

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΔΙΗΘΗΜΕΝΟ
ΓΑΛΛΑ

ΒΙΤΑΛΙΩΤΗ Δ. ΚΑΛΛΙΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, Λέκτορας ΤΕΤΤ –ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΔΙΗΘΗΜΕΝΟ
ΓΑΛΛΑ**

ΒΙΤΑΛΙΩΤΗ Δ. ΚΑΛΛΙΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, Λέκτορας ΤΕΤΤ -ΓΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Μοάτσου Γκόλφω, Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΤΤ-ΓΠΑ

Μοσχοπούλου Αικατερίνη, Λέκτορας ΤΕΤΤ -ΓΠΑ

Χαρισμιάδου- Μητσάκου Μαρία, Λέκτορας ΤΕΖΠΥ –ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε εφαρμογή της μικροδιήθησης (με μέγεθος πόρων μεμβράνης 1,4 μm) σε αγελαδινό γάλα για την παρασκευή γιαούρτης προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα του μικροδιηθημένου γάλακτος για την παρασκευή συγκεκριμένου προϊόντος. Για τον σκοπό αυτόν παρασκευάστηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι γάλακτος: ναπό (N), μικροδιηθημένο(M) και μίγμα μικροδιηθημένου και κατακρατήματος 1:1 (M+K), τα οποία αποτέλεσαν την πρώτη ύλη για την παραγωγή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου και πόσιμου γιαουρτιού (ρευστό γιαούρτι). Τα προϊόντα αυτά, εξετάστηκαν ως προς τη χημική τους σύσταση (προσδιορισμός ξηρής ουσίας, τέφρας, λιποπεριεκτικότητας, ολικού αζώτου, σακχάρων και οργανικών οξέων), το pH, την οξύτητα και την μικροβιακή χλωρίδα και αξιολογήθηκαν οργανοληπτικά. Επιπλέον προσδιορίστηκαν η συνεκτικότητα και η συναίρεση του γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου και το ιξώδες του ρευστού γιαουρτιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χημική σύσταση, η μικροβιακή χλωρίδα, το pH και η οξύτητα, καθώς και ζύμωση της λακτόζης δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) μεταξύ των τριών τύπων του παραδοσιακού γιαουρτιού. Ωστόσο, συνεκτικότητα των γιαουρτιών M και M + K ήταν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) μικρότερη από αυτήν του γιαουρτιού N. Επιπλέον, η γεύση του γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου N σημείωσε την υψηλότερη βαθμολογία από τη γεύση των M και M + K γιαουρτιών. Αναφορικά με τα ρευστά γιαούρτια, η χημική σύσταση, η μικροβιακή χλωρίδα, το pH και η οξύτητά τους δεν επηρεάστηκαν από το είδος του γάλακτος. Το ιξώδες, το οποίο τα κατατάσσει στην κατηγορία των ψευδοπλαστικών υγρών, επίσης δεν διέφερε μεταξύ των τριών τύπων ρευστού γιαουρτιού N, M και M+K. Τέλος, και σε αυτό το προϊόν, η γεύση του γιαουρτιού N βαθμολογήθηκε υψηλότερα από τη γεύση του γιαουρτιού M και του M+K. Τέλος, τα πειραματικά προϊόντα παρουσίασαν υψηλότερη βαθμολογία σε σύγκριση με αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα.

SUMMARY

In this research work the suitability of microfiltered (through membrane with pore size 1.4 μm) cows' milk in the production of fermented milk was studied. For this purpose, three different milk types (raw, microfiltered and mixture of microfiltered /retentate 1:1) were used to produce Greek traditional yoghurt and liquid yoghurt marked as N, M and M+K respectively. Results shown that chemical composition, microbial counts, pH and acidity as well as sugars fermentation were not significantly different ($P>0.05$) among the three types of Greek traditional yoghurt. However, firmness of yoghurt N made from raw milk was significantly ($P<0.05$) higher than firmness of the two others. Furthermore, flavor of yoghurt N was better than the flavor of yoghurts M and M+K.

Regarding liquid yoghurt production, chemical composition, microbial counts, pH and acidity of this product were not affected by the type of milk. Viscosity did not also differ among the three liquid yoghurts which were described to have a shear thinning behavior. Finally, also in this product, flavor of yoghurt N was scored higher than the flavor of yoghurts M and M+K as happened with the traditional products. All experimental products gained higher flavor scores than their commercial counterparts.

Ευχαριστίες

Μέσα από την εργασία αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που μου πρόσφεραν αμέριστα τη βοήθειά τους, την υποστήριξη τους και την ηθική τους συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μελέτης.

Πρωτίστως οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Μοσχοπούλου Αικατερίνη για το αμείωτο ενδιαφέρον, την καθοδήγηση, την υποστήριξη, καθώς και το χρόνο τον οποίο μου αφιέρωσε κατά την εκτέλεση του πειραματικού έργου, όσο και κατά την συγγραφή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Μοάτσου Γκόλφω και κ. Χαρισσιάδου-Μητσάκου Μαρία για την αμέριστη συμπαράσταση, την πολύ καλή συνεργασία, το συνεχές ενδιαφέρον τους και την θετική συμβολή τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις τους.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κ. Ζωίδου Ευαγγελία, η οποία ήταν δίπλα μου από την πρώτη στιγμή της εκτέλεσης του πειράματος και με καθοδηγούσε με την άριστη επιστημονική της γνώση και την εμπειρία της σε όλες τις εργαστηριακές αναλύσεις και μετρήσεις, καθώς και για την υποστήριξη και τον προσωπικό χρόνο τον οποίο αφιέρωσε για την ολοκλήρωση του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πάσχο Θεόδωρο για την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια του πειράματος σχετικά με το χειρισμό της συσκευής της μικροδιήθησης και το χειρισμό του γάλακτος, τα οποία απαιτούσαν πολύ κόπο και χρόνο, καθώς και για την υποστήριξή του και για τις χρήσιμες συμβουλές του σχετικά με το πείραμα που βασιζόνταν στις γνώσεις και την εμπειρία του, την κ. Γεωργαλάκη Μαρίνα για την βοήθειά της σχετικά με το χειρισμό της συσκευής HPLC και την επίκουρη καθηγήτρια κ. Μαντάλα Ιωάννα και την υποψήφια διδάκτορά της κ. Πρωτονοτάριου Στέλλα για την βοήθεια που προσέφεραν για τις μετρήσεις του ιξώδους των προϊόντων του πειράματος.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου της Βιομηχανίας ΔΕΛΤΑ και συγκεκριμένα τον Διευθυντή κ. Βασταρδή Ιωάννη και τον Προϊστάμενο Ποιοτικού Ελέγχου κ. Καργάδο Κωνσταντίνο που δέχτηκαν να πραγματοποιήσουν στο εργαστήριό τους τις μετρήσεις των σωματικών κυττάρων και της σύστασης του γάλακτος.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συμφοιτήτριες και φίλες μου πλέον, Παδιδέκα Παναγιώτα και Παγώνα Βανέσα, διότι καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μας ήταν δίπλα μου, μου συμπαραστεκόntonουσαν ηθικά και μου έδιναν δύναμη να συνεχίσω.

