

---

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

---

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών  
«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση  
Περιβάλλοντος»

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ  
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την  
παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε  
σκόνη.**

**Αικατερίνη Δουλγερίδου**

**Επιβλέπουσα: Δρ. Γιαννούλη Περσεφόνη,  
Επίκουρος Καθηγήτρια**

**Βόλος, 2018**

---

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

---

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών  
«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και  
Διαχείριση Περιβάλλοντος»

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από  
αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.**

**Αικατερίνη Δουλγερίδου**

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:**

Γιαννούλη Περσεφόνη, Επ. Καθηγήτρια, Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Τροφίμων  
Φυτικής Προέλευσης, Τμήμα Γεωπονίας

Γούναρης Ιωάννης, Καθηγητής, Καθηγητής Μοριακής Βιολογίας, Τμήμα Γεωπονίας

Πετούμενου Δέσποινα, Λέκτορας, Αμπελουργία, Τμήμα Γεωπονίας

**Βόλος, 2018**

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Copyright © ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΔΟΥΛΓΕΡΙΔΟΥ, 2018.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ (ACKNOWLEDGEMENTS)

Για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και την ευγνωμοσύνη μου σε όσους μου συμπαραστάθηκαν και συνέβαλαν, με τον τρόπο τους στην εκπόνησή της.

Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, την κα Περσεφόνη Γιαννούλη, που μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί της και να αναλάβω τη διεκπεραίωση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος και για τις πολύτιμες συμβουλές της. Επίσης οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Αναστασία Μπάρη για τη βοήθειά της στο πειραματικό μέρος της εργασίας και τα Βιοχημικά Εργαστήρια Παρμακλή, όπου πραγματοποίησα τους μικροβιολογικούς ελέγχους της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς και τα αδέρφια μου, για την παιδεία, τη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια και τον άντρα μου και τη νέα οικογένειά μου, για τη στήριξή τους, στην έναρξη, επεξεργασία και την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας διερευνήθηκε πειραματικά η επίδραση των υπερήχων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη. Πιο συγκεκριμένα, στόχος της εργασίας ήταν η ομογενοποίηση του γάλακτος για την παρασκευή πηγμάτων με την ίδια διαδικασία παρασκευής βιομηχανικού γιαουρτιού, προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα χρήσης των υπερήχων για την εφαρμογή της. Για τον σκοπό αυτόν παρασκευάστηκαν δύο διαφορετικοί τύποι διαλύματος σκόνης γάλακτος: αρχικό διάλυμα (Α) και διάλυμα με προσθήκη σκόνης σκόρδου (Σ), οι οποίοι αποτέλεσαν την πρώτη ύλη για την παραγωγή πηγμάτων. Σκόνη σκόρδου χρησιμοποιήθηκε για να μελετηθεί η πιθανότητα μείωσης του μικροβιακού φορτίου λόγω της αντιμικροβιακής του δράσης και να ελεγχθεί η πιθανή επίδρασή του στα μόρια των πηγμάτων, λόγω των φαινολικών συστατικών του και της αντιοξειδωτικής του δράσης. Στα δείγματα αυτά εφαρμόστηκαν οι υπέρηχοι και στη συνέχεια, συγκρίθηκαν οι αλλαγές που σημειώθηκαν στις ιδιότητές τους (ιξώδες, ικανότητα συγκράτησης νερού, χρώμα, οξύτητα) και τα συστατικά τους, τόσο αμέσως μετά την κατεργασία, όσο και κατά την αποθήκευσή τους.

Η παρούσα πτυχιακή χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος, το οποίο αποτελεί το γενικό μέρος της πτυχιακής, όπου αναφέρεται στην σκόνη γάλακτος και τη χρησιμότητά της στη διατροφή μας, στο σκόρδο και τις ιδιότητές του και στην χρησιμότητα της ομογενοποίησης στα τρόφιμα, καθώς και τρόπους εφαρμογής της.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το πειραματικό κομμάτι της πτυχιακής, που περιλαμβάνει τη μεθοδολογία των πειραμάτων και τα συμπεράσματα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ΠΗΓΜΑ, ΣΚΟΝΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ, ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ, ΥΠΕΡΗΧΟΙ, ΣΚΟΝΗ ΣΚΟΡΔΟΥ.



Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### ABSTRACT

In the context of the Postgraduate Diploma Thesis, the effect of ultrasound on the skimmed-milk powder quality characteristics was investigated experimentally. More specifically, the aim of this study is to homogenize the milk powder solutions for the preparation of gels with the same process of set-style yoghurt preparation to investigate the suitability of using ultrasound for its application. For this purpose, two different types of milk powder solution were prepared: initial solution (A) and solution containing garlic powder (S), which constituted the raw materials to produce gels. Garlic powder was used to study the probability of reducing microbial load due to its antimicrobial activity and to control its possible effect on gall molecules due to its phenolic components and antioxidant activity. These samples were applied to ultrasound and then the changes in their properties (viscosity, water holding capacity, color, acidity) and their components were compared both immediately after treatment and during storage.

The thesis is divided into two parts. The first part, which is the general part of the thesis, refers to the milk powder and its usefulness in our diet, the garlic and its properties and the usefulness of homogenization in food, as well as ways of its application.

The second part presents the experimental part of the dissertation, which includes the methodology of the experiments and the conclusions.

**KEY WORDS:** GEL, MILK POWDER, HOMOGENISATION, ULTRASONIC, GARLIC POWDER.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Εγώ η Αικατερίνη Δουλγερίδου είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε ή ως μέρος Διδακτορικής διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ (ACKNOWLEDGEMENTS).....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT .....	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	13
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	17
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	17
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	19
1.2 Το γάλα και η συνεισφορά του στη διατροφή.....	19
1.3 Άπαχο γάλα .....	20
1.3.1 Ορισμός άπαχου γάλακτος.....	20
1.3.2 Κονιοποίηση άπαχου γάλακτος .....	21
1.3.3 Γάλα σε σκόνη. Ορισμός .....	22
1.3.4 Άπαχο γάλα σε σκόνη.....	23
1.4 Σύσταση γάλακτος.....	24
1.4.1 Νερό.....	24
1.4.2 Υδατάνθρακες.....	24
1.4.3 Λίπος.....	25
1.4.4 Πρωτεΐνες .....	27
1.4.5 Βιταμίνες.....	29
1.4.6 Άλατα.....	29
1.4.7 Ιχνοστοιχεία.....	29
1.4.8 Άλλα Συστατικά.....	29
1.5 Θρεπτική αξία- Σκοπός εργασίας .....	30
2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....	32
2.1 Οσμή και Γεύση.....	32
2.2 Χρώμα.....	32
2.3 Οξύτητα – Ρυθμιστική Ικανότητα.....	32
2.4 Δυναμικό Οξειδοαναγωγής.....	33
2.5 Ειδικό Βάρος.....	33
2.6 Πυκνότητα.....	33

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

2.7	Ιξώδες.....	34
2.8	Επιφανειακή Τάση.....	34
2.9	Σημείο Πήξης.....	34
2.10	Σημείο Ζέσης.....	35
2.11	Δείκτης Διάθλασης.....	35
2.12	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	35
2.13	Ειδική Θερμότητα.....	36
3.	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ.....	37
3.1	Παρασκευή βιομηχανικού γιαουρτιού. Στάδια.....	37
3.1.1	Ομογενοποίηση.....	38
3.1.2	Θερμική Επεξεργασία.....	38
3.1.3	Εμβολιασμός.....	39
3.1.4	Επώαση.....	40
3.1.5	Ψύξη.....	40
4.	ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ.....	41
4.1	Επίδραση της ομογενοποίησης στη διάσπαση και διασπορά των λιποσφαιρίων.....	43
5.	ΥΠΕΡΗΧΟΙ.....	44
5.1	Ορισμός και δράση υπερήχων.....	44
5.2	Εφαρμογές υπερήχων.....	45
5.2.1	Εφαρμογές Υπερήχων με Άμεση Σχέση με το Τρόφιμο.....	45
5.2.1.1	Χρήση Υπερήχων για Επεξεργασία Τροφίμων.....	45
5.2.2	Εφαρμογές Υπερήχων με Έμμεση Σχέση με το Τρόφιμο.....	49
5.3	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	52
5.3.1	Βιομηχανικός Εξοπλισμός Υπερήχων.....	52
5.3.2	Εργαστηριακός Εξοπλισμός Υπερήχων.....	52
6.	ΣΚΟΡΔΟ.....	54
6.1	Χημική σύσταση.....	54
6.2	Ευεργετικές ιδιότητες.....	54
6.2.1	Αντιμικροβιακή δράση.....	54
6.2.2	Αντιοξειδωτική δράση.....	54
7.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	56
7.1	Σκοπός.....	56
7.2	Υλικά και Μέθοδοι.....	56
7.2.1	Πρώτες ύλες.....	56

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

7.3 Πειραματική Διαδικασία .....	57
Σχεδιασμός Πειραμάτων .....	57
7.4 Μεθοδολογίες .....	59
7.4.1 Εφαρμογή Υπερήχων .....	59
7.4.2 Προσδιορισμός pH και τιτλοδοτούμενου οξέος.....	59
7.4.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού .....	59
7.4.4 Προσδιορισμός ολικών Φαινολικών.....	60
7.4.5 Προσδιορισμός χρώματος.....	60
7.4.6 Προσδιορισμός ιζώδους.....	60
7.4.7 Προσδιορισμός Μικροβιακού Φορτίου .....	60
7.4.7.1 Λιστέρια (Listeria) .....	60
7.4.7.2 E. Coli. ....	61
7.4.7.3 Κολοβακτηρίδια.....	62
7.4.7.4 Salmonella.....	62
7.4.7.5 Σταφυλόκοκκοι (staph. Aureus).....	63
8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	64
8.1 Μικροβιολογικός έλεγχος .....	64
8.2 Ιζώδες.....	67
8.3 Χρώμα.....	68
8.4 pH και Οξύτητα.....	70
8.5 Ικανότητα συγκράτησης νερού .....	73
8.6 Ολικά Φαινολικά .....	74
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	78
Πίνακες.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81



# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Δομή Λακτόζης. Δεσμός μεταξύ Γλυκόζης και Γαλακτόζης. ....	24
Εικόνα 2. Δομή Λιποσφαιρίου.....	25
Εικόνα 3. Καζεΐνικό Μικκύλιο αποτελούμενο από υπομικκύλια. ....	27
Εικόνα 4. Παρουσίαση της κατανομής των λιποσφαιρίων σε διάφορες καταστάσεις. ....	43
Εικόνα 5. Ηχητικό Φάσμα. ....	44
Εικόνα 6. Συσκευές Υπερήχων. Α. Με Στέλεχος. Β. Λουτρό Υπερήχων. ....	53

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Κονιοποίηση Άπαχου Γάλακτος. ....	21
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα ροής παραγωγής γιαούρτης συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt). ....	38
Διάγραμμα 3. Στάδια Πειραματικής Διαδικασίας.....	58
Διάγραμμα 4. Μετρήσεις για τη μελέτη της επίδρασης των υπερήχων στα ομογενοποιημένα πηγμάτα σκόνης γάλακτος.....	58
Διάγραμμα 5. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ του αρχικού δείγματος πηγμάτος σκόνης γάλακτος και του δείγματος μετά την εφαρμογή υπερήχων. ....	65
Διάγραμμα 6. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των διαλυμάτων και των πηγμάτων σκόνης γάλακτος με σκόρδο, πριν και μετά την εφαρμογή υπερήχων. ....	65
Διάγραμμα 7. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των διαλυμάτων και των πηγμάτων σκόνης γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή υπερήχων.....	66
Διάγραμμα 8. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των πηγμάτων σκόνης γάλακτος: α. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος, β. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με υπερήχους, γ. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, δ. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου με υπερήχους. ....	67
Διάγραμμα 9. Σύγκριση των τιμών του Ιξώδους μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος που παρασκευάστηκαν από αποβουτυρωμένο γάλα που είχε ανασυσταθεί και γάλα που είχε ανασυσταθεί και υποβληθεί σε υπερήχους.....	67
Διάγραμμα 10. Σύγκριση των τιμών του Ιξώδους μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	68
Διάγραμμα 11. Σύγκριση των τιμών των παραμέτρων του Χρώματος μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.....	69
Διάγραμμα 12. Σύγκριση των τιμών των παραμέτρων του Χρώματος μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.....	69
Διάγραμμα 13. Σύγκριση των τιμών του pH μεταξύ των διαλυμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	70
Διάγραμμα 14. Σύγκριση των τιμών του pH μεταξύ των διαλυμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	70
Διάγραμμα 15. Σύγκριση των τιμών του pH των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	71
Διάγραμμα 16. Σύγκριση των τιμών του pH των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	71
Διάγραμμα 17. Σύγκριση των τιμών της οξύτητας μεταξύ των δειγμάτων: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....	72
Διάγραμμα 18. Σύγκριση των τιμών ικανότητας συγκράτησης νερού στα δείγματα: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόνη Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. 73	73

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Διάγραμμα 19. Σύγκριση των τιμών των ολικών φαινολικών στα δείγματα: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. ....74

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σύσταση σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος. ....	23
Πίνακας 2. Κατηγορίες Λιπαρών Γάλακτος. ....	26
Πίνακας 3. Διάταξη Καζεϊνών. ....	28
Πίνακας 4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ομογενοποίησης. ....	42
Πίνακας 5. Εφαρμογή υπερήχων σε τρόφιμα. ....	51
Πίνακας 6. Αποτελέσματα Πληθυσμών E. Coli στα δείγματα. ....	78
Πίνακας 7. Αποτελέσματα Πληθυσμών Staph. Coagulase/ aureus στα δείγματα. ....	78
Πίνακας 8. Αποτελέσματα Πληθυσμών Salmonella spp στα δείγματα. ....	79
Πίνακας 9. Αποτελέσματα Πληθυσμών L. monocytogenes στα δείγματα. ....	79

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ο τρόπος σποράς σε πετρί με στερεό υπόστρωμα (ALOA, PALCAM). Με μια σταγόνα από την επιφάνεια του υγρού υποστρώματος, σχηματίσαμε μια γραμμή 0,5cm περίπου και πραγματοποιήσαμε σπορά σε σχήμα ζικ-ζακ. ....	61
Σχήμα 2. Ο τρόπος σποράς σε πετρί με στερεό υπόστρωμα (XLD, SM2). Με μια σταγόνα από την επιφάνεια του υγρού υποστρώματος σχηματίσαμε μια γραμμή 0,5cm περίπου και πραγματοποιήσαμε σπορά σε σχήμα ζικ-ζακ. ....	63

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Ήδη από τους προϊστορικούς χρόνους, το γάλα είχε χρησιμοποιηθεί από τους ανθρώπους ως τροφή. Το 2008 Βρετανοί ερευνητές ανακάλυψαν ότι το γάλα και τα υπόλοιπα γαλακτοκομικά προϊόντα ήταν γνωστά στις προϊστορικές κοινωνίες της 7ης χιλιετίας π.Χ. Αυτό αποδεικνύει ότι οι άνθρωποι άρχισαν να καταναλώνουν γάλα πριν από 9.000 χρόνια. Οι άνθρωποι, γνώριζαν αιώνες πριν, την ικανότητα του γάλακτος να μετατρέπεται σε άλλα προϊόντα όπως γιαούρτι και τυρί (Hui Y.H., 1993). Υπάρχουν μαρτυρίες, από τοιχογραφίες στη Σαχάρα, ότι το γάλα και τα υπόλοιπα γαλακτοκομικά προϊόντα θεωρούνταν πολύ σημαντικά για τη διατροφή του ανθρώπου από το 4000 π.Χ. Στην Ελλάδα και τη Ρώμη, το τυρί ήταν πολύ συνηθισμένο, ενώ το φρέσκο γάλα και το βούτυρο ήταν πιο γνωστό στη βόρεια Ευρώπη και την Ασία. Στη βόρεια Αμερική, το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα έγιναν γνωστά αφότου αφίχθησαν οι Ευρωπαίοι. Από το Μεσαίωνα μέχρι τον 18<sup>ο</sup> αιώνα επήλθαν πολλές αλλαγές στο χειρισμό του γάλακτος και στην παραγωγή των προϊόντων του (Miller, G.D. et al, 2007). Έκτοτε και λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης, το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν αποκτήσει σημαντική θέση στη διαίτα όλου του πληθυσμού της Γης (International Dairy Food Association, 2004), όπως η σκόνη γάλακτος

### 1.2 Το γάλα και η συνεισφορά του στη διατροφή

Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό των θηλαστικών είναι η ικανότητά τους να εκκρίνουν γάλα, το οποίο αποτελεί πηγή θρεπτικής και ανοσολογικής προστασίας για τα μικρά τους. Σήμερα, η πλειοψηφία του γάλακτος για την ανθρώπινη κατανάλωση προέρχεται κυρίως από τις αγελάδες, αλλά ταυτόχρονα υπάρχει και μεγάλη κατανάλωση γάλακτος κατσίκας, βουβαλιού, γαϊδουριού, προβάτου και επιπρόσθετα ανθρώπινου γάλακτος (Miller, G.D. et al, 2007).

Το γάλα αποτελεί τη μοναδική και πλήρη τροφή για τα πρώτα στάδια της ζωής των νεογέννητων των θηλαστικών. Στον άνθρωπο, μετά από τους πρώτους μήνες της ζωής του, το γάλα δεν επαρκεί για να καλύψει όλες τις ανάγκες του σε θρεπτικά συστατικά. Αποτελεί, όμως, μια άριστη τροφή και μια από τις σημαντικότερες πηγές πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας, ασβεστίου, φωσφόρου καθώς και εξαιρετική πηγή της βιταμίνης B<sub>12</sub>, και ικανοποιητική πηγή της βιταμίνης A, της θειαμίνης, της νιασίνης και του μαγνησίου (Miller, G.D. et al, 2007).

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Το ασβέστιο έχει καθοριστικό ρόλο στη δομή και δύναμη των οστών και των δοντιών. Ρυθμίζει πολλές λειτουργίες στον οργανισμό όπως τη μεταφορά των νευρικών μηνυμάτων, τη λειτουργία της καρδιάς, τη σύσπαση και χαλάρωση των μυών. Είναι επίσης απαραίτητο στην πήξη του αίματος και για τη λειτουργία διαφόρων ενζύμων του μεταβολισμού. Αντιπροσωπεύει περίπου το 2% του βάρους ενός μέσου ενήλικα. Καθημερινά, σε όλες τις ηλικίες ο οργανισμός χρειάζεται να προσλαμβάνει μια ποσότητα ασβεστίου ( Cho E. et al, 2004). Οι ηλικιωμένοι πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί στις ανάγκες τους σε ασβέστιο. Με την αύξηση της ηλικίας, χάνουμε ασβέστιο. Οι γυναίκες, στα πέντε χρόνια που εγκαθίσταται η εμμηνόπαυση, χάνουν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου. Η μείωση του περιεχομένου των οστών σε ασβέστιο τα καθιστά αδύνατα και εύθραυστα. Η προοδευτική απώλεια των ανόργανων στοιχείων των οστών οδηγεί στην οστεοπόρωση.

Πρόσφατες προοπτικές μελέτες παρακολούθησης συσχετίζουν την πρόσληψη γαλακτοκομικών προϊόντων και ασβεστίου με μειωμένο ποσοστό εμφάνισης υπέρτασης, παχυσαρκίας και μεταβολικού συνδρόμου (S. Liu et al, Dec 2005). Τη σημερινή εποχή όπου η παχυσαρκία αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα υγείας για όλες τις ηλικίες, το γάλα συνδυάζει χαμηλή θερμιδική αξία με υψηλή διατροφική αξία. Τα χαρακτηριστικά του αυτά το καθιστούν ιδανικό καθημερινό ρόφημα για μικρούς και μεγάλους, πάντα στα πλαίσια μιας υγιεινής και ισορροπημένης διατροφής. Παράλληλα, επειδή καταναλώνεται σε υγρή μορφή, είναι ιδιαίτερα εύληπτο (Μάντη, 1991).

Επομένως, επαρκής ποσότητα του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων είναι αναγκαία καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου, για την προώθηση της υγείας των οστών, τη μείωση της εμφάνισης χρόνιων ασθενειών και τη γενικότερη συμβολή στην ανθρώπινη διατροφή (Miller, G.D. et al, 2007). Ένα γαλακτοκομικό προϊόν μεγάλης θρεπτικής αξίας που καταναλώνει ο άνθρωπος, από αρχαιοτάτων χρόνων, είναι και η γιαούρτη.

### 1.3 Άπαχο γάλα

#### 1.3.1 Ορισμός άπαχου γάλακτος

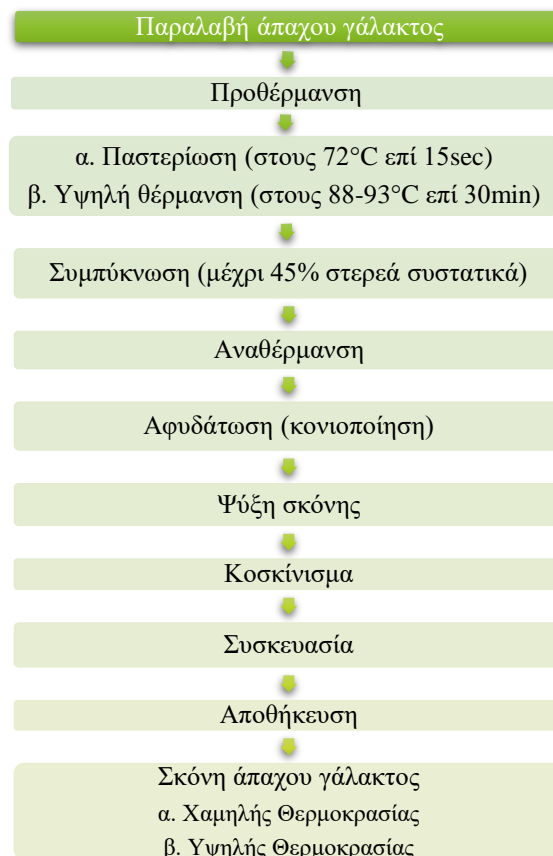
Σύμφωνα με τον Κώδικα τροφίμων και ποτών, αποβουτυρωμένο (ή άπαχο) γάλα χαρακτηρίζεται το προϊόν αυτό από το οποίο έχει διαχωριστεί το λίπος, κατά το δυνατόν επαρκέστερα, με τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούν οι σύγχρονες βιομηχανίες, δηλαδή τους κορυφολόγους και χωρίς καμία προσθήκη. Αυτό περιέχει λίπος σε ποσοστό 0,5% κατ' ανώτατο όριο. (Δ/σης Τροφίμων του Γενικού Χημείου του Κράτους, 2014)

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Το άπαχο γάλα έχει μεγάλη θρεπτική αξία, καθώς περιέχει όλα τα συστατικά του γάλακτος πλην του λίπους. Οι υψηλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνες του, αποτελούν το 36% των στερεών συστατικών του. Η θερμιδική του αξία ανέρχεται στο 55% αυτής του πλήρους γάλακτος. Ο κυριότερος τρόπος αξιοποίησής του είναι η αποξήρανσή του και χρησιμοποίηση της σκόνης άπαχου γάλακτος σε πλήθος προϊόντων. Ένας άλλος τρόπος αξιοποίησής του είναι η παρασκευή καζεΐνης και καζεϊνικών αλάτων.

