αντιμετωπίζει ο ερευνητής με εκπληκτικά αποτελέσματα. Έτσι, για παράδειγμα, οι μακριές μοριακές αλυσίδες μπορούν να διασπαστούν με υπερηχητικές συσκευές εάν έχουν ένα αρκετά μεγάλο μοριακό βάρος. Ορισμένα μακρομόρια, ωστόσο, στην πραγματικότητα αυξάνονται σε μέγεθος και πολυπλοκότητα εάν εκτίθενται σε υπερηχητικές συσκευές (Cucheval, et.al.2008).



Εικόνα 11: Υπερηχητικές συσκευές

Κεφάλαιο 5

Ομογενοποίηση γάλακτος

5.1 Ομογενοποιημένο γάλα

Σύμφωνα με την Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών, το ομογενοποιημένο γάλα είναι το γάλα το οποίο έχει υποβληθεί σε επεξεργασία με τέτοιο τρόπο ώστε να διασπάται τα σφαιρίδια λίπους σε τέτοιο βαθμό ώστε μετά από 48 ώρες ηρεμίας να μην εμφανίζεται ορατός διαχωρισμός κρέμας στο γάλα. και το ποσοστό λίπους του γάλακτος στα κορυφαία 100 ml γάλακτος σε φιάλη τέταρτου ή αναλογικού όγκου σε δοχεία άλλων μεγεθών δεν διαφέρει περισσότερο από το 10 τοις εκατό από το ίδιο το ποσοστό λίπους του υπόλοιπου γάλακτος όπως προσδιορίζεται μετά από πλήρη ανάμειξη (De, 2001). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας σε συνεργασία με άλλους διεθνείς οργανισμούς όπως ο FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) έχουν αναδείξει ως στόχο πρωταρχικής σημασίας την μείωση του κινδύνου για την υγεία των καταναλωτών από τις τροφιμογενείς λοιμώξεις (FAO, 2009)

Η ομογενοποίηση έχει ως αποτέλεσμα το γάλα ή τα γαλακτοκομικά προϊόντα στα οποία οι λιπώδεις σφαίρες μειώνονται σε μέγεθος σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην εμφανίζεται κανένας ορατός διαχωρισμός κρέμας στο γάλα. και γευστικότητας, χωρίς να αφαιρεθούν ή να προστεθούν οποιαδήποτε συστατικά. Η ομογενοποίηση αυξάνει την λευκότητα του γάλακτος, επειδή ο μεγαλύτερος αριθμός σφαιριδίων λίπους διασκορπίζει αποτελεσματικότερα το φως. Το ομογενοποιημένο γάλα είναι λιγότερο ευαίσθητο στην οξειδωμένη γεύση και το μαλακότερο τυρόπηγμα που σχηματίζεται από αυτό όταν εισέρχεται στην πέψη βοηθά στο στομάχι (Miller et al., 2007).

5.2 Ομογενοποιητής κατά την παραγωγή γάλακτος

Γενικά, ο ομογενοποιητής τοποθετείται ανοδικά, δηλαδή πριν από το τελικό τμήμα θέρμανσης σε εναλλάκτη θερμότητας. Κατά την παραγωγή γάλακτος, ο ομογενοποιητής γενικά τοποθετείται προς τα ανάντη σε έμμεσα συστήματα

αλλά πάντοτε προς τα κάτω σε απευθείας συστήματα, δηλαδή στην άσηπτη πλευρά μετά την κατεργασία με πολύ υψηλή θερμοκρασία Ultra-high-temperature processing (UHT). Στην τελευταία περίπτωση, ο ομογενοποιητής είναι ασηπτικής σχεδίασης με ειδικές σφραγίδες εμβόλου, αποστειρωμένες. Ωστόσο, η θέση του ομογενοποιητή κατάντη συνιστάται για τα έμμεσα συστήματα Ultra-high-temperature processing

όταν πρόκειται να υποβληθούν σε επεξεργασία γαλακτοκομικά προϊόντα με περιεκτικότητα σε λιπαρά μεγαλύτερη από 6-10% ή / και με αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Ο λόγος είναι ότι με αυξημένα περιεκτικότητα σε λιπαρά και πρωτεΐνες σχηματίζονται συσσωματώματα λίπους ή / και συσσωματώματα στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες θερμικής επεξεργασίας. Αυτά τα συσσωματώματα / συσσωματώματα διασπώνται από τον ασηπτικό ομογενοποιητή που βρίσκεται κατάντι (Bylund, 2003).

