



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΡΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΔΙΒΑΘΜΙΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΗ
ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΤΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.**

ΚΑΡΑΛΕΥΘΕΡΗ ΜΑΡΙΑ-ΚΟΥΛΟΥΡΗ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

Αριστοποίηση συνθηκών λειτουργίας διβάθμιου
βιομηχανικού ομογενοποιητή πίεσης και
ομογενοποιητή υπερήχων.

Καραλευθέρη Μαρία – Κουλούρη Θεοδώρα

Υποβολή Πτυχιακής Διατριβής που αποτελεί μέρος των
απαιτήσεων για την απονομή Πτυχίου του Τμήματος
Τεχνολογίας Τροφίμων του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Εισηγητής Καθηγητής:
Κούρτης Γρηγόριος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στους καθηγητές της σχολής, κ. Κούρτη Γρηγόριο, κ. Πετρίδη Δημήτριο και κ. Ρητζούλη Χρήστο για την αμέριστη συμπαράστασή τους σε κάθε βήμα της εργασίας αυτής. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κα. Καπετάνου Άννα Ε.Τ.Π του βιομηχανικού εργαστηρίου για τον εργαστηριακό εξοπλισμό που μας διέθεσε.

Αριστοποίηση συνθηκών λειτουργίας διβάθμιου βιομηχανικού ομογενοποιητή πίεσης και ομογενοποιητή υπερήχων.

Καραλευθέρη Μαρία – Κουλούρη Θεοδώρα

ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων &
Διατροφής Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη
Τ.Θ 141

Περίληψη

Χρησιμοποιήθηκαν ο εργαστηριακός ομογενοποιητής υπερήχων (dr.Hieschler GmbH, τύπος UP50H/UP100H) και ο διβάθμιος βιομηχανικός ομογενοποιητής πίεσης (Matterson limited, Hearlyworks, τύπος DBH12/UX2) με στόχο την αριστοποίηση συνθηκών λειτουργίας των μηχανημάτων για γαλακτώματα λαδιού – νερού με γαλακτωματοποιητή Cremophor A25, ως προς το μέγεθος των σφαιριδίων.

Για την παρασκευή των γαλακτωμάτων στο διβάθμιο βιομηχανικό ομογενοποιητή πίεσης χρησιμοποιήθηκαν πιέσεις 80, 100, 120 και 140 kg/cm² και πάρθηκαν 10 δείγματα από κάθε συνθήκη. Στον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων χρησιμοποιήθηκαν τα εύρη σε συγκεκριμένους χρόνους, εύρος 20% για χρόνο ανάμειξης 120 sec., εύρος 40% για 120 sec., 140 sec. και 160 sec., εύρος 60% για 140 sec. και 260 sec., εύρος 80% για 220 sec., από τα οποία πάρθηκαν 10 δείγματα για την κάθε συνθήκη. Ο έλεγχος του μεγέθους των σφαιριδίων του λαδιού στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με την συσκευή Mastersizer 2000. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή των 95% ορίων εμπιστοσύνης του μέσου όρου, με την εφαρμογή (Interval Plot) του στατιστικού προγράμματος MINITAB 15.

Μετά από σύγκριση των μετρήσεων του μέσου όρου της διαμέτρου των σφαιριδίων λαδιού-νερού σε γαλακτώματα λαδιού-νερού στον διβάθμιο βιομηχανικό ομογενοποιητή πίεσης και στον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων και μετά από στατιστική μελέτη, βρέθηκαν όμοια αποτελέσματα στις συνθήκες, για πίεση 100 kg/cm² κοινά αποτελέσματα βρέθηκαν με το εύρος 40% και για χρόνο ανάμειξης 160sec, και στην πίεση 120 kg/cm² με το εύρος 60% σε δύο χρόνους 140 και 260 sec.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ
Περίληψη.....	1
Περιεχόμενα.....	2
Εισαγωγή.....	4
Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	5
2.1 Ορισμός γαλακτωμάτων.....	5
2.2 Κατανομή μεγέθους μορίων γαλακτωμάτων τροφίμων.....	6
2.3 Γαλακτωματοποιητές.....	7
2.3.1 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες γαλακτωματοποιητών.....	8
2.4 Συσκευή μέτρησης μεγέθους σφαιριδίων Mastersizer 2000....	10
2.5 Ομογενοποιητής πίεσης δύο σταδίων.....	12
2.5.1 Περιγραφή της συσκευής.....	12
2.5.2 Λειτουργία της συσκευής.....	12
2.6 Ομογενοποιητής υπερήχων.....	13
2.6.1 Περιγραφή της συσκευής.....	13
2.6.2 Λειτουργία της συσκευής.....	14
3. Σκοπός της εργασίας.....	14
4. Πειραματικά δεδομένα.....	15
4.1 Υλικά και μέθοδοι.....	15
4.1.1 Αντιδραστήρια.....	15

4.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός-Μηχανήματα.....	15
4.2 Προετοιμασία – διάλυση γαλακτωματοποιητή.....	16
4.2.1 Προετοιμασία προγαλακτώματος για τον διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης.....	16
4.2.2 Παρασκευή προγαλακτώματος για τον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων.....	17
4.2.3 Παρασκευή γαλακτωμάτων με τον διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης.....	17
4.2.4 Παρασκευή γαλακτωμάτων με τον ομογενοποιητή υπερήχων.....	18
4.2.5 Μέτρηση μεγέθους σφαιριδίων γαλακτωμάτων με την συσκευή Mastersizer 2000.....	18
4.3 Μέθοδος στατιστικής επεξεργασίας.....	19
4.4 Αποτελέσματα της διαμέτρου των σφαιριδίων σύμφωνα με το Mastersizer 2000.....	20
4.4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	20
5. Αποτελέσματα για συζήτηση.....	25
6. Συμπεράσματα.....	27
7. Πρόταση.....	28
8. Βιβλιογραφία.....	29

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα γαλακτώματα τροφίμων είναι σύνθετα υλικά που περιέχουν μια ευρεία ποικιλία διαφορετικών χημικών συστατικών (McClements 1999). Η σύνθεση ενός γαλακτώματος μπορεί να καθοριστεί με ποικίλους διαφορετικούς τρόπους, συγκεντρώσεις συγκεκριμένων ατόμων (π.χ. H, C, O, N, Na, Mg, Cl), συγκεντρώσεις συγκεκριμένων μορίων (π.χ. νερό, σακχαρόζη, αμυλόζη), συγκεντρώσεις ομάδων μορίων (π.χ. πρωτεΐνες, λιπίδια, υδατάνθρακες, μεταλλικά στοιχεία) και συγκεντρώσεις συγκεκριμένων συστατικών (π.χ. αλεύρι, γάλα, αλάτι, αυγό).