Δεν θα μπορούσα να ξεχάσω να ευχαριστήσω τον κ. Γραμματικά Ηλία, ο οποίος εκτός από την βοήθειά του κατά τη διάρκεια του πειράματος και την συνεχή συμπαράστασή του, μου έμαθε την τέχνη της Τυροκομίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του οικογενειακού και φιλικού μου περιβάλλοντος, τα οποία όλη αυτή την περίοδο των σπουδών μου, μου προσέφεραν τη συνεχή και απεριόριστη συμπαράσταση και στήριξή τους.

*Αφιερώνεται στο σύζυγό μου και στο μωράκι μας που αναμένουμε σε
λίγο καιρό τη γέννησή του*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
A. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΓΕΛΑΔΙΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΟΞΙΝΩΝ ΖΥΜΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	2
1.1 Στοιχεία για την παγκόσμια παραγωγή	2
1.2 Στοιχεία για την ελληνική παραγωγή	3
2. ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΚΑΙ ΟΞΥΓΑΛΑΤΑ.....	6
2.1 Ελληνική Νομοθεσία.....	6
2.2 Τύποι γιαουρτιού	7
2.2.1 Παραδοσιακό γιαούρτι	8
2.2.2 Στραγγισμένο γιαούρτι	8
2.2.3 Βιομηχανικό γιαούρτι.....	10
2.2.4 Γιαούρτι με "προβιοτικά" βακτήρια	13
2.2.5 Καταψυγμένο ή Παγωμένο γιαούρτι (frozen)	14
2.2.6 Αφυδατωμένο γιαούρτι.....	14
2.2.7 Ρευστό γιαούρτι (Drinking yoghurt)	14
2.2.8 Αεριούχο γιαούρτι (Carbonated yoghurt)	15
2.2.6 Γιαούρτι με υδρολυμένη λακτόζη (Lactose hydrolysed yoghurt)	15
<u>2.3. Επιδόρπια γιαουρτιού.....</u>	<u>15</u>
2.4 Παστεριωμένο γιαούρτι.....	15
2.5 Τύποι οξυγαλάτων	16
2.5.1 Ελληνικό οξύγαλα ή ζινόγαλα	16
2.5.2 Ξινισμένο βουτυρόγαλα	17
2.5.3 Οξύγαλα acidophilus ή bioghurt.....	17

2.5.4 Βουλγαρικό οξύγαλα	18
2.5.5 Κεφίρ	18
2.5.6 Κούμης.....	19
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ	20
3.1 Γενικά χαρακτηριστικά των μεμβρανών	20
3.2 Η χρήση μεμβρανών στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων.....	22
3.2.1 Η υπερδιήθηση.....	22
3.2.2 Η αντίστροφη ώσμωση.....	23
3.2.3 Η νανοδιήθηση	24
4. Η ΜΙΚΡΟΔΙΗΘΗΣΗ.....	26
4.1 Η εφαρμογή της μικροδιήθησης στην βιομηχανία γάλακτος	28
4.1.1. Απομάκρυνση των βακτηρίων και σωματικών κυττάρων του γάλακτος	29
4.1.2. Επιλεκτικός διαχωρισμός των μικκυλίων των καζεϊνών	31
4.1.3. Επιλεκτική κλασμάτωση των λιποσφαιρίων του γάλακτος	32
4.1.4. Απομάκρυνση του λίπους του τυρογάλακτος.....	32
4.1.5. Καθαρισμός της άλμης	33
4.1.6. Επίδραση στις μικροβιακές ζυμώσεις.....	33
4.1.7. Παραγωγή τυριών	34
4.1.8. Παρασκευή γιαουρτιού.....	35
4.2. Εφαρμογές της μικροδιήθησης στην βιομηχανία άλλων τροφίμων και ποτών	36
4.3. Τα προβλήματα της μικροδιήθησης	37
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	40
5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	40
5.1 Επεξεργασία αγελαδινού γάλακτος με μικροδιήθηση	40
5.2 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου	40
5.2.1 Παρασκευή των τριών τύπων γάλακτος	40
5.2.2 Καλλιέργεια γιαουρτιού	41

5.2.3 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου	41
5.3 Παρασκευή ρευστού γιαουρτιού	42
5.3.1 Παρασκευή γαλάτων	42
5.3.2 Παρασκευή ρευστού γιαουρτιού	43
5.4 Δειγματοληψία και αναλύσεις	45
5.4.1 Προσδιορισμός λιποπεριεκτικότητας κρέμας	45
5.4.2 Προσδιορισμός σύστασης, pH, οξύτητας και αριθμού σωματικών κυττάρων του γάλακτος	45
5.4.3 Προσδιορισμός μικροβιολογικής ποιότητας του γάλακτος και του προϊόντος	45
5.4.4 Προσδιορισμός pH και οξύτητας στο προϊόν	46
5.4.5 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας στο προϊόν.....	46
5.4.6 Προσδιορισμός τέφρας στο προϊόν	47
5.4.7 Προσδιορισμός λιποπεριεκτικότητας στο προϊόν	47
5.4.8 Προσδιορισμός ολικού αζώτου στο προϊόν	47
5.4.9 Προσδιορισμός σακχάρων και οργανικών οξέων στο προϊόν	47
5.4.10 Προσδιορισμός συνεκτικότητας γιαουρτιού.....	48
5.4.11 Προσδιορισμός συναίρεσης γιαουρτιού.....	48
5.4.12 Προσδιορισμός ιζώδους ρευστού γιαουρτιού	49
5.4.13 Οργανοληπτική αξιολόγηση γιαουρτιού.....	49
5.4.14 Οργανοληπτική αξιολόγηση ρευστού γιαουρτιού.....	49
<u>5.4.15 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων</u>	52
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	53
6.1 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου.....	53
<u>36.1.1 Σύσταση των τύπων γάλακτος για το γιαούρτι παραδοσιακού τύπου.....</u>	<u>53</u>
<u>6.1.2 Σύσταση γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου</u>	<u>54</u>
<u>6.1.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου.....</u>	<u>59</u>
<u>2 6.1.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου.....</u>	<u>62</u>
6.2 Παρασκευή άπαχου ρευστού γιαουρτιού	65