5.3 Πλήρης και μερική ομογενοποίηση ροής

Η πλήρης ροή ή η ολική ομογενοποίηση είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μορφή ομογενοποίησης γάλακτος UHT και γάλακτος που προορίζεται για καλλιεργημένα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η περιεκτικότητα σε λιπαρά του γάλακτος τυποποιείται πριν από την ομογενοποίηση, όπως και η περιεκτικότητα σε στερεά-μη λιπαρά υπό ορισμένες συνθήκες, π.χ. στην παραγωγή γιαουρτιού.

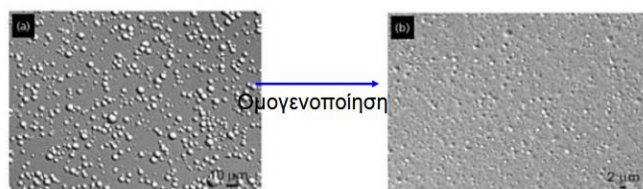
Μερική ομογενοποίηση χρησιμοποιείται για την εξοικονόμηση ενέργειας και μηχανημάτων. Το γάλα διαχωρίζεται σε αποβουτυρωμένο γάλα και κρέμα και η κρέμα ομογενοποιείται και αναμιγνύεται με το διαχωρισμένο γάλα (Walstra et al., 2006). Μερική ομογενοποίηση ροής σημαίνει ότι το κύριο σώμα αποβουτυρωμένου γάλακτος δεν ομογενοποιείται, αλλά μόνο η κρέμα μαζί με ένα μικρό ποσοστό αποβουτυρωμένου γάλακτος. Αυτή η μορφή ομογενοποίησης εφαρμόζεται κυρίως στο παστεριωμένο γάλα της αγοράς. Ο βασικός λόγος είναι να μειωθούν τα λειτουργικά κόστη (Bylund, 2003).

5.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ομογενοποίηση του γάλακτος

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ομογενοποίηση του γάλακτος έχουν ως εξής:

1. Θερμοκρασία ομογενοποίησης: Το γάλα θα πρέπει, κατά τη στιγμή της ομογενοποίησης, να βρίσκεται σε θερμοκρασία πάνω από το σημείο τήξης του λίπους, δηλαδή πάνω από 330C. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το λίπος πρέπει να είναι σε υγρή κατάσταση για σωστή υποδιαίρεση. Η λιπάση του ενζύμου πρέπει να απενεργοποιηθεί, κατά προτίμηση πριν από την ομογενοποίηση ή αμέσως μετά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με θέρμανση του γάλακτος σε θερμοκρασία 550C. Κατά την συνήθη πρακτική, το γάλα θερμαίνεται στους 65-700 ° C για ομογενοποίηση. Η επικίνδυνη ζώνη για τη δραστηριότητα λιπάσης, δηλαδή τη θερμοκρασία 38-490 ° C, θα πρέπει να αποφεύγεται κατά τη διάρκεια ή μετά την ομογενοποίηση (De, 2001).

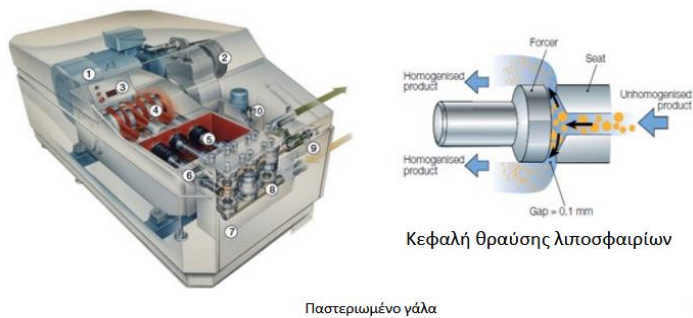
2. Πίεση ομογενοποίησης: Σε ένα μόνο στάδιο, έως και 6 τοις εκατό γάλα σε λιπαρά, αρκεί συνήθως η πίεση 2000-2500 psi. Υψηλότερες πιέσεις μπορεί να αυξήσουν την τάση του γάλακτος να κυρτωθεί όταν ψηθεί, λόγω της αυξημένης αποσταθεροποιητικής επίδρασης στις πρωτεΐνες του γάλακτος. Για τα υγρά προϊόντα με λίπος άνω του 6 τοις εκατό απαιτείται ομογενοποίηση δύο σταδίων για την αποφυγή συσσώρευσης λίπους: 2000 psi στο πρώτο στάδιο και 500 psi στο δεύτερο στάδιο (De, 2001).