Τα συστατικά σε ένα γαλάκτωμα τροφίμων αλληλεπιδρούν το ένα με το άλλο είτε φυσικά είτε χημικά, για να καθορίσουν τις γενικές φυσικοχημικές και οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Η αποδοτική παραγωγή των υψηλής ποιότητας γαλακτωμάτων τροφίμων εξαρτάται από την γνώση της συμβολής του κάθε μεμονωμένου συστατικού στις γενικές ιδιότητες και επηρεάζεται από την παρουσία των άλλων συστατικών. Η επιλογή των πιο κατάλληλων συστατικών είναι μια από τις σημαντικότερες αποφάσεις που ένας παρασκευαστής τροφίμων πρέπει να λάβει κατά την διάρκεια της σχεδίασης και της παραγωγής τροφίμων. Τα συστατικά πρέπει να παρουσιάζουν τις επιθυμητές λειτουργικές ιδιότητες, να είναι υψηλών προδιαγραφών, χαμηλού κόστους και επαρκούς διαθεσιμότητας στο εμπόριο.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Ορισμός γαλακτώματων:

Τα γαλακτώματα είναι κολλοειδή συστήματα διασποράς, τα οποία προκύπτουν από την ανάμιξη δύο μη αλληλοδιαλυόμενων υγρών από τα οποία το ένα βρίσκεται διεσπαρμένο σε μορφή μικρότατων σφαιριδίων (ασυνεχής φάση) σε όλη τη μάζα του άλλου υγρού (συνεχής φάση). Έτσι εάν λάδι και νερό αναταραχθούν ισχυρά, τα δύο υγρά διασπείρονται το ένα στην μάζα του άλλου, με αποτέλεσμα την δημιουργία γαλακτώματος το οποίο καλείται *γαλάκτωμα λαδιού σε νερό (O/W)* (π.χ. γαλακτώματων μαγιονέζα, γάλα, κρέμα κτλ). Ένα τέτοιο γαλάκτωμα δεν είναι σταθερό γιατί τα σταγονίδια της ασυνεχούς φάσης με την επιφανειακή τους τάση τείνουν να συσσωματωθούν με αποτέλεσμα την καταστροφή του γαλακτώματος και των διαχωρισμό των δύο φάσεων (Λάγουρη, 2004)

Η εμφάνιση ενός γαλακτώματος εξαρτάται από τη διάμετρο των σφαιριδίων. Εάν η διάμετρος είναι μεταξύ 0,15 και 100 μm , τότε το γαλάκτωμα έχει εμφάνιση θολή- γαλακτώδη. Σε αντίθεση, τα μικρογαλακτώματα (διάμετρος: 0,0015- 0,15 μm) είναι διαφανή και σημαντικά πιο σταθερά γιατί ο ρυθμός κατακάθισης εξαρτάται από την διάμετρο των σφαιριδίων (Belitz et al, 2006).

Η συγκέντρωση των σφαιριδίων σε ένα γαλάκτωμα περιγράφεται με καμπύλη κατανομής ανάλογα με την κατ' όγκον περιεκτικότητα και ανάλογα με το μέγεθός τους. Η διαδικασία της μείωσης του μεγέθους των σταγονιδίων σε ένα προϋπάρχον γαλάκτωμα είναι γνωστή ως ομογενοποίηση. Στην βιομηχανία τροφίμων η μέθοδος

αυτή συνήθως χρησιμοποιεί τις μηχανικές συσκευές γνωστές ως ομογενοποιητές οι οποίες υποβάλλουν τα υγρά σε έντονη μηχανική αναταραχή με εφαρμογή πίεσης. (McClements, 1999)

Τα πραγματικά γαλακτώματα περιέχουν μια ευρεία σειρά από μεγέθη σταγονιδίων (δηλαδή πολυδιασπορά) χαρακτηριστικά κυμαινόμενα από περίπου ένα δέκατο ως μερικές δεκάδες μικρόμετρα. Το εύρος των μεγεθών των σφαιριδίων μπορεί να αντιπροσωπευθεί ως μια κατανομή μεγέθους σφαιριδίων στην οποία το ποσοστό του όγκου της διεσπαρμένης φάσης (ή εμβαδό, μήκος ή αριθμός σωματιδίων) μέσα σε μια δεδομένη σειρά εύρους εκφράζεται ως ιστόγραμμα. Πολύ συχνά το ιστόγραμμα αντικαθίσταται με ένα διάγραμμα διασποράς όταν ο αριθμός εύρους μεγέθους είναι μεγάλος. Η διάκριση μεταξύ των διανομών όγκου, εμβαδού, μήκους και αριθμού είναι σημαντική και κάθε ένα προσφέρει στις ιδιότητες του γαλακτώματος. (Coupland, 2007)

2.2 Κατανομή μεγέθους μορίων γαλακτωμάτων τροφίμων

Πολλές από τις σημαντικότερες ιδιότητες των τροφίμων βασισμένα σε γαλακτώματα (π.χ εμφάνιση, σύσταση και γεύση) καθορίζονται από το μέγεθος των σφαιριδίων που περιέχουν (McClements 1999).

Συνεπώς, είναι σημαντικό για τους επιστήμονες τροφίμων να είναι ικανοί να ελέγχουν αξιόπιστα, να προβλέπουν, να μετρούν και να αναφέρουν το μέγεθος των σφαιριδίων στα γαλακτώματα.

Εάν όλα τα σφαιρίδια σε ένα γαλάκτωμα είναι του ίδιου μεγέθους τότε αυτό καλείται **μονοδιάστατο**, ενώ εάν υπάρχει ποικιλία μεγέθους, το γαλάκτωμα αναφέρεται ως **πολυδιάστατο**. Το μέγεθος των σφαιριδίων σε ένα μονοδιάστατο γαλάκτωμα μπορεί να

χαρακτηριστεί εντελώς από μία ιδιότητα, όπως η διάμετρος (**d**) ή η ακτίνα (**r**). Μονοδιάστατα γαλακτώματα χρησιμοποιούνται για σπουδαίες μελέτες επειδή η ερμηνεία των πειραματικών μετρήσεων είναι πολύ απλούστερη από αυτή των πολυδιάστατων γαλακτωμάτων. Εντούτοις τα γαλακτώματα τροφίμων περιέχουν πάντα μια ποικιλία των μεγεθών των σφαιριδίων και έτσι η μέτρηση του μεγέθους τους είναι πιο πολύπλοκη από αυτή των μονοδιάστατων συστημάτων. Παρόλα αυτά, σε πολλές καταστάσεις, η γνώση του μέσου μεγέθους των σφαιριδίων και το εύρος της κατανομής μεγέθους είναι επαρκής (McClements 1999).

2.3 Γαλακτωματοποιητές

Είναι ουσίες των οποίων το μόριο περιέχει μία υδρόφοβη (μη πολική) και μία υδρόφιλη (πολική) ομάδα. Η προσθήκη ενός γαλακτωματοποιητή αποβλέπει στην σταθεροποίηση του γαλακτώματος με τον σχηματισμό ενός προστατευτικού υμενίου γύρω από τα αιωρούμενα σφαιρίδιά του σε διασπορά υγρού, που θα παρεμπόδιζε την συσσωμάτωσή τους. Έτσι κατά την ανατάραξη λαδιού με περίσσεια νερού, παρουσία ενός τέτοιου γαλακτωματοποιητή, το μη πολικό τμήμα των μορίων του θα προσανατολιστεί προς τα σφαιρίδια του λαδιού, ενώ το πολικό τμήμα του θα στραφεί προς την υδατική φάση. Το αποτέλεσμα είναι τα σφαιρίδια του νερού να περιληφθούν από ένα ηλεκτρικά φορτισμένο υμένιο που εμποδίζει την συσσωμάτωσή τους. Έτσι σταθεροποιείται το γαλάκτωμα. Οι γαλακτωματοποιητές παρασκευάζονται είτε από βιολογικά υλικά (γάλα, κρέας, αυγό) ή συντίθενται από λιπαρά οξέα και παράγωγά τους. (Λάγουρη 2004)

Κάθε γαλακτωματοποιητής μπορεί να διασπείρει μια συγκεκριμένη ποσότητα εσωτερικής φάσης, δηλαδή έχει καθορισμένη δυναμικότητα. Όταν φτάσει στο όριο της δυναμικότητας, περαιτέρω προσθήκη εξωτερικής φάσης καταστρέφει το γαλάκτωμα. Η δυναμικότητα και άλλες σχετικές παράμετροι διαφέρουν για κάθε γαλακτωματοποιητή και μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια κάτω από τυποποιημένες συνθήκες. Η χρήση των γαλακτωματοποιητών καθορίζεται σύμφωνα με το νομικό καθεστώς κάθε χώρας. (Belitz et al, 2006)