<u>6.2.1 Σύσταση των τύπων γάλακτος για το άπαχο ρευστό γιαούρτι</u>	<u>65</u>
6.2.2 Σύσταση άπαχου ρευστού γιαουρτιού	66
6.2.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά άπαχου ρευστού γιαουρτιού.....	71
6.2.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά άπαχου ρευστού γιαουρτιού	73
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η τεχνολογία των μεμβρανών τα τελευταία 30 χρόνια αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην επεξεργασία των τροφίμων. Στην γαλακτοβιομηχανία η μικροδιήθηση, ανάλογα με το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης εφαρμόζεται για την απομάκρυνση σωματικών κυττάρων, μικροοργανισμών και σπορίων, για την κλασματοποίηση πρωτεϊνών και λιποσφαιρίων του γάλακτος, για την απολίπανση του τυρογάλακτος και για τον καθαρισμό της άλμης. Όσον αφορά την απομάκρυνση των μικροοργανισμών, οι μεμβράνες της μικροδιήθησης προσφέρουν μια εναλλακτική μέθοδο που μπορεί να αντικαταστήσει την θερμική επεξεργασία. Το μικροδιηθημένο γάλα σε σύγκριση με το νωπό μπορεί να περιέχει έως και 4 δεκαδικούς λογάριθμους μικρότερο μικροβιακό φορτίο και σχεδόν καθόλου σπόρια. Επιπλέον, το μικροδιηθημένο γάλα μπορεί να μην περιέχει καθόλου σωματικά κύτταρα με αποτέλεσμα το γάλα αυτό να μην περιέχει τα ανθεκτικά στην παστερίωση ένζυμά τους. Γενικά, η χρήση γάλακτος που έχει αρχικά επεξεργαστεί με την εφαρμογή της μικροδιήθησης εξασφαλίζει στους παραγωγούς πλήρη έλεγχο του παραγόμενου προϊόντος.

Στη βιομηχανία παρασκευής γιαούρτης η τεχνολογία μεμβρανών εφαρμόζεται ευρέως τα τελευταία χρόνια μέσω της υπερδιήθησης προκειμένου να συμπυκνωθούν τα στερεά συστατικά του γάλακτος και να παραχθούν προϊόντα πιο συνεκτικής δομής. Όμως, σε ζυμούμενα όξινα προϊόντα γάλακτος στα οποία τα στερεά συστατικά ή η συνεκτικότητα είναι μικρότερης σημασίας π.χ. οξύγαλα, το μικροδιηθημένο γάλα ενδεχομένως να είναι καλύτερο από ό,τι το νωπό.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή της μικροδιήθησης στην παρασκευή γιαούρτης από αγελαδινό γάλα προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα του μικροδιηθημένου γάλακτος για την παρασκευή τέτοιου προϊόντος. Για τον σκοπό αυτόν η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει την παραγωγή δύο διαφορετικών προϊόντων, ενός γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου και ενός πόσιμου γιαουρτιού (ρευστό γιαούρτι) και τη μελέτη τους όσον αφορά τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

A. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΓΕΛΛΑΙΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΟΞΙΝΩΝ ΖΥΜΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.1 Στοιχεία για την παγκόσμια παραγωγή

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία από τον παγκόσμιο οργανισμό τροφίμων και γεωργίας (FAO), η παγκόσμια παραγωγή γάλακτος έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, και πιο συγκεκριμένα το 2006 η αύξηση κυμαίνεται σε ποσοστό 1,9% σε σχέση με το 2005. Η παγκόσμια παραγωγή γάλακτος αναμένεται να αυξηθεί με μία μέση ετήσια αύξηση περίπου 1,5% και το 2015 θα ανέρχεται σε 700 εκατομμύρια τόνους. (IDF, 2007).

Το 80% της παγκόσμιας κατανάλωσης γιαουρτιού πραγματοποιείται στην Ευρώπη, την Άπω Ανατολή και την Ωκεανία. Η Άπω Ανατολή και η Ωκεανία παρουσιάζουν συνεχείς αυξητικές τάσεις στην κατανάλωση γιαουρτιού. Στην Ευρώπη η τάση στην παραγωγή γιαουρτιού είναι σχετικά σταθερή με μικρές αυξητικές τάσεις .

Οι κύριες χώρες παραγωγής γιαουρτιού και λοιπών ζυμούμενων προϊόντων γάλακτος στην Ευρωπαϊκή Ένωση όπως φαίνεται από στον Πίνακα 1.1 είναι κατά σειρά όγκου παραγωγής η Γαλλία, η Γερμανία, Πολωνία, η Βουλγαρία, η Ελλάδα και η Ουγγαρία. Ακολουθούν το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιταλία και η Ρουμανία.

Πίνακας 1.1 Η παραγωγή γιαουρτιού και λοιπών ζυμούμενων προϊόντων γάλακτος σε χώρες της Ευρώπης. Πηγή: Prodcorn

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΖΥΜΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΣ (ΚΙΛΑ)					
	2005	2006	2007	2008	2009
Γαλλία	526.628.084	620.723.952	535.738671	526.802.449	516.668.832
Γερμανία	431.263.000	449.607.000	472.991.000	475.329.000	502.675.000
Πολωνία	210.174.000	267.274.000	165.178.000	196.878.000	247.956.000
Βουλγαρία	142.178.711	130.805.370	122.874603	130.000.977	134.864.809
Ελλάδα	101.933.154	99.958.921	110.205.798	100.487.917	106.424.537
Ουγγαρία	94.154.000	101.626.000	90.867.000	110.466.000	113.347.000