### 1.3.2 Κονιοποίηση άπαχου γάλακτος

Προκειμένου να μετατραπεί το άπαχο γάλα σε σκόνη θα πρέπει να συμπυκνωθούν τα συστατικά του περίπου κατά 10 φορές που επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση, με εξάτμιση του 96-97% του νερού που περιέχει. Η κονιοποίηση του άπαχου γάλακτος γίνεται συνήθως με τη μέθοδο του ψεκασμού “Spray”, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) (Munir, et al., June 2014):



Διάγραμμα 1. Κονιοποίηση Άπαχου Γάλακτος.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 1.3.3 Γάλα σε σκόνη. Ορισμός

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, τα ολικά αφυδατωμένα γάλατα (γάλα σε σκόνη ή κόκκους), ορίζονται ως το στερεό προϊόν του οποίου η κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό δεν υπερβαίνει το 5% στο τελικό προϊόν και το οποίο λαμβάνεται με την αφαίρεση του νερού από το γάλα, από ολικά ή μερικά αποβουτυρωμένο γάλα, από κρέμα γάλακτος ή από μείγμα των προϊόντων αυτών. Σε μερικές περιπτώσεις γίνεται ειδική επεξεργασία της σκόνης μετά την έξοδο της από το θάλαμο ξηράνσεως και παράγεται προϊόν με υψηλή διαλυτότητα. Τα ολικά αφυδατωμένα γάλατα καθορίζονται ως εξής:

1. Γάλα σε σκόνη, πλούσιο σε λιπαρά ή σκόνη γάλακτος πλούσιου σε λιπαρά, είναι το αφυδατωμένο γάλα που περιέχει τουλάχιστον 42% λιπαρά κατά βάρος.
2. Πλήρες γάλα σε σκόνη ή σκόνη πλήρους γάλακτος, ορίζεται ως το αφυδατωμένο γάλα του οποίου η κατά βάρος περιεκτικότητα σε λιπαρά μεταξύ του 26% και 42%.
3. Γάλα μερικά αποβουτυρωμένο σε σκόνη γάλακτος ή σκόνη γάλακτος μερικά αποβουτυρωμένου, είναι το αφυδατωμένο γάλα του οποίου η κατά βάρος περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι μεταξύ 1,5% και 26%.
4. Γάλα αποβουτυρωμένο σε σκόνη ή σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος είναι αφυδατωμένο γάλα που περιέχει το πολύ 1,5% λιπαρά κατά βάρος. (Διεύθυνση Τροφίμων του Γενικού Χημείου του Κράτους, 2009)

Η ποιότητα της σκόνης γάλακτος μπορεί να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των σωματιδίων και έχει κρίσιμη σημασία κατά την αξιολόγηση των προτύπων ποιότητας στο γάλα σε σκόνη. Το μέγεθος των σωματιδίων σκόνης γάλακτος που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή διαφόρων προϊόντων διατροφής μπορεί να επηρεάσει την πιθανή τελική χρήση των προϊόντων αυτών. Το μέγεθος των σωματιδίων στο γάλα σε σκόνη μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες ανασύστασης σκόνης, τη διαβρεξιμότητα και τη δυνατότητα διασποράς. Το μικρό μέγεθος σωματιδίων και το κανονικό σχήμα μπορούν να βελτιώσουν τη στενή συσκευασία σωματιδίων. Μεγάλα σωματίδια σκόνης ξηρού γάλακτος παρουσιάζουν καλή διαβρεξιμότητα και ικανότητα διασποράς. Η ροή εξαρτάται επίσης από το μέγεθος και το σχήμα των σωματιδίων.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 1.3.4 Άπαχο γάλα σε σκόνη

Το άπαχο γάλα σε σκόνη είναι αφυδατωμένο γάλα που περιέχει το πολύ 1,5% λιπαρά κατά βάρος, περιέχει όχι λιγότερο του 95% στερεά γάλακτος και η υγρασία δεν υπερβαίνει το 4%. Στην περίπτωση της στιγμιαίας παραγωγής αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος, γίνεται προσθήκη βιταμινών Α και D.

Η σύσταση της σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος είναι κατά μέσο όρο η εξής (Πίνακας 1) (Commission, 2017):

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Συστατικά	Περιεκτικότητα (%)
Λίπος	1
Πρωτεΐνες	36
Λακτόζη	52
Τέφρα	8
Υγρασία	3
<b>Μεταλλικά στοιχεία</b>	<b>(mg/100g)</b>
Ασβέστιο	1248
Νάτριο	494
Κάλιο	1674
Φώσφορος	993
Σίδηρος	0.4
Μαγνήσιο	110
Ψευδάργυρος	4.08

Πίνακας 1. Σύσταση σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος.



# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 1.4 Σύσταση γάλακτος

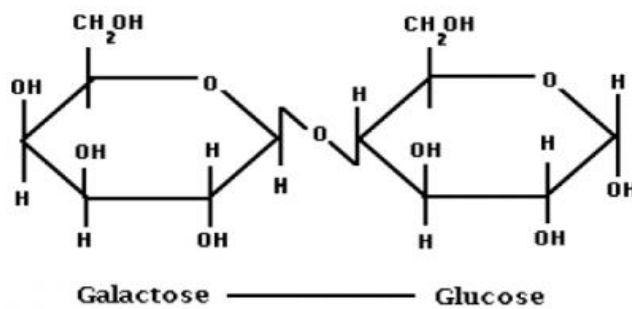
### 1.4.1 Νερό

Το νερό είναι το μέσο, στο οποίο όλα τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος (ολικά στερεά) είναι διαλυμένα ή διεσπαρμένα. Ένα μικρό ποσοστό του νερού του γάλακτος βρίσκεται στην ενυδατωμένη λακτόζη και σε ενυδατωμένα άλατα, και ένα ακόμη μικρό ποσοστό είναι συνδεδεμένο με τις πρωτεΐνες. Το νερό είναι επίσης σημαντικό συστατικό της μεμβράνης των Λιποσφαιρίων (Chandan, 2006).

Στην περίπτωση της σκόνης γάλακτος, η κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό δεν υπερβαίνει το 5% στο τελικό προϊόν. Αυτό απομακρύνεται με διάφορες μεθόδους (μέθοδος τυμπάνων, μέθοδος εκνεφώσεως, μέθοδος εκνεφώσεως αφρού, μέθοδος υψηλών πύργων, Λύοφιλη αποξήρανση, γαλακτόσκηνη στιγμιαίας διαλυτότητας).

### 1.4.2 Υδατάνθρακες

Η λακτόζη είναι το κύριο σάκχαρο του γάλακτος των θηλαστικών με εξαίρεση το γάλα ορισμένων θαλάσσιων θηλαστικών (Μάντη, 1991). Είναι ένας δισακχαρίτης αποτελούμενος από ένα μόριο γαλακτόζης και ένα μόριο γλυκόζης, ενωμένα μεταξύ τους με β-1→4 γλυκοζιτικό δεσμό (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Δομή Λακτόζης. Δεσμός μεταξύ Γλυκόζης και Γαλακτόζης.

Η συστηματική ονομασία της είναι β-D-γαλακτοπυρανοζυλο-(1→4)-D-γλυκόζη (Linko, 1982). Το μόριο της γλυκόζης μπορεί να έχει την μορφή είτε α-πυρανόζης είτε β-πυρανόζης, ενώ η γαλακτόζη απαντάται μόνο στην μορφή β-πυρανόζης. Συνεπώς, οι ονομασίες α-λακτόζη και β-λακτόζη αναφέρονται αποκλειστικά στις ανωμερείς μορφές του δακτυλίου της γλυκοπυρανόζης.

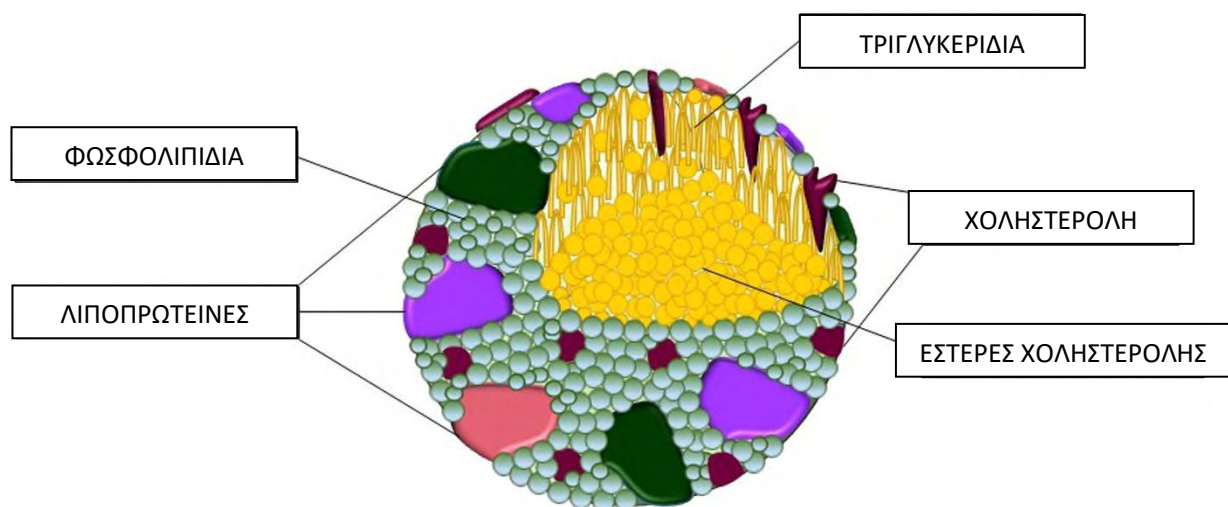
Υπάρχουν κι άλλοι υδατάνθρακες εκτός της λακτόζης σε μικρά ποσά, όπως μονοσακχαρίτες, ουδέτεροι ή όξινοι ολιγοσακχαρίτες καθώς και σάκχαρα δεσμευμένα με πρωτεΐνες και πεπτίδια<sup>4</sup>. Από τους μονοσακχαρίτες ανευρίσκονται η γλυκόζη και η γαλακτόζη σε ποσά από

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

1020 mg/100 ml. Επίσης έχουν βρεθεί και οι υδατάνθρακες φουκόζη, Νακετυλογλυκοζαμίνη, η N-ακετυλογαλακτοζαμίνη και το N-ακετυλονευραμινικό οξύ, είτε ως ελεύθερα σάκχαρα, είτε κυρίως ως ολιγοσακχαρίτες, γλυκοπεπτίδια ή γλυκοπρωτεΐνες (Μάντη, 1991).

### 1.4.3 Λίπος

Η περιεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος σε λίπος κυμαίνεται σε ευρέα όρια από 2,5% μέχρι 6%. Ο ελληνικός Κώδικας Τροφίμων και Ποτών δέχεται για το τυποποιημένο πλήρες γάλα ως τιμή λιποπεριεκτικότητας το 3,5% (Δ/σης Τροφίμων του Γενικού Χημείου του Κράτους, 2014). Το λίπος είναι μορφοποιημένο σε λιποσφαίρια, τα οποία κατά το μεγαλύτερό τους μέρος (95–98%) αποτελούνται από τριγλυκερίδια, η σύσταση των οποίων εξαρτάται από τις εποχιακές διατροφικές συνήθειες των ζώων, τη θερμοκρασία, την υγρασία, το στάδιο άμελξης, πιθανές ασθένειες στους μαστούς και από τον κύκλο γαλουχίας τους. Το μεγάλο αυτό ποσοστό των τριγλυκεριδίων έχει άμεση επίδραση και στις ιδιότητες του γάλακτος (Μάντη, 1991). Το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από φωσφολιπίδια τα οποία βρίσκονται στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων, από στερόλες, συγκεκριμένα χοληστερόλες, εστέρες χοληστερολών, καροτινοειδή, λιποδιαλυτές βιταμίνες A, D, E και K (Wong, 1999) με ένα μικρό ποσοστό από μικρής αλυσίδας λιπαρά οξέα ( $C_{4:0}$ – $C_{10:0}$ ) και ένα μικρό ποσοστό από μακράς αλυσίδας πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Το γάλα, μετά την άμελξη, περιέχει επίσης μικρές ποσότητες από διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια (Fox, 1995). Συγκεκριμένα, η δομή του λιποσφαιρίου φαίνεται στην Εικόνα 2, ενώ η περιεκτικότητα των λιπαρών του γάλακτος σε επιμέρους συστατικά, στον Πίνακα 2 (Ανυφαντάκης, 2004).



Εικόνα 2. Δομή Λιποσφαιρίου.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Κατηγορία Λιπαρών		Περιεκτικότητα (%)
Ουδέτερα Λίπη	Τριγλυκερίδια	98
	Μονογλυκερίδια	
	Διγλυκερίδια	
Πολικά Λιπίδια	Φωσφολιπίδια	1
	Γλυκολιπίδια	
Ασαπωνοποίητα συστατικά	Στερόλες	1
	Καροτινοειδή	
	Λιποδιαλυτές Βιταμίνες	

Πίνακας 2. Κατηγορίες Λιπαρών Γάλακτος.

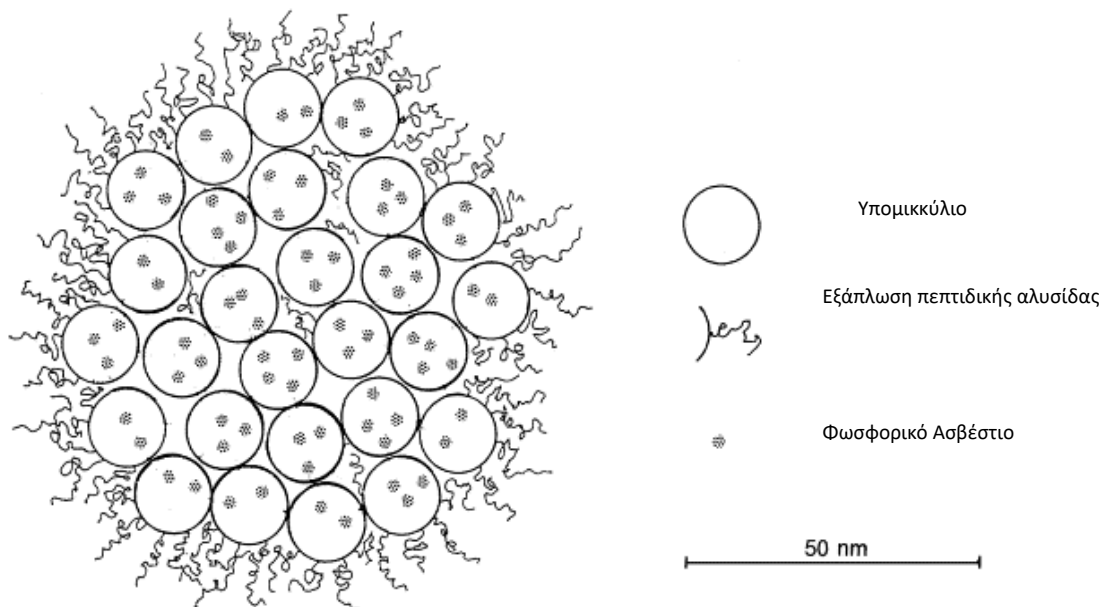
Τα λιποσφαίρια περιβάλλονται από μια λεπτή μεμβράνη, η οποία μειώνει τις συνέπειες των φαινομένων αποσταθεροποίησης του γάλακτος, όπως είναι η κροκίδωση, η συνένωση και περαιτέρω η αποκορύφωση. Ο όρος «μεμβράνη» υιοθετήθηκε, διότι κατά την έκκριση του γάλακτος από το μαστό, το λιποσφαίριο αποκτά ένα περίβλημα από την πλασματική μεμβράνη. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μια πραγματική βιολογική μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή, έχει πάχος περίπου 10 nm και αποτελείται κυρίως από φωσφολιπίδια, πρωτεΐνες, που δεν περιλαμβάνονται στις πρωτεΐνες του ορού, γλυκοπρωτεΐνες, ένζυμα, ουδέτερα λιπίδια, νερό και χοληστερόλη (Wong, 1999). Η μεμβράνη των λιποσφαιρίων περιέχει, επίσης, πολύ υψηλό ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, σε σύγκριση με το περιεχόμενο του γάλακτος σε λιπαρά και για αυτό το λόγο είναι πιο ευαίσθητη στην οξείδωση. Η απομάκρυνση του λίπους (βουτύρου) από το νωπό γάλα επιτυγχάνεται με μηχανική επεξεργασία (κορυφολόγο) και χωρίς καμία προσθήκη. Κατά την αποβουτύρωση οι μεμβράνες διασπώνται κι έτσι επιτυγχάνεται η συγκόλληση των λιποσφαιρίων υπό σχηματισμό βουτυρομάζας. Στο βουτυρόγαλα που απομένει μεταβαίνουν τα περισσότερα συστατικά της μεμβράνης, ενώ στη βουτυρομάζα μεταβαίνουν κυρίως τα φωσφολιποειδή.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 1.4.4 Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 3,3 g/100 ml έως 3,9 g/100 ml. (Μάντη, 1991) Οι κύριες ομάδες πρωτεϊνών είναι οι καζεΐνες, οι πρωτεΐνες του ορού και οι ανοσοσφαιρίνες. Το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος αποτελούν οι καζεΐνες. (Mattila-Sandholm, 2003). Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα είδη πρωτεϊνών που περιέχονται στο αγελαδινό γάλα.

Οι **καζεΐνες** είναι το κλάσμα των φωσφοπρωτεϊνών που καθιζάνει ύστερα από οξίνιση σε pH 4,6 και σε θερμοκρασία 20°C (Μάντη, 1991). Οι καζεΐνες είναι υδρόφοβες, έχουν υψηλό φορτίο, και περιέχουν πολλές προλίνες και λίγα τμήματα κυστεΐνης. Το υψηλό φορτίο τους, τις διατηρεί σε διασπορά. Έχουν μικρή δευτεροταγή και τριτοταγή δομή, γεγονός που κάνει δύσκολη τη μετουσίωσή τους (Walstra, 2006). Με βάση τη διάταξη των αμινοξέων στο μόριό τους οι καζεΐνες απαντούν στο γάλα σε μορφή συμπλόκων μορίων των  $\alpha_{s1}$ -,  $\alpha_{s2}$ -,  $\beta$ - και  $\kappa$ -καζεϊνών, τα οποία καλούνται μικκύλια και βρίσκονται σε κolloειδή διασπορά στην υδατική φάση (Πίνακας 3) (Μάντη, 1991).



Εικόνα 3. Καζεϊνικό Μικκύλιο αποτελούμενο από υπομικκύλια.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Τύποι καζεΐνης	Περιεκτικότητα (%)	Χαρακτηριστικά
$\alpha_{s1}$ -καζεΐνη	1.2–1.5	Υψηλό αρνητικό φορτίο και υψηλό φωσφορικό περιεχόμενο.
$\alpha_{s2}$ -καζεΐνη	0.3–0.4	Περιέχει δύο τμήματα κυστεΐνης και καμία ομάδα υδατανθράκων. Είναι ευαίσθητη σε κατιόντα ασβεστίου.
$\beta$ -καζεΐνη	0.9–1.1	Η πλέον υδρόφοβη καζεΐνη. Περιέχει σε μεγάλο ποσοστό προλίνη.
$\gamma$ -καζεΐνη	Ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία και τη θερμοκρασία διατήρησης του γάλακτος.	Προϊόν υποβάθμισης της $\beta$ -καζεΐνης
$\kappa$ -καζεΐνη	0.3–0.4	Αποτελεί το 15% των συνολικών καζεϊνών. Διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από τις υπόλοιπες πρωτεΐνες.

Πίνακας 3. Διάταξη Καζεϊνών.

Τα μικκύλια αποτελούνται κατά 93% από καζεΐνες και το υπόλοιπο από ανόργανη ύλη. Κύρια συστατικά της ανόργανης ύλης αποτελούν ο φωσφόρος και το ασβέστιο, κυρίως με τη μορφή φωσφορικού ασβεστίου και συμβάλλουν στο σχηματισμό και τη διατήρηση του σχήματος των μικκυλίων. Τα μικκύλια είναι σχεδόν σφαιρικοί σχηματισμοί που συντίθενται από αριθμό μικρότερων υπομονάδων, τα υπομικκύλια, με μέγεθος 8-20 nm, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με φωσφορικό ασβέστιο. Το γεγονός ότι οι καζεΐνες στο γάλα δεν εμφανίζονται διαλυμένες, αλλά σε μορφή μικκυλίων, έχει σημαντικές συνέπειες στις ιδιότητες του γάλακτος. Σε μεγάλο βαθμό τα καζεϊνικά μικκύλια προσδιορίζουν τη φυσική σταθερότητα των προϊόντων του γάλακτος κατά τη θερμική κατεργασία, τη συμπύκνωση και την αποθήκευση (Walstra, 2006).

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 1.4.5 Βιταμίνες

Το γάλα περιέχει όλες σχεδόν τις βιταμίνες, άλλες σε ικανοποιητική ποσότητα και άλλες σε ίχνη. Από τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, η Α υπάρχει κυρίως ως εστέρας του παλμιτικού οξέος και η D ως μίγμα D<sub>2</sub> και D<sub>3</sub>. Η βιταμίνη Ε απαντά κυρίως ως α-τοκοφερόλη, ενώ η βιταμίνη Κ ανευρίσκεται μόνο σε ίχνη. Από τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες, εκείνες του συμπλέγματος Β ανευρίσκονται σταθερές στο γάλα των μηρυκαστικών, ανεξάρτητα από τη διακύμανση της περιεκτικότητάς τους στις ζωοτροφές (Μάντη, 1991). Το άπαχο γάλα, το γάλα με λίγα λιπαρά, καθώς και το πλήρες γάλα, περιέχουν την ίδια ποσότητα βιταμινών.

### 1.4.6 Άλατα

Το γάλα περιέχει αρκετά μεταλλικά στοιχεία είτε σε ιοντική μορφή, είτε δεσμευμένα σε άλλα συστατικά, είτε τέλος με μορφή οργανικών ή ανόργανων αλάτων. Από τα κατιόντα τα κυριότερα είναι του ασβεστίου (Ca<sup>2+</sup>), του νατρίου (Na<sup>+</sup>), του καλίου (K<sup>+</sup>) και του μαγνησίου (Mg<sup>2+</sup>), ενώ από τα ανιόντα, τα κυριότερα είναι του χλωρίου (Cl<sup>-</sup>), του φωσφόρου (P<sup>-</sup>) και τα κιτρικά. Το κάλιο, νάτριο και χλώριο βρίσκονται κυρίως ως ελεύθερα ιόντα, ενώ το ασβέστιο και μαγνήσιο μόνο σε μικρό ποσοστό είναι σε ιονισμένη μορφή. Στο αγελαδινό γάλα το 20% του ασβεστίου είναι δεσμευμένο στις καζεΐνες σε συνδυασμό με το φωσφόρο, το 50% βρίσκεται σε ανόργανη κολλοειδή μορφή και το 30% σε ιονισμένη μορφή. Σχετικά με το φωσφόρο, το 30% περίπου είναι σε ανόργανη διαλυτή μορφή, το 20% είναι δεσμευμένο στα μόρια των καζεϊνών, το 40% σε κολλοειδή ανόργανη μορφή και το υπόλοιπο 10% δεσμευμένο στα λιπίδια (Μάντη, 1991).

### 1.4.7 Ιχνοστοιχεία

Το γάλα περιέχει πολλά στοιχεία σε συγκεντρώσεις της τάξης των ppm (mg/l) ή ppb (μg/l) τα οποία είναι γνωστά ως ιχνοστοιχεία. Η παρουσία τους στο γάλα είναι συνάρτηση της περιεκτικότητάς τους στην τροφή των ζώων. Το γάλα ως προς τα ιχνοστοιχεία θεωρείται πλούσια πηγή, η ύπαρξη όμως ορισμένων όπως ο μόλυβδος και το αρσενικό χαρακτηρίζεται ως μόλυνση. Τα ιχνοστοιχεία ανευρίσκονται στο γάλα κυρίως με μορφή οργανικών ενώσεων, συνδεδεμένα κυρίως με τις πρωτεΐνες, αν και ορισμένα από αυτά, όπως ο χαλκός και ο σίδηρος, βρίσκονται και στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων (Μάντη, 1991).

### 1.4.8 Άλλα Συστατικά

Το γάλα πέρα από τα βασικά συστατικά, έχει και κάποια δευτερεύοντα:

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

- ✓ Ορμόνες: Πρόκειται για τις φυσικές ορμόνες (προλακτίνη, τεστοστερόνη, προγεστερόνη και οιστρογόνα) του ίδιου του γαλακτοπαραγωγού ζώου, οι οποίες απαντούν και στο γάλα σε πολύ μικρές ποσότητες και κυμαίνονται ανάλογα με το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής.
- ✓ Αλδεΐδες, κετόνες και αλειφατικά οξέα: Απαντούν σε συνολικό ποσό που κυμαίνεται από 10 έως 20 mg/100 ml.
- ✓ Μη πρωτεϊνικής φύσης αζωτούχες ουσίες.
- ✓ Θειούχες ενώσεις: Διάφορες διμεθυλο-σουλφόνες, θειοκυανικές ρίζες κ.α. που παίζουν ρόλο στην αντιμικροβιακή δράση του νωπού γάλακτος.
- ✓ Χρωστικές: Καροτένια που δίνουν υποκίτρινο χρώμα στο λίπος καθώς επίσης και η ριβοφλαβίνη που προσδίδει την πρασινοκύανη απόχρωση στο αποβουτυρωμένο γάλα.
- ✓ Αέρια: Το γάλα περιέχει οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο έως 5% του όγκου του.
- ✓ Κύτταρα: Περιέχονται φυσιολογικά έως 500.000 λευκοκύτταρα και επιθηλιακά κύτταρα ανά ml και ο αριθμός αυτός αυξάνεται σε περίπτωση μαστίτιδα.

### 1.5 Θρεπτική αξία- Σκοπός εργασίας

Η ανάγκη των ανθρώπων για κατανάλωση γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη τυποποιημένων προϊόντων, όπως είναι η σκόνη γάλακτος, καθώς και στην ανάπτυξη πολλών βιομηχανικών μεθόδων και τεχνικών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετάται η ομογενοποίηση διαλυμάτων αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος με χρήση υπερήχων. Τα πηγμάτα αυτά παρασκευάστηκαν σύμφωνα με την κλασική μέθοδο παρασκευής βιομηχανικής γιαούρτης, χρησιμοποιώντας πρόβειο γιαούρτι με 6,7% λιπαρά, ως καλλιέργεια. Παράλληλα μελετήθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι πηγμάτων: **1.** το αρχικό πήγμα με διάλυμα σκόνης και γιαούρτι και το **2.** με την προσθήκη σκόνης σκόρδου στο αρχικό πήγμα. Σκοπός της εργασίας είναι να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των υπερήχων στην ομογενοποίηση των πηγμάτων σκόνης γάλακτος και οι τυχόν επιδράσεις των παραμέτρων της διεργασίας στις ιδιότητες και στα συστατικά τους. Οι υπερήχοι είναι μηχανικά κύματα, συχνότητας μεγαλύτερη των 20 KHz. Με την εφαρμογή των υπερήχων στο γάλα, τα λιποσφαίρια διασπώνται, λόγω των παλμών που δημιουργούνται από τα κύματα. Για να διαπιστωθεί η επίδραση των υπερήχων, ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρακολούθηση ορισμένων ιδιοτήτων του γάλακτος, όπως το ιξώδες, το χρώμα, η οξύτητα, το

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

pH, η ικανότητα συγκράτησης νερού, το μικροβιακό φορτίο. Παράλληλα εξετάσαμε και την ποσότητα των φαινολικών που έχουν τα δύο διαφορετικά είδη γιαούρτης, τόσο πριν όσο και μετά τη χρήση υπερήχων.