Στη Βιομηχανία Τροφίμων οι πιο κοινοί γαλακτωματοποιητές που χρησιμοποιούνται είναι αμφίφυλες πρωτεΐνες και φωσφολιπίδια. Τα συστατικά αυτά χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το ιξώδες της συνεχούς φάσης των γαλακτωμάτων και ενισχύουν την σταθερότητα τους με την επιβράδυνση της κίνησης των σφαιριδίων. Για την αύξηση του ιξώδους της σταθερής φάσης των γαλακτωμάτων χρησιμοποιούνται οι πολυσακχαρίτες σαν γαλακτωματοποιητές. (McClements, 1999)

2.3.1 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες γαλακτωματοποιητών

- Χημική φύση: οι μη ιοντικοί γαλακτωματοποιητές παρασκευάζονται με την αντίδραση υψηλά κορεσμένων αλκοολών με οξείδιο αιθυλενίου.
- Διαλυτότητα και δυνατότητα ανάμιξης: Τις κολλοειδείς ή τις πλήρεις διαλύσεις στο νερό και στην αλκοόλη τις διαμορφώνουν οι βαθμοί Cremophor. Οι γαλακτωματοποιητές είναι διαλυτοί στα φυτικά και στα ανόργανα λίπη και έλαια ενώ είναι αναμίξιμοι με ανόργανα

φυτικά και συνθετικά λίπη και έλαια, αλκοόλες, λιπαρά οξέα, μονοεστερικά, διεστερικά και πολυεθυενογλυκόλες.

- Σταθερότητα γαλακτοματοποιητών παρουσία ηλεκτρολυτών: τα υδατικά διαλύματα των βαθμών Cremophor είναι κατά ένα μεγάλο μέρος σταθερά στα οξέα, τις βάσεις και τα άλατα. Η παρουσία των ηλεκτρολυτών δεν επηρεάζει την δύναμη γαλακτωματοποίησης τους.
- Συντήρηση: ανάλογα με τα συστατικά και τους όρους παραγωγής μερικές φορές μπορεί να είναι απαραίτητο να προστεθεί ένα συντηρητικό στην παραγωγή του γαλακτοματοποιητή υπό ορισμένες συνθήκες.
- Εφαρμογές: μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή γαλακτώματος λάδι σε νερό. Λόγων των υδροφοβικών ενεργών συστατικών αποδίδουν μεγάλη σταθερότητα σε γαλακτώματα του τύπου λάδι σε νερό. Επίσης είναι πολύ αποτελεσματικοί σε κολλοειδή γιατί αυξάνουν την σταθερότητα των διασκορπισμένων συστημάτων. Όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις της τάξης του 21-30% διαμορφώνει πηκτές υπό την μορφή ένυδρων αλοιφών. Ο γαλακτοματοποιητής ή το μίγμα των γαλακτοματοποιητών αναμιγνύονται στους 70-80°C μαζί με τα έλαια και τα λίπη και τα λιπόφοβα συστατικά. Επίσης στην ίδια θερμοκρασία θερμαίνονται η υδατική φάση και όλα τα υδατοδιαλυτά συστατικά. Η υδατική φάση προστίθεται αργά στη λιπαρή φάση με συνεχή ανάδευση.
- Συνθήκες γαλακτωματοποίησης : ο χρόνος και η θερμοκρασία για την ομογενοποίηση εξαρτώνται από τον τύπο του γαλακτώματος, την σταθερότητα του και των συστατικών του. Το εύρος των

συγκεντρώσεων που συνήθως χρησιμοποιείται είναι από 1-8%. (McClements, 1999)

2.4 Συσκευή μέτρησης μεγέθους σφαιριδίων Mastersizer 2000

Η συσκευή είναι βασισμένη στην διάθλαση του φωτός. Φως από ένα λέιζερ ηλίου-νέον (He-Ne) χαμηλής έντασης χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει μία ευθύγραμμη μονοχρωματική (κόκκινη) ακτίνα φωτός που είναι η ακτίνα ανάλυσης. Η συσκευή έχει επίσης μία πηγή μπλε φωτός. Το μικρότερο μήκος κύματος του μπλε φωτός επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια σε μικρή διακύμανση. Το δείγμα από την δεξαμενή μεταφέρεται σε μια δειγματική κυψελίδα μέσω μιας αντλίας και εκεί εξετάζεται με τις ακτίνες λέιζερ. Η συνισταμένη του διαθλώμενου φωτός προσπίπτει στους φακούς ανίχνευσης. Οι φακοί ανίχνευσης λειτουργούν ως ένας Fourier φακός μεταβολής που μετατρέπουν τα μακρινά πεδία πρότυπης διάθλασης του διαθλώμενου φωτός στο εστιακό του επίπεδο. (Markovic, 2003)

Ένας ανιχνευτής στην μορφή ομόκεντρων δακτυλίων συγκεντρώνει το διαθλώμενο φως σε μία ποικιλία σταθερών γωνιών της διάθλασης. Όταν ένα σφαιρίδιο βρίσκεται στον αναλυτή ακτίνας το πρότυπο διάθλασής του είναι στατικό και επικεντρωμένο στον οπτικό άξονα της εμβέλειας των φακών. Το μη διαθλώμενο φως επίσης συγκεντρώνεται πάνω σε ένα άνοιγμα του ανιχνευτή. Η ολική ενέργεια του λέιζερ που βγαίνει από το οπτικό σύστημα μέσω αυτού του ανοίγματος δίνουν την δυνατότητα για την μέτρηση της συγκέντρωσης του δείγματος (Markovic, 2003).

Στην πράξη, πολλά σφαιρίδια είναι ταυτόχρονα παρόντα στον αναλυτή ακτίνας και το διαθλώμενο φως που μετρείται στον ανιχνευτή είναι το σύνολο όλων των επιμέρους προτύπων που επικαλύπτουν τον κεντρικό άξονα. Κατά την διάρκεια της ανάλυσης το όργανο είναι ρυθμισμένο να πάρει 30.000 τέτοιες μετρήσεις, οι οποίες στην συνέχεια υπολογίζονται κατά μέσο όρο ώστε να χτίσουν ένα χαρακτηριστικό διάθλασης φωτός για αυτό το δείγμα που βασίζεται πάνω στον πληθυσμό των επιμέρους σφαιριδίων. Εφαρμόζοντας την θεωρία του Mie της διάθλασης φωτός, το αποτέλεσμα του ανιχνευτή επεξεργάζεται στην συνέχεια από έναν υπολογιστή που παράγει μία τελική διαχείριση. (Markovic, 2003)

Τα σφαιρίδια διάθλασης του φωτός σε γωνίες σχετιζόμενες με την διάμετρό τους (π.χ όσο μεγαλύτερο είναι το σφαιρίδιο, τόσο μικρότερη είναι η γωνία ης διάθλασης και αντίστροφα). Πάνω από την ποικιλία μεγέθους του ενδιαφέροντος, το οποίο είναι 0,02μ και μεγαλύτερο για αυτό το όργανο, η διάθλαση είναι ανεξάρτητη από τις οπτικές ιδιότητες των ίδιων των σφαιριδίων. Μέσω μίας διαδικασίας των εξαναγκασμένων ελαχίστων τετραγώνων που ταιριάζουν σε προβλέψεις θεωρητικής διάθλασης των παρατηρημένων πληροφοριών, ο υπολογιστής υπολογίζει μία διαχείριση του μεγέθους του όγκου που θα μπορούσε να δώσει αύξηση στα παρατηρημένα χαρακτηριστικά διάθλασης (Markovic, 2003).