1.2 Στοιχεία για την ελληνική παραγωγή

Ένας από τους σημαντικούς κλάδους του πρωτογενή τομέα είναι και αυτός της γαλακτοπαραγωγού αγελαδοτροφίας. Η χώρα μας είναι έντονα ελλειμματική σε αγελαδινό γάλα αφού παράγουμε περίπου 650.000 τόνους και χρειαζόμαστε 1.300.000 τόνους. Η σημαντικότερη εξέλιξη που σημειώνεται τελευταία, σε συνδυασμό και με την οικονομική κρίση, είναι ότι αργά αλλά σταθερά αυξάνεται η τιμή του αγελαδινού γάλακτος στη χώρα μας, ενώ την ίδια στιγμή έχουμε σταθερή μείωση της ποσότητας που παράγεται. Το ζητούμενο της αύξησης της εγχώριας παραγωγής δεν φαίνεται προς το παρόν να έχει προοπτική επίτευξης. Περί τους 681.587 τόνοι γάλακτος παραδόθηκαν την περίοδο 2010-2011 στην Ελλάδα, ποσότητα που παραμένει κατά 17,5% χαμηλότερη από την ποσόστωση που αντιστοιχεί στη χώρα μας (843.710 τόνοι). Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι παραδόσεις γάλακτος υστερούν μόλις κατά 5,5% σε σχέση με τις ποσότητες που επιτρέπουν οι ποσοστώσεις. Μόνο πέντε κράτη μέλη – Δανία, Ολλανδία, Αυστρία, Κύπρος και Λουξεμβούργο – υπερέβησαν τις γαλακτοκομικές ποσοστώσεις τους το 2010-2011, με αποτέλεσμα να υποβληθούν σε συμπληρωματική εισφορά (Διαμαντόπουλος, 2011).

Χαρακτηριστικό της ελληνικής γαλακτοκομίας είναι η μεγάλη συμβολή του πρόβειου και γίδινου γάλακτος στη διαμόρφωση της συνολικής ετήσιας γαλακτοπαραγωγής κάτι που δεν συμβαίνει σε καμία άλλη χώρα. Η ιδιομορφία αυτή οφείλεται στο ανάγλυφο του εδάφους που κατά το 75% καταλαμβάνεται από ορεινές και ημιορεινές εκτάσεις και στις κλιματικές συνθήκες που δεν βοηθούν στην εύκολη ανάπτυξη της αγελαδοτροφίας γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης. Η εκτροφή αιγοπροβάτων υπήρξε ο πιο πρόσφορος τρόπος αξιοποίησης των φτωχών σε βλάστηση ορεινών και ημιορεινών περιοχών της χώρας, οι οποίες δεν βοηθούν στην εύκολη ανάπτυξη της αγελαδοτροφίας γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης.

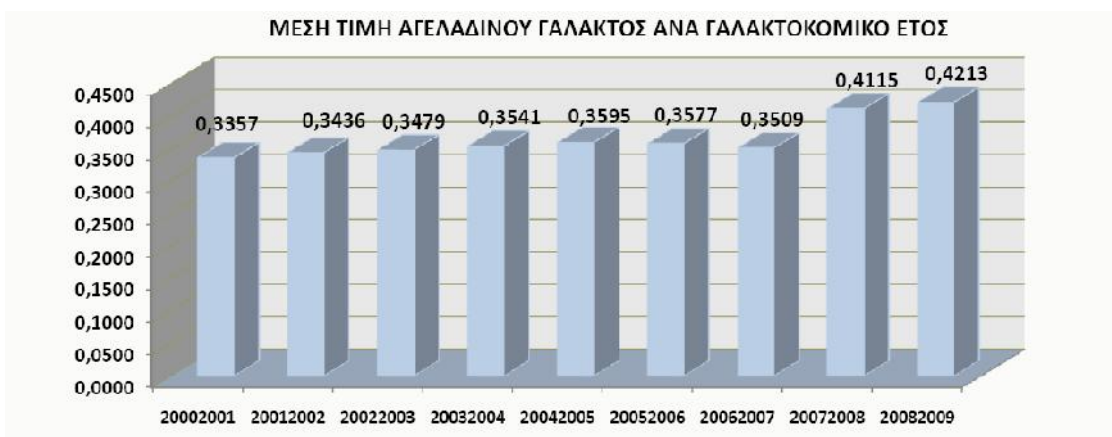
Η ελληνική γαλακτοπαραγωγή ανέρχεται στους 673.890 τόνους αγελαδινού γάλακτος (49% της ελληνικής παραγωγής), 551.676 τόνους πρόβειου γάλακτος (40% της ελληνικής παραγωγής) και 152.096 τόνους γίδινου γάλακτος (11% της ελληνικής παραγωγής) (ΕΛ.Ο.ΓΑ.Κ., 2010). Σε αυτά τα ποσοστά δεν έχει συμπεριληφθεί η παραγωγή βουβαλινού γάλακτος, η οποία το 2008 ανερχόταν σε 164 τόνους (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2008). Σύμφωνα με τα έγκυρα στοιχεία του ΕΛ.Ο.ΓΑ.Κ. ο αριθμός των παραγωγών, η ελληνική παραγωγή και η μέση τιμή πώλησης του αγελαδινού γάλακτος για τα έτη 2000-2009 απεικονίζεται στα διαγράμματα 1.1, 1.2 και 1.3.



Διάγραμμα 1.1 Αριθμός παραγωγών αγελαδινού γάλακτος για τα έτη 2000-2009



Διάγραμμα 1.2 Ποσότητα αγελαδινού γάλακτος για τα έτη 2000-2009.



Διάγραμμα 1.3 Μέση τιμή πώλησης του αγελαδινού γάλακτος για τα έτη 2000-2009.

Παρατηρείται δηλαδή μια πτωτική τάση στην παραγωγή αγελαδινού γάλακτος από το 2006 και έπειτα συνδυαζόμενη με μικρή αύξηση των τιμών.

Αναφορικά με το γιαούρτι, στην ελληνική αγορά το μεγαλύτερο ποσοστό των αγελαδινών γιαουρτιών δεν παράγονται από ελληνικό γάλα διότι η ελληνική παραγωγή δεν φθάνει να καλύψει την κατανάλωση. Για τον λόγο αυτό εισάγεται γάλα το οποίο εκ των πραγμάτων δεν μπορεί να φθάσει στη χώρα μας ως φρέσκο λόγω του χρόνου μεταφοράς που απαιτείται. Καλύτερη ωστόσο είναι η κατάσταση στο αιγοπρόβειο γιαούρτι όπου εκεί η ελληνική παραγωγή ακόμα καλύπτει τις ανάγκες της Ελλάδας (Διαμαντόπουλος, 2011).