Το γάλα είναι σημαντικό στοιχείο της διατροφής των ανθρώπων, σε κάθε στάδιο της ζωής τους. Η αξιοποίηση της σκόνης γάλακτος σε βιομηχανικό επίπεδο, χάρη στη μεγάλη διάρκεια ζωής της, αυξάνεται όλο και περισσότερο. Η μελέτη της, λοιπόν, αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα. Με την παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται μια προσπάθεια να διαπιστωθεί, αν η ομογενοποίηση πηγμάτων αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη, με τους υπέρηχους, μπορεί να επιφέρει επιθυμητά αποτελέσματα, οπότε να δοθεί η δυνατότητα για ευρύτερη χρήση και εφαρμογή τους κατά την παραγωγή τους.



# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Το γάλα παρουσιάζεται ως:

- ✓ Αραιό γαλάκτωμα λιπαρής φύσης,
- ✓ Κολλοειδής διασπορά των μικκυλίων καζεΐνης,
- ✓ Μοριακό διάλυμα υδατοδιαλυτών συστατικών.

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του γάλακτος είναι οι εξής:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Οσμή                    | 8. Ιξώδες                 |
| 2. Γεύση                   | 9. Επιφανειακή Τάση       |
| 3. Χρώμα                   | 10. Σημείο Πήξεως         |
| 4. Οξύτητα                 | 11. Σημείο Ζέσεως         |
| 5. Δυναμικό Οξειδοαναγωγής | 12. Δείκτης Διάθλασης     |
| 6. Ειδικό Βάρος            | 13. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα |
| 7. Πυκνότητα               | 14. Ειδική Θερμότητα      |

### 2.1 Οσμή και Γεύση

Η οσμή του γάλακτος είναι χαρακτηριστική και η γεύση του, ήπια και ελαφρώς υπόγλυκη, λόγω της λακτόζης, ενώ τα άλατα προσδίδουν την αλμυρότητα στο γάλα. Πολλά μικρά μόρια που περιέχονται σε μικρές ποσότητες συμβάλλουν και αυτά στη γεύση. Η ακαταλληλότητα χρήσης του γάλακτος και η μη υγιεινή κατάστασή του, υποδηλώνονται από μη φυσιολογική οσμή και γεύση (Μάντη, 1991).

### 2.2 Χρώμα

Το χρώμα του γάλακτος είναι λευκό, υποκίτρινο ή κυανόλευκο ανάλογα με το είδος του ζώου, τη φυλή και την ύπαρξη χρωστικών. Το λευκό χρώμα του αγελαδινού γάλακτος είναι αποτέλεσμα του σκεδασμού του φωτός που προκαλείται από την ανάκλασή του πάνω στα λιποσφαίρια και στα μικύλια της καζεΐνης (Μάντη, 1991).

### 2.3 Οξύτητα – Ρυθμιστική Ικανότητα

Το αγελαδινό γάλα μετά την άμελξή του είναι ελαφρώς όξινο. Η αρχική αυτή οξύτητα του γάλακτος εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ, κυμαίνεται μεταξύ 0,12–0,15g/ 100ml και οφείλεται: (Jensen, 1995)

1. Στις καζεΐνες κατά 0,05-0,08 %.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

2. Στα συστατικά του ορού (αλβουμίνη, CO<sub>2</sub>, κιτρικά) κατά 0,03-0,05%.

3. Στο φωσφορικό ασβέστιο κατά 0,04-0,05%.

Η οξύτητα μπορεί να εκφραστεί ως ενεργός οξύτητα (pH) και λαμβάνει τιμή 6,5 έως 6,7 με μέσο όρο το 6,6 σε θερμοκρασία 20°C. Το pH του γάλακτος σε περιπτώσεις μαστίτιδας ή χρήσης αντιβιοτικών φαρμάκων στα ζώα, είναι αρκετά υψηλότερο από εκείνο που παραλαμβάνεται από υγιή ζώα, και φτάνει σε τιμή 7,5 (Wong, 1999).

Το γάλα έχει και ρυθμιστική ικανότητα που αυτό οφείλεται στο φωσφορικό και το κιτρικό ασβέστιο. Η θέρμανση του γάλακτος προκαλεί μικρή άνοδο του pH λόγω απώλειας CO<sub>2</sub> και μειώνει τη ρυθμιστική του ικανότητα λόγω καθίζησης του καζεϊνικού ασβεστίου, με παράλληλη απελευθέρωση ιόντων υδρογόνου. Θέρμανση όμως πάνω από τους 100°C προκαλεί μείωση του pH (αύξηση οξύτητας) λόγω παραγωγής οξέων από τη μερική διάσπαση της λακτόζης (Μάντη, 1991).

### 2.4 Δυναμικό Οξειδοαναγωγής

Το γάλα περιέχει αρκετά οξειδοαναγωγικά συστήματα (ασκορβικό οξύ, γαλακτικό οξύ, πυροσταφυλικό οξύ, ριβοφλαβίνη, οξυγόνο), η σχετική συγκέντρωση των οποίων καθορίζει και το δυναμικό οξειδοαναγωγής του (Eh) σε δεδομένη στιγμή. Το πρόσφατης άμελης φυσιολογικό γάλα έχει θετικό δυναμικό που κυμαίνεται από +200mV έως +300 mV, λόγω του διαλυμένου οξυγόνου που περιέχει (Μάντη, 1991). Η ανάπτυξη οξυγαλακτικών βακτηρίων οδηγεί σε αρνητική τιμή δυναμικού, όπως και η θέρμανση, όπου απελευθερώνεται -RSH από τη μετουσίωση των πρωτεϊνών.

### 2.5 Ειδικό Βάρος

Το βάρος ανά μονάδα όγκου εξαρτάται από το ειδικό βάρος των συστατικών του. Το ειδικό βάρος εξαρτάται κυρίως από τη συγκέντρωση των συστατικών στο βαθμό ενυδάτωσης των πρωτεϊνών και τον ειδικό όγκο λιπαρής φάσης. Η μέση τιμή ειδικού βάρους του αγελαδινού γάλακτος είναι: 1,030. Μεταβολές στη συγκέντρωση του λίπους ή το Στερεό Υπόλειμμα άνευ Λίπους (ΣΥΑΛ), αλλάζουν το ειδικό βάρος, σύμφωνα με τη σχέση:

$$E.B = 1,0 + (0,0035 * \%ΣΥΑΛ) - (0,001 * \% \text{ Λίπος}).$$

### 2.6 Πυκνότητα

Η πυκνότητα του γάλακτος εκφράζεται σε Kg/m<sup>3</sup> και διαμορφώνεται από την πυκνότητα των επιμέρους συστατικών του. Συνεπώς εξαρτάται από τη συγκέντρωση των συστατικών, το βαθμό ενυδάτωσης των πρωτεϊνών και τον ειδικό όγκο της λιπαρής φάσης του γάλακτος. Αυτή

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

η ιδιότητα χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των μη λιπαρών στερεών στο γάλα, καθώς και της προσθήκης νερού στο γάλα, η οποία μειώνει την πυκνότητα (Jensen, 1995). Για την πυκνότητα του νερού μπορεί να ληφθεί η τιμή  $998,2 \text{ Kg/m}^3$ , σε θερμοκρασία  $20^\circ\text{C}$ , περίπου  $918 \text{ Kg/m}^3$  για το λίπος,  $1400 \text{ Kg/m}^3$  για τις πρωτεΐνες,  $1780 \text{ Kg/m}^3$  για τη λακτόζη και περίπου  $1850 \text{ Kg/m}^3$  για τα συνολικά συστατικά του γάλακτος. Η πυκνότητα του φρέσκου πλήρους γάλακτος κατά μέσο όρο είναι  $1028 \text{ Kg/m}^3$  και αυξάνεται με αύξηση των στερεών μη λιπαρών, ενώ μειώνεται με αύξηση του περιεχόμενου λίπους (Walstra, 2006).

### 2.7 Ιξώδες

Το ιξώδες εκφράζει την αντίσταση στη ροή ή την παραμόρφωση, μετριέται σε  $\text{Pa}\cdot\text{s}$  ή σε  $\text{cP}$  και η μέτρησή του γίνεται με ιξωδόμετρα. Το ιξώδες του γάλακτος είναι χαμηλό, περίπου διπλάσιο του νερού, πράγμα που σημαίνει ότι το γάλα μπορεί εύκολα να αναμιχθεί, ακόμη και από ρεύματα μεταφοράς που προκύπτουν από μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ  $0,9 - 2,1 \text{ cP}$  και επηρεάζεται κυρίως από τη συγκέντρωση και τη διασπορά των κolloειδών μικκυλίων καζεΐνης και τον αριθμό των λιποσφαιρίων. Η ομογενοποίηση αυξάνει τον αριθμό των λιποσφαιρίων επιφέροντας αύξηση στο ιξώδες. Το ιξώδες επηρεάζεται, επίσης, από τη θερμοκρασία και αυξάνεται με τη μείωσή της (Walstra, 2006).

### 2.8 Επιφανειακή Τάση

Επιφανειακή τάση καλείται η ιδιότητα των επιφανειών για διαχωρισμό δύο φάσεων. Επηρεάζεται από τον αριθμό και τον προσανατολισμό των μορίων. Η επιφανειακή τάση του γάλακτος κυμαίνεται μεταξύ των  $40 - 60 \text{ dynes/cm}$  στους  $20^\circ\text{C}$ . Το γάλα έχει χαμηλότερη τιμή επιφανειακής τάσης από το νερό, λόγω του λίπους και των πρωτεϊνών. Η λιπόλυση μειώνει αρκετά την επιφανειακή τάση του γάλακτος. Για παράδειγμα, η κρέμα γάλακτος έχει τιμή επιφανειακής τάσης  $39 - 40 \text{ dynes/cm}$ .

### 2.9 Σημείο Πήξης

Το σημείο πήξης κάθε υδατικού συστήματος εξαρτάται από τη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών συστατικών. Έτσι στο γάλα το σημείο πήξης εξαρτάται από τη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών συστατικών του, όπως της λακτόζης, των πρωτεϊνών του ορού και των αλάτων, κυρίως του χλωρίου. Το σημείο πήξης του γάλακτος είναι σχετικά σταθερό, χαμηλότερο από το αντίστοιχο νερού και ποικίλλει με τη σύστασή του (Jensen, 1995). Το σημείο πήξης στο αγελαδινό γάλα κυμαίνεται από  $-0,530^\circ\text{C}$  έως  $-0,570^\circ\text{C}$  με μέση τιμή τους  $-0,547^\circ\text{C}$  και προσδιορίζεται με το κρυοσκόπιο.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Το σημείο πήξης θεωρείται μια αξιόπιστη φυσική παράμετρος του γάλακτος. Αύξηση αυτού, επέρχεται με την προσθήκη νερού. π.χ. προσθήκη κατ' όγκο 1% νερού προκαλεί αύξηση του σημείου πήξης κατά 0,0055°C. Έτσι, προσδιορίζοντας το σημείο πήξης του ενός δείγματος και του δείγματος αναφοράς (-0,547°C), μπορεί να υπολογιστεί η % προστιθέμενη ποσότητα νερού. Από τη νομοθεσία πολλών χωρών θεωρείται νοθεία η ανεύρεση τιμής μεγαλύτερης από 3%. Μείωση της τιμής του σημείου πήξης επέρχεται με τη ζύμωση του γάλακτος.

### 2.10 Σημείο Ζέσης

Το σημείο ζέσης του γάλακτος είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο του καθαρού νερού, πάλι λόγω των διαλυμένων συστατικών μέσα στο γάλα (Jensen, 1995). Επίσης, ποικίλλει με τη σύσταση του γάλακτος. Το γάλα βράζει στους 100,15°C έως 100,17°C λόγω των υδατοδιαλυτών συστατικών του. Μετά από βρασμό, το σημείο ζέσης ελαττώνεται λόγω μερικής καθίζησης ορισμένων συστατικών του (Μάντη, 1991).

Με το βρασμό του γάλακτος σε κανονική πίεση, προκαλούνται ορισμένες αλλαγές στο προϊόν:

- ✓ Μείωση του ποσοστού της κρέμας που θα ανυψωθεί στην επιφάνεια.
- ✓ Αλλαγή στο χρώμα του γάλακτος (γίνεται πιο σκούρο).
- ✓ Αλλαγή στη γεύση του γάλακτος.
- ✓ Πήξη αλβουμίνης και σχηματισμός πέτσας στην επιφάνεια.
- ✓ Αποσύνθεση πρωτεϊνών.
- ✓ Καταβύθιση αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου.
- ✓ Διάσπαση των λιποσφαιρίων.
- ✓ Καταστροφή των ενζύμων.
- ✓ Μείωση της τάσης για πήξη του γάλακτος (Farrall, 1953).

### 2.11 Δείκτης Διάθλασης

Ο δείκτης διάθλασης του γάλακτος εξαρτάται από τη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών συστατικών, τη θερμοκρασία και το μήκος κύματος του φωτός που χρησιμοποιείται. Προσδιορίζεται με τη χρήση του διαθλασίμετρου. Σε θερμοκρασία 20°C και με μήκος κύματος φωτός 589,0nm – 589,6nm, ο δείκτης διάθλασης του ορού του γάλακτος κυμαίνεται από 1,3440 – 1,3485. Χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το στερεό υπόλειμμα του γάλακτος, καθώς έχει διαπιστωθεί γραμμική μεταβολή του με την ποσότητα του στερεού υπολείμματος (Μάντη, 1991).

### 2.12 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Στο γάλα η αγωγιμότητα εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων των διαφόρων αλάτων και για αυτό χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του συνολικού ιοντικού περιεχομένου του

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

γάλακτος. Τα κυριότερα ιόντα που επηρεάζουν την αγωγιμότητα είναι αυτά, του νατρίου και του χλωρίου. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο γάλα κυμαίνεται μεταξύ των 0,0040 – 0,0060/ Ohm cm. Οι μετρήσεις της αγωγιμότητας του γάλακτος, χρησιμοποιούνται για την ανεύρεση της μαστίτιδας, καθώς τα ποσοστά του νατρίου και του χλωρίου αυξάνονται με την παρουσία τους. Αίτια αύξησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να είναι και η ύπαρξη απορρυπαντικών ή απολυμαντικών, όπως επίσης και το ζυμωμένο γάλα (Μάντη, 1991).

### **2.13 Ειδική Θερμότητα**

Ειδική θερμότητα είναι η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας κατά 1°C. Παίζει ιδιαίτερο ρόλο κατά την θερμική επεξεργασία και ψύξη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

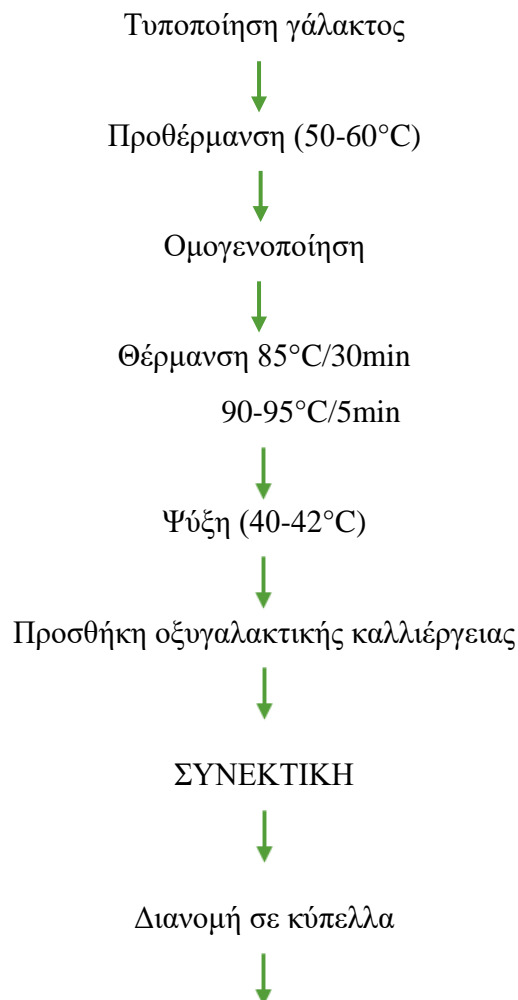
### 3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

#### 3.1 Παρασκευή βιομηχανικού γιαουρτιού. Στάδια.

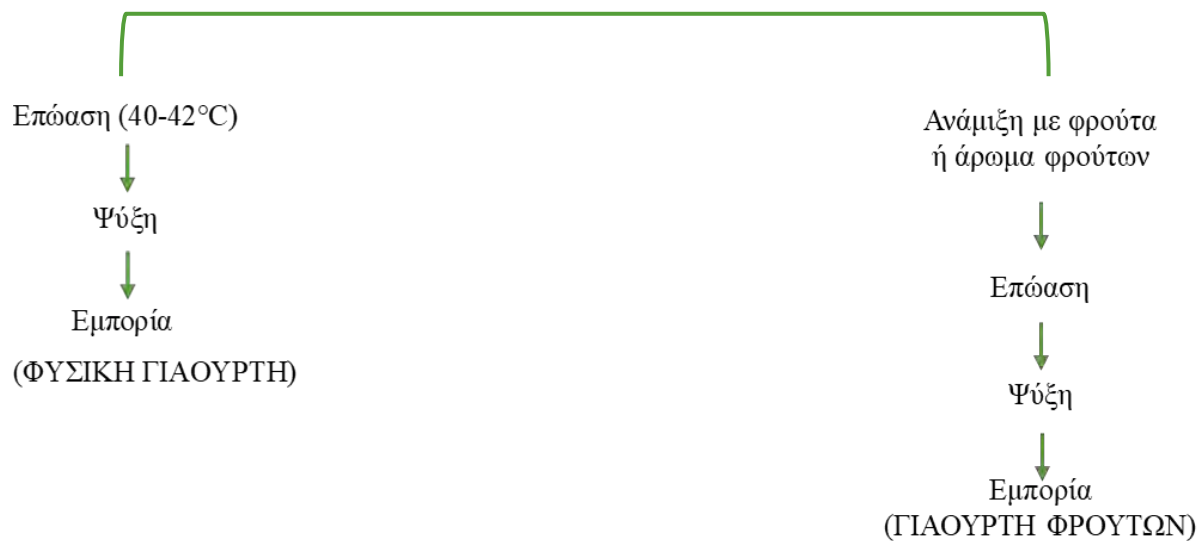
Οι κυριότεροι τύποι γιαούρτης που έχουν γίνει γνωστοί σε παγκόσμια κλίμακα είναι η συμπαγής ή συνεκτική ή στερεής δομής (set) και η αναδευμένη ή ημίρρευστης δομής (stirred).

Η συμπαγής γιαούρτη στη χώρα μας παράγεται ως φυσική ή με φρούτα γιαούρτη (επιδόρπιο γιαουρτιού). Το γάλα ομοιογενοποιείται και για αυτό δεν σχηματίζεται υμένιο στην επιφάνεια.

Η συσκευασία της γίνεται σε ερμητικώς κλειστά κύπελλα. Η επώαση γίνεται στους περιέκτες και το πήγμα δεν διαταράσσεται μετά την πήξη. Αναλυτικότερα τα στάδια παραγωγής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2) (Μάντης, 2000).



## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



Διάγραμμα 2. Διάγραμμα ροής παραγωγής γιαούρτης συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt).

### 3.1.1 Ομογενοποίηση

Κατά το στάδιο αυτό επιδιώκεται η διατήρηση της ομοιομορφίας του προϊόντος. Αναλυτικότερα η ομογενοποίηση αναφέρεται στον τεμαχισμό των λιποσφαιρίων του σε μικρότερα μεγέθη με τέτοιο τρόπο που να παρουσιάζεται άνοδος του λίπους προς την επιφάνεια κατά τη διάρκεια της πήξεως του γάλακτος στο επωαστήριο. Παράλληλα, με την διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται η αύξηση του ιξώδους και επομένως η καλύτερη συνεκτικότητα της γιαούρτης. Το γάλα πρέπει να ομογενοποιείται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Με τη θραύση των λιποσφαιρίων καταστρέφεται η φυσική μεμβράνη και αυξάνεται η επιφάνεια των λιποσφαιρίων που είναι εκτεθειμένη στις λιπάσες. Εκτός από την επίδραση στο λίπος, η ομογενοποίηση, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται υψηλή πίεση, επιδρά και στη δομή των μκελλών της καζεΐνης. Πιο αναλυτικά, η ομογενοποίηση αναφέρεται στο κεφάλαιο 4.

### 3.1.2 Θερμική Επεξεργασία

Η θέρμανση του γάλακτος για την παραγωγή γιαούρτης κάποτε γινόταν καθώς με τον τρόπο αυτό είχε διαπιστωθεί ότι το γάλα έπηξε καλύτερα με την προσθήκη της μαγιάς, ιδίως όταν συνοδευόταν με κάποια συμπύκνωση γάλακτος. Με το πέρασμα των χρόνων και ιδιαίτερα μετά τη διαπίστωση της ύπαρξης μικροβίων και της ανάπτυξης της μικροβιολογίας ερμηνεύτηκαν τα παραπάνω φαινόμενα και έγινε αποδεκτό ότι η θερμική επεξεργασία γίνεται:

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

- ✓ Να διευκολύνει την ανάπτυξη της καλλιέργειας.
- ✓ Να επιφέρει στο γάλα τις φυσικοχημικές αλλαγές που θα βελτιώσουν τη συνεκτικότητα της γιαούρτης.

Η θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα για την παρασκευή ζυμωμένων γαλάτων πραγματοποιείται συνήθως στους εξής συνδυασμούς: 85°C για 30 min, 90-95°C για 5 min, 110°C για 3 sec (Tamime & Robinson, 1985) (Ζερφυρίδης, 2001). Με την θερμική επεξεργασία επιτυγχάνεται σημαντικές διεργασίες που κυρίως αποσκοπούν στη σταθερότητα του πηγματος, ανάμεσα στα οποία είναι:

1. Η μετουσίωση των διαλυτών πρωτεϊνών του ορού, με αποτέλεσμα αρχικά την αύξηση του υδρόφιλου χαρακτήρα των πρωτεϊνών και συνεπώς τη συγκράτηση υγρασίας.
2. Ο σχηματισμός πλέγματος μικκυλίων καζεΐνης, τα οποία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα και ανάμεσα στα οποία ακινητοποιείται η υδατική φάση και τελικά αυτά δρουν ως σταθεροποιητές.
3. Η μείωση του μεγέθους των καζεϊνικών συσσωματωμάτων.
4. Η καταστροφή των βλαστικών μορφών των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο νωπό γάλα.
5. Η αδρανοποίηση των ενζύμων (λιπάσες και πρωτεάσες οι οποίες προέρχονται τόσο από γάλα, όσο και από τη μικροχλωρίδα που αναπτύσσεται σε αυτό), οπότε αποφεύγονται λιπολύσεις που προκαλούν ταγγή, πικρή γεύση.
6. Η μετατροπή από τη διαλυτή στη κολλοειδή φάση μέρους του ασβεστίου, φωσφόρου, μαγνησίου και κιτρικών αλάτων.
7. Η μερική καταστροφή υδατοδιαλυτών βιταμινών.
8. Ο σχηματισμός αντιοξειδωτικών σουλφυδριλικών ομάδων (-SH), που αναστέλλουν την οξείδωση του λίπους, και ταυτόχρονα ευθύνονται για την εμφάνιση της γεύσης «καμένου» στο γάλα.

### 3.1.3 Εμβολιασμός

Το γάλα μετά την θέρμανσή του πρέπει να υποστεί τη ζύμωση η οποία θα το μετατρέψει σε γιαούρτη. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη καλλιέργειας η οποία θα χρησιμοποιηθεί κατά τη φάση αυτή της παραγωγικής διαδικασίας και την οποία πρέπει κανείς να έχει έτοιμη εκ των προτέρων.



## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Οι χαρακτηριστικοί μικροοργανισμοί, που προτιμώνται ως οξυγαλακτική καλλιέργεια για την παρασκευή γιαούρτης είναι ο *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* και ο *Streptococcus thermophilus*. Η ποσότητα της καλλιέργειας με την οποία θα εμβολιασθεί το γάλα εξαρτάται από παράγοντες όπως η μορφή της καλλιέργειας (υγρή ή συμπυκνωμένη), η θερμοκρασία και η διάρκεια της επώασης καθώς επίσης και από τον τύπο του γιαουρτιού. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παρουσιάζουν η δραστηριότητα των μικροοργανισμών και οι ιδιότητες των στελεχών που χρησιμοποιούνται.