Εικόνα 12: Ομογενοποίηση

Πηγή: De, 2001

Κατά τη διαδικασία αυτή ελατώνεται η ταχύτητα ανόδου των λιποσφαιρίων στην επιφάνεια



Παστερωμένο γάλα

32

Εικόνα 13: Θραύση λιποσφαιρίων

Πηγή: De, 2001

Το γάλα οδηγείται με πολύ μεγάλη πίεση στην κεφαλή εξόδου με αποτέλεσμα να υπάρχει θραύση στα λιποσφαίρια

5.5 Επίδραση της ομογενοποίησης στο γάλα

Η επίδραση της ομογενοποίησης στη φυσική δομή του γάλακτος έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Μικρότερα σφαιρίδια λίπους που οδηγούν σε λιγότερους σχηματισμούς κρέμας γραμμής
- Λευκό και πιο ορεκτικό χρώμα
- Μειωμένη ευαισθησία στην οξείδωση του λίπους
- Μεγαλύτερη γεύση και καλύτερη αίσθηση στο στόμα
- Καλύτερη σταθερότητα των καλλιεργούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων
- Δεν σχηματίζεται στρώμα / βύσμα κρέμας
- Παράγει μαλακό τυρόπηγμα και είναι καλύτερα αφομοιωμένο. συνιστάται για τη διατροφή των παιδιών

Ωστόσο, η ομογενοποίηση έχει επίσης ορισμένα μειονεκτήματα:

- Αυξημένο κόστος παραγωγής
- Η αυξημένη ευαισθησία στο φως επηρεάζει, οδηγώντας σε ελαττώματα γεύσης όπως "ταραγμένο", "σαπουνισμένο" ή "οξειδωμένο".
- Το γάλα μπορεί να είναι λιγότερο κατάλληλο για την παραγωγή ημίσκληρων ή σκληρών τυριών, επειδή το πήγμα θα είναι πολύ μαλακό και δύσκολο να αποξηρανθεί.
- Το ακατέργαστο γάλα είναι ακατάλληλο για ομογενοποίηση καθώς η γεύση επιδεινώνεται γρήγορα λόγω της δράσης λιπάσης.

Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας τη παρούσα εργασία και έχοντας κάνει διεξοδική ανάπτυξη στο θέμα, συμπεραίνεται όπως αναφέρθηκε και στη θεωρία ότι το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα ελαίου σε νερό, με τα σφαιρίδια λίπους διασκορπισμένα σε μια συνεχή φάση αποβουτυρωμένου γάλακτος. Η διαδικασία της ομογενοποίησης αποτελεί μηχανική κατεργασία των λιπιδίων στο γάλα που προκαλείται από το πέρασμα του γάλακτος υπό υψηλή πίεση μέσω από μικροσκοπικό στόμιο, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης διαμέτρου και την αύξηση του αριθμού και της επιφάνειας στα σφαιρίδια λίπους. Το καθαρό αποτέλεσμα, από πρακτική άποψη, είναι μια πολύ μειωμένη τάση για τη δημιουργία κρέμας των λιπαρών σφαιριδίων.

Η ομογενοποίηση είναι μια πολύ σπουδαία διαδικασία η οποία επιτυγχάνεται με μια μηχανική συσκευή που ονομάζεται ομογενοποιητής. Μία από τις παλαιότερες εφαρμογές ομογενοποίησης είναι η επεξεργασία γάλακτος. Προβλέπεται κανονικά η «τυποποίηση» (η ανάμιξη πολλών διαφορετικών αγελών αρμέγματος ή / και γαλακτοκομικών προϊόντων για την παραγωγή πιο συνεκτικού νωπού γάλακτος πριν από την επεξεργασία και για την πρόληψη, μείωση και καθυστέρηση του φυσικού διαχωρισμού της κρέμας από το υπόλοιπο γαλάκτωμα). Το λίπος στο γάλα διαχωρίζεται συνήθως από το νερό και συλλέγεται στην κορυφή. Η ομογενοποίηση γάλακτος επιτυγχάνεται με ανάμιξη τεράστιων ποσοτήτων γάλακτος που συλλέγεται για να δημιουργηθεί μια σταθερά, στη συνέχεια αναγκάζοντας το γάλα σε υψηλή πίεση μέσω μικρές τρύπες. Ακόμη μία άλλη μέθοδος ομογενοποίησης χρησιμοποιεί εξωθητήρες, σφυρηλάτες ή κολλοειδή μύλους για να αλέθουν (αλέθουν) στερεά. Η ομογενοποίηση του γάλακτος είναι ένα βασικό εργαλείο της βιομηχανίας τροφίμων γάλακτος για την πρόληψη της δημιουργίας διαφόρων επιπέδων συγκέντρωσης γεύσης και λίπους.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην αυξημένη αυτή σταθερότητα του ομογενοποιημένου γάλακτος είναι η μείωση της μέσης διαμέτρου του γάλακτος (παράγοντες του νόμου Stokes), η μείωση της κατανομής μεγέθους των λιπιδίων