Η αγορά γιαουρτιού σε σχέση με τα προηγούμενα έτη εμφανίζει μικρή υποχώρηση με τις μεγαλύτερες απώλειες να καταγράφονται στο ρόφημα γιαουρτιού. Από την άλλη, σε άνοδο βρίσκεται η κατηγορία του παραδοσιακού γιαουρτιού, το οποίο αποτελεί το 10% της ελληνικής αγοράς, καθώς και το γιαούρτι ιδιωτικής ετικέτας που πωλείται από εμπόρους λιανικής και εμφανίζει εντυπωσιακή πορεία (Μανιφάβα, 2011). Το σύνολο των πωλήσεων γιαουρτιού στην ελληνική αγορά φαίνεται στον Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 Σύνολο πωλήσεων γιαουρτιού στην Ελλάδα (στα σούπερ μάρκετ). Πηγή: SymponyIRI από Μανιφάβα, 2011

ΓΙΑΟΥΡΤΙ: ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΟΣ					
ΟΓΚΟΣ ΠΩΛΗΣΕΩΝ (σε κιλά)					
	2009	2010	1/1/2010- 2/10/2010	1/1/2011- 2/10/2011	2011/2010 (%)
Σύνολο αγοράς γιαουρτιού	62,355,129	61,191,606	45,709,869	45,211,290	-1,1
Στραγγιστό γιαούρτι	50,871,054	49,835,460	37,267,210	36,919,267	-0,9
Ρόφημα γιαουρτιού	1,605,206	1,185,652	913,097	608,818	-33,3
Παραδοσιακό γιαούρτι	5,621,440	5,830,783	4,326,714	4,628,071	7,0
Επιδόρπιο γιαουρτιού	4,557,430	4,339,711	3,202,848	3,055,133	-4,6
Ιδιωτικής ετικέτας	3,500,110	4,324,710	3,103,620	4,106,063	32,3

2. ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΚΑΙ ΟΞΥΓΑΛΑΤΑ

2.1 Ελληνική Νομοθεσία

Ως **γιαούρτι ή γιαούρτη** κατά την ελληνική νομοθεσία (Κ.Τ.Π., 2003), χαρακτηρίζεται το προϊόν "το οποίο προκύπτει μετά από πήξη αποκλειστικά και μόνο νοπού γάλακτος της αντίστοιχης προς την ονομασία φύσης και προέλευσης, με την επίδραση καλλιέργειας ζύμης που προκαλεί ειδική γι' αυτό ζύμωση. Το γιαούρτι πρέπει να περιέχει λίπος και στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) σε ποσοστό ανώτερο κατά 10% τουλάχιστον από τα όρια που καθορίζονται στο άρθρο 80 (παράγραφος 3) των αντίστοιχων ειδών γάλακτος, από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό".

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (FAO/WHO, 1977α) το γιαούρτι ορίζεται ως "πηγμένο γαλακτοκομικό προϊόν που παράγεται με γαλακτική ζύμωση του γάλακτος με την δράση του *Lactobacillus bulgaricus* και του *Streptococcus thermophilus*. Οι μικροοργανισμοί αυτοί πρέπει να είναι στο τελικό προϊόν άφθονοι και ζωντανοί".

Επιπλέον, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Κ.Τ.Π., 2003), το γιαούρτι κάθε είδους όταν έρχεται στην κατανάλωση πρέπει να πληροί τους όρους:

- Να είναι συμπαγές, όχι πορώδες και η επιφάνεια της μάζας του, εκτός από τον υμένα, να εμφανίζει την όψη αλάβαστρου.
- Το γιαούρτι που πωλείται σε δοχεία πρέπει να καλύπτεται πάντα με φύλλο από αδιάβροχο χαρτί ή άλλα από τα επιτρεπόμενα είδη.
- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει αντιληπτό ίζημα. Σε περίπτωση, που κατά την εξέταση, διαπιστωθεί τέτοιο ίζημα, πρέπει με μικροσκοπική εξέταση να διευκρινίζεται αν αυτό οφείλεται σε ξένες ουσίες προς το γιαούρτι.
- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει υποστεί και κάποια άλλη ζύμωση, εκτός από την ειδική γι' αυτό.
- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού, του οποίου οι οργανοληπτικές ιδιότητες δεν είναι οι κανονικές και ευχάριστες.
- Απαγορεύεται η προσφορά για πώληση και η διάθεση γενικά στην κατανάλωση, γιαουρτιού χρωματισμένου με οποιαδήποτε χρωστική ή με κάποιο άλλο μέσο.
- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει συντηρητικές ουσίες, γενικά.
- Απαγορεύεται η παρασκευή και διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που παρασκευάστηκε από διατηρημένο γάλα γενικά, με εξαίρεση το αποστειρωμένο γάλα και το γάλα κατάψυξης.

- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει ζάχαρη.

Το γιαούρτι είναι αποτέλεσμα της γαλακτικής ζύμωσης της λακτόζης του γάλακτος από τα θερμοφιλά γαλακτικά βακτήρια *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* και του *Streptococcus thermophilus* που δρουν συνεργιστικά. Από τη ζύμωση της λακτόζης παράγεται γαλακτικό οξύ, το οποίο μειώνει το pH. Όταν το pH φτάσει το ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών (pH 4,6), προκαλείται όξινη πήξη και δημιουργείται το πήγμα του γιαουρτιού. Τα δύο αυτά οξυγαλακτικά βακτήρια αναπτύσσονται και παράγουν γρήγορα οξύτητα στο γάλα όταν χρησιμοποιούνται και τα δύο μαζί, καθώς το ένα ενισχύει την ανάπτυξη του άλλου. Αρχικά ο στρεπτόκοκκος προκαλεί πτώση του pH μέχρι το 5,0 και στη συνέχεια ο βάκιλος ευθύνεται για την περαιτέρω πτώση του pH μέχρι το 4,2.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του γιαουρτιού είναι: χαμηλό pH (περίπου pH 4,2), υψηλή οξύτητα 90-100 °D ή 0,9-1% σε γαλακτικό οξύ και χαρακτηριστική γεύση και άρωμα που διαμορφώνονται από τα προϊόντα μεταβολισμού των οξυγαλακτικών βακτηρίων (γαλακτικό οξύ, ακεταλδεΰδη και διακετύλιο), ο χαρακτηριστικός τύπος πήγματος με διάφορους βαθμούς ρευστότητας και η παρουσία ζωντανών βακτηριακών κυττάρων σε πληθυσμούς κατ' ελάχιστον 10^7 /g, σύμφωνα με τον FAO/WHO (1977α).