### 3.1.4 Επώαση

Το θερμικά επεξεργασμένο γάλα ψύχεται στη θερμοκρασία επώασης και εμβολιάζεται με την καλλιέργεια. Ο συνδυασμός θερμοκρασίας και χρόνου εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης, τις επιθυμητές ιδιότητες του ζυμώμενου προϊόντος και τον τύπο της γιαούρτης.

Για την παρασκευή της γιαούρτης και οι δύο μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργεια είναι θεرمόφιλοι. Η συνθηθέστερη θερμοκρασία επώασής τους για το πήξιμο της είναι 42-43 °C για 2,5-3 ώρες.

### 3.1.5 Ψύξη

Η ψύξη είναι το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του γάλακτος για την παρασκευή της γιαούρτης. Συγκεκριμένα, η τιμή του pH για τη στερεή (set type) και την απλή αναδευμένη γιαούρτη (stirred type) είναι 4,7 και 5,0 αντίστοιχα. Η ψύξη γίνεται σταδιακά και ολοκληρώνεται με τη μεταφορά σε τούνελ ψύξης ή σε ψυγεία. Το στάδιο αυτό επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες του παραγόμενου προϊόντος. Αναλυτικότερα, η πρόωρη ψύξη οδηγεί σε παρασκευή γιαούρτης με χαμηλή συνεκτικότητα και υπολειπόμενη γεύση, ενώ η καθυστερημένη εφαρμογή της οδηγεί σε έντονη μετοξίνιση και συναίρεση.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 4. ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ

Γενικά ομογενοποίηση καλείται η διαδικασία κατά την οποία δίνεται ομοιογενής υφή σε ένα μίγμα που αποτελείται από δύο ή περισσότερα μέρη. Επίσης είναι η διαδικασία την οποία υφίσταται το βιομηχανοποιημένο γάλα ώστε να μη διαχωρίζονται τα λιπαρά από τα στερεά του γάλακτος λόγω βαρύτητας (Wong, 1988). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω με τον όρο ομογενοποίηση εννοείται η διάσπαση των λιποσφαιρίων σε πολλά μικρότερα, τα οποία σταθεροποιούνται από μια σχηματιζόμενη διεπιφάνεια που αποτελείται από τη μεμβράνη τους, καθώς και από προσροφημένες πρωτεΐνες, που περιλαμβάνουν καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού, κυρίως τη γαλακτογλοβουλίνη (Tamime, 2007).

Οι λόγοι για τους οποίους, εφαρμόζεται η ομογενοποίηση, είναι οι ακόλουθοι (Walstra, 2006):

1. Για εξουδετέρωση της αποκορύφωσης: Για να επιτευχθεί αυτό, το μέγεθος των λιποσφαιρίων θα πρέπει να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Ένα στρώμα κρέμας στην επιφάνεια του προϊόντος μπορεί να είναι ανεπιθύμητος παράγοντας για τους καταναλωτές, ειδικότερα όταν η συσκευασία δεν είναι διαφανής και δεν μπορούν να αναγνωρίσουν το ελάττωμα άμεσα.
2. Για βελτίωση της σταθερότητας ενάντια στη συσσωμάτωση των λιποσφαιρίων: Η αυξημένη σταθερότητα των ομογενοποιημένων λιποσφαιρίων οφείλεται στη μειωμένη τους διάμετρο και στη διασπορά τους στην επιφάνεια.
3. Για τη δημιουργία επιθυμητών ρεολογικών ιδιοτήτων: Ο σχηματισμός ομογενοποιημένων συσσωματωμάτων μπορεί να αυξήσει το ιξώδες κάποιου γαλακτοκομικού προϊόντος, όπως είναι η κρέμα. Το ομογενοποιημένο γάλα έχει υψηλότερο ιξώδες σε σχέση με το μη ομογενοποιημένο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ομογενοποιημένα λιποσφαίρια καταλαμβάνουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τα μη ομογενοποιημένα και καλύπτονται μερικώς από καζεΐνη, συμμετέχοντας στη συσσωμάτωση των καζεϊνικών μικκυλίων.

Η ομογενοποίηση προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα, αλλά και κάποια μειονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ομοιόμορφη κατανομή της λιπαρής φάσης στο γάλα.	Μη αποτελεσματικός διαχωρισμός του λίπους, αν χρειαστεί.
Μειωμένη τάση συσσωμάτωσης λιποσφαιρίων κατά τη διατήρηση του γάλακτος σε ψύξη.	Ευαισθητοποίηση του γάλακτος στο φως, με αποτέλεσμα να αποκτά γρήγορα μια μεταλλική γεύση.
Λευκότερο χρώμα του γάλακτος.	Εύκολη πρόσβαση των λιπολυτικών ενζύμων στα λιποσφαίρια (υδρολητική τάγγιση).
Αύξηση του ιξώδους του γάλακτος.	Μείωση της σταθερότητα των πρωτεϊνών στη θέρμανση.
Ταχύτερη πήξη του γάλακτος με πυτιά.	Ακατάλληλο γάλα για την παραγωγή ορισμένων τύπων τυριών και ιδιαίτερα σκληρών τυριών.
Μειωμένη τάση του λίπους για οξείδωση, οπότε και μείωση του σχηματισμού ξένης γεύσης - αρώματος στο γάλα.	Ανάπτυξη γεύσης «ψαριού», μετά την ομογενοποίηση, λόγω των φωσφολιπιδίων που απελευθερώνονται, όταν καταστραφεί η μεμβράνη των λιποσφαιρίων και μπορούν να παράγουν μεταβολίτες με οσμή «ψαριού», όταν συνεργήσουν με ορισμένους μικροοργανισμούς, όπως ψευδομονάδες.
Οι πρωτεΐνες και τα λίπη βρίσκονται σε πολύ καλή διασπορά. Άρα, βοηθάει στην απορρόφηση των λιπαρών και στην καλύτερη αξιοποίηση των πρωτεϊνών από τον ανθρώπινο οργανισμό.	
Μικρότερο μέγεθος λιποσφαιρίων.	

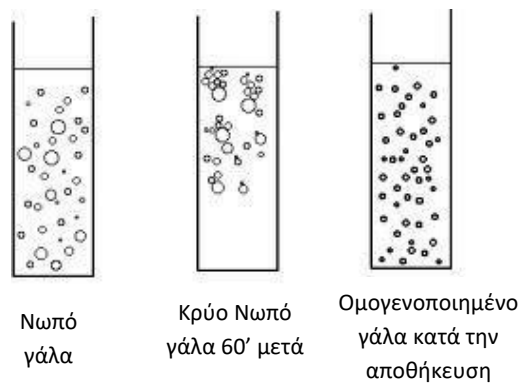
Πίνακας 4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ομογενοποίησης.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 4.1 Επίδραση της ομογενοποίησης στη διάσπαση και διασπορά των λιποσφαιρίων

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, με την ομογενοποίηση τα λιποσφαίρια διασπώνται σε μικρότερα, που φτάνουν σε μέγεθος ακόμη και  $<1\mu\text{m}$ . Επίσης, περιβάλλονται από μια μεμβράνη, η οποία αποτελείται κατά το  $1/3$  από φωσφατίδια (φωσφολιπίδια) και κατά τα  $2/3$  από πρωτεΐνες. Η ιδιότητα αυτής της μεμβράνης είναι να διατηρεί το γάλα σταθερό. Κατά την ομογενοποίηση όμως του γάλακτος, η μεμβράνη αυτή καταστρέφεται και τα ακάλυπτα τμήματα των λιποσφαιρίων προσελκύουν τα υπομικκύλια, με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέας μεμβράνης. Το πλέον ομογενοποιημένο γάλα είναι ιδιαίτερα σταθερό και η νέα μεμβράνη των λιποσφαιρίων αποτελείται κυρίως από καζεΐνες, ενώ η ποσότητα των φωσφολιπιδίων είναι μειωμένη. Η αρνητική φόρτιση των απορροφημένων μικκυλίων καζεΐνης, κάνει τα λιποσφαίρια πιο απωθητικά μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τη διατήρηση των λιποσφαιρίων χωρίς να συσσωματώνονται.<sup>15</sup> Οπότε η ομογενοποίηση δεν επιδρά μόνο στο μέγεθος των λιποσφαιρίων, αλλά και στη σύσταση της μεμβράνης αυτών (Kessler , 1981).

Ο πιο σημαντικός παράγοντας στη μείωση της τάσης αποκορύφωσης των λιπαρών δεν είναι τόσο η μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων, αλλά το ότι η διασπορά τους παραμένει σταθερή και ομοιόμορφη μέσα στο γάλα. Έτσι σε ένα κανονικά ομογενοποιημένο γάλα, δεν υπάρχει έντονη τάση μεταξύ των λιποσφαιρίων, στο να σχηματίζουν χαλαρά συσσωματώματα, όπως γίνεται στο μη ομογενοποιημένο γάλα (Wong, 1988). Επίσης, στην περίπτωση, του ομογενοποιημένου γάλακτος, τα λιποσφαίρια, με μικρό μέγεθος είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα και δεν παρουσιάζουν τέτοια τάση συσσωμάτωσης και ανύψωσης.



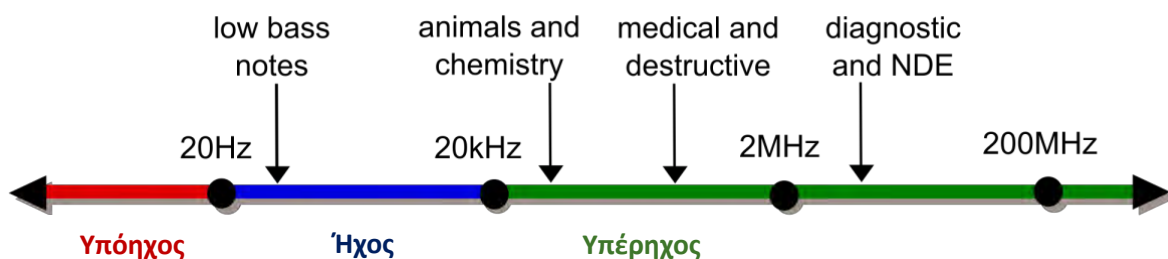
Εικόνα 4. Παρουσίαση της κατανομής των λιποσφαιρίων σε διάφορες καταστάσεις.

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 5. ΥΠΕΡΗΧΟΙ

### 5.1 Ορισμός και δράση υπερήχων

Ο ήχος είναι η αίσθηση που προκαλείται λόγω της διέγερσης των αισθητηρίων οργάνων της ακοής από μεταβολές πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτές οι μεταβολές διαδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Η αντίληψη του ήχου αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς και πραγματοποιείται μέσω της ακοής. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντιστοίχως και δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Οι υπέρηχοι είναι μηχανικά κύματα που χρειάζονται ένα ελαστικό μέσο για να διαδοθούν. Παρακάτω φαίνεται το ηχητικό φάσμα, που χωρίζεται σε υπόηχους, ήχους, που γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί και υπέρηχους.



Εικόνα 5. Ηχητικό Φάσμα.

Το κύριο φαινόμενο που σχετίζεται με τους υπέρηχους είναι το φαινόμενο της σπηλαιώσης. Συγκεκριμένα, σπηλαιώση είναι η διαδικασία σχηματισμού, ανάπτυξης και διάσπασης φυσαλίδων με τη διάδοση των υπερήχων σε ένα μέσο. Καθώς τα κύματα διαπερνούν το μέσο, υπάρχουν συνεχόμενες αλλαγές της πίεσης, οι οποίες οδηγούν στη σπηλαιώση. Οι φυσαλίδες σχηματίζονται στις περιοχές, όπου το ηχητικό κύμα είναι πιο αραιό, λόγω της αρνητικής πίεσης που δημιουργείται σε αυτό το σημείο. Καθώς το κύμα περνά, οι φυσαλίδες ταλαντώνονται και αυξάνουν σε μέγεθος, μέχρι ένα μέγιστο, μη σταθερό μέγεθος, πέρα του οποίου δεν μπορούν να μεγαλώσουν άλλο. Οι φυσαλίδες τότε διασπώνται, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κρουστικών κυμάτων. Όταν η διάσπαση συμβεί κοντά στην επιφάνεια ενός στερεού, όπως για παράδειγμα το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων, είναι ικανή να καταστρέψει την επιφάνεια των κυττάρων. Η διάσπαση των φυσαλίδων αυξάνει τοπικά σε μεγάλο βαθμό και για σύντομο χρονικό διάστημα τη θερμοκρασία (5500°C) και την πίεση (50 MPa). Αυτά τα τοπικά

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

φαινόμενα μπορεί να οδηγήσουν σε χημικές αντιδράσεις και στην παραγωγή ελευθέρων ριζών. Για παράδειγμα, αν το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι το νερό, δημιουργούνται ρίζες υδρογόνου και υδροξυλίου. Αύξηση της συχνότητας των υπερήχων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των σπηλαιωμένων φυσαλίδων. Στα 20 KHz οι σπηλαιωμένες φυσαλίδες είναι παροδικές, ενώ όσο αυξάνεται η συχνότητα οι φυσαλίδες γίνονται όλο και πιο σταθερές. Η συγκεκριμένη συχνότητα έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδανική για την επεξεργασία τροφίμων, εφόσον το ποσό των ριζών που παράγεται είναι το λιγότερο δυνατό, σε σύγκριση με άλλες συχνότητες (Muthupandian, 2008) (Torley, 2007).

### 5.2 Εφαρμογές υπερήχων

Η εφαρμογή των υπερήχων στις διεργασίες των τροφίμων είναι μια αρκετά νέα και πολλά υποσχόμενη διεργασία. Οι υπέρηχοι έχουν σημαντικές εφαρμογές στην εκχύλιση διαφόρων συστατικών από φυτά, αλλά και στην ομογενοποίηση του γάλακτος. Έχει αποδειχθεί ότι υψηλής έντασης κύματα υπερήχων μπορούν να διαρρήξουν κύτταρα και να μετουσιώσουν ένζυμα και ακόμη και οι χαμηλής έντασης υπέρηχοι είναι ικανοί να τροποποιήσουν το μεταβολισμό των κυττάρων. Τέλος, σημαντική είναι και η συμβολή των υπερήχων στον καθαρισμό επιφανειών. Η εφαρμογή των υπερήχων στα τρόφιμα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη χρήση τους:

#### 5.2.1 Εφαρμογές Υπερήχων με Άμεση Σχέση με το Τρόφιμο

##### 5.2.1.1 Χρήση Υπερήχων για Επεξεργασία Τροφίμων

Η απαίτηση για προϊόντα υψηλής ποιότητας, ως προς τη φυσική οσμή και γεύση, τα οποία δεν θα περιέχουν πρόσθετα και συντηρητικά, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μη θερμικών διεργασιών, όπως είναι οι υπέρηχοι. Η εφαρμογή των υπερήχων στην επιστήμη είναι πολύ σημαντική. Η χρήση του εξοπλισμού των υπερήχων, του λουτρού υπερήχων ή της διάταξης με το στέλεχος έχει καθιερωθεί στις πετροχημικές, χημικές, φαρμακευτικές βιομηχανίες και στις βιομηχανίες υφαντουργίας, πολυμερών και καλλυντικών, ενώ στη βιομηχανία των τροφίμων αρχίζει να αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο (Rastogi, 2011).

##### 5.2.1.1.1 Οι Υπέρηχοι ως Αναλυτική Μέθοδος

Η πιο διαδεδομένη χρήση των υπερήχων στη βιομηχανία των τροφίμων είναι ως αναλυτική μέθοδος, που παρέχει πληροφορίες για τις φυσικοχημικές ιδιότητες του τροφίμου, όπως είναι η σύσταση, η δομή και η φυσική του κατάσταση. Οι υπέρηχοι σε αυτό τον τομέα εμφανίζουν πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλες αναλυτικές μεθόδους. Οι μετρήσεις είναι πιο γρήγορες,

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

μη καταστρεπτικές, ακριβείς, αυτοματοποιημένες και μπορούν να εφαρμοστούν στο εργαστήριο ή και επιτόπου. Με τη χρήση των υπερήχων μπορεί να προσδιοριστεί ακόμη και ο βαθμός ομογενοποίησης της κρέμας του γάλακτος με το αποβουτυρωμένο γάλα (Dolatowski, 2007).

### 5.2.1.1.2 Οι Υπέρηχοι στη Γαλακτωματοποίηση

Μια από τις αρχικές χρήσεις των υπερήχων είναι στη διεργασία της γαλακτωματοποίησης. Τα γαλακτώματα που παράγονται με τους υπέρηχους είναι πιο σταθερά, από εκείνα που παράγονται με συμβατική μέθοδο και συνήθως απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου ποσότητα σταθεροποιητή. Η μαγιονέζα, για παράδειγμα, είναι μια ενδιαφέρουσα περίπτωση γαλακτώματος, καθώς το λευκό της χρώμα αντικατοπτρίζει το εξαιρετο γαλάκτωμα που παράγεται με τη χρήση υπερήχων (Dolatowski, 2007).

### 5.2.1.1.3 Οι Υπέρηχοι στην Ομογενοποίηση του γάλακτος

Οι υπέρηχοι είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την ομογενοποίηση του γάλακτος και έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στον κλάδο της γαλακτοκομικής βιομηχανίας. Το μέγεθος των λιποσφαιρίων, με χρήση υπερήχων, μπορεί να μειωθεί μέχρι 81,5% και να επιτευχθεί μέγεθος μικρότερο από 1 μm. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι συνδυάζει και θερμική παστερίωση με μικρές απώλειες στη γεύση, καλύτερη ομογενοποίηση και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Σημαντική είναι και η συνεισφορά των υπερήχων στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Συγκεκριμένα, η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού είναι μικρότερη, από ότι στο συμβατικά ομογενοποιημένο γάλα (Chouliara, 2009).

### 5.2.1.1.4 Οι Υπέρηχοι στην Πήξη γαλακτοκομικών προϊόντων

Οι υπέρηχοι είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία του αποβουτυρωμένου γάλακτος για την παραγωγή πηγμένων προϊόντων, όπου ο έλεγχος και ο χειρισμός της σταθεροποίησης των πηγμάτων είναι πολύ σημαντικός. Συγκεκριμένα, μια ειδικά σχεδιασμένη συσκευή υπερήχων (τύπου σφυρίχτρας) χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τυριού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαδικασία είχε μειωμένα απόβλητα, μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή πιο μαλακού τυριού. Έχει αποδειχθεί από μελέτες ότι η σταθερότητα των πηγμάτων μπορεί να επιτευχθεί, όταν εφαρμόζονται υπέρηχοι στο αποβουτυρωμένο γάλα, αυτό οφείλεται κυρίως, στη θερμότητα που παράγεται κατά την εφαρμογή των υπερήχων. Στην περίπτωση του γιαουρτιού, οι υπέρηχοι βελτίωσαν τη δράση των λακτοβάκιλλων κατά 50% και επίσης προσέδωσαν στο γιαούρτι μια γλυκιά γεύση, χωρίς όμως να αυξάνουν το περιεχόμενό του σε θερμίδες. Επίσης,

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

το γιαούρτι παρασκευασμένο από γάλα, ομογενοποιημένο με υπέρηχους έχει τη δυνατότητα να συγκρατεί καλύτερα το νερό, παρουσιάζοντας πολύ μικρότερο βαθμό συναίρεσης, ενώ χρειάζεται επίσης μικρότερο χρόνο πήξης (Nguyen, 2010) (Wu , 2000).

### 5.2.1.1.5 Άλλες Εφαρμογές Υπερήχων

Οι υψηλής έντασης υπέρηχοι, έχουν εφαρμοστεί για να επιταχύνουν τις διαδικασίες μεταφοράς μάζας κατά την ανάμιξη, τη ξήρανση, την εξαγωγή, την απαέρωση των υγρών τροφίμων, για επαγωγή αντιδράσεων οξειδοαναγωγής, για την εκχύλιση πρωτεϊνών, για αδρανοποίηση ενζύμων και θανάτωση μικροβίων. Επιπρόσθετα, οι υπέρηχοι έχουν εφαρμογές και στη γεωργία. Η χρήση των υπερήχων διεγείρει τη βλάστηση των σπόρων, αυξάνοντας έτσι την παραγωγικότητα των μεγάλων καλλιεργειών. Οι αποδόσεις αυτών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της ποικιλίας του φυτού και από το ποσοστό βλάστησης και ανάπτυξης των σπόρων. Έχει βρεθεί, λοιπόν, ότι η απόδοση των καλλιεργειών αυξάνεται, όταν οι σπόροι, πριν τη σπορά τους, υπόκεινται σε επεξεργασία με υπέρηχους (Dolatowski, 2007).

#### 5.2.1.1.1 Απενεργοποίηση Μικροοργανισμών

Έχει βρεθεί ότι όλοι οι μικροοργανισμοί δεν αντιδρούν κατά τον ίδιο τρόπο στους υπέρηχους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των υπερήχων στους μικροοργανισμούς είναι:

1. Το εύρος των κυμάτων των υπερήχων
2. Ο χρόνος έκθεσης στους υπέρηχους
3. Η σύσταση του τροφίμου
4. Η θερμοκρασία.

Η αποτελεσματικότητα, πέρα από τους παραπάνω παράγοντες, εξαρτάται και από το είδος, το σχήμα ή τη διάμετρο των μικροοργανισμών. Τα μεγαλύτερα κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα από ότι τα πιο μικρά. Τα Gram–θετικά βακτήρια είναι πιο ανθεκτικά, συγκριτικά με τα Gram–αρνητικά, πιθανώς διότι το κυτταρικό τους τοίχωμα είναι πιο παχύ, παρέχοντάς τους καλύτερη προστασία ενάντια στους υπέρηχους. Λαμβάνοντας υπόψη το σχήμα των μικροοργανισμών οι κόκκοι είναι πιο ανθεκτικοί συγκριτικά με τους βάκιλλους. Η αντιμικροβιακή δράση των υπερήχων βασίζεται στις ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της σπηλαίωσης, οδηγώντας στην καταστροφή των κυτταρικών τοιχωμάτων. Η χρήση των μεθόδων TS, MS ή MTS σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες βρέθηκε αποτελεσματική στην απενεργοποίηση του μικροβιακού φορτίου. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός υπερήχων με ήπια θερμική κατεργασία είχε ως αποτέλεσμα την αδρανοποίηση



## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

διαφόρων μικροοργανισμών, για παράδειγμα οι ζύμες καταστρέφονται γρηγορότερα με τη χρήση συνδυασμού υπερήχων και θερμικής κατεργασίας (Torley, 2007).

### 5.2.1.1.2 Απενεργοποίηση Σπορίων

Τα βακτηριακά σπόρια είναι ανθεκτικά σε ακραίες συνθήκες, όπως υψηλές θερμοκρασίες και ωσμωτική πίεση, υψηλά και χαμηλά pH και μηχανικά σοκ. Τα σπόρια που μπορούν να επιζήσουν έπειτα από θερμική κατεργασία μπορεί να πλήξουν το χρόνο ζωής του τροφίμου λόγω αλλοίωσής του. Τα ενδοσπόρια των ειδών *Bacillus* και *Clostridium* είναι πολύ ανθεκτικά σε ακραίες συνθήκες, για παράδειγμα τα σπόρια του *Bacillus Thermophilus* μπορούν να καταστραφούν με θέρμανση στους 100°C για 4 h (Chemat, et al., 2011).

Τα σπόρια του *Bacillus subtilis* είναι πολύ δύσκολο να καταστραφούν. Συνεπώς, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας διαφόρων κατεργασιών, εφόσον είναι πολύ ανθεκτικά, όπου η επιτυχία της διεργασίας μπορεί να μετρηθεί με βάση τα σπόρια θανατώθηκαν. Συνδυασμός υπερήχων και πίεσης στα 500 KPa για 12 min απενεργοποιούν πάνω από το 99% των σπορίων (Chemat, et al., 2011).

### 5.2.1.1.3 Απενεργοποίηση Ενζύμων

Για να αποφύγει τη μετουσίωση ένα ένζυμο, θα πρέπει να διατηρήσει τη διαμόρφωσή του. Υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις, δεσμοί υδρογόνου, αλληλεπιδράσεις van der Waals, ηλεκτροστατικές δυνάμεις και εστερικοί περιορισμοί σταθεροποιούν την τρισδιάστατη μοριακή δομή των σφαιρικών πρωτεϊνών (Chemat, et al., 2011).