σφαιριδίων (προκαλώντας την ταχύτητα του να είναι παρόμοια για την πλειοψηφία των σφαιριών έτσι ώστε να μην τείνουν να συσσωρεύονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ομογενοποιήσεως)

Οι ομογενοποιητές υπερήχων καλύπτουν την πλήρη παραγωγική ικανότητα της παραγωγής γάλακτος σόγιας, οδηγούν σε βελτιστοποιημένη συντήρηση και επιτρέπουν τη λειτουργική ευελιξία της γραμμής παραγωγής. Οι ομογενοποιητές in-line με υπερήχους μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στους στόχους παραγωγής επιτρέποντας την παραγωγή διαφόρων προφίλ γεύσης (π.χ. beany, non-beany) και της λειτουργικότητας του προϊόντος με απλή αλλαγή των παραμέτρων διεργασίας

Ο υπέρηχος υψηλού πλάτους έχει πολύ καλό αποτέλεσμα ομογενοποίησης σε σύγκριση με την συμβατική ομογενοποίηση. Μεγαλύτεροι χρόνοι έκθεσης βελτίωσαν την επίδραση ομογενοποίησης υπερήχων.

Ομογενοποίηση όπως αναφέρθηκε είναι οποιαδήποτε από τις πολλές διεργασίες που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί ένα μίγμα από δύο αμοιβαία μη διαλυτά υγρά το ίδιο σε όλη. Αυτό επιτυγχάνεται μετατρέποντας ένα από τα υγρά σε κατάσταση που αποτελείται από εξαιρετικά μικρά σωματίδια κατανεμημένα ομοιόμορφα σε όλο το άλλο υγρό. Η ομογενοποίηση από την άλλη, αφορά τη διαδικασία μετατροπής δύο μη αναμίξιμων υγρών (δηλαδή υγρών που δεν είναι διαλυτά σε όλες τις αναλογίες σε ένα άλλο) σε ένα γαλάκτωμα. Μερικές φορές διακρίνονται δύο τύποι ομογενοποίησης: πρωταρχική ομογενοποίηση, όταν το γαλάκτωμα δημιουργείται απευθείας από ξεχωριστά υγρά, και δευτερογενής ομογενοποίηση, όταν το γαλάκτωμα δημιουργείται με τη μείωση του μεγέθους των σταγονιδίων σε ένα υπάρχον γαλάκτωμα.

Η ομογενοποίηση με υπερήχους και η παστερίωση προσφέρει τα πλεονεκτήματα ενός υγιεινού γάλακτος σόγιας με υψηλές θρεπτικές τιμές και σταθερές ιδιότητες, καθώς και υψηλή μηχανική και μικροβιολογική σταθερότητα. Ο κύριος στόχος της ομογενοποίησης είναι η διάσπαση των μεγάλων σφαιριδίων λίπους και η δημιουργία ενός σταθερού γαλακτώματος που έχει αυξημένη διάρκεια ζωής, καλύτερη γεύση και βελτιωμένη αίσθηση στο στόμα..

Η υπερηχητική γαλακτωματοποίηση έχει ως αποτέλεσμα ένα αυτοδύναμο φυτικό γάλα, ενώ η υπερηχητική συντήρηση και η απενεργοποίηση των μικροοργανισμών

εξασφαλίζει τη μικροβιακή σταθερότητα. Εκτός από τις βελτιώσεις των θρεπτικών τιμών, της σταθερότητας και της γεύσης, η υπερήχηση πείθει με την ενεργειακή και χρονική αποτελεσματικότητά της. Σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους, η υπερηχητική επεξεργασία είναι λιγότερο καταναλώσιμη ενέργεια και πιο αποδοτική από πλευράς χρόνου.

Για τους χρήστες μηχανημάτων που έχουν μεγαλύτερο προϋπολογισμό κεφαλαίου, υπάρχουν συστήματα μεγάλης ακρίβειας όπως το LA-960 που θα παρέχουν ακόμα περισσότερα δεδομένα στις μικρότερες περιοχές μεγέθους όπου παρατηρούνται οι πρωτεΐνες επιπρόσθετα από την παρακολούθηση της μείωσης του μεγέθους των σφαιριδίων λίπους στο μεγάλο εύρος μεγέθους.