2.5 Ομογενοποιητής πίεσης δύο σταδίων

2.5.1 Περιγραφή της συσκευής:

Ο διβάθμιος εργαστηριακός ομογενοποιητής της εταιρίας Matterson limited, Haerlyworks, τύπος DBH12/UX2 αποτελείται από εμβολοφόρο αντλία δύο εμβόλων που αντλεί το προς ομογενοποίηση υγρό δείγμα από δεξαμενή μέσω δύο βαλβίδων πίεσης, η ρύθμιση των οποίων γίνεται χειροκίνητα από δύο βάνες (διβάθμιος ομογενοποιητής). Η απομάκρυνση του υπάρχοντα αέρα στο χώρο των βαλβίδων γίνεται με μια βαλβίδα εξαέρωσης. Η εφαρμοσθείσα πίεση ελέγχεται με μανόμετρο. Η εκκίνηση και ο τερματισμός της λειτουργίας της γίνεται από τα πλήκτρα ON και OFF. Η απόδοση του ομογενοποιητή είναι μέχρι 230 L/h και η μέγιστη πίεση λειτουργίας του 210 kg/cm².

(Prospectus της εταιρίας Matterson Limited, Hearlyworks)

2.5.2 Λειτουργία της συσκευής:

Κατά την έναρξη λειτουργίας της επιδιώκεται η απομάκρυνση του υπάρχοντος αέρα στο χώρο των βαλβίδων. Αυτό γίνεται με την βαλβίδα εξαέρωσης η οποία κλείνει μόλις αρχίσει να εκρέει μίγμα υγρού τροφίμου απ' αυτήν.

Η συσκευή μπορεί να λειτουργήσει σαν μονοβάθμιος ή σαν διβάθμιος ομογενοποιητής. Κατά την δεύτερη περίπτωση η προεργασία ρύθμισης των βαλβίδων γίνεται ως εξής:

Αρχικά η πρώτη βαλβίδα μένει εντελώς ανοιχτή, ώστε να μην επηρεάζει καθόλου την υφισταμένη στον χώρο πίεση. Η δεύτερη

βαλβίδα ρυθμίζεται σε μια καθορισμένη σταθερή πίεση από 3,5 έως 35 kg/cm² (πίεση πριν την δεύτερη βαλβίδα). Έπειτα η πρώτη βαλβίδα αρχίζει να κλείνει σιγά σιγά ώστε να αυξηθεί η πίεση στο χώρο των εμβόλων,(πίεση πριν την πρώτη βαλβίδα), χωρίς όμως να διαταραχθεί η πίεση μεταξύ των δύο βαλβίδων η οποία παραμένει στην τιμή που αρχικά ρυθμίστηκε από την δεύτερη βαλβίδα.

Το μίγμα τροφίμου προς ομογενοποίηση διέρχεται δια μέσου της πρώτης βαλβίδας με πίεση (παράδειγμα 100 kg/cm²) που προκαθορίστηκε και έπειτα εισέρχεται στον χώρο μεταξύ των δύο βαλβίδων, πίεσης 3,5 έως 35 kg/cm², η οποία προρυθμίστηκε. Μετά, το τρόφιμο εξέρχεται σε ατμοσφαιρική πίεση (Prospectus της εταιρίας Matterson Limited, Hearlyworks).

2.6 Ομογενοποιητής υπερήχων.

2.6.1 Περιγραφή της συσκευής:

Ο ομογενοποιητής υπερήχων της εταιρίας dr.Hielscher, GmbH τύπος UP50H/UP100H αποτελείται από μεταλλικό αναμεταδότη υπερήχων (μορφοτροπέα) ο οποίος βυθίζεται στο προς ομογενοποίηση μίγμα. Στο σώμα της συσκευής βρίσκονται δύο περιστροφικοί διακόπτες, ένας για την επί τοις % ρύθμιση του εύρους της ταλάντωσης των υπερήχων και ένας για τη ρύθμιση των κύκλων, ένα πλήκτρο έναρξης/ τερματισμού και ένα πλήκτρο κλειδώματος της συνεχόμενης λειτουργίας. Η συχνότητα του είναι 30kHz. (Prospectus της εταιρίας dr.Hielscher, GmbH)

2.6.2 Λειτουργία της συσκευής:

Αρχικά ρυθμίζονται χειροκίνητα μέσω των δύο περιστροφικών διακοπών το % επιθυμητό εύρος της ταλάντωσης και η κύκλοι. Για μεγάλης διάρκειας ανάμιξη προτιμούνται 0,5 κύκλοι, δηλαδή 0,5sec. παύση, ώστε να μην υπερθερμαίνεται το μίγμα. Πατώντας ταυτόχρονα και τα δύο πλήκτρα της συσκευής ο μορφοτροπέας δονείται σε συχνότητα 30kHz και ανάλογα της ρύθμισης του εύρους της ταλάντωσης δημιουργώντας, λόγω σπηλαίωσης, μικροσκοπικά σφαιρίδια με αποτέλεσμα την ομογενοποίηση του μίγματος. Ο τερματισμός πραγματοποιείται πατώντας μόνο το πλήκτρο έναρξης/τερματισμού. (Prospectus της εταιρίας dr.Hielscher, GmbH)

3. Σκοπός της εργασίας:

Σκοπός της εργασίας είναι η αριστοποίηση των συνθηκών λειτουργίας του διβάθμιου ομογενοποιητή πίεσης του βιομηχανικού εργαστηρίου (Matterson limited, Haerlyworks, τύπος DBH12/UX2) και του ομογενοποιητή υπερήχων (dr.Hielscher, GmbH τύπος UP50H/UP100H) για εύρεση κοινών αποτελεσμάτων σε γαλακτώματα λαδιού-νερού ως προς την διάμετρο των σφαιριδίων του λαδιού.

4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1 Υλικά και μέθοδοι

4.1.1 Αντιδραστήρια

Τα αντιδραστήρια-διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- 1) Αραβοσιτέλαιο
- 2) Απιονισμένο νερό
- 3) Γαλακτωματοποιητής Cremophor A25

4.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός – μηχανήματα

Για την διεκπεραίωση του πειράματος τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- 1) Φυγοκεντρικός αναμίκτης του βιομηχανικού εργαστηρίου (PIERRE GUERIN S.A τύπος F2116 79/30V).
- 2) Ομογενοποιητής πίεσης 2 σταδίων (MATTERSON LIMITED τύπος DBH12/UX2 ROCHDALE ENGLAND).
- 3) Ομογενοποιητής υπερήχων (dr.Hielscher, GmbH, τύπος UP50H/UP100H).
- 4) Συσκευή μέτρησης μεγέθους Mastersizer 2000
- 5) Μαγνητικός αναδευτήρας (IKA-COMBIMAG RCH)
- 6) Θερμαινόμενο μάτι (IKA - COMBIMAG RCH)
- 7) Θερμόμετρο
- 8) Ηλεκτρονικός ζυγός (FBL-4110S, max 410g, ακρίβεια ζυγού τρία (3) δεκαδικά ψηφία)
- 9) Σιφόνια πλήρωσεως
- 10) Ποτήρια ζέσεως
- 11) Δοκιμαστικοί σωλήνες

4.2 Προετοιμασία - διάλυση γαλακτωματοποιητή

Σε ποτήρι ζέσεως θερμάνθηκε 1L απιονισμένου νερού σε θερμαινόμενο μάτι μέχρι τη θερμοκρασία των $60\pm 3^{\circ}\text{C}$. Προστέθηκαν 60g γαλακτωματοποιητή Cremophor A25 τα οποία διαλύθηκαν με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα για 15 min.

4.2.1 Προετοιμασία προγαλακτώματος για τον διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης

Χρησιμοποιήθηκε όλη η ποσότητα του γαλακτωματοποιητή και προστέθηκαν 1200ml λάδι και 17800ml νερό στον φυγοκεντρικός αναμίκτης του βιομηχανικού εργαστηρίου (PIERRE GUERIN S.A τύπος F2116 79/30V) για την παρασκευή των προγαλακτωμάτων λαδιού- νερού. Το μίγμα αναδεύτηκε στον φυγοκεντρικό αναμίκτη για 15min με αποτέλεσμα την δημιουργία προγαλακτώματος το οποίο με την δύναμη της βαρύτητας έφτανε στον ομογενοποιητή πίεσης 2 σταδίων.