Για τη σταθεροποίηση ορισμένων υλικών του τροφίμου, τα ένζυμα θα πρέπει να απενεργοποιηθούν ή να μειωθεί η δραστηριότητά τους. Στην πραγματικότητα, η πρωτεόλυση που συμβαίνει από κάποια ένζυμα, τις πρωτεάσες, μπορεί να δημιουργήσει ελαττώματα στη γεύση και να εμφανίσει καφέ χρωματισμό στο τρόφιμο. Η απενεργοποίηση των ενζύμων επιτυγχάνεται με θερμική κατεργασία. Παρόλα αυτά, σε μερικές περιπτώσεις τα ανθεκτικά ένζυμα σε έντονη θερμική κατεργασία μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα καθώς η θέρμανση μπορεί να επιδρά αρνητικά σε ορισμένες ιδιότητες του τροφίμου όπως στη γεύση, το χρώμα και τη θρεπτική του αξία. Το γεγονός αυτό έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για τους υπέρηχους. Η επίδραση των υπερήχων στις πρωτεΐνες είναι περίπλοκη. Οι σφαιρικές πρωτεΐνες, διασπώνται σε υπομονάδες και όταν υπάρχει οξυγόνο η τεταρτοταγής δομή τους δεν μπορεί να ανακτηθεί. Αν οι υπέρηχοι έχουν μεγάλη διάρκεια, οι πρωτεΐνες μπορούν να υδρολυθούν και οι πολυπεπτιδικές τους αλυσίδες να διασπαστούν. Η ευαισθησία των υπερήχων εξαρτάται από τις συνθήκες της κατεργασίας, αλλά και από τη φύση του ενζύμου. Γενικά, οι υπέρηχοι σε

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

συνδυασμό με άλλες κατεργασίες είναι πιο αποτελεσματικοί και στην απενεργοποίηση των ενζύμων στα τρόφιμα. Ο συνδυασμός υπερήχων, θέρμανσης και πίεσης (MTS) έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από ότι οι υπέρηχοι χωριστά και επίσης, απενεργοποιεί ορισμένα ένζυμα σε μικρότερες θερμοκρασίες και/ή σε μικρότερους χρόνους από ότι οι θερμικές κατεργασίες στην ίδια θερμοκρασία (Chemat, et al., 2011).

### 5.2.2 Εφαρμογές Υπερήχων με Έμμεση Σχέση με το Τρόφιμο

Μια από τις κύριες βιομηχανικές εφαρμογές των υπερήχων είναι ο καθαρισμός των επιφανειών και έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματική τεχνολογία. Το κύριο πλεονέκτημα των υπερήχων στον καθαρισμό επιφανειών είναι ότι μπορούν να φτάσουν σε σημεία, ακόμη και ρωγμές, όπου οι συμβατικές μέθοδοι καθαρισμού δεν μπορούν. Τα αντικείμενα που μπορούν να καθαριστούν έχουν εύρος από μεγάλα κιβώτια που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία τροφίμων και τη μεταφορά τους, μέχρι λεπτά χειρουργικά μέσα, όπως είναι τα ενδοσκόπια. Η χρήση των υπερήχων επιτρέπει την καταστροφή ποικιλίας μυκήτων, βακτηρίων και ιών σε πολύ μικρότερο χρόνο, σε σύγκριση με τη θερμική κατεργασία στις ίδιες θερμοκρασίες. Η απομάκρυνση των βακτηρίων από διάφορες επιφάνειες είναι μεγάλης σημασίας στη βιομηχανία τροφίμων και μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά συνδυάζοντας χρήση θερμού νερού που έχει υποστεί επεξεργασία με υπέρηχους και με προσθήκη βιοκτόνων απορρυπαντικών. Τυπικά παραδείγματα αντικειμένων που χρειάζονται επαναλαμβανόμενο καθαρισμό είναι οι πλαστικοί κάδοι, οι γάντζοι στους οποίους κρέμονται τα πουλερικά στη γραμμή παραγωγής και οι ιμάντες μεταφοράς τροφίμων. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης υπερήχων στη διαδικασία καθαρισμού είναι η μικρότερη κατανάλωση χημικών, ο περιορισμός της επαφής του ανθρώπου με τα επικίνδυνα χημικά καθαριστικά, η αύξηση της ταχύτητας καθαρισμού και γενικότερα η ικανότητα των υπερήχων να καθαρίζουν ακόμη και τις απρόσιτες επιφάνειες (Chemat, et al., 2011).

Σε πολλές χώρες η χρήση αντιβιοτικών στα τρόφιμα απαγορεύεται αυστηρά. Έχουν γίνει ορισμένες αναφορές για τη χρήση των υπερήχων στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των αντιβιοτικών στον καθαρισμό επιφανειών, και πιο συγκεκριμένα στην απομάκρυνση των βιοφίλων. Οι υπέρηχοι είναι ικανοί να προάγουν την αποτελεσματικότητα ορισμένων αντιβιοτικών σε τέτοια συγκέντρωση, όπου μόνα τους τα βιοφίλα δεν θα μπορούσαν να μειώσουν τη βιωσιμότητα των βακτηρίων. Αυτή η συνέργεια μειώνει τη βιωσιμότητα των μικροοργανισμών. Καθώς η ηλικία των καλλιεργειών αυξάνεται, τα βακτήρια γίνονται πιο ανθεκτικά στην επίδραση μόνο των αντιβιοτικών και έτσι ο συνδυασμός των αντιβιοτικών με

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

τους υπέρηχους αντιστρέφει αυτή την ανθεκτικότητα. Τα αντιβιοτικά μόνα τους καταστρέφουν το 82% των κυττάρων μέσα σε 2 h, ενώ ο συνδυασμός τους με τους υπέρηχους καταστρέφει το 99% των κυττάρων στον ίδιο χρόνο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	ΑΡΧΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ	Κουζίνα/ Τηγάνισμα	Ομοιόμορφη μεταφορά θερμότητας	Λιγότερος χρόνος Βελτίωση μεταφοράς θερμότητας και οργανοληπτικών	Κρέας Λαχανικά
ΨΥΞΗ/ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ	Ψύκτης/ Ψύξη με επαφή/ Ψύξη με εμβάπτιση	Ομοιόμορφη μεταφορά θερμότητας	Λιγότερος χρόνος Μικροί Κρύσταλλοι Βελτίωση της διάχυσης Γρήγορη μείωση της θερμοκρασίας	Κρέας Λαχανικά Φρούτα Γαλακτοκομικά
ΞΗΡΑΝΣΗ	Με ρεύμα θερμού ατμού/ Με κατάψυξη/ Με κωνιοποίηση	Ομοιόμορφη μεταφορά θερμότητας	Λιγότερος χρόνος Βελτίωση μεταφοράς θερμότητας και οργανοληπτικών	Αφυδατωμένα προϊόντα (φρούτα, λαχανικά)
ΑΠΑΕΡΩΣΗ	Μηχανική κατεργασία	Φαινόμενο Συμπίεσης-Αραίωσης	Λιγότερος χρόνος Βελτίωση Υγιεινής	Σοκολάτα Προϊόντα Ζύμωσης (μπύρα)
ΔΙΗΘΗΣΗ	Φίλτρα (μεμβράνες)	Δονήσεις	Λιγότερος χρόνος Βελτίωση Διήθησης	Υγρά (Χυμοί)
ΑΠΟΚΑΛΟΥΠΩΤΙΚΑ ΜΕΣΑ	Καλούπια σιλικόνης	Δονήσεις	Λιγότερος χρόνος Μείωση απωλειών προϊόντων	Μαγειρεμένα Προϊόντα (κέικ)
ΜΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΦΡΟΥ	Θερμική κατεργασία/ Μηχανική Κατεργασία	Φαινόμενα Σπηλαίωσης	Λιγότερος χρόνος Βελτίωση Υγιεινής	Ανθρακούχα ποτά Προϊόντα Ζύμωσης (μπύρα)
ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ	Μηχανική Κατεργασία	Φαινόμενα Σπηλαίωσης	Λιγότερος χρόνος Σταθερότητα Γαλακτώματος	Γαλακτώματα (κέτσαπ, μαγιονέζα)

Πίνακας 5. Εφαρμογή υπερήχων σε τρόφιμα.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 5.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

#### 5.3.1 Βιομηχανικός Εξοπλισμός Υπερήχων

Η χρήση των υπερήχων για την ομογενοποίηση του γάλακτος δεν είναι, ακόμη, διαδεδομένη σε βιομηχανική κλίμακα. Στην περίπτωση όμως της εκχύλισης με χρήση υπερήχων, η εταιρεία REUS ([www.etsreus.com](http://www.etsreus.com), Γαλλία), έχει αναπτύξει ένα ειδικό αντιδραστήρα (από 0,5 μέχρι 3l). Η ένταση των υπερήχων είναι περίπου  $1 \text{ W/cm}^2$  και η συχνότητά τους 25 KHz. Για να μπορέσει να διατηρήσει τη θερμοκρασία σταθερή, ο αντιδραστήρας είναι κατασκευασμένος από διπλό μανδύα, μέσα στον οποίο μπορεί να κυκλοφορεί κρύο νερό. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι τα φυσικά προϊόντα και οι διαλύτες εκχύλισης, αναμιγνύονται σε μια δεξαμενή και οι υπέρηχοι, εφαρμόζονται άμεσα στο μίγμα. Για τη χρήση των αντιδραστήρων σε βιομηχανικό επίπεδο, η εταιρεία έχει αναπτύξει και αντιδραστήρες χωρητικότητας 30–1000l.

#### 5.3.2 Εργαστηριακός Εξοπλισμός Υπερήχων

Σε εργαστηριακή κλίμακα χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά είδη εξοπλισμού υπερήχων. Το πρώτο είναι το λουτρό υπερήχων, το οποίο χρησιμοποιείται για διαχωρισμό των στερεών σε διαλύματα, για απαέρωση διαλυμάτων ή ακόμη και για καθαρισμό μικρών υλικών με βύθιση των ποτηριών ζέσης στο λουτρό. Τα λουτρά υπερήχων δεν χρησιμοποιούνται τόσο πολύ σε περίπτωση χημικών αντιδράσεων, ακόμη και αν είναι εύκολα στη χρήση και οικονομικότερα, λόγω της χαμηλής αναπαραγωγιμότητας της αντίδρασης. Στην πραγματικότητα η μεταφερόμενη ένταση των υπερήχων είναι χαμηλή και φτάνει εξασθενημένη στο εσωτερικό του ποτηριού ζέσης, λόγω του νερού που περιέχεται στο λουτρό και των τοιχωμάτων του ποτηριού ζέσης που χρησιμοποιείται για το πείραμα. Η δεύτερη διάταξη είναι το στέλεχος υπερήχων, το οποίο έχει μεγαλύτερη δύναμη, λόγω της έντασης υπερήχων, η οποία μεταφέρεται σε μικρότερη επιφάνεια, σε σύγκριση με το λουτρό υπερήχων. Μια ακόμη διαφορά είναι ότι το στέλεχος είναι άμεσα βυθισμένο στο ποτήρι ζέσης, οπότε μπορούν να μειωθούν οι απώλειες, λόγω της μεταφοράς ενέργειας. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για δείγματα μικρού όγκου, τα οποία όμως χρήζουν μεγάλης προσοχής, λόγω της ταχείας αύξησης της θερμοκρασίας στο δείγμα. Οι δύο διατάξεις φαίνονται στην εικόνα 6.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

A.



B.



*Εικόνα 6. Συσκευές Υπερήχων. Α. Με Στέλεχος. Β. Λουτρό Υπερήχων.*

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 6. ΣΚΟΡΔΟ

Το σκόρδο (*Allium sativum* L., *Alliaceae*) παίζει, εδώ και αιώνες, έναν από τους σημαντικότερους φαρμακευτικούς και διατροφικούς ρόλους, στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Επίσης, διερευνήθηκε εκτενώς για τα οφέλη στην υγεία και θεωρείται ένα από τα καλύτερα προληπτικά τρόφιμα, καθώς ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και παρουσιάζει αντικαρκινική δράση (Agarwal, 1996).

#### 6.1 Χημική σύσταση

Το σκόρδο περιέχει ως επί το πλείστον νερό. Ο βολβός περιέχει φρουκτόζες (υδατάνθρακες) και σουλφιδικά συστατικά, πρωτεΐνες, ίνες και ελεύθερα αμινοξέα (Lawson, 1996). Έχει έντονη οσμή και χαρακτηριστική καυστική γεύση που οφείλεται σε αιθέρια έλαια πλούσια σε θειούχες ενώσεις όπως η αλλιίνη, αλλισίνη και το αχοένιο. Επίσης, περιλαμβάνει υψηλά επίπεδα σαπώνων, φωσφόρου, ποτάσας, καθώς και ίχνη σεληνίου, κυτταρίνη, βιταμινών Α και C, ασβεστίου, μαγνησίου, ιωδίου, μαγγανίου και σύμπλεγμα βιταμινών Β.

#### 6.2 Ευεργετικές ιδιότητες

##### 6.2.1 Αντιμικροβιακή δράση

Το σκόρδο διαθέτει ευρύ αντιβιοτικό φάσμα έναντι Gram-θετικών και αρνητικών βακτηρίων. Τα θειοθειικά άλατα παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην αντιμικροβιακή δράση του, όπως απέδειξαν οι Hughes και Lawson (Hughes & Lawson, 1991). Επίσης, παρεμποδίζει εντεροτοξικά στελέχη της *E. Coli* και άλλων παθογόνων εντερικών βακτηριδίων, υπεύθυνων για διαρροϊκά σύνδρομα στον άνθρωπο και τα ζώα. Τέλος το σκόρδο εμφανίζει προστατευτική δράση κατά του καρκίνου του στομάχου, χάρη στην παρεμπόδιση του ελικοβακτηριδίου του πυλωρού, το οποίο θεωρείται υπεύθυνο για την πάθηση.

##### 6.2.2 Αντιοξειδωτική δράση

Τα αντιοξειδωτικά αποτελούν ενώσεις που μπορούν να επιβραδύνουν ή να παρεμποδίσουν την οξείδωση λιπών, ελαίων, όπως επίσης τροφίμων που περιέχουν λιπαρές ύλες, αναστέλλοντας τις αντιδράσεις έναρξης και διάδοσης της αυτοοξείδωσης.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Η αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά επηρεάζεται σημαντικά από τις συνθήκες εκχύλισης που εφαρμόζονται όπως και την πολικότητα του διαλύτη που χρησιμοποιήθηκε (Κυριτσάκη , 2007). Κάποια αντιοξειδωτικά είναι: βιταμίνες A,C, E, οι πολυφαινόλες, τα φλαβονοειδή, το σελήνιο και το λυκοπένιο.

Κατά την κοπή του σκόρδου, το κύριο συστατικό του, η αλλισίνη, αποσυντίθεται γρήγορα σε σουλφενικό οξύ, το οποίο αντιδρά με τις επικίνδυνες ελεύθερες ρίζες και ταυτόχρονα προστατεύει την χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη από οξείδωση.



# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 7. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 7.1 Σκοπός

Λόγω των αυξημένων απαιτήσεων των καταναλωτών για υψηλής ποιότητας προϊόντα, πρέπει να αναπτυχθούν νέες, ασφαλείς και αποτελεσματικές μέθοδοι για τις διεργασίες παραγωγής και συντήρησης τροφίμων. Τα ηχητικά κύματα θεωρούνται, γενικά, ως ασφαλή, μη τοξικά και φιλικά προς το περιβάλλον, γεγονός που δίνει ένα επιπλέον πλεονέκτημα στους υπέρηχους συγκριτικά με άλλες μεθόδους. Για τη βιομηχανία των τροφίμων αυτή η νέα τεχνολογία έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς επιτρέπει την προώθηση της «πράσινης» χημείας, με χημικές αντιδράσεις που χρησιμοποιούν φιλικούς προς το περιβάλλον διαλύτες και αντιδραστήρια (Arzeni, 2012). Συγκεκριμένα, η εφαρμογή υπερήχων, με στόχο της ομοιογενή σύστασης, επεκτάθηκε και στη βιομηχανία των τροφίμων λόγω του φαινομένου της σπηλαιώσης που προκαλείται. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, δημιουργούνται φυσαλίδες στο ρευστό στο οποίο διαδίδονται, οι οποίες αυξάνονται μέχρι ένα κρίσιμο μέγεθος και στη συνέχεια διασπώνται, καταστρέφοντας κυτταρικά τοιχώματα και μεμβράνες.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των αλλαγών των ποιοτικών χαρακτηριστικών δειγμάτων αποβουτυρωμένου πηγματος σκόνης γάλακτος και γάλακτος σκόνης με σκόρδο, που παρασκευάστηκαν με την διαδικασία παρασκευής βιομηχανικής γιαούρτης αφότου τα επεξεργαστήκαμε με υπερήχους πριν το στάδιο της ζύμωσης.

Πιο ειδικά, μελετήθηκε η επίδραση υπερήχων έντασης 19W διάρκειας 15' σε ανασυσταμένα γάλατα αποβουτυρωμένης σκόνης αγελαδινού γάλακτος (χρήση πρόβειου γιαουρτιού με 6,7% λιπαρά, ως πυτιά) και σε ανασυσταμένα γάλατα αποβουτυρωμένης σκόνης αγελαδινού γάλακτος με σκόνη σκόρδου και συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των πηγμάτων τους.

### 7.2 Υλικά και Μέθοδοι

#### 7.2.1 Πρώτες ύλες

1. Εμπορικό προϊόν αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη στιγμιαίας διάλυσης.
2. Ελληνικό εμπορικό πρόβειο γιαούρτι με 6,7% λιπαρά.
3. Εμπορικό σκεύασμα σκόνης σκόρδου.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

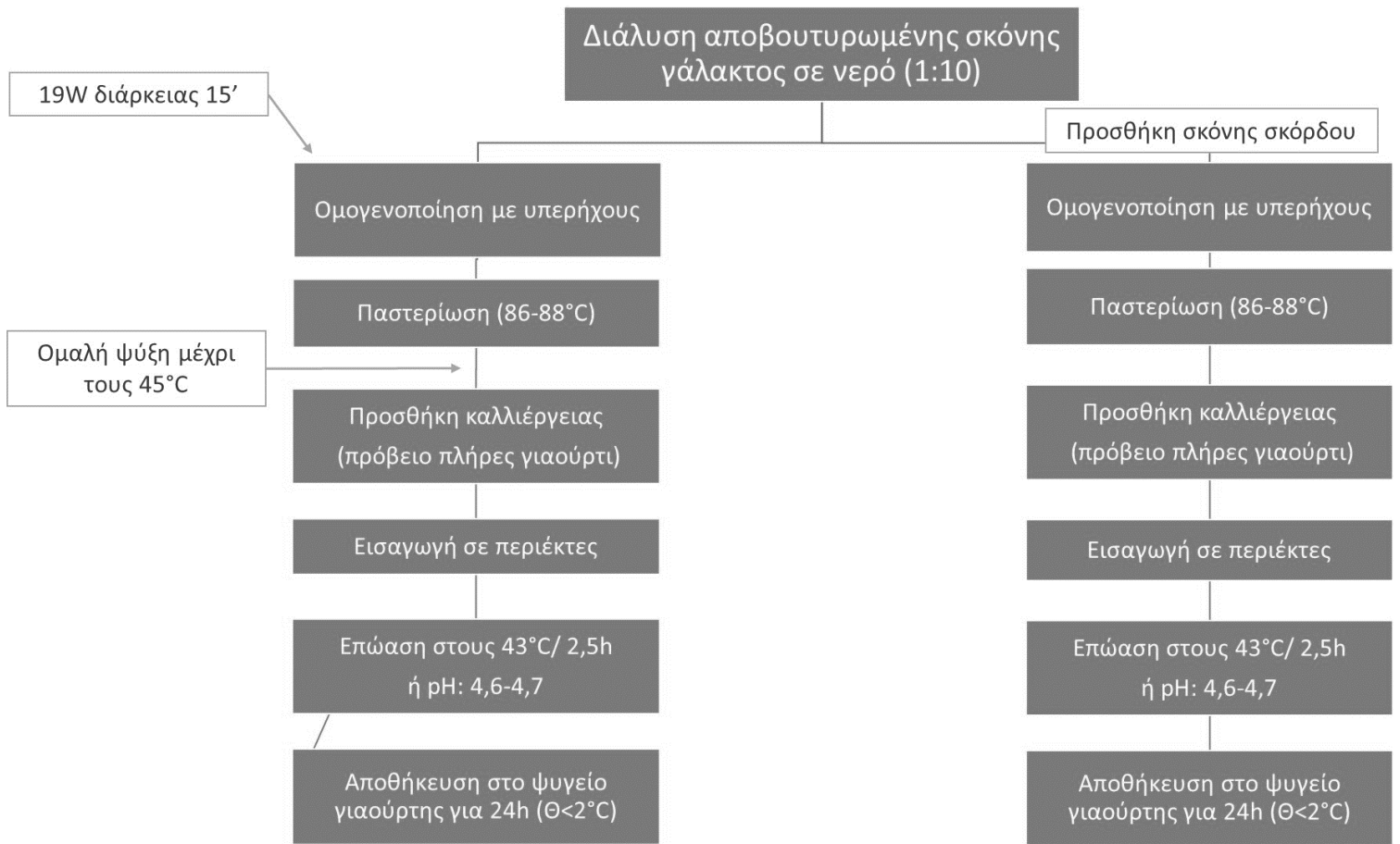
### 7.3 Πειραματική Διαδικασία

**Σχεδιασμός Πειραμάτων.** Η διαδικασία περιλαμβάνει δύο σειρές πειραμάτων. Η πρώτη αποτελείται από τα δείγματα αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος (επεξεργασμένα με υπερήχους και τυφλά) και η δεύτερη, τα δείγματα αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος με σκόρδο (επεξεργασμένα με υπερήχους και τυφλά). Συγκεκριμένα τα στάδια είναι τα εξής:

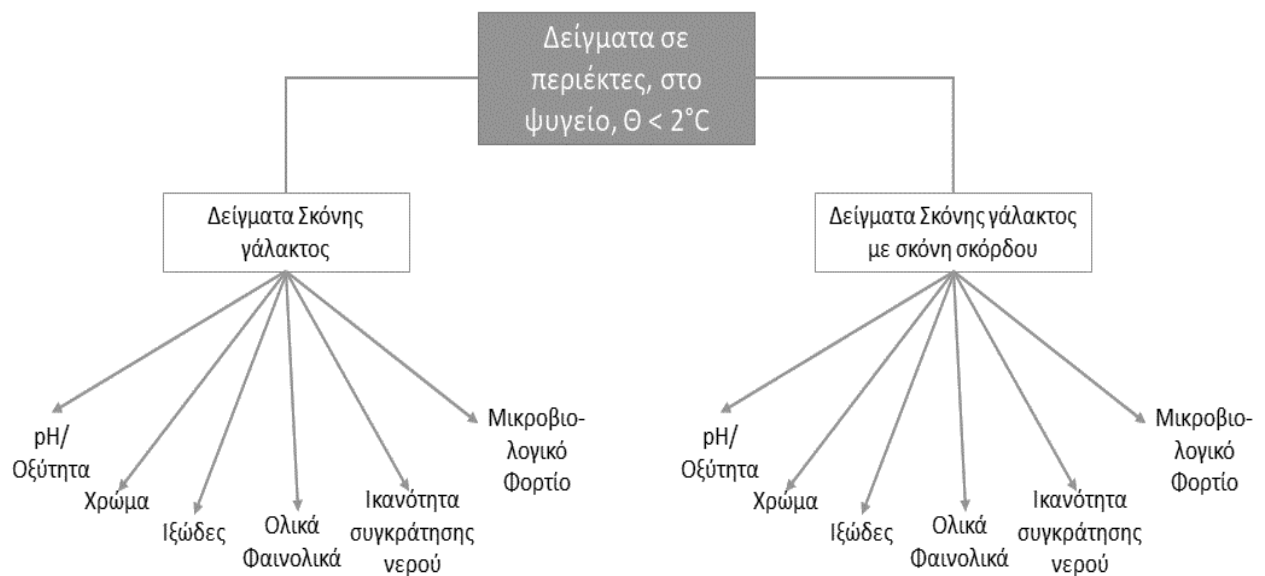
1. Παρασκευή ανασυσταμένου αποβουτυρωμένου γάλακτος.
2. Διαχωρισμός πειράματος σε δύο σειρές.
  - a. Γάλα.
  - b. Γάλα με προσθήκη σκόνης σκόρδου.
3. Στη κάθε σειρά του πειράματος εφαρμόστηκαν υπέρηχοι σε 40kHz για 15', σε κλειστά μπουκάλια. Ταυτόχρονα κρατήσαμε τυφλά δείγματα και στις δύο σειρές (Γάλα ή γάλα με σκόνη σκόρδου, χωρίς εφαρμογή υπερήχων).
4. Ακολουθήσαμε τη διαδικασία παρασκευής χωρίς ανάδευση όπως περιγράφεται στο θεωρητικό μέρος (3.1).
5. Κάναμε τις μετρήσεις, για το χαρακτηρισμό των τελικών προϊόντων ως προς τα βασικά τους ποιοτικά χαρακτηριστικά, στο χρώμα, το ιξώδες, το μικροβιολογικό φορτίο, την ικανότητα συγκράτησης νερού, τα ολικά φαινορικά, το pH και την οξύτητα.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήσαμε, κατά την επεξεργασία ομογενοποίησης των πηγμάτων σκόνης γάλακτος με υπερήχους (Διάγραμμα 3), καθώς και οι μετρήσεις που ακολούθησαν, για τη μελέτη της επίδρασης της επεξεργασίας με υπερήχους στις ιδιότητες των πηγμάτων (Διάγραμμα 4).

# Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



Διάγραμμα 4. Στάδια Πειραματικής Διαδικασίας.