Πρόκειται για μια διαδικασία πολύ ενδιαφέρουσα και χρήσιμη στη καθημερινότητα η οποία με το πέρασμα των χρόνων έχει τελειοποιηθεί με τη βοήθεια της τεχνολογίας μέσα από μηχανήματα ακριβείας τα οποία με το κατάλληλο χειρισμό δίνουν το πιο άριστο αποτέλεσμα, διατηρώντας ικανοποιημένους τους καταναλωτές αλλά και όλους όσοι συμμετέχουν σε αυτή τη διαδικασία.

Βιβλιογραφία

- Ahmad T (2012). Homogenization-Centrifugation. In: Dairy Plant Engineering and Management. 10th chapter. 8th Edn. Kitab Mahal, Allahabad, India. pp. 237-247.
- Bosiljkov T. , B., Tripalo , M., Brni, M.,D., Ježek, S., Karlovi and I., Jaguš. Influence of high in-density ultrasound with different probe diameter on the degree of homogenization(variance) and physical properties of cow milk. African Journal of Biotechnology, 10: 34-41. 2011.
- Bureau of Indian Standards (1981). Hand book of Food Analysis. Part XI, Dairy Products. Manak Bhawan-9, Bahadur shah Jafar Marg, New Delhi, India. p. 115.
- Bylund G (2003). Homogenizers. In: Dairy Processing Handbook. Chapter 6.3. Teknotext AB (Ed.) Tetra Pak Processing Systems ABS-221 86 Lund, Sweden. pp. 115-122.
- Bylund G (2003a). Pasteurized Milk Products. In: Dairy Processing Handbook. Chapter 8. Teknotext AB (Ed.) Tetra Pak Processing Systems ABS-221 86 Lund, Sweden. p217.
- Cucheval, A. and R.C.Y. Chow. A study on the emulsification of oil by power ultrasound. Ultrasonics Sonochemistry, 15: 916–920. 2008.
- De S (2001). Special Milks. In: Outlines of Technology. 1st Ed., Oxford University Press- New Delhi. pp 93-97.
- Dhankhar P. (2014). Homogenization Fundamentals. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), Vol. 04, Issue 05
- Ertugay M.F., M., Şengul and Me., Şengul. Effect of ultrasound treatment on milk homogenization and particle size distribution of fat. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences , 28:303-208. 2004

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2009), The state of world fisheries and aquaculture 2008. ISSN 1020-5489, Rome, Italy. P. 196.
- <http://www.horiba.com/scientific/products/particle-characterization/applications/milk-homogenization/>
- <http://www.mgnewell.com/wp-content/uploads/2016/05/Homogenizer-Overview.pdf>
- Khan, A., Talegaonkar, S., Iqbal, Z., Ahmed, F., Khar, R. (2006). Multiple emulsions: An overview. *Current drug delivery*. **3** (4): 429–43.
- Lamba H., Sathish K., Sabikhi L.. (2015). Double emulsions: emerging delivery system for plant bioactives. *Food and Bioprocess Technology*, **8** (4), pp. 709-728
- Letang C. , M. Piau , C. Verdier and L. Lefebure. Characterization of wheat-flour-water doughs: A new method using ultrasound. *Ultrasonics*, **39**: 133-141. 2001.
- Matalanis A., Decker E.A. (2012). Inhibition of lipid oxidation by encapsulation of emulsion droplets within hydrogel microspheres. *Food Chemistry*, **132** (2), pp. 766-772
- Mc Clements D.J. (1999). *Food Emulsions, Principles, Practice and Techniques* by CRC, Press LLC, 2-7, 11-15, 84- 86, 111-115, 299-301.
- Miller G D, Jarvis J K and McBean L D (2007). The Importance of Milk and Milk Products in the Diet. In: *Hand book of Dairy Foods and Nutrition*. 3rd Edn. Chapter 1. National Dairy Council. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton London New York. p. 21.
- Patel H G (1999) Process standardization for manufacture of Basundi. Pd.D., Thesis. S M C College of Dairy Science, Anand Agricultural University, Anand, Gujarat, India.

- Salmin O. , N. P. N. Salmin and D. A. Solyankin. The patent of the Russian Federation 2104636 Milk 6 A01J11/16 The way of the production of high-fat milk products and the devices of its realization, appl. 26.04.96, publ. 21.01. 1997.
- Trout G M (1950). Homogenized Milk. A Review and Guide, Michigan State College Press, Michigan.
- Villamiel M., E. H. Hamersveld and P. De.Van Jong. Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products. *Milchwissenschaft*, 54: 69-73. 1999.
- Walstra P, Wouters J T M and Geurts T J (2006). Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Second Edn. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton London New York. p. 279
- YuanY., Y. Hu, T. Yue, T. Chen and Y. Martinlo. Effect of ultrasonic treatments on thermo acidophilic *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 370–383. 2009.