4.2.2 Παρασκευή προγαλακτώματος για τον ομογενοποιητή υπερήχων

Για την παρασκευή προγαλακτώματος για τον ομογενοποιητή υπερήχων προστέθηκαν σε ποτήρι ζέσεως 158ml νερού (79%), 30ml (15%) από το διάλυμα του γαλακτωματοποιητή Cremophor A25 και 12 ml λαδιού (6%) και δημιουργήθηκε προγαλάκτωμα χρησιμοποιώντας την συσκευή διασποράς (μίξερ) του εργαστηρίου αλιευμάτων (Αστερίου – Τζιώτζια, 2009).

4.2.3 Παρασκευή γαλακτωμάτων με τον διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης.

Μετά την προετοιμασία του προγαλακτώματος έγινε στον ομογενοποιητή πίεσης εξαέρωση στον χώρο των βαλβίδων και ρυθμίστηκε η πίεση του δεύτερου σταδίου (δεύτερη βαλβίδα) στα $30\text{kg}/\text{cm}^2$. Με τον χειρισμό της πρώτης βαλβίδας επιτεύχθηκαν πιέσεις 80, 100, 120 και $140\text{ kg}/\text{cm}^2$, πάρθηκαν δέκα δείγματα σε δοκιμαστικούς σωλήνες για κάθε πίεση από την έξοδο του ομογενοποιητή, για να μετρηθεί η διάμετρος των σφαιριδίων λαδιού στη συσκευή Mastersizer 2000. Μετά από κάθε πειραματική διαδικασία έγινε καλή πλύση με σαπουνάδα σε όλες τις συσκευές και ξέπλυμα με ζεστό νερό για να μην παραμείνουν υπολείμματα γαλακτώματος και επηρεάσουν τις μετέπειτα μετρήσεις (Αστερίου – Τζιώτζια, 2009).

4.2.4 Παρασκευή γαλακτωμάτων με τον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων.

Μετά την προετοιμασία των προγαλακτωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο ομογενοποιητής υπερήχων για την παρασκευή των γαλακτωμάτων λαδιού- νερού.

Στον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων χρησιμοποιήθηκαν οι συνθήκες λειτουργίας, εύρος 20% για χρόνο 120 sec., εύρος 40% για χρόνο 120 sec., 140 sec. και 160 sec., εύρος 60% για χρόνους 140 sec. και 260 sec., εύρος 80% για χρόνο 220 sec. Πάρθηκαν 10 δείγματα από κάθε συνθήκη λειτουργίας σε δοκιμαστικούς σωλήνες για να μετρηθεί η διάμετρος των σταγονιδίων λαδιού στη συσκευή Mastersizer 2000. Μετά από κάθε πειραματική διαδικασία καθαρίστηκαν καλά με απιονισμένο νερό οι συσκευές και τα σκεύη. (Αστερίου- Τζιώτζια, 2009)

4.2.5 Μέτρηση μεγέθους σφαιριδίων γαλακτωμάτων με την συσκευή Mastersizer 2000.

Για τις μετρήσεις στον αναλυτή μοριακού μεγέθους (Mastersizer 2000) δημιουργήθηκε μια πρότυπη μέθοδος λειτουργίας (SOP, Standard Operating Procedure) στο λογισμικό του μηχανήματος. Οι μετρήσεις πάρθηκαν ύστερα από 4 πλύσεις του μηχανήματος με απιονισμένο νερό που διαρκούσε 1 min η καθεμία. Από τους δοκιμαστικούς σωλήνες των δειγμάτων, μεταφέρθηκαν με πιπέτες Pasteur 3ml δείγματος σε ποτήρι ζέσεως που περιείχε 450 ml

απιονισμένο νερό ενώ γινόταν συνεχής ανάδευση του δείγματος με τον αναδευτήρα της συσκευής στις 3000 rpm. Τα αποτελέσματα πάρθηκαν μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. (Αστερίου – Τζιώτζια, 2009).

4.3 Μέθοδος στατιστικής επεξεργασίας

Η μέσοι όροι των διαμέτρων των σφαιριδίων λαδιού επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 15 (Πετρίδης Δ. 2000). Δημιουργήθηκαν γραφήματα των 95% ορίων εμπιστοσύνης του μέσου όρου με την εφαρμογή Interval Plot.

Στο διβάθμιο βιομηχανικό ομογενοποιητή πίεσης χρησιμοποιήθηκε ένας παράγοντας (πίεση) με τέσσερα επίπεδα (4 διαφορετικές τιμές πιέσεις), ενώ στον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων χρησιμοποιήθηκαν δύο παράγοντες, το επί τοις % εύρος της ταλάντωσης των υπερήχων, με 4 επίπεδα και ο χρόνος εφαρμογής τους.

Με τα 95% όρια εμπιστοσύνης συγκρίνονται ταυτόχρονα δύο ή περισσότεροι μέσοι όροι της ίδιας μεταβλητής που μεταβάλλεται διαδοχικά ή διαχρονικά. Αν τα όρια εμπιστοσύνης των μέσων όρων επικαλύπτονται τότε συμπεραίνουμε ότι οι μέσοι όροι είναι ίσοι. (Πετρίδη Δ. 2000)

4.4 Αποτελέσματα της διαμέτρου των σφαιριδίων σύμφωνα με το Mastersizer 2000

ΠΙΕΣΗ kg/cm ²	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ										M.O.
80	0,481	0,646	0,763	0,755	0,657	0,263	0,703	0,767	0,426	0,771	0,6232
100	0,7	0,77	0,73	0,528	0,72	0,748	0,633	0,3	0,468	0,593	0,619
120	0,283	0,231	1,289	0,168	0,164	0,271	0,239	0,272	0,198	0,18	0,3295
140	0,501	0,339	0,621	0,548	0,411	0,566	0,466	0,675	0,57	0,387	0,5084

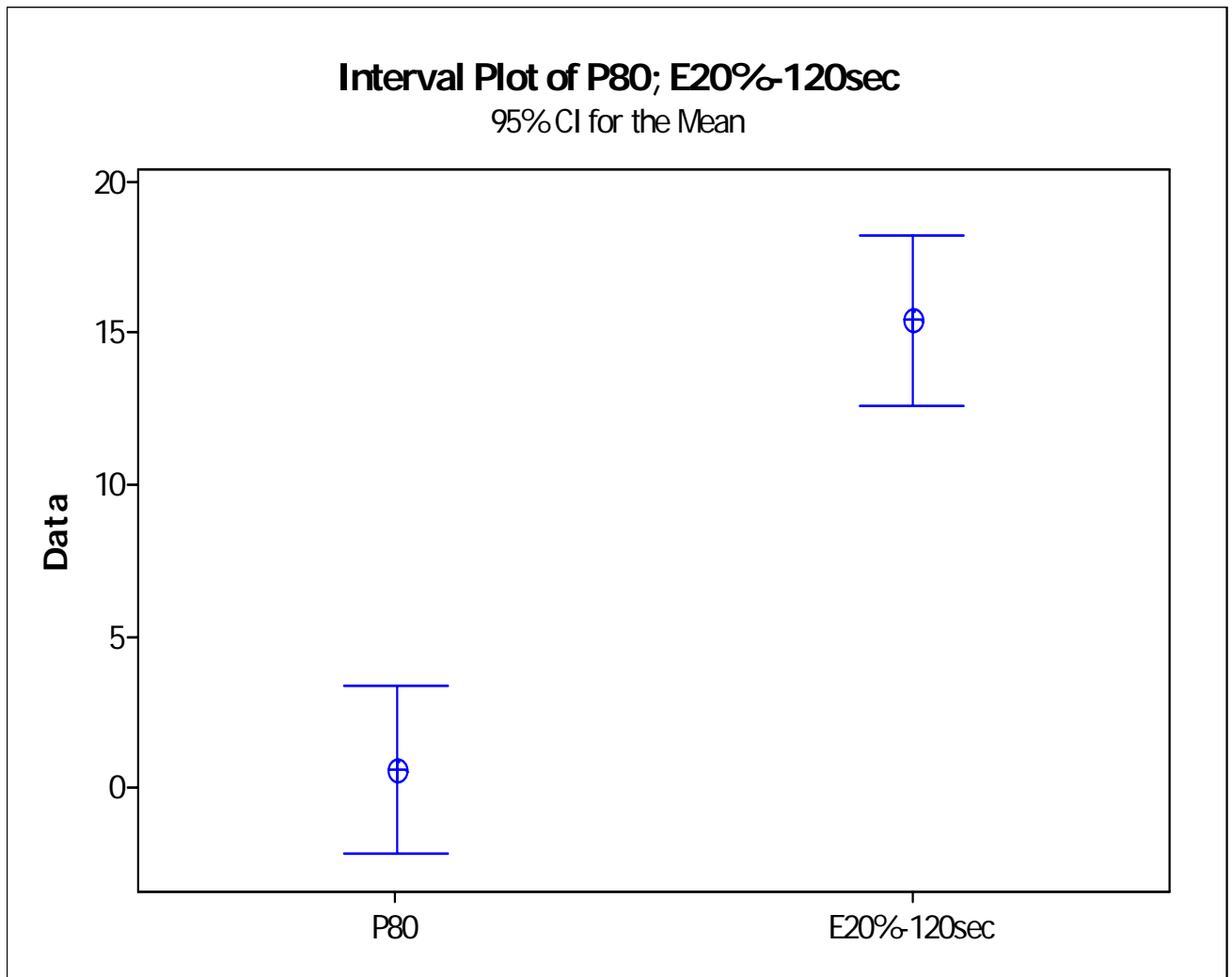
Πίνακας 1: Τιμές της διαμέτρου των σταγονιδίων λαδιού των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στον διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης.