Διάγραμμα 3. Μετρήσεις για τη μελέτη της επίδρασης των υπερήχων στα ομογενοποιημένα πηγματα σκόνης γάλακτος.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 7.4 Μεθοδολογίες

#### 7.4.1 Εφαρμογή Υπερήχων

Η συσκευή που χρησιμοποιήσαμε για την εφαρμογή των υπερήχων ήταν η UltraSonic Cleaner Branson 200. Τοποθετήσαμε ένα- ένα, τα κλειστά δοχεία με το διάλυμα νερού- σκόνης γάλακτος και νερού- σκόνης γάλακτος- σκόρδου στη συσκευή που περιείχε νερό και θέσαμε σε λειτουργία τη συσκευή για 15'.

#### 7.4.2 Προσδιορισμός pH και τιτλοδοτούμενου οξέος

Οι μεταβολές στο pH κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της αποθήκευσης παρακολούθηθηκαν χρησιμοποιώντας ένα πεχάμετρο με ηλεκτρόδιο υάλου (Tecnozon, mPA-210). Αρχικά ρυθμίσαμε το pH με τη χρήση πρότυπων ρυθμιστικών διαλυμάτων στις τιμές pH 4.01 και 7.01, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία. Στη συνέχεια, ανά μισή ώρα από τη στιγμή παραγωγής τους (30', 60', 90', 120', 150'), κατά τη διάρκεια της επώασης (0,01 ανάλυση,  $\pm 0,01$  pH ακρίβεια) μετρήσαμε τις τιμές pH των δειγμάτων. Για τον προσδιορισμό της ογκομετρούμενης οξύτητας, 10 g δείγματος αναμίχθηκαν με 10 mL αποσταγμένου νερού και τιτλοδοτήθηκαν με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου 0,1M μέχρι την τιμή pH  $8,3 \pm 0,01$ . Ως δείκτης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης. Η τιτλοδοτήσιμη οξύτητα εκφράστηκε σε g γαλακτικού οξέος / 100g δείγματος.

#### 7.4.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού

Η ικανότητα συγκράτησης νερού υπολογίστηκε με τη μέθοδο φυγοκέντρωσης (Parnell-Clunies, Kakuda, Mullen, Arnott and Deman, 1986). Μέσα σε 12 ώρες από την παρασκευή των δειγμάτων, ένα δείγμα 1g τοποθετήθηκε σε πλαστική κυψελίδα με καπάκι και φυγοκεντρήθηκε στις 4500 αναστροφές / λεπτό με φυγοκεντρητή IEC (115 V, 50/60 Hz και 1,2 Amp) (Damon / IEC Division, Needham Hts., Mass) για 30 min στους 10 °C. Το υπερκείμενο απομακρύνθηκε και καταγράφηκε το βάρος του στερεού. Η ικανότητα συγκράτησης νερού υπολογίστηκε ως  $[1 - (\text{βάρος πλαστικού σωλήνα φυγοκέντρωσης} / \text{αρχικό βάρος δείγματος})] \times 100$ .

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 7.4.4 Προσδιορισμός ολικών Φαινολικών

Δοκιμασία Folin-Ciocalteu. Η ολική φαινολική περιεκτικότητα (TPC) για τα δείγματα προσδιορίστηκε με τροποποιήσεις (Singleton and Rossi, 1965). Το δείγμα (1:20w/v) αναμίχθηκε με νερό και φυγοκεντρήθηκε για 15 λεπτά στις 10.000rpm. Ένα κλάσμα του υπερκείμενου (125 mL) αναμίχθηκε με αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (1: 1 απιονισμένο νερό) (125 mL) και ανθρακικό νάτριο (28 g / L) (2250 mL). Τα δείγματα επώαστηκαν στο σκοτάδι στους 25 °C για 30 λεπτά και μετρήθηκε η απορρόφηση στα 725nm χρησιμοποιώντας ένα φασματοφωτόμετρο (Bio Rad SmartSpec™ Plus). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ισοδυνάμου γαλλικού οξέος (GAE) /g ξηρού βάρους. Η πρότυπη καμπύλη του γαλλικού οξέος κυμαίνεται από 0 έως 300 mg / L.

### 7.4.5 Προσδιορισμός χρώματος

Το χρώμα αξιολογήθηκε στα δείγματα, την πρώτη μέρα μετά την παρασκευή τους, με χρωματική κλίμακα CIELAB, χρησιμοποιώντας το όργανο Minolta Chroma Meter CR-400 με φωτισμό D65 ως σημείο αναφοράς. Αρχικά, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, έγινε η βαθμονόμηση του οργάνου με τα ειδικά πλακίδια και ακολούθως προσδιορίστηκαν τρεις παράμετροι: L \* (Lightness) σε κλίμακα έως το 100 (100 ¼ άσπρο, 0 ¼ μαύρο), a \* σε κλίμακα από το -80 έως το +100 (β, κόκκινο, πράσινο) και b \* σε κλίμακα -80 έως +70 (β, κίτρινο, μπλε) Για κάθε δείγμα λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις, ώστε να υπάρχει επαναληψιμότητα.

### 7.4.6 Προσδιορισμός ιξώδους

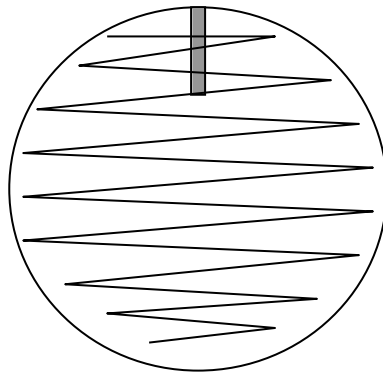
Για τον υπολογισμό του ιξώδους χρησιμοποιήσαμε το ιξωδόμετρο Brookfield (ιξωδόμετρο Brookfield DVII, ΗΠΑ), με το κατάλληλο εξάρτημα ανάδευσης του ρευστού (άξονας 4), στους 5 °C και διαφορετική ταχύτητα περιστροφής. Οι ταχύτητες που θέσαμε, για τα δείγματά μας είναι: 10rpm, 20rpm, 30rpm, 50rpm, 60rpm και 100rpm. αποτελέσματα καταγράφονται σε centipoises (cP).

### 7.4.7 Προσδιορισμός Μικροβιακού Φορτίου

7.4.7.1 Λιστέρια (*Listeria*). Τοποθετούμε 25g του δείγματος σε σακούλα και 225ml του πρώτου εμπλουτιστικού υγρού υποστρώματος με μειωμένη συγκέντρωση

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

των εκλεκτικών παραγόντων (Half Fraser Broth) σε σακούλα Stomacher για 3'. Το εναιώρημα που προκύπτει για επώάζεται σε κλίβανο θερμοκρασίας 30°C για 24 ± 2 ώρες. Στη συνέχεια την καλλιέργεια που προέκυψε σε Half Fraser broth χρησιμοποιήσαμε για σπορά μέσω κρίκου ενοφθαλμίσματος στην επιφάνεια ενός πετρί Ø 90mm που περιείχε το πρώτο στερεό εκλεκτικό υπόστρωμα (ALOA,) και ενός πετρί Ø 90mm που περιείχε το δεύτερο στερεό εκλεκτικό υπόστρωμα (PALCAM) και τοποθετήθηκαν τα πετρί σε κλίβανο θερμοκρασίας 37°C για 24 ± 3 ώρες.



Σχήμα 1. Ο τρόπος σποράς σε πετρί με στερεό υπόστρωμα (ALOA, PALCAM). Με μια σταγόνα από την επιφάνεια του υγρού υποστρώματος, σχηματίσαμε μια γραμμή 0,5cm περίπου και πραγματοποιήσαμε σπορά σε σχήμα ζικ-ζακ.

Εξετάσαμε τα πετρί για παρουσία τυπικών αποικιών *Listeria spp.*

*Ταυτοποίηση Listeria spp και Listeria monocytogenes.*

Σημείωση: Οι τυπικές αποικίες της *Listeria monocytogenes* στο ALOA μετά από 24 ώρες, είναι πράσινο-γαλάζιες και περιβάλλονται από αδιαφανή ζώνη.

Δοκιμή αιμόλυσης (CAMP TEST)

Στεγνώσαμε καλά την επιφάνεια του Άγαρ πριν τη χρήση. Πήραμε + με τη βοήθεια ακίδας ενοφθαλμισμού μια ύποπτη αποικία *L. monocytogenes* και ενοφθαλμίσαμε σε γραμμές την επιφάνεια του πετρί. Όμοια ενοφθαλμίσαμε στο ίδιο πετρί τις καλλιέργειες ελέγχου θετική αποικία (*L. monocytogenes*). Μετά από επώαση σε θερμοκρασία 35°C για 24 ± 2 ώρες εξετάσαμε τα πετρί.

7.4.7.2 *E. Coli*. 10g του δείγματος τοποθετήθηκαν σε σακούλα Stomacher με τη βοήθεια αποστειρωμένης λαβίδας και μαχαιριδίου. Προσθέσαμε στη ζυγισμένη

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

ποσότητα του δείγματος, 90ml του πρώτου εμπλουτιστικού υγρού peptone water και ανακινήσαμε σε σακούλα Stomacher για 3'. Μετά την ομογενοποίηση του δείγματος και την παρασκευή της αραιώσεως 1:10, έγιναν οι υπόλοιπες δεκαδικές αραιώσεις (1:100,1:1000 κ.λ.π.) με μεταφορά 1ml, 10ml, σε 9ml, 90ml αραιωτικού. Λήφθηκαν δυο αποστειρωμένα τρυβλία 90mm, όπου με αποστειρωμένη πιπέτα μεταφέρθηκε ποσότητα 1ml από την αρχική αραιώση και έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Οι αποικίες που καταμετρήθηκαν ανήκουν στην  $10^{-1}$ .

Για τη δημιουργία των διαδοχικών αραιώσεων ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ) χρησιμοποιήθηκε 1ml από την αρχική αραιώση και 9 ml αραιωτικό και έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Τοποθετήσαμε τα τρυβλία ανά έξι μέσα στο θάλαμο επώασης. Εξετάσαμε τα πετρί για παρουσία ορατών αποικιών μετά από 18-24 ώρες.

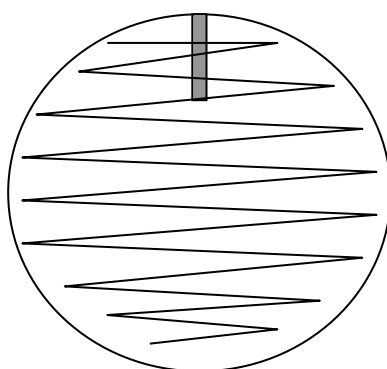
**7.4.7.3 Κολοβακτηρίδια.** Τοποθετήσαμε 10g του δείγματος σε σακούλα Stomacher με τη βοήθεια αποστειρωμένης λαβίδας και μαχαιριδίου. Προσθέσαμε στη ζυγισμένη ποσότητα του δείγματος, 90ml του πρώτου εμπλουτιστικού υγρού peptone water και ανακινήσαμε σε σακούλα Stomacher για 3'. Μετά την ομογενοποίηση του δείγματος και την παρασκευή της αραιώσεως 1:10, έγιναν οι υπόλοιπες δεκαδικές αραιώσεις (1:100,1:1000 κ.λ.π.) με μεταφορά 1ml, 10ml, σε 9ml, 90ml αραιωτικού. Λήφθηκαν δυο αποστειρωμένα τρυβλία 90mm, όπου με αποστειρωμένη πιπέτα μεταφέρθηκε ποσότητα 1ml από την αρχική αραιώση και έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Οι αποικίες που καταμετρήθηκαν ανήκουν στην  $10^{-1}$ .

Για τη δημιουργία των διαδοχικών αραιώσεων ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ) χρησιμοποιήθηκε 1ml από την αρχική αραιώση και 9 ml αραιωτικό και έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Προσθέσαμε στο τρυβλίο 15 ml VRBL, αφήσαμε να στερεοποιηθεί το υλικό και προσθέσαμε τη δεύτερη στρώση VRBL, περίπου 4ml. Τοποθετήσαμε τα τρυβλία ανά έξι μέσα στο θάλαμο επώασης στους  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Εξετάσαμε τα πετρί για παρουσία ορατών αποικιών μετά από 24 ώρες.

**7.4.7.4 Salmonella.** Τοποθετήσαμε 25gr δείγματος σε σακούλα Stomacher. με τη βοήθεια αποστειρωμένης λαβίδας και μαχαιριδίου από διάφορα σημεία του δείγματος. Προσθέσαμε στη ζυγισμένη ποσότητα του δείγματος, 225ml του πρώτου εμπλουτιστικού εκλεκτικού υγρού buffer peptone water και ανακινήσαμε σε Stomacher

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

για 3'. Μετά την ομογενοποίηση του δείγματος και την παρασκευή της αραιώσεως 1:10, τοποθετήσαμε τη σακούλα Stomacher μέσα στο θάλαμο επώασης στους  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  για  $18 \pm 2$  ώρες. Πετρί  $\varnothing 90\text{mm}$  που περιέχει το πρώτο στερεό εκλεκτικό υπόστρωμα XLD και 0,1 ml καλλιέργειας MKTTn σε τρυβλίο  $\varnothing 90\text{mm}$  με στερεό εκλεκτικό υπόστρωμα XLD. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για το υπόστρωμα SM2. Τοποθετήσαμε τα πετρί που προέκυψαν σε κλίβανο θερμοκρασίας  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  για  $24 \pm 3$  ώρες.



Σχήμα 2. Ο τρόπος σποράς σε πετρί με στερεό υπόστρωμα (XLD, SM2). Με μια σταγόνα από την επιφάνεια του υγρού υποστρώματος σχηματίσαμε μια γραμμή 0,5cm περίπου και πραγματοποιήσαμε σπορά σε σχήμα ζικ-ζακ.

**7.4.7.5 Σταφυλόκοκκοι (Staph. Aureus).** Τοποθετήσαμε 10g του δείγματος σε σακούλα Stomacher με τη βοήθεια αποστειρωμένης λαβίδας και μαχαιριδίου. Προσθέσαμε στη ζυγισμένη ποσότητα του δείγματος, 90ml του πρώτου εμπλουτιστικού υγρού peptone water και ανακινήσαμε σε σακούλα Stomacher για 3'. Λάβαμε δυο αποστειρωμένα τρυβλία  $\varnothing 90\text{mm}$ , όπου με αποστειρωμένη πιπέτα μεταφέρθηκε ποσότητα 1ml από την αρχική αραιώση και έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Οι αποικίες που καταμετρήθηκαν ανήκουν στην  $10^{-1}$ . Για τη δημιουργία των διαδοχικών αραιώσεων ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ) χρησιμοποιήθηκε 1ml από την αρχική αραιώση και 9 ml αραιωτικό κι έγινε ενσωμάτωση με το εκλεκτικό υπόστρωμα. Τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο στους  $37^{\circ}\text{C}$  για 18-24 ώρες. Έπειτα, εξετάσαμε τα πετρί για παρουσία τυπικών αποικιών *Staph. Aureus* θετικών στην κοαγκουλάση.



## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

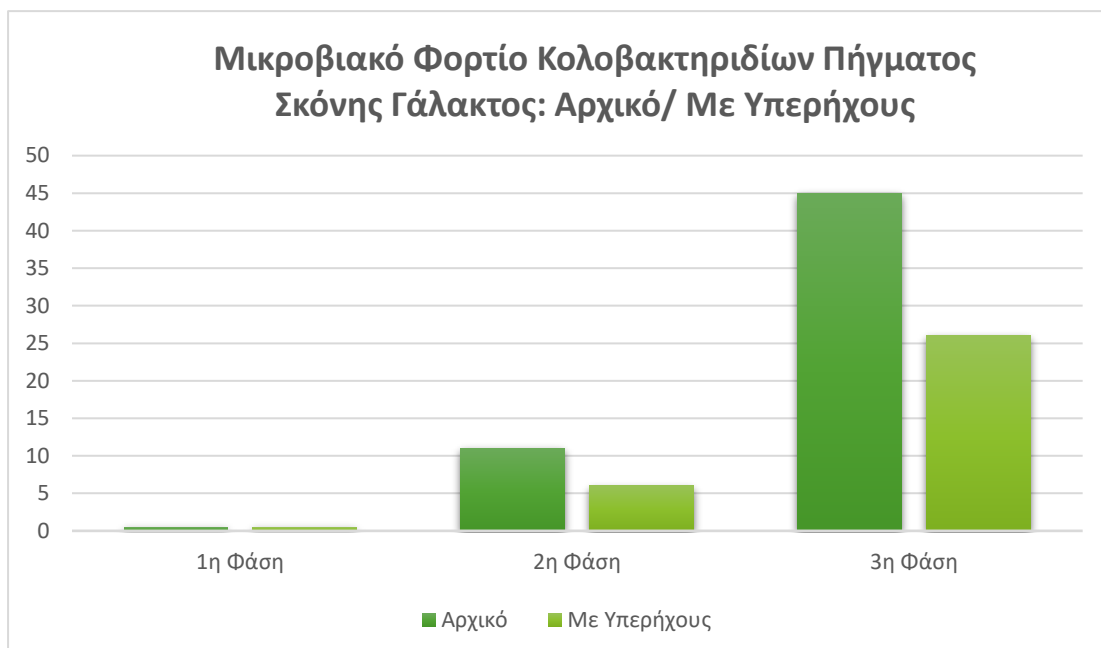
Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τα πειράματα της μελέτης της επίδρασης των υπερήχων σε πήγματα αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη, που πραγματοποιήθηκαν κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας. Η αποτελεσματικότητα της ομογενοποίησης ελέγχθηκε με βάση το μικροβιολογικό φορτίο σε τρεις διαφορετικές φάσεις (**1.** Την πρώτη μέρα μετά την παραγωγή, **2.** 7 μέρες μετά την παραγωγή, **3.** 14 μέρες μετά την παραγωγή), ενώ παράλληλα ελέγχθηκαν ορισμένες ιδιότητες του ομογενοποιημένου πηγματος σκόνης γάλακτος (ιξώδες, χρώμα, ικανότητα συγκράτησης νερού, ολικά φαινολικά, pH και οξύτητα). Παράλληλα στην περίπτωση των μικροβιολογικών μετρήσεων κρατήσαμε και δείγματα διαλύματος σκόνης γάλακτος (πριν και μετά την εφαρμογή υπερήχων) για να αποκλείσουμε την πιθανότητα επιμόλυνσης από εξωτερικούς παράγοντες κατά την παρασκευή των πηγμάτων.

#### 8.1 Μικροβιολογικός έλεγχος

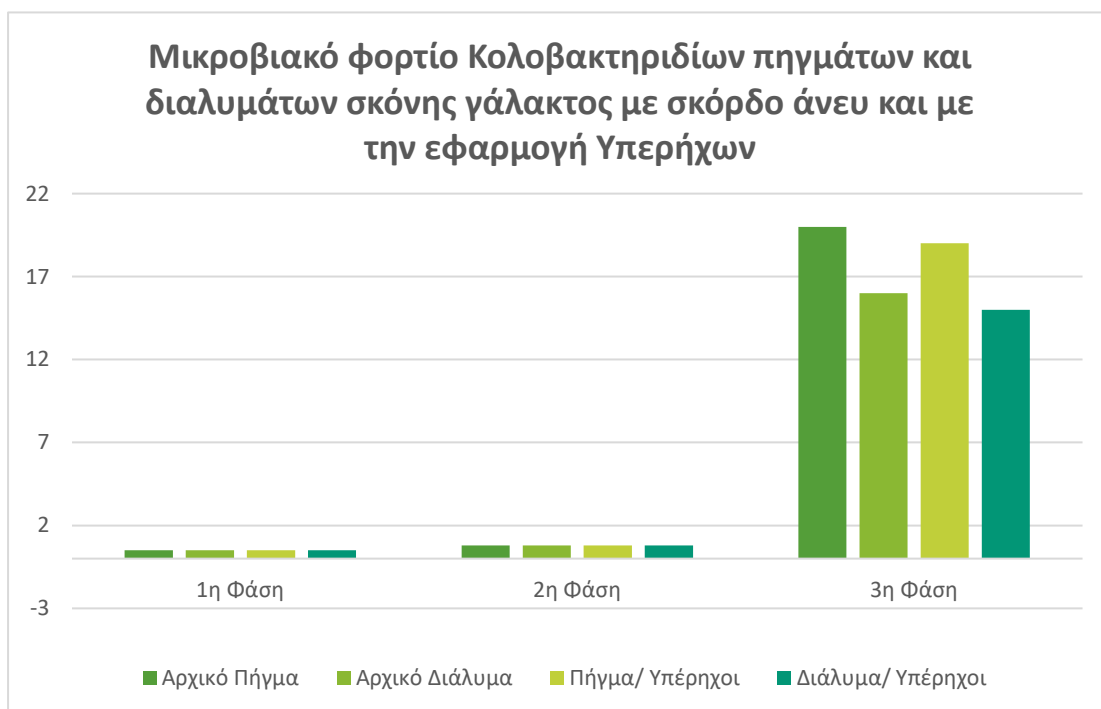
Κατά τον μικροβιολογικό έλεγχο των δειγμάτων παρατηρήσαμε ότι δεν υπήρξε αύξηση πληθυσμών σε *E. Coli*, *Salmonella spp.*, *L. Monocytogenes* και *Staph. Coagulase/aureus*, όπως καταγράφηκαν και στους Πίνακες 8-11 του Παραρτήματος. Οι πληθυσμοί που έδειξαν μεταβολές, στις 3 φάσεις (1<sup>η</sup> ημέρα, 7<sup>η</sup> ημέρα και 14<sup>η</sup> ημέρα) ήταν αυτοί των Κολοβακτηριδίων. Οπότε στα δείγματά μας, ελέγξαμε και συγκρίναμε το μικροβιακό φορτίο των Κολοβακτηριδίων.

Στο Διάγραμμα 5 συγκρίνουμε τον πληθυσμό των Κολοβακτηριδίων μεταξύ των πηγμάτων αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος, πριν και μετά την έκθεσή τους σε υπερήχους. Η πρώτη φάση (1<sup>η</sup> ημέρα μετά την παραγωγή των πηγμάτων) δεν έδειξε κάποια διάκριση μεταξύ τους και συγκεκριμένα οι πληθυσμοί ήταν μικρότεροι της μονάδας (<1). Στη δεύτερη και τρίτη φάση παρατηρούμε διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Πιο ειδικά, στα δείγματα με υπερήχους, τόσο 7 ημέρες μετά την παραγωγή τους, όσο και 14 ημέρες μετά, οι πληθυσμοί των Κολοβακτηριδίων έχουν σχεδόν τη μισή τιμή, από τα δείγματα που δεν εφαρμόστηκαν υπέρηχοι.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

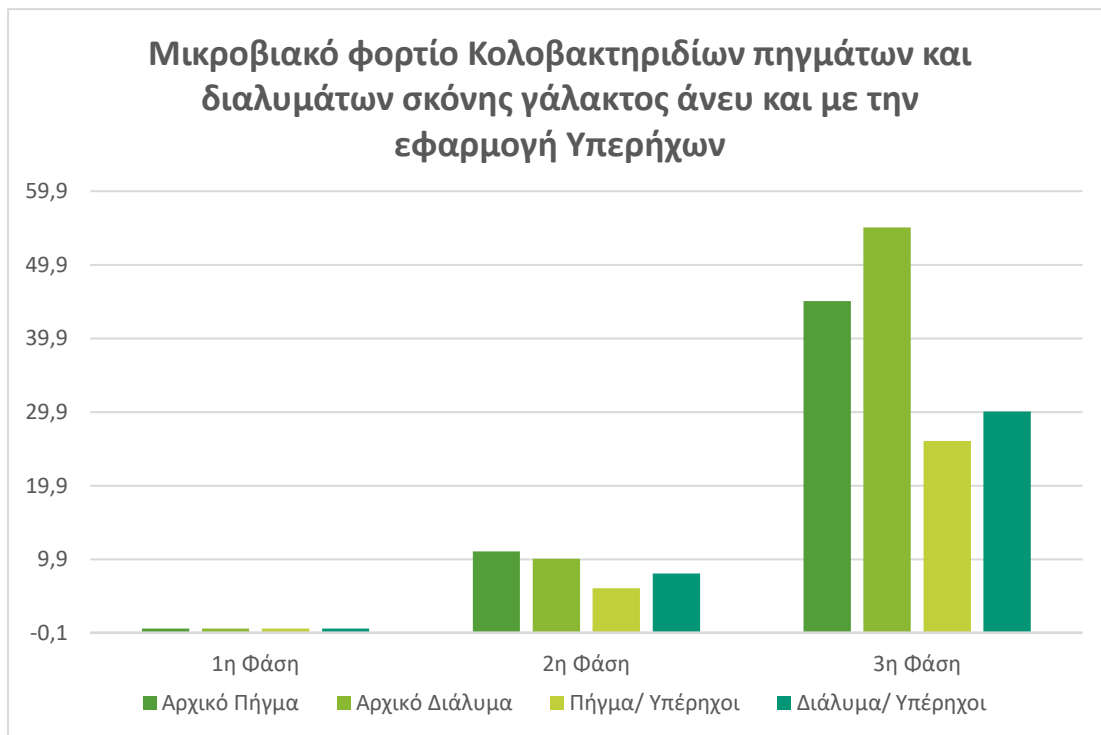


Διάγραμμα 5. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ του αρχικού δείγματος πήγματος σκόνης γάλακτος και του δείγματος μετά την εφαρμογή υπερήχων.