Η διάρκεια συντηρήσεως του γιαουρτιού μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 6 εβδομάδες και αυτό εξαρτάται: α) από τη θερμοκρασία συντηρήσεως, β) από την αρχική τιμή pH, γ) από τις επιμολύνσεις και δ) από τη μέθοδο παραγωγής και το είδος της συσκευασίας.

Στην πράξη ο χρόνος συντηρήσεως κυμαίνεται από 3 έως 5 εβδομάδες. Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών δίνει τον ενδεικτικό χρόνο συντηρήσεως 15 ημερών σε θερμοκρασία 0-2°C. Μετά το χρόνο αυτή το γιαούρτι γίνεται ακατάλληλο κυρίως λόγω υπεροξίνισης και διαχωρισμού ορού.

2.2 Τύποι γιαουρτιού

Η πρόοδος που σημειώθηκε κατά την τελευταία κυρίως δεκαετία στην τεχνολογία παραγωγής γιαούρτης, είχε σαν αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση πολλών τύπων, μερικοί από τους οποίους δεν ανταποκρίνονται προς τον διεθνώς παραδεκτό ορισμό περί γιαούρτης. Έτσι σε πολλές χώρες έχει γίνει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των τύπων γιαουρτιού που ανταποκρίνονται προς τον ορισμό του FAO/WHO (1977α.) και χαρακτηρίζονται ως "φυσική γιαούρτι" ή απλώς "γιαούρτι" και κάθε άλλου τύπου ο οποίος αποτελεί "επιδόρπιο" γιαουρτιού και πρέπει να χαρακτηρίζεται με ιδιαίτερο όνομα. Οι κυριότεροι τύποι γιαουρτιού που παράγονται σήμερα περιγράφονται παρακάτω.

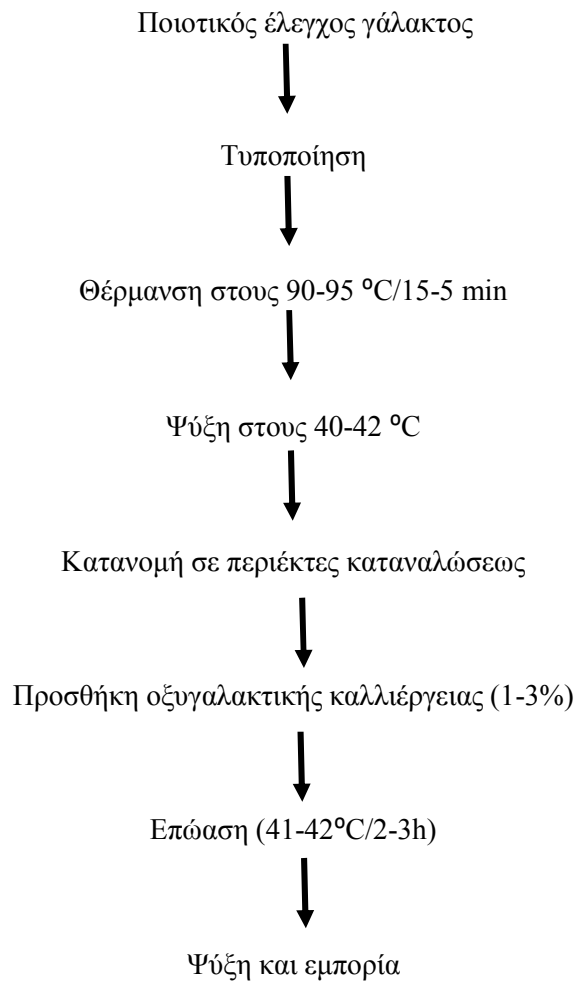
2.2.1 Παραδοσιακό γιαούρτι

Το παραδοσιακό γιαούρτι με επιδερμίδα (πέτσα) παρασκευάζεται από βρασμένο γάλα, χωρίς προηγούμενη τυποποίηση και ομογενοποίηση. Μετά το βρασμό το γάλα διαμοιράζεται σε κυτία, όπου παραμένει χωρίς ανάδευση προκειμένου να δημιουργηθεί στην επιφάνεια του η χαρακτηριστική στοιβάδα λιποσφαιρίων (επιδερμίδα). Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 45°C, ανασηκώνεται η επιδερμίδα ελαφρά και γίνεται εμβολιασμός με ορισμένη ποσότητα γιαουρτιού που παρασκευάστηκε την προηγούμενη ημέρα ("μαγιά") και αποτελεί την καλλιέργεια εκκίνησης. Ακολουθεί η επώαση και η ψύξη (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Η τεχνολογία παρασκευής παραδοσιακού γιαουρτιού διαμορφώθηκε μέσα από την εμπειρία χλιετιών και είναι περίπου η ίδια στους περισσότερους λαούς. Η χρησιμοποίηση ως μαγιάς γιαουρτιού της προηγούμενης ημέρας παρασκευής με συχνά ασταθή χαρακτηριστικά είναι μειονέκτημα. Από άποψη υγιεινής, εάν το γάλα θερμαίνεται επαρκώς, όπως απαιτείται, εξυγιαίνεται από τους επικίνδυνους για τη Δημόσια Υγεία μικροοργανισμούς, οι οποίοι προέρχονται από τα ζώα. Γενικά όμως οι συνθήκες παραγωγής υστερούν σε υγιεινή και υπάρχει κίνδυνος επιμολύνσεων από τα σκεύη, το προσωπικό και το περιβάλλον. Η Γαλακτοβιομηχανία έχει τηρήσει τη βασική τεχνολογία, αλλά έχει εκσυγχρονίσει τα στάδια παραγωγής (Διάγραμμα 2. 1) με αυτοματοποίηση και βελτίωση των συνθηκών υγιεινής και εμφάνισης του προϊόντος.

2.2.2 Στραγγισμένο γιαούρτι

Στραγγισμένο γιαούρτι χαρακτηρίζεται το προϊόν, το οποίο λαμβάνεται από πλήρες γιαούρτι, μετά από απομάκρυνση (αποστράγγιση) μέρους του νερού του με τα διαλυμένα σ' αυτό συστατικά. Αυτό πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 8% τουλάχιστον, με εξαίρεση το στραγγισμένο γιαούρτι αγελάδας, το οποίο πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 5% τουλάχιστον (Κ.Τ.Π., 2003). Πρόκειται για γιαούρτι με αυξημένη αναλογία στερεών συστατικών (23-25%). Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τον παραδοσιακό τρόπο της στράγγισης του πήγματος μέσα σε υφασμάτινους σάκκους είτε με σύγχρονη τεχνολογία όπως η φυγοκέντρηση του πήγματος ή η συμπύκνωση του γάλακτος με υπερδιήθηση πριν από την πήξη του (Μάντης, 2000).