ΕΥΡΟΣ %	ΧΡΟΝΟΣ sec	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ										M.O.
20	120	22,576	21,356	19,532	18,015	20,041	14,991	6,594	15,257	8,079	8,038	15,4479
40	120	11,149	8,345	11,22	8,431	8,898	10,45	8,414	8,63	9,113	11,206	9,5856
40	140	14,58	7,581	8,721	6,093	7,919	10,323	6,636	8,742	6,068	6,29	8,2953
40	160	0,402	0,36	0,355	0,389	0,363	0,398	0,358	0,311	0,373	0,347	0,3656
60	140	0,356	0,282	0,294	0,35	0,31	0,305	0,286	0,272	0,289	0,313	0,3057
60	260	0,259	0,256	0,25	0,285	0,262	0,284	0,262	0,261	0,254	0,239	0,2612
80	220	0,249	0,19	0,267	0,187	0,163	0,191	0,193	0,234	0,225	0,213	0,2112

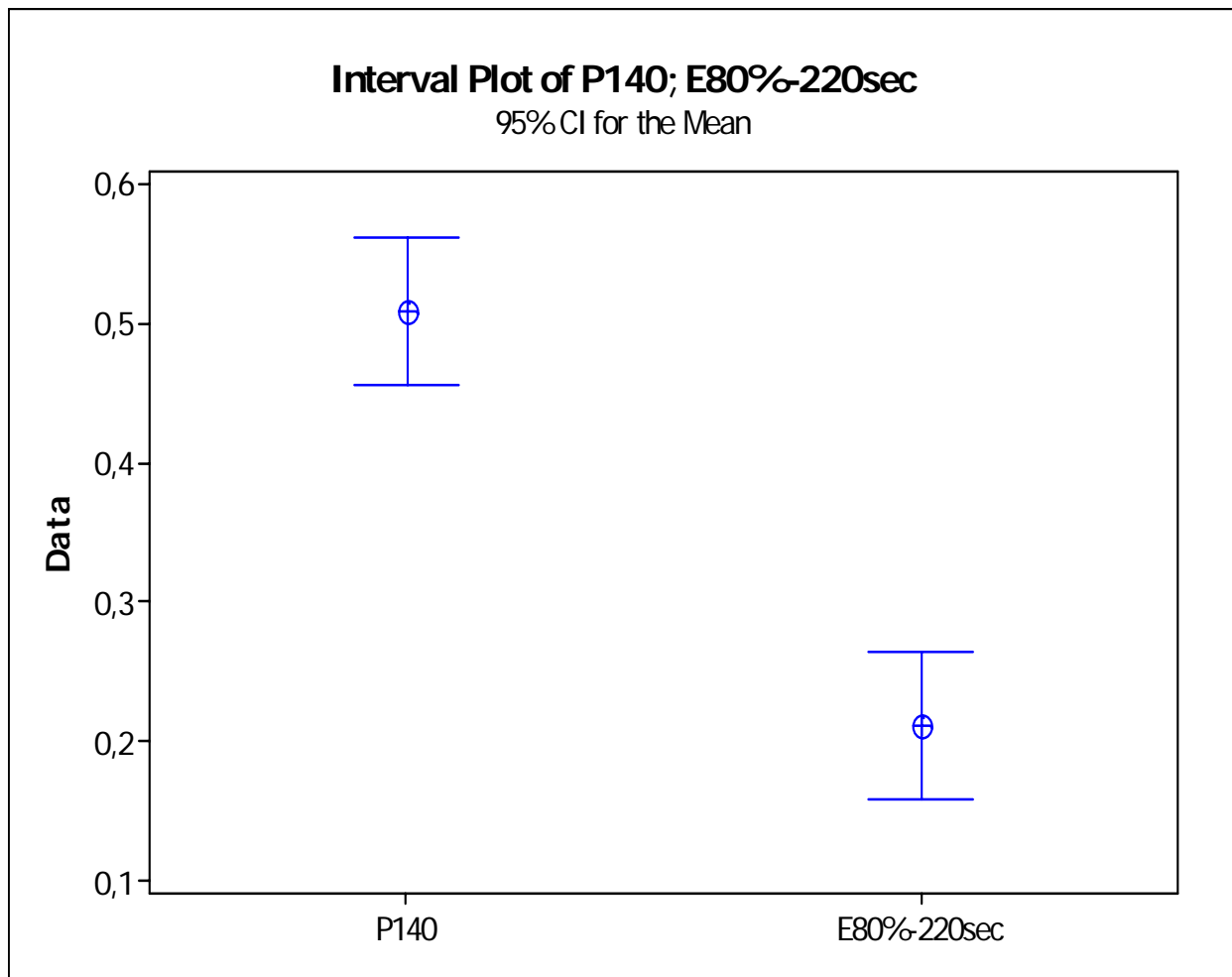
Πίνακας 2: Τιμές της διαμέτρου των σταγονιδίων λαδιού των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στον ομογενοποιητή υπερήχων.