Διάγραμμα 6. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των διαλυμάτων και των πηγμάτων σκόνης γάλακτος με σκόρδο, πριν και μετά την εφαρμογή υπερήχων.

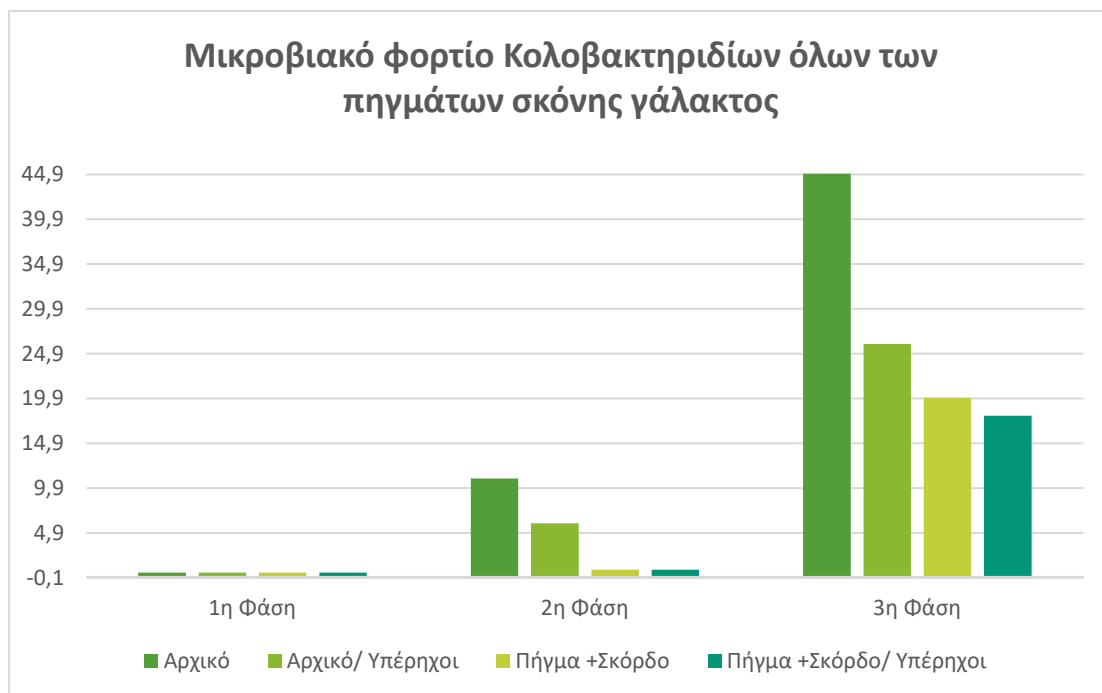
## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



*Διάγραμμα 7. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των διαλυμάτων και των πηγμάτων σκόνης γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή υπερήχων.*

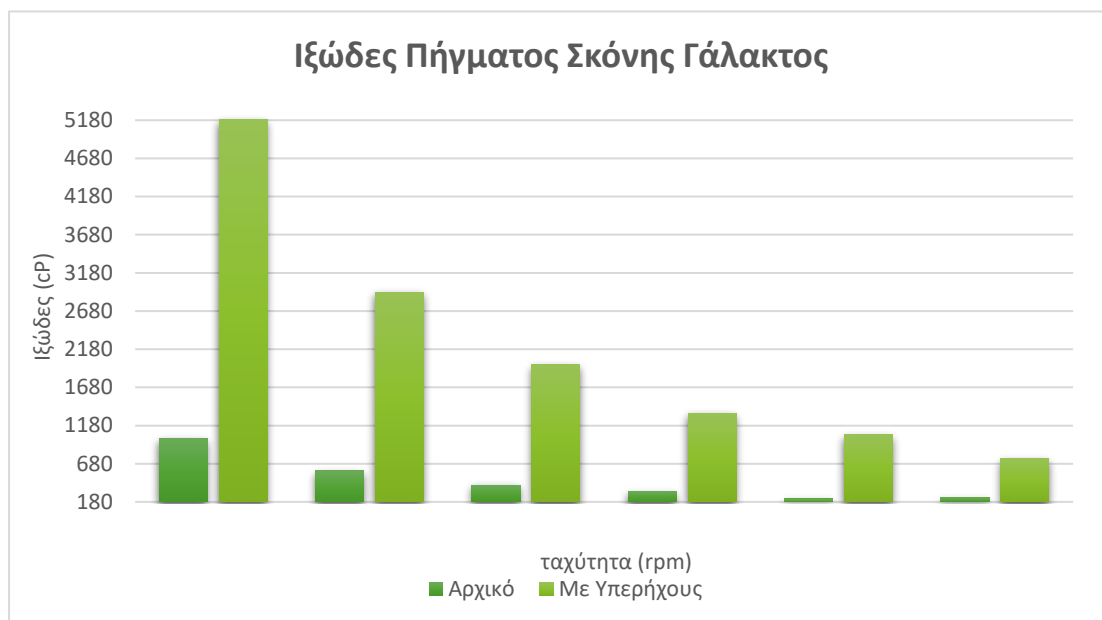
Από τα παραπάνω διαγράμματα (Διάγραμμα 6 και Διάγραμμα 7) παρατηρείται ότι δεν υπήρξε κάποια επιμόλυνση κατά την παρασκευή των πηγμάτων, εφόσον το μικροβιακό φορτίο των διαλυμάτων της σκόνης γάλακτος, είναι υψηλότερο του αντίστοιχου των πηγμάτων, στη περίπτωση του αρχικού διαλύματος και πήγματος, ενώ οι τιμές είναι σχεδόν ίδιες στην περίπτωση του πήγματος και του διαλύματος με την προσθήκη σκόρδου. Επίσης από το διάγραμμα 8 συμπεραίνουμε ότι υψηλότερο μικροβιακό φορτίο έχει το αρχικό (τυφλό) δείγμα, όπως ήταν αναμενόμενο, εφόσον δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία για τη μείωση των περιεχόμενων μικροοργανισμών, πέρα του αρχικού βρασμού (παστερίωση). Επιπλέον, η προσθήκη σκόνης σκόρδου μείωσε σημαντικά το μικροβιακό φορτίο, καθώς στη δεύτερη φάση, 7 μέρες δηλαδή μετά την παρασκευή των πηγμάτων, το μικροβιακό φορτίο ήταν ακόμη κάτω της μονάδας (<1) (Διάγραμμα 8).

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



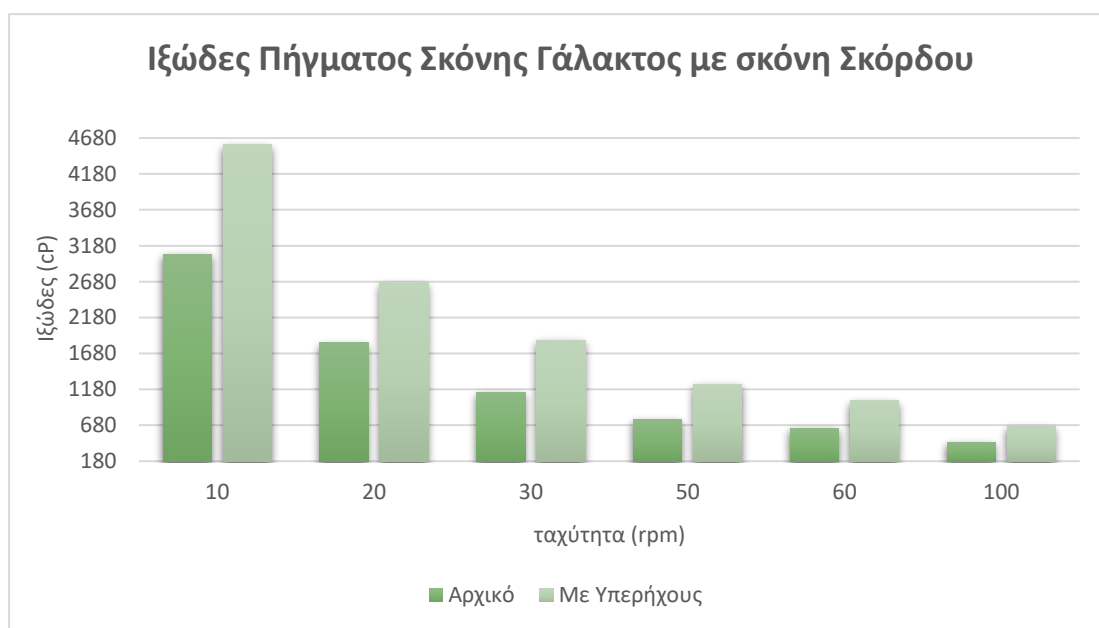
Διάγραμμα 8. Σύγκριση του Μικροβιακού φορτίου Κολοβακτηριδίων μεταξύ των πηγμάτων σκόνης γάλακτος: α. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος, β. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με υπερήχους, γ. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, δ. Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου με υπερήχους.

### 8.2 Ιξώδες



Διάγραμμα 9. Σύγκριση των τιμών του Ιξώδους μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος που παρασκευάστηκαν από αποβουτυρωμένο γάλα που είχε ανασυσταθεί και γάλα που είχε ανασυσταθεί και υποβληθεί σε υπερήχους.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



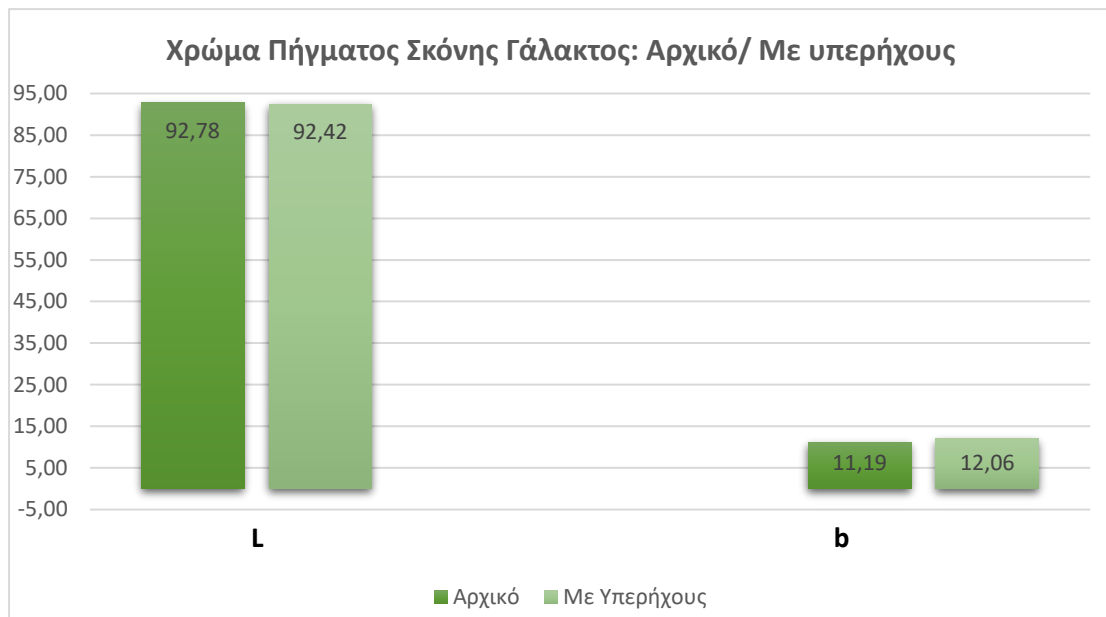
Διάγραμμα 10. Σύγκριση των τιμών του Ιξώδους μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα των πηγμάτων σκόνης γάλακτος που έχουν επεξεργαστεί με υπερήχους, το ιξώδες αυξάνεται με την εφαρμογή των υπερήχων, σε όλες τις περιπτώσεις, όπως αναφέρθηκε και στη θεωρία. Επίσης, όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ρευστού, τόσο μειώνεται η τιμή του ιξώδους.

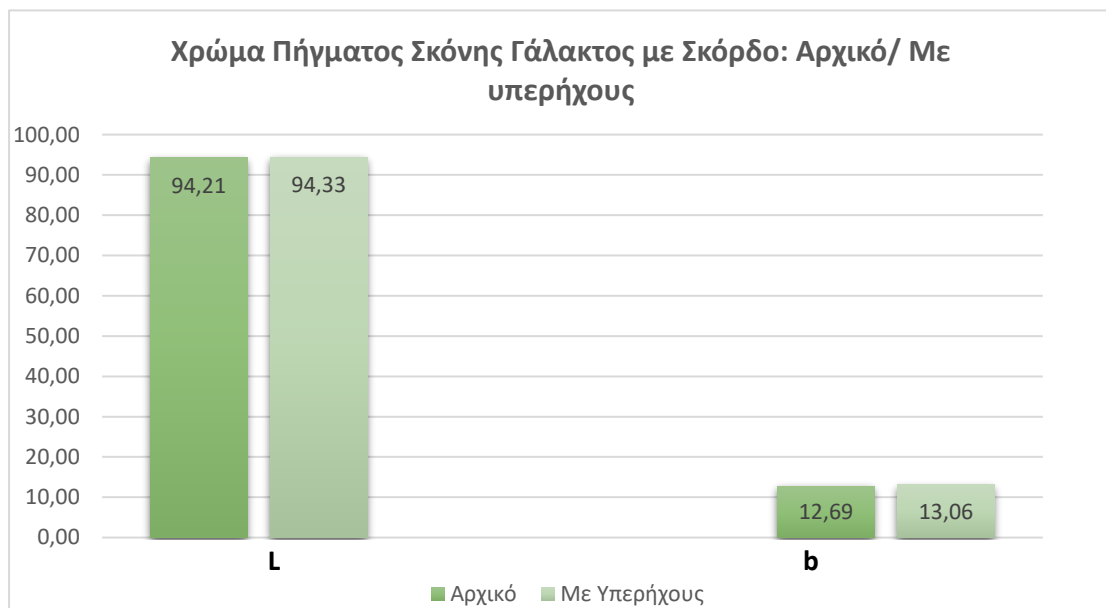
### 8.3 Χρώμα

Στα παρακάτω διαγράμματα (Διάγραμμα 11 και Διάγραμμα 12) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του χρώματος των δειγμάτων. Σύμφωνα με τη μέθοδο ανάλυσης, η τιμή L αντιστοιχεί στη φωτεινότητα και η τιμή b στην απόχρωση μεταξύ του κίτρινου και του μπλε, πάνω σε συγκεκριμένη κλίμακα. Οι τιμές για την παράμετρο b κοντά στο μηδέν αντιστοιχούν στο λευκό χρώμα, ενώ οι τιμές +10 με +12 του b είναι κοντά στην απόχρωση του αχνού κιτρινοπράσινου. Δεδομένων των τιμών b που καταγράφηκαν για τα πηγματα αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη, συμπεραίνουμε ότι αντανακλούσαν ένα ελαφρύ κιτρινοπράσινο χρώμα, αυτό δηλαδή του ορού, το οποίο μάλιστα ήταν πολύ φωτεινό (τιμές L: 92-94), σε όλα τα δείγματα. Οπότε, η εφαρμογή υπερήχων δεν είχε κάποια επίδραση στο χρώμα των δειγμάτων.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



*Διάγραμμα 11. Σύγκριση των τιμών των παραμέτρων του Χρώματος μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.*

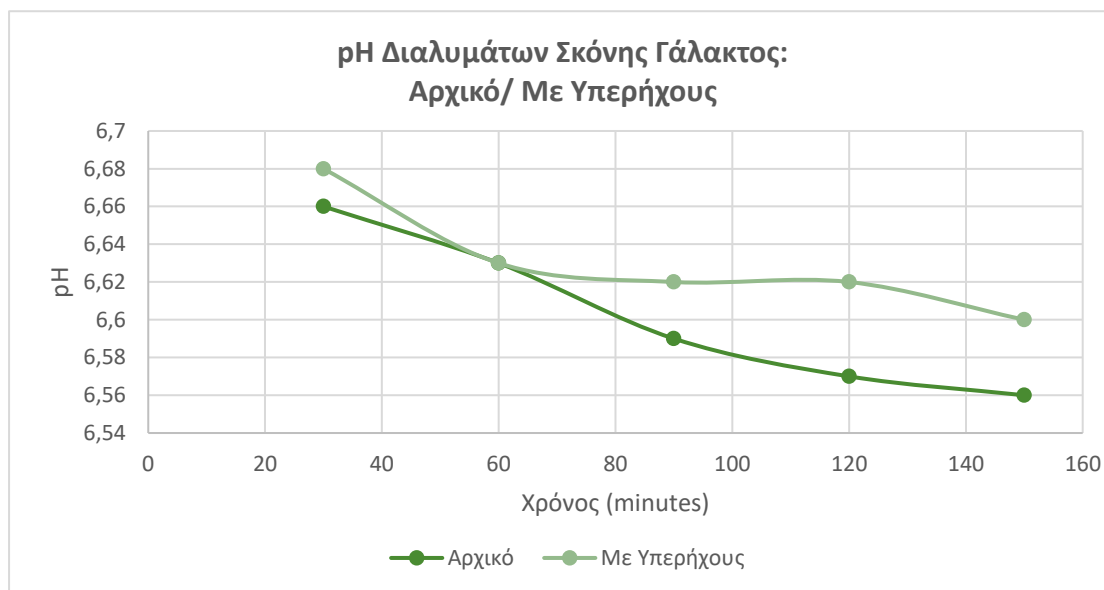


*Διάγραμμα 12. Σύγκριση των τιμών των παραμέτρων του Χρώματος μεταξύ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.*

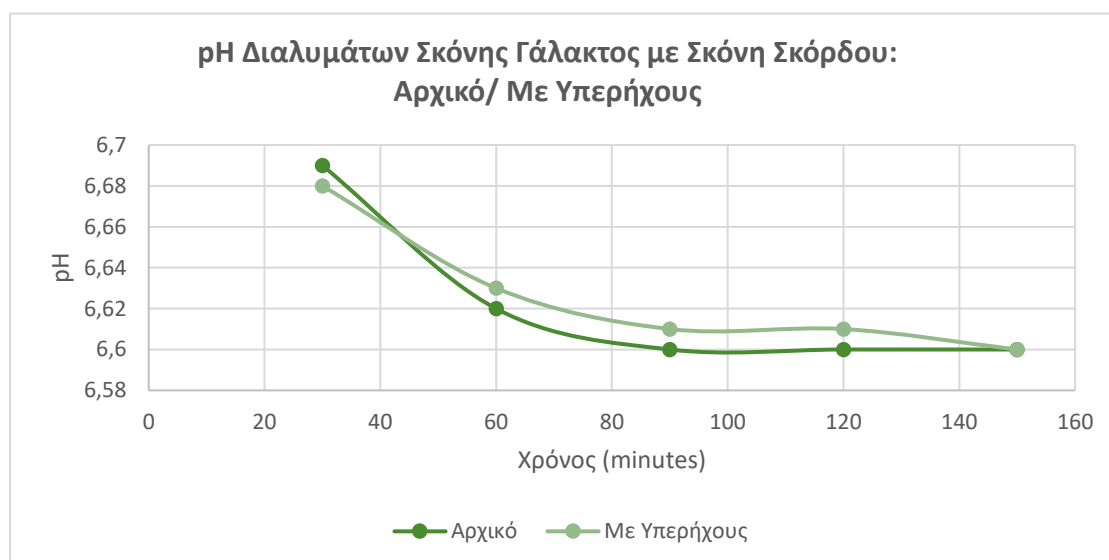
## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 8.4 pH και Οξύτητα

Κατά την παρασκευή των πηγμάτων, ανά μισή ώρα μετρούσαμε την τιμή του pH, τόσο σε διαλύματα σκόνης γάλακτος και σκόνης γάλακτος με σκόρδο, όσο και στα αντίστοιχα πηγματα τους. Στην περίπτωση του αποβουτυρωμένου γάλακτος από σκόνη (Διάγραμμα 13), το pH μειώνεται ομαλότερα με τη χρήση των υπερήχων.

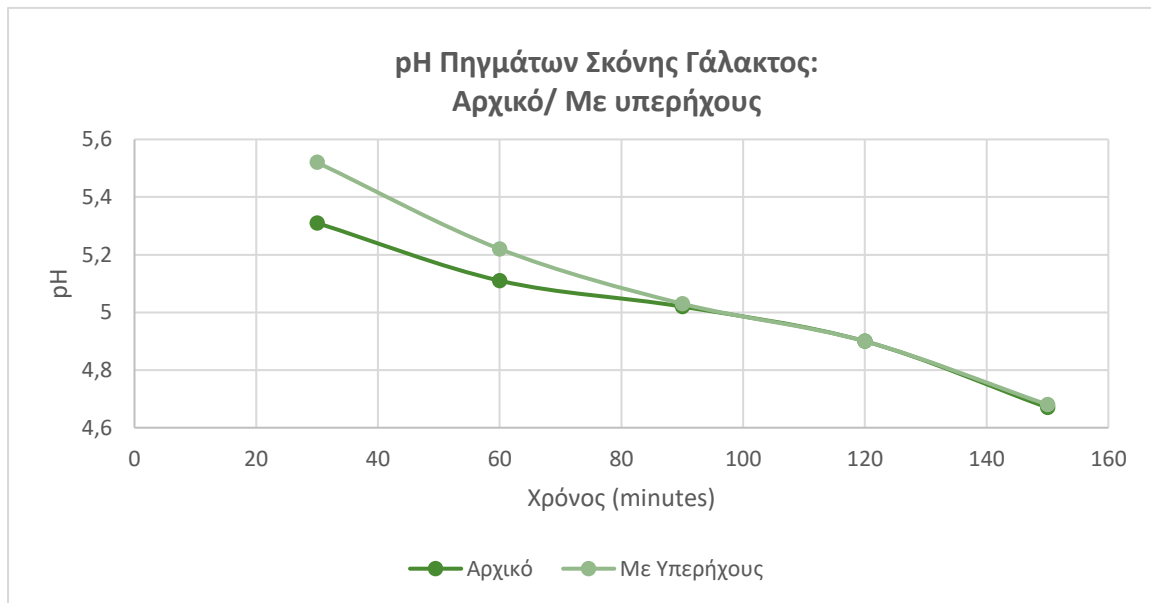


Διάγραμμα 13. Σύγκριση των τιμών του pH μεταξύ των διαλυμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

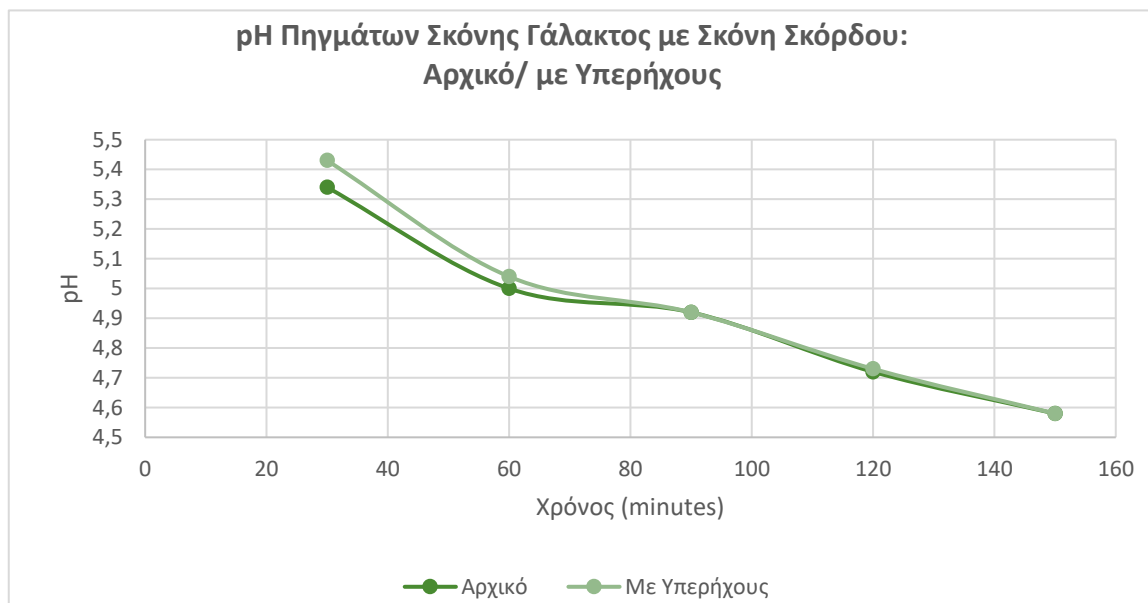


Διάγραμμα 14. Σύγκριση των τιμών του pH μεταξύ των διαλυμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.



Διάγραμμα 15. Σύγκριση των τιμών του ρΗ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.