Διάγραμμα 2. 1 Διάγραμμα ροής παραγωγής παραδοσιακού γιαουρτιού

α) Στραγγισμένο σακούλας: Το γάλα πήζει σε δεξαμενές, το πήγμα θραύεται, ψύχεται και τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκκους (15-20 kg). Οι σάκκοι τοποθετούνται σε ανοξείδωτες λεκάνες, ο ένας π.ά.νω στον άλλο για να επιβληθεί η στράγγιση, η οποία διαρκεί από 8-16 ώρες και πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία 0-5°C. Ο ορός που αποβάλλεται περιέχει κυρίως λακτόζη, άλατα και ελάχιστες αζωτούχες ύλες. Μετά την συμπλήρωση της στράγγισης, το περιεχόμενο των σάκκων αδειάζεται σε ειδικό ζυμωτήριο και εκεί γίνεται η μηχανική ζύμωση του γιαουρτιού και η τυποποίησή του με προσθήκη, εάν απαιτείται, παστεριωμένης κρέμας ή παστεριωμένου ορού.

β) Στραγγισμένο με φυγοκέντριση: Μετά την πήξη το πήγμα υποβάλλεται σε φυγοκέντριση, σε ειδικού τύπου διαχωριστήρες, οπότε αποβάλλεται μέρος του ορού και έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή πήγματος με αυξημένη αναλογία στερεών.

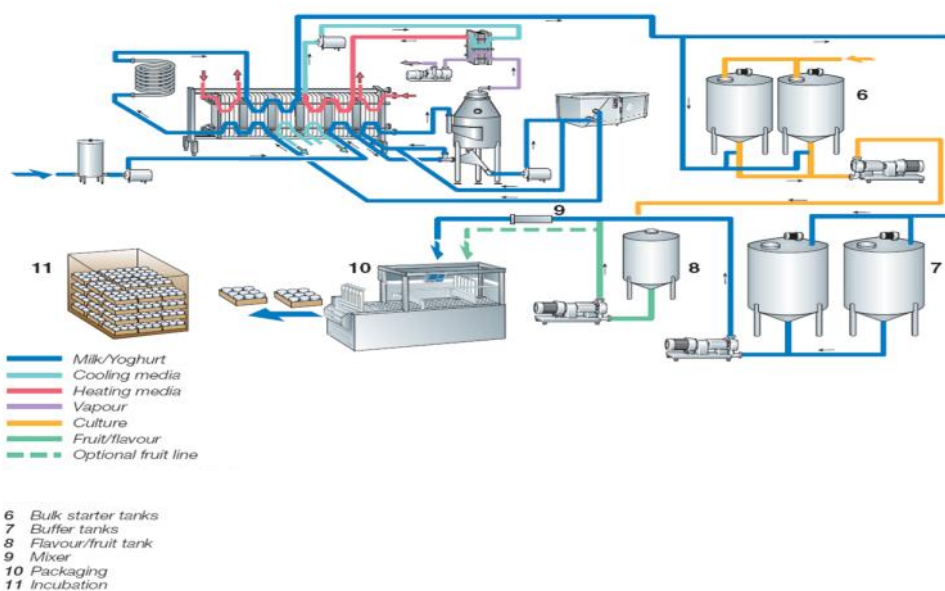
γ) Συμπυκνωμένο με υπερδιήθηση: Το γάλα αποβουτυρώνεται και θερμαίνεται στους 90-95°C/10-5 min. Ψύχεται σε θερμοκρασία 47-50°C και συμπυκνώνεται με σύστημα υπερδιήθησεως (ultrafiltration) έως το μισό του αρχικού του όγκου.

Κατά την υπερδιήθηση χρησιμοποιούνται μεμβράνες οι οποίες κατακρατούν το λίπος και τις πρωτεΐνες, αλλά αφήνουν να διαφεύγει στο διήθημα η λακτόζη, τα άλατα και οι μη πρωτεϊνικές φύσεως αζωτούχες ουσίες.

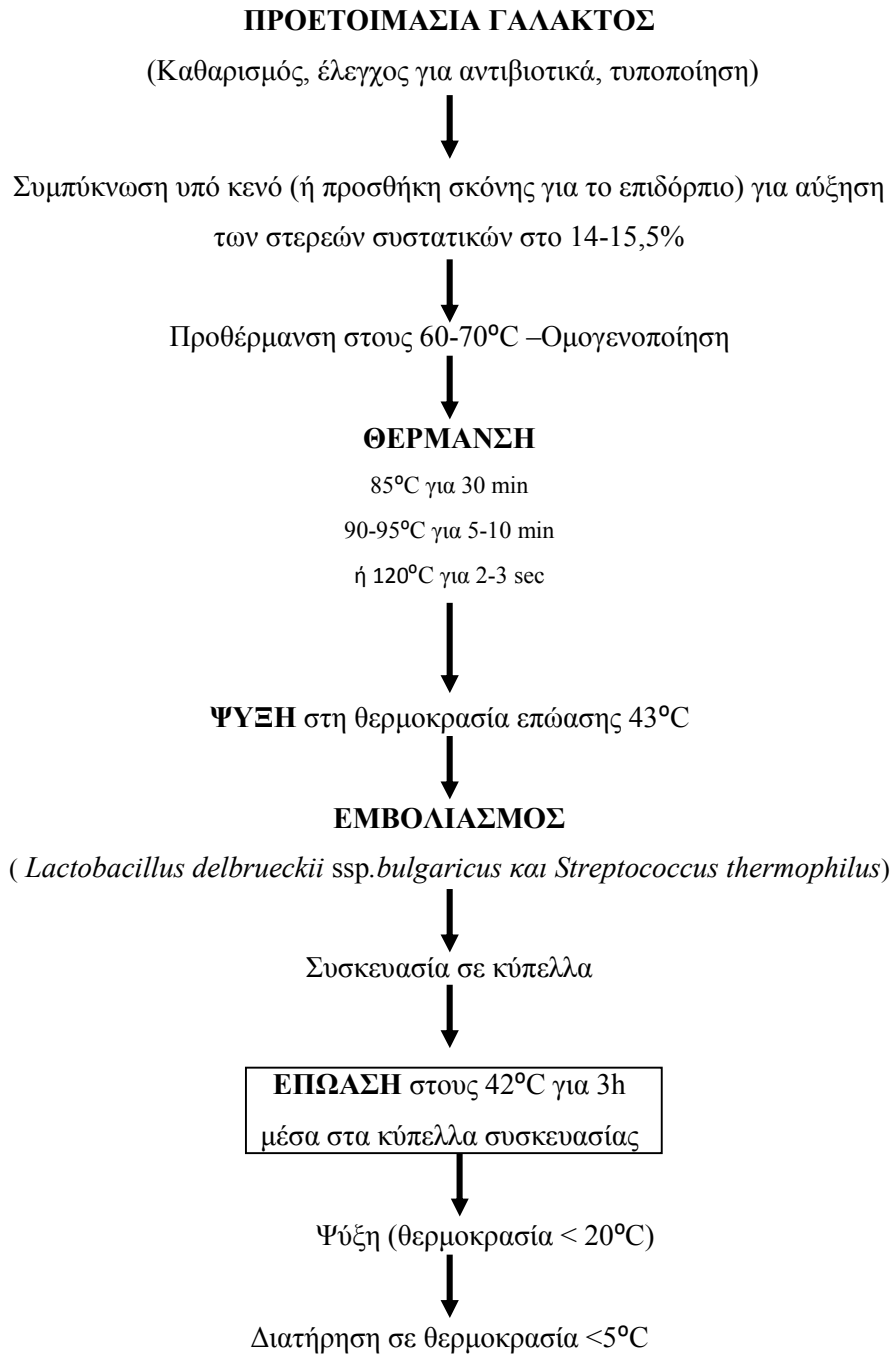
Η συμπύκνωση του γάλακτος με την τεχνική της αντίστροφης όσμωσης παρόλο που αυξάνει την απόδοση, δημιουργεί άλλα προβλήματα λόγω αυξημένου ποσοστού λακτόζης και αλάτων στο τελικό προϊόν, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται για την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού (Tamime και Robinson, 1999).

2.2.3 Βιομηχανικό γιαούρτι

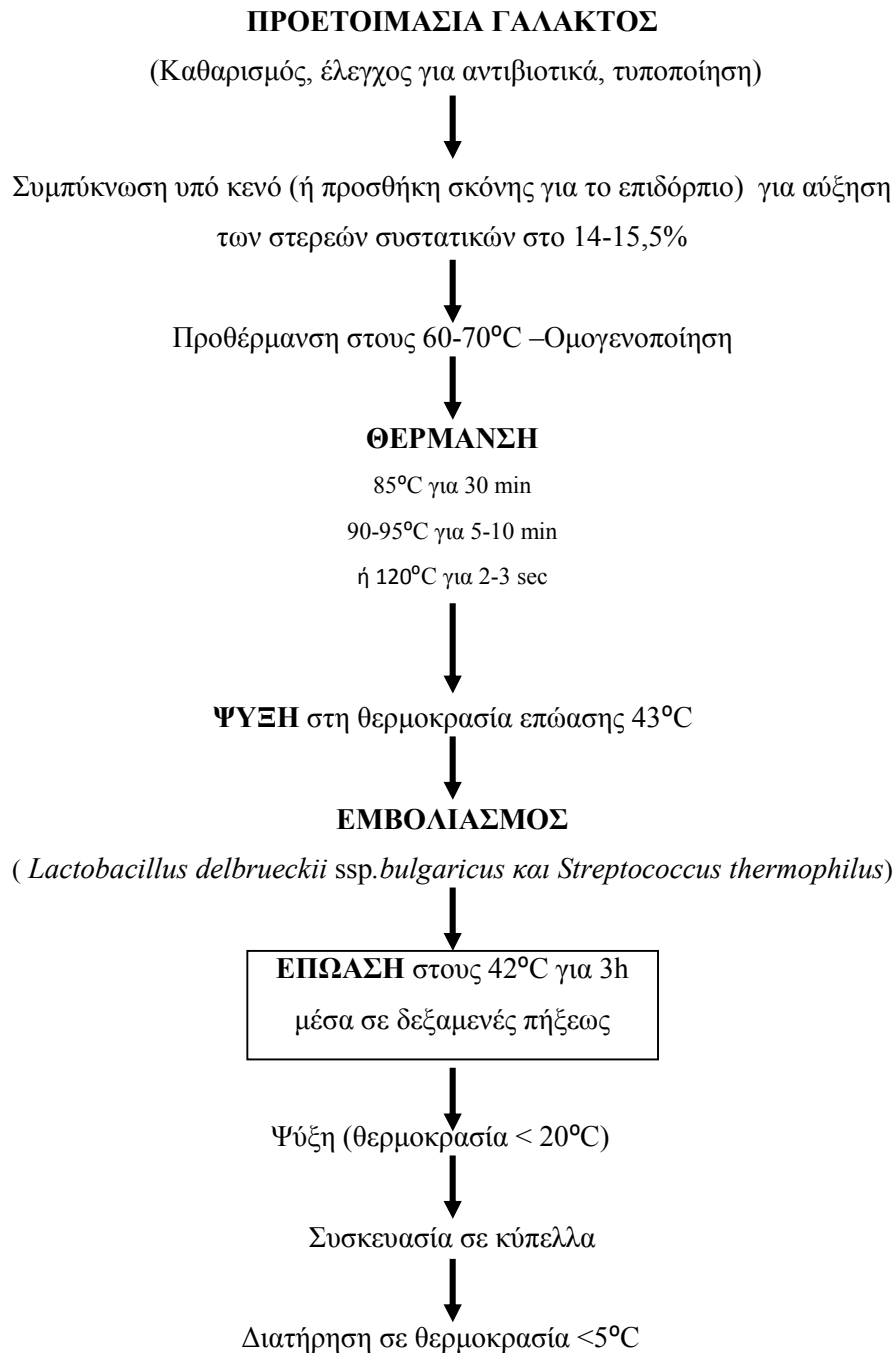
Οι τύποι του βιομηχανικού γιαουρτιού είναι το συμπαγές ή στερεάς δομής (set) και το αναδευμένο (stirred), τα οποία διαφέρουν ως προς τη συνεκτικότητα και την τεχνολογία (Robinson κ.ά., 2006), η οποία παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 2.2 και 2.3 και στα Σχήματα 2.1 και 2.2, αντίστοιχα.



Σχήμα 2.1 Συγκρότημα παραγωγής του γιαουρτιού συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt) (Bylund, 1995)



Διάγραμμα 2.2 Διάγραμμα ροής παραγωγής γιαουρτιού συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt)