4.4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων

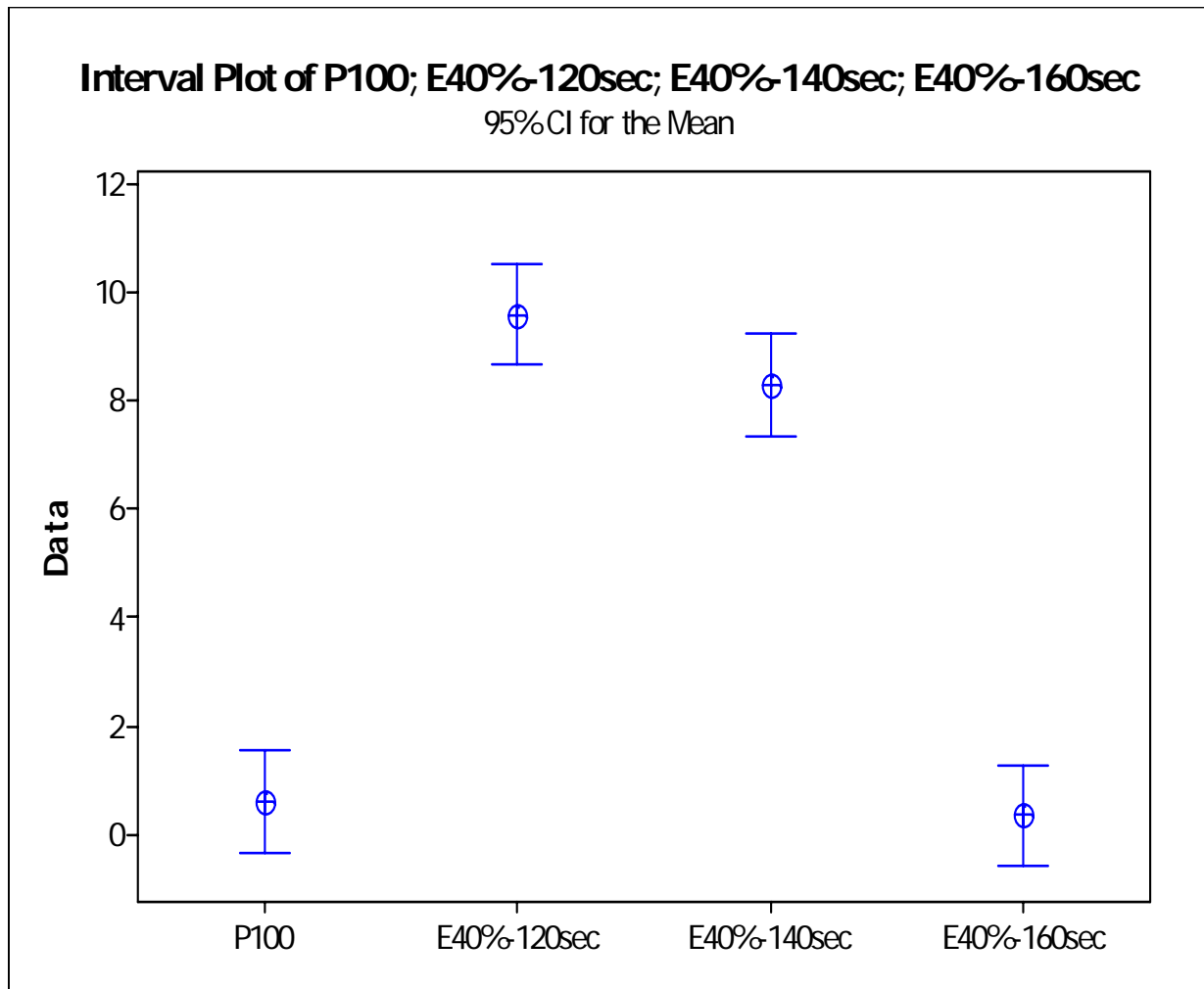
Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 15, κατασκευάστηκαν τα γραφήματα των 95% ορίων εμπιστοσύνης με την εφαρμογή Interval Plot συγκρίνοντας τους μέσους όρους των μετρήσεων που απεικονίζονται στους πίνακες 1 και 2 τα όμοια χρώματα.



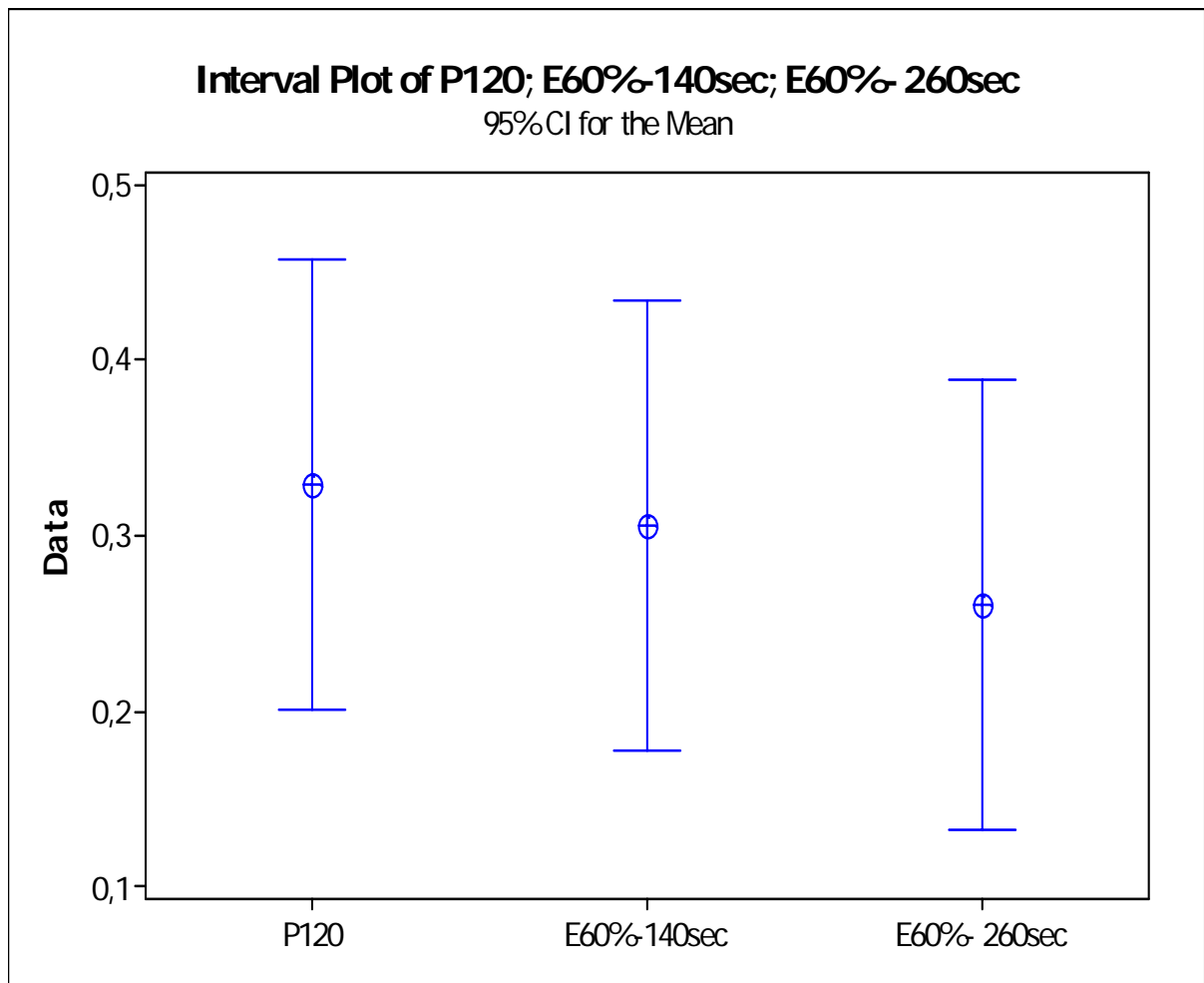
Σχήμα 1: 95% όρια εμπιστοσύνης του μέσου όρου της διαμέτρου των σφαιριδίων των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στο διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης με πίεση 80 kg/cm^2 και στον ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 20% για 120sec ομογενοποίησης.



Σχήμα 2 95% όρια εμπιστοσύνης του μέσου όρου της διαμέτρου των σφαιριδίων των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στο διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης με πίεση 140 kg/cm^2 και στον ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 80% για 220sec ομογενοποίησης.



Σχήμα 3: 95% όρια εμπιστοσύνης του μέσου όρου της διαμέτρου των σφαιριδίων των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στο διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης με πίεση 100 kg/cm^2 και στον ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 40% για 120sec, 140sec και 160sec ομογενοποίησης.



Σχήμα 4 95% όρια εμπιστοσύνης του μέσου όρου της διαμέτρου των σφαιριδίων των γαλακτωμάτων λ/ν που παρασκευάστηκαν στο διβάθμιο ομογενοποιητή πίεσης με πίεση 120 kg/cm^2 και στον ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 60% για 140sec και 260sec ομογενοποίησης.

5. Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο **σχήμα 1** παρατηρείται ότι η διάμετρος των σφαιριδίων των γαλακτωμάτων του διβάθμιου ομογενοποιητή σε πίεση 80kg/cm^2 δεν έδωσε όμοια αποτελέσματα με αυτά που δίνει ο ομογενοποιητής υπερήχων σε εύρος 20% σε χρόνο 120 sec καθώς η τιμή της διαμέτρου που παίρνουμε για πίεση 80kg/cm^2 δεν εμπεριέχεται στα 95% όρια εμπιστοσύνης του ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 20% για χρόνο 120sec.

Αυτό παρατηρείται επειδή στον ομογενοποιητή υπερήχων δημιουργούνται με αυτές τις συνθήκες λειτουργίας αρκετά μεγάλου μεγέθους σφαιρίδια λαδιού τα οποία καλύπτουν τα μικρότερα και κατά την μέτρηση της διαμέτρου τους στο Mastersizer 2000 ο μέσος όρος αυτών επηρεάζεται.

Στο **σχήμα 2** παρατηρείται ότι η διάμετρος των γαλακτωμάτων του διβάθμιου ομογενοποιητή σε πίεση 140kg/cm^2 δεν έδωσε όμοια αποτελέσματα με αυτά που δίνει ο ομογενοποιητής υπερήχων σε εύρος 80% σε χρόνο 220 sec καθώς η τιμή της διαμέτρου που παίρνουμε για πίεση 140kg/cm^2 δεν εμπεριέχεται στα 95% όρια εμπιστοσύνης του ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 80%.

Αυτό παρατηρείται επειδή στον ομογενοποιητή υπερήχων δημιουργούνται με αυτές τις συνθήκες λειτουργίας αρκετά μεγάλου μεγέθους σφαιρίδια λαδιού τα οποία καλύπτουν τα μικρότερα και κατά την μέτρηση της διαμέτρου τους στο Mastersizer 2000 ο μέσος όρος αυτών επηρεάζεται.

Στο **σχήμα 3** διαπιστώθηκε ότι η διάμετρος των γαλακτωμάτων του διβάθμιου ομογενοποιητή σε πίεση 100kg/cm^2 δίνει κοινά

αποτελέσματα με αυτά που δίνει ο ομογενοποιητής υπερήχων σε εύρος 40% με χρόνο ομογενοποίησης 160sec καθώς η τιμή της διαμέτρου που παίρνουμε για πίεση $100\text{kg}/\text{cm}^2$ εμπεριέχεται στα 95% όρια εμπιστοσύνης του ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 40% και χρόνο 160sec.

Στο ίδιο σχήμα παρατηρήθηκε, για την ίδια πίεση $100\text{kg}/\text{cm}^2$ και το ίδιο εύρος 40% αλλά για 120sec και 140sec χρόνο ομογενοποίησης των γαλακτωμάτων, ότι οι τιμές των διαμέτρων των σφαιριδίων του λαδιού δεν εμπεριέχονται στα 95% όρια εμπιστοσύνης της πίεσης. Αυτό έγκειται στο ότι οι χρόνοι ομογενοποίησης στο εύρος 40% δεν ήταν επαρκείς για να μειωθεί η διάμετρος των σφαιριδίων του λαδιού.

Στο **σχήμα 4** διαπιστώθηκε ότι η διάμετρος των γαλακτωμάτων του διβάθμιου ομογενοποιητή σε πίεση $120\text{kg}/\text{cm}^2$ δίνει κοινά αποτελέσματα με αυτά που δίνει ο ομογενοποιητής υπερήχων σε εύρος 60% με χρόνο ομογενοποίησης 140sec και 260sec καθώς η τιμή της διαμέτρου που παίρνουμε για πίεση $120\text{kg}/\text{cm}^2$ εμπεριέχεται στα 95% όρια εμπιστοσύνης του ομογενοποιητή υπερήχων σε εύρος 60% και χρόνο 140sec και 260sec.

6. Συμπεράσματα:

1. Με αύξηση της πίεσης στον ομογενοποιητή πίεσης δύο σταδίων παρατηρήθηκε μείωση της διαμέτρου των σφαιριδίων λαδιού σε γαλακτώματα λαδιού νερού.
 2. Με αύξηση του επί τοις % εύρους ταλάντωσης στον ομογενοποιητή υπερήχων παρατηρήθηκε μείωση της διαμέτρου των σφαιριδίων.
 3. Με αύξηση του χρόνου ομογενοποίησης σε σταθερό εύρος ταλάντωσης παρατηρήθηκε μείωση της διαμέτρου των σφαιριδίων.
-
1. Επιβεβαιώθηκε η ταύτιση των αποτελεσμάτων (αριστοποίηση συνθηκών λειτουργίας) ως προς το μέγεθος των σφαιριδίων (μ.ο) του διβάθμιου ομογενοποιητή πίεσης και ομογενοποιητή υπερήχων στις συνθήκες λειτουργίας 120kg/cm^2 και 60% εύρος ταλάντωσης για 140sec, 120kg/cm^2 και 60% εύρος ταλάντωσης για 260sec, 100kg/cm^2 και 40% εύρος ταλάντωσης για 160sec, αντίστοιχα.

7. ΠΡΟΤΑΣΗ

Μετά από την μελέτη των μετρήσεων του θέματός μας και την σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις δύο προηγούμενες πτυχιακές, προτείνουμε την χρήση των συνθηκών λειτουργίας του πίνακα 3 των δύο ομογενοποιητών, διαζευκτικά, για παρασκευή γαλακτωμάτων λαδιού-νερού με την ίδια διάμετρο σφαιριδίων λαδιού.

Πίεση kg/cm²	Εύρος – χρόνος
100	40% - 160sec
120	60% - 140sec
120	60% - 260sec

Πίνακας 3. Κοινές συνθήκες λειτουργίας του διβάθμιου ομογενοποιητή πίεσης με τον εργαστηριακό ομογενοποιητή υπερήχων.

8. Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία:

1. Αστερίου Δ. – Τζιώτζια Ε. (2009). Μη δημοσιευμένη εργασία, Σύγκριση εργαστηριακού ομογενοποιητή υπερήχων με διβάθμιο βιομηχανικό ομογενοποιητή πίεσης, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
2. Λάγουρη Β. (2004). Σημειώσεις εργαστηριακών ασκήσεων χημείας τροφίμων, ΣΤΕΤΡΟΔ, Α.ΤΕ.Ι.Θ, 4^η Άσκηση, 31-33.
3. Πετρίδης Δ. (2000) Εφαρμοσμένη στατιστική (με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων), ΣΤΕΤΡΟΔ, Α-ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 21-22.

Ξένη βιβλιογραφία:

1. Belitz H., Grosch W., Schebelre P. (2006) Χημεία Τροφίμων, Τζιόλα, 745- 746, 751.
2. Coupland J. (2007) Emulsions. In: The Chemical Physics Of Food (Belton P., Ed) pp 1-7 Blackwell Publishing Ltb, Oxford.
3. Dusan L. Markovic (2003). Royal Roads University, an investigation of sediment metal contamination and implications for sustainable development, 32-33.
4. McClements D.J. (1999). Food Emulsions, Principles, Practice and Techniques by CRC, Press LLC, 2-7, 11-15, 84-86, 111-115, 299-301.
5. Prospectus του διβάθμιου ομογενοποιητή πίεσης της εταιρίας Matterson limited, Hearlyworks, P.O. Box 31 Rochdale, Lancs, OL 12 GLP.
6. Prospectus του ομογενοποιητή υπερήχων της εταιρίας dr. Hielscher, Gmbh, Warthestabe 21, 14513, Teltow.