Διάγραμμα 16. Σύγκριση των τιμών του ρΗ των πηγμάτων Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

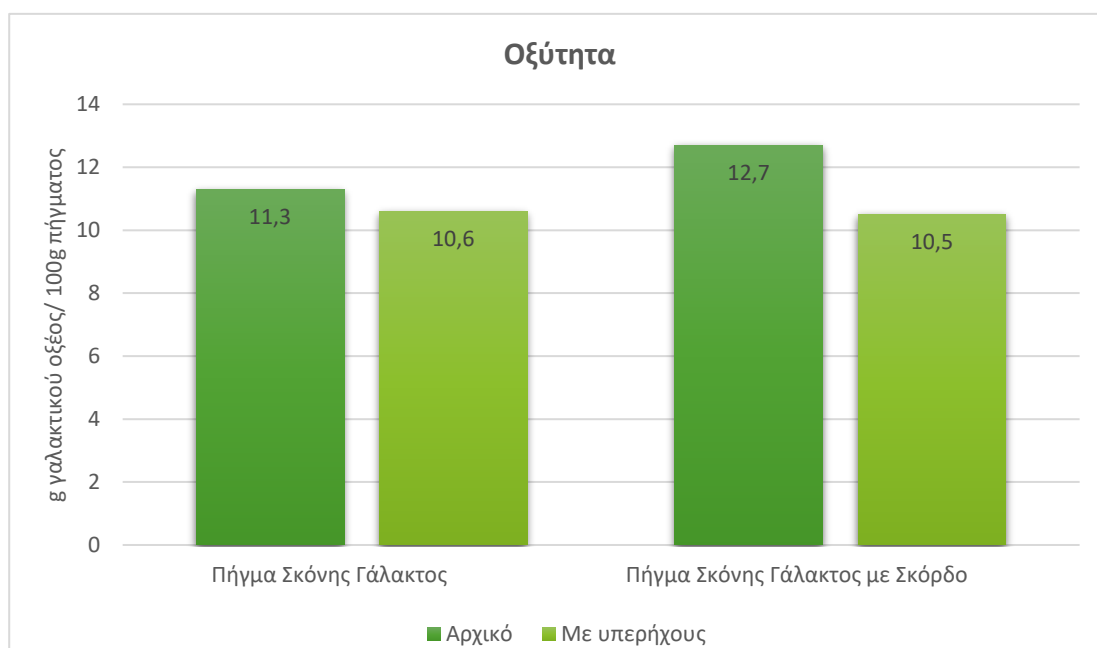


## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Από την άλλη, στην περίπτωση του διαλύματος σκόνης γάλακτος με σκόνη σκόρδου, (Διάγραμμα 14) η πτώση του pH είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις και μάλιστα πιο απότομη, συγκριτικά με το διάλυμα χωρίς σκόρδο.

Στην περίπτωση των πηγμάτων σκόνης γάλακτος και σκόνης γάλακτος με προσθήκη σκόρδου, η πτώση του pH είναι παρόμοια. Συγκεκριμένα η πτώση είναι σε όλες τις περιπτώσεις ομαλή και οι υπέρηχοι δεν επηρεάζουν τις τιμές του pH. Ωστόσο, στην περίπτωση των δειγμάτων εφαρμογής υπερήχων, η αρχική τιμή είναι υψηλότερη από τα αρχικά δείγματα, την ίδια χρονική στιγμή.

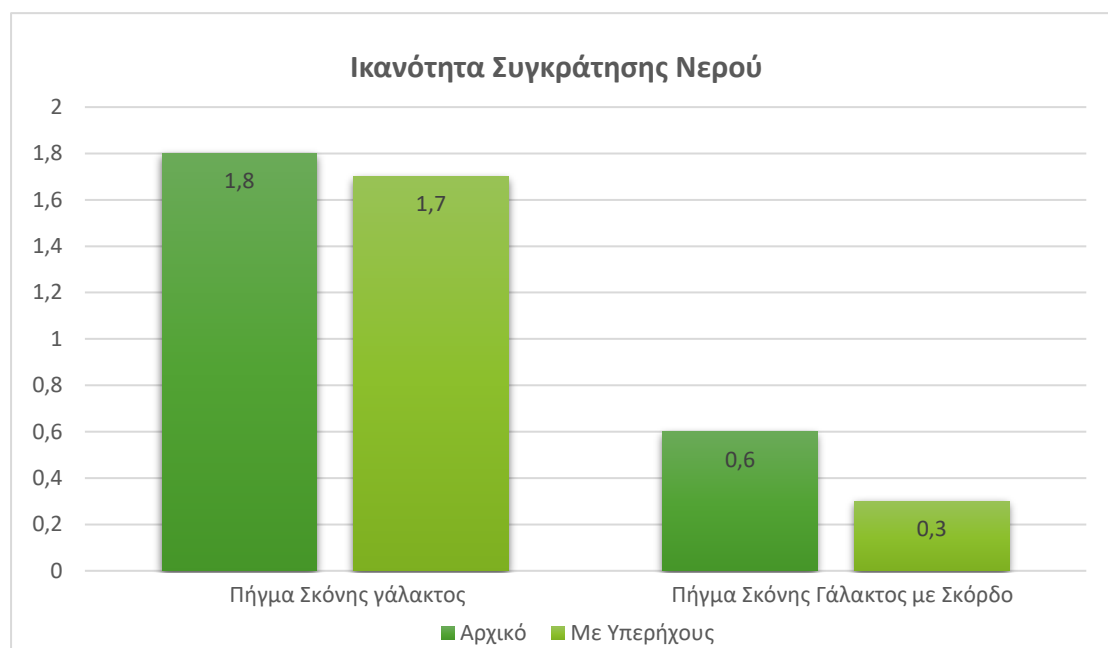
Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 17) η οξύτητα παρουσιάζει ελάχιστα χαμηλότερες τιμές στην περίπτωση των πηγμάτων με την εφαρμογή των υπερήχων.



*Διάγραμμα 17. Σύγκριση των τιμών της οξύτητας μεταξύ των δειγμάτων: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος- Σκόνης Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.*

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 8.5 Ικανότητα συγκράτησης νερού



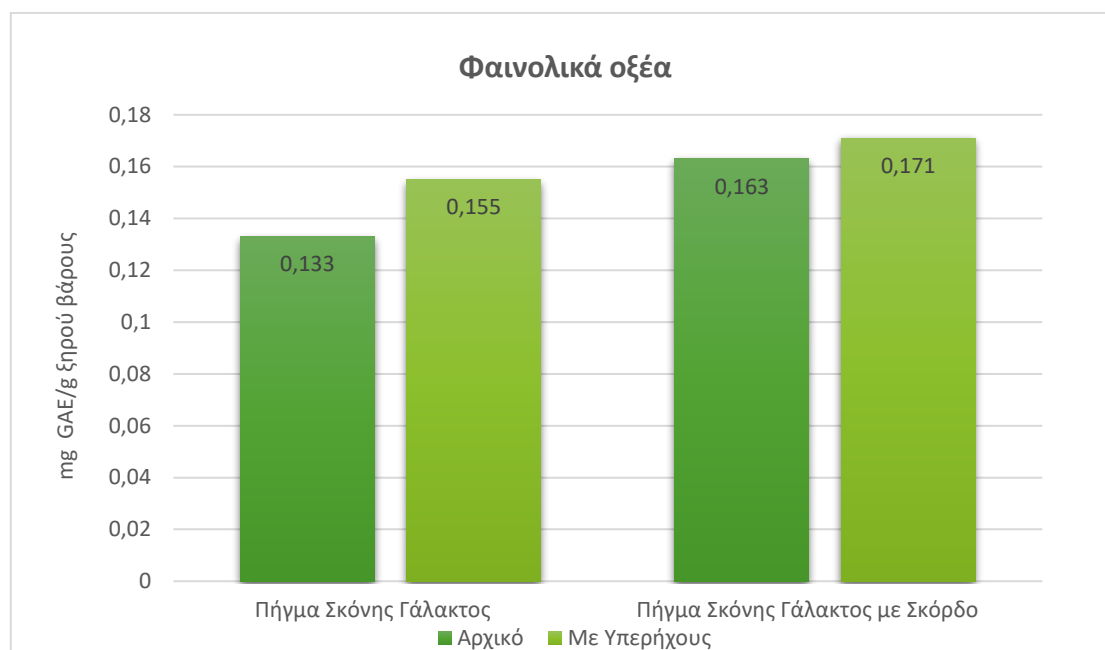
Διάγραμμα 18. Σύγκριση των τιμών ικανότητας συγκράτησης νερού στα δείγματα: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόνη Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

Σύμφωνα με τη θεωρία η εφαρμογή υπερήχων αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού στα πηγματα γάλακτος, όπως το γιαούρτι. Στην περίπτωση των πηγμάτων σκόνης γάλακτος ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε το ίδιο. Η ικανότητα συγκράτησης νερού μεταξύ του αρχικού πηγματος σκόνης γάλακτος και αυτού μετά την εφαρμογή των υπερήχων έχει την σχεδόν ίδια τιμή.

Ταυτόχρονα, η ικανότητα συγκράτησης νερού στα πηγματα χωρίς σκόρδο παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά με τα πηγματα που έχουν σκόνη σκόρδου. Η παρουσία σκόρδου αύξησε την συναίρεση και μείωσε την ικανότητα των πηγμάτων να συγκρατούν το νερό. Μάλιστα, η εφαρμογή υπερήχων, μείωσε ακόμη περισσότερο αυτή την τιμή.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 8.6 Ολικά Φαινολικά



Διάγραμμα 19. Σύγκριση των τιμών των ολικών φαινολικών στα δείγματα: Πήγμα Σκόνης Γάλακτος και Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόνη Σκόρδου, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων.

Τα αντιοξειδωτικά έχουν την ικανότητα να επιβραδύνουν ή να παρεμποδίσουν την οξείδωση των ελαίων και των λιπών. Το σκόρδο, όπως είδαμε και στη θεωρία, περιέχει αντιοξειδωτικά, όπως είναι η Βιταμίνες Α, C και E, τα φλαβονοειδή, το σελήνιο, το λυκοπένιο και υψηλή συγκέντρωση πολυφαινολών.

Οπότε, όπως ήταν αναμενόμενο τα δείγματα με σκόνη σκόρδου εμφάνισαν υψηλότερες τιμές φαινολικών, από τα αντίστοιχα, χωρίς σκόρδο. Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής των ολικών φαινολικών μετά την επίδραση των υπερήχων.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την πειραματική διαδικασία μελετήθηκε η επίδραση των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη για 15min έντασης 19W και οι μεταβολές ιδιοτήτων τους. Παράλληλα μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης σκόνης σκόρδου στα δείγματα αυτά.

Η χρήση υπερήχων μειώνει το μικροβιακό φορτίο των πηγμάτων σκόνης γάλακτος, αποδεικνύοντας ότι οι υπέρηχοι συμβάλλουν στη μείωση του μικροβιακού φορτίου και την αύξηση της διάρκειας ζωής, προφέροντας μια εναλλακτική τεχνολογία για την παστερίωση του γάλακτος.

Οι υπέρηχοι χρησιμοποιήθηκαν αποτελεσματικά στη μείωση του μικροβιακού φορτίου των τροφίμων. Τα αποτελέσματα της χρήσης υπερήχων είναι παρόμοια με αυτά των συμβατικών μεθόδων θέρμανσης κι επειδή οι υπέρηχοι μπορούν να ελέγχουν αλλοιογόνους μικροοργανισμούς, η χρήση τους υπό ελεγχόμενες θερμοκρασιακές συνθήκες, μπορεί να είναι μια εναλλακτική τεχνολογία, που μπορεί να επιτυγχάνει τις επιθυμητές λειτουργικές ιδιότητες, καθώς και τη σταθερότητα των προϊόντων γάλακτος κατά την αποθήκευση. Πολύ σημαντικός είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται κατά την εφαρμογή των υπερήχων, ο οποίος πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην προκαλείται μετουσίωση των πρωτεϊνών (Wu , 2000).

Σε συνδυασμό με θέρμανση, οι υπέρηχοι μπορούν να επιταχύνουν τον ρυθμό αποστείρωσης των τροφίμων, καθώς μειώνουν τη διάρκεια και την ένταση της θερμικής κατεργασίας, οπότε και τις προκύπτουσες αλλοιώσεις. Βέβαια, για την καταστροφή των μικροοργανισμών επιθυμητό αποτέλεσμα έχουμε όταν χρησιμοποιούνται υψηλές εντάσεις ή συνδυασμός υπερήχων με θέρμανση, πίεση ή και τα δύο μαζί.

Στην περίπτωση των δειγμάτων με προσθήκη σκόνης σκόρδου, η μείωση του μικροβιακού φορτίου είναι ακόμη μεγαλύτερη, χάρη στην αντιμικροβιακή του δράση. Το σκόρδο, λόγω της ύπαρξης θειοθειικών αλάτων, παρεμποδίζει εντεροτοξικά στελέχη της E. Coli και άλλων παθογόνων εντερικών βακτηριδίων.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Όπως διαπιστώνουμε από τις παραμέτρους L, b που μετρήθηκαν, το χρώμα των δειγμάτων δεν επηρεάζεται από την εφαρμογή των υπερήχων, ούτε και από την προσθήκη σκόνης σκόρδου.

Στην περίπτωση του διαλύματος σκόνης γάλακτος η πτώση του pH είναι ομαλότερη με την εφαρμογή των υπερήχων. Αντιθέτως, με την προσθήκη σκόνης σκόρδου, η πτώση είναι πιο απότομη. Κατά την εξέταση των πηγμάτων η πτώση, είτε με σκόνη σκόρδου είτε χωρίς, είναι ομαλή και με παρόμοιες τιμές. Παρατηρείται ωστόσο ότι η αρχική τιμή pH μετά την εφαρμογή των υπερήχων, είναι υψηλότερη, την ίδια χρονική στιγμή, από την αντίστοιχη, χωρίς υπερήχους.

Η οξύτητα στο γάλα, οφείλεται στην ύπαρξη των καζεϊνών, στα συστατικά του ορού (αλβουμίνη, κίτρινα και CO<sub>2</sub>) και στο φωσφορικό ασβέστιο. Συνεπώς, με την εφαρμογή υπερήχων, λόγω της καλύτερης ομογενοποίησης και της απομάκρυνσης του CO<sub>2</sub> πραγματοποιείται με πιο αργούς ρυθμούς η ζύμωση της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ. Οπότε, τα δείγματα που έχουν εφαρμοστεί υπέρηχοι εμφανίζουν ελαφρώς χαμηλότερη τιμή οξύτητας, την ίδια χρονική στιγμή, συγκριτικά με τα αρχικά δείγματα.

Το ιξώδες αυξάνεται, λόγω της ομογενοποίησης του γάλακτος με την εφαρμογή των υπερήχων. Στην έρευνα αυτή το γάλα είναι αποβουτυρωμένο και δεν υπάρχουν λιποσφαιρίδια. Αυτό που επιτυγχάνεται με την ομογενοποίηση είναι η καλύτερη διαλυτοποίηση των πρωτεϊνών του γάλακτος με αλλαγή στη διαμόρφωσή τους στο χώρο και ίσως το σχηματισμό πρωτεϊνικών συσσωματωμάτων των καζεϊνικών μικκυλίων.

Τα δείγματα αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος, χωρίς σκόνη σκόρδου δεν εμφανίζουν καμία μεταβολή στις τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού, πριν και μετά την εφαρμογή των υπερήχων. Ωστόσο, η εφαρμογή υπερήχων σε προϊόντα γάλακτος όπως το γιαούρτι, έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει αυξημένη σταθερότητα και ικανότητα συγκράτησης νερού, ενώ το φαινόμενο της συναίρεσης είναι μειωμένο. Ταυτόχρονα, χρειάζεται λιγότερο χρόνο πήξης και παρουσιάζει μεγαλύτερο pH πήξης και διαθέτει καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τα γιαούρτια που έχουν ομογενοποιηθεί με συμβατική μέθοδο, με ομογενοποίηση υψηλής πίεσης. Μάλιστα, μελέτες έχουν αποδείξει ότι γιαούρτι που έχει παραχθεί από γάλα με επεξεργασία

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

συνδυασμού υπερήχου και θέρμανσης, διαθέτει ακόμη καλύτερη υφή και σταθερότητα (Chouliara, 2009).

Παράλληλα, η ικανότητα συγκράτησης νερού στα πήγματα με σκόρδο παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από τα αντίστοιχα, χωρίς σκόνη σκόρδου. Συγκεκριμένα η παρουσία σκόρδου αυξάνει την συναίρεση και μειώνει την ικανότητα των πηγμάτων να συγκρατούν το νερό. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή υπερήχων, μειώνει ακόμη περισσότερο αυτή την τιμή.

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα δείγματα με σκόνη σκόρδου παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στα φαινολικά. Παράλληλα, παρατηρείται μια μικρή αύξηση στην τιμή των φαινολικών μετά την εφαρμογή των υπερήχων. Επομένως, ο συνδυασμός σκόρδου και υπερήχων αυξάνει την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες σε πήγματα από αποβουτυρωμένο γάλα. Οι πολυφαινόλες αυτές αποτελούν ουσίες που ενισχύουν την αντιοξειδωτική δράση του σκόρδου, που επιβραδύνουν ή παρεμποδίζουν την των λιπαρών υλών των τροφίμων, αναστέλλοντας τις αντιδράσεις έναρξης και διάδοσης της αυτοξείδωσης.

Χρησιμοποιώντας υπέρηχους, όλη η επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να ολοκληρωθεί σε λίγα δευτερόλεπτα ή λεπτά της ώρας με υψηλή επαναληψιμότητα, μείωση κόστους επεξεργασίας, παρέχοντας τελικό προϊόν μεγαλύτερης καθαρότητας, απαλλάσσοντας από την επεξεργασία των αποβλήτων και καταναλώνοντας μόνο μικρό μέρος του χρόνου και της ενέργειας που συνήθως απαιτούνται στις συμβατικές διαδικασίες. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης υπερήχων στην επεξεργασία τροφίμων συμπεριλαμβάνουν την πιο αποτελεσματική ανάμιξη και μικροανάμιξη, την ταχύτερη μεταφορά ενέργειας και μάζας, τη μείωση θερμοκρασίας, την επιλεκτική εκχύλιση, τη μείωση του μεγέθους του εξοπλισμού, την ταχύτερη ανταπόκριση, την ταχύτερη έναρξη, την αυξημένη παραγωγή και τον περιορισμό των σταδίων της διαδικασίας.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## 10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Δείγμα	<i>E. Coli</i>		
	1 <sup>η</sup> Φάση	2 <sup>η</sup> Φάση	3 <sup>η</sup> Φάση
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1

Πίνακας 6. Αποτελέσματα Πληθυσμών *E. Coli* στα δείγματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Δείγμα	<i>Staph. Coagulase/ aureus</i>		
	1 <sup>η</sup> Φάση	2 <sup>η</sup> Φάση	3 <sup>η</sup> Φάση
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1

Πίνακας 7. Αποτελέσματα Πληθυσμών *Staph. Coagulase/ aureus* στα δείγματα.

Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Δείγμα	<i>Salmonella spp</i>		
	1 <sup>η</sup> Φάση	2 <sup>η</sup> Φάση	3 <sup>η</sup> Φάση
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1

Πίνακας 8. Αποτελέσματα Πληθυσμών *Salmonella spp* στα δείγματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Δείγμα	<i>L monocytogenes</i>		
	1 <sup>η</sup> Φάση	2 <sup>η</sup> Φάση	3 <sup>η</sup> Φάση
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Πήγμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Αρχικό	<1	<1	<1
Διάλυμα Σκόνης Γάλακτος με Σκόρδο_Με Υπερήχους	<1	<1	<1

Πίνακας 9. Αποτελέσματα Πληθυσμών *L. monocytogenes* στα δείγματα.



Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agarwal, K. C., 1996. Therapeutic actions of garlic constituents. *Medicinal Research Reviews*, Τόμος 16, pp. 111-124.
- Arzeni, A., 2012. Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Food Engineering*, Issue 108, pp. 463-472.
- Association, I. D. F., 2004. *Dairy Facts*. Washington: s.n.
- Chandan, R., 2006. *Dairy Processing & Quality Assurance*. Wiley- Blackwell.
- Chemat, F., Zill, E. & H. & Khan, M., 2011. Applications of ultrasound in food technology; Processing, preservation and extraction. *Ultrason Sonochem*, Issue 18, pp. 813-835.
- Cho E, S.-W. S. e. a., 2004. Dairy Foods, Calcium, and Colorectal Cancer: A Pooled Analysis of 10 Cohort Studies. Στο: s.l.:Journal of the National Cancer Institute, pp. 96:1015-1022.
- Chouliara, E., 2009. Effect of ultrasonication on microbiological, chemical and sensory properties of raw, thermized and pasteurized milk. Στο: *Intern Dairy Journal* 20. s.l.:s.n., pp. 307-313.
- Commission, C. D., 2017. *Milk ingredients.ca*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: [www.milkingredients.ca/index-eng.php?id=192](http://www.milkingredients.ca/index-eng.php?id=192)
- Dolatowski, Z., 2007. Applications of ultrasound in food technology. Στο: *Acta Sci. Pol. 6*. s.l.:s.n., pp. 89-99.
- Farrall, A., 1953. *Dairy Engineering*. Στο: New York: Wiley.
- Fox, P., 1995. *Advanced dairy chemistry*. Στο: *Vol.2 Lipids*. London: Chapman & Hell.
- Hughes, B. & Lawson, D., 1991. Antimicrobial effects of *Allium sativum* L. (garlic), *Allium ampeloprasum* (elephant garlic) and *Allium cepa* (onion), garlic compounds and commercial garlic supplement products. *Plytother Res.*, Τόμος 5, pp. 154-158.
- Hui, 1993. *Dairy Science and Technology Handbook*. New York, N.Y: Vancouver Coastal Health, VCH.
- Jensen, R., 1995. *Handbook of milk composition*. Στο: San Diego: Academic Press.
- Kessler, H., 1981. *Food engineering and dairy technology*. Munich: Freising, Federal Republic of Germany.
- Linko, P., 1982. Lactose and Lactitol. Στο: N. Sweeteners, επιμ. *Birch, G.G & Parker, K.J.*, s.l.:London & New Jersey: Applied Science Publishers, pp. 109-132.
- Liu, S. e. a., Dec 2005. Dietary calcium, vitamin D, and the prevalence of metabolic syndrome in middle-aged and older U.S. women: *Diabetes Care*. Στο: s.l.:s.n., pp. vol. 28:12:2926-2921.
- Mattila- Sandholm, T., 2003. *Functional dairy products*. Στο: Cambridge: Woodhead publishing limited.

## Μελέτη της επίδρασης των υπερήχων κατά την παρασκευή πηγμάτων από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

- Miller, G. J. J. M. L. & N. D. C., 2007. *Handbook of dairy foods and nutrition*. Boca Raton: CRC Press.
- Munir, M., Yu, W. & Young, B. R., June 2014. *Can exergy be a useful tool for the dairy industry?*. The University of Auckland, 1010, New Zealand, Elsevier B.V..
- Muthupandian, A., 2008. Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: A preliminary study on a model system. Στο: *Innov Food Science & Emerg Tech* 9. s.l.:s.n., pp. 155-160.
- Nguyen, H., 2010. Effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. Στο: *Innovative food science and emerging technologies* 11. s.l.:s.n., pp. 616-622.
- Rastogi, N., 2011. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food processing. Στο: *Food Science and Nutrition* 51. s.l.:s.n., pp. 705-722.
- Tamime, A., 2007. *Structure of dairy products*. Oxford UK; Ames, Iowa: Blackwell Pub..
- Tamime, A. & Robinson, 2004. *Yogurt science and technology*. s.l.:Woodhead publishing Ltd & CRC Press LLC..
- Tamime, A. & Robinson, R. K., 1985. *Yoghurt: Science and Technology*. s.l.:Pergamon.
- Torley, P., 2007. *Ultrasound in Food Processing and Preservation*. s.l.:CRC Press.
- Walstra, P. W. J. & G. T., 2006. *Dairy Science and Technology*. Boca Raton: CRC, Taylor & Francis.
- Wong, N., 1988. *Fundamentals of dairy chemistry*. New York: Van Nostrand Reinhold Co..
- Wong, N., 1999. *Fundamentals of Dairy Chemistry*. Στο: Gaithersburg: Aspen Publishers.
- Wu, H., 2000. Effect of Ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. Στο: *Innovative food science & emerging technologies*. s.l.:s.n., pp. 1. 211-218.
- Ανυφαντάκης, Ε., 2004. Τυροκομία. Στο: Αθήνα: Αθ. Σταμούλης.
- Δ/νσης Τροφίμων του Γενικού Χημείου του Κράτους, 2014. Είδη Γάλακτος, Άρθρο 80. *Κώδικας Τροφίμων και Ποτών*, Απρίλιος, Issue 5, p. 4.
- Διεύθυνση Τροφίμων του Γενικού Χημείου του Κράτους, 2009. Διατηρημένα γάλατα, μερικά ή ολικά αφυδατωμένα, 80α. *Κώδικας Τροφίμων και Ποτών*, Issue 1, p. 3.
- Ζερφυρίδης, Γ. Κ., 2001. *Τεχνολογία Προϊόντων γάλακτος: Ζυμούμενα Προϊόντα, Παγωτό, Κρέμα-Βούτυρο*. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδη- Γιαχούδη.
- Κυριτσάκη, Α., 2007. Το ελαιόλαδο, βιολογικό ή συμβατικό, πάστα ελιάς. *Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Α.Ε.*
- Μάντη, Α., 1991. *Υγιεινή και τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του*. Θεσσαλονίκη: Αφοι Κυριακίδη.
- Μάντης, Α., 2000. *Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του*. 3η έκδοση επιμ. s.l.:Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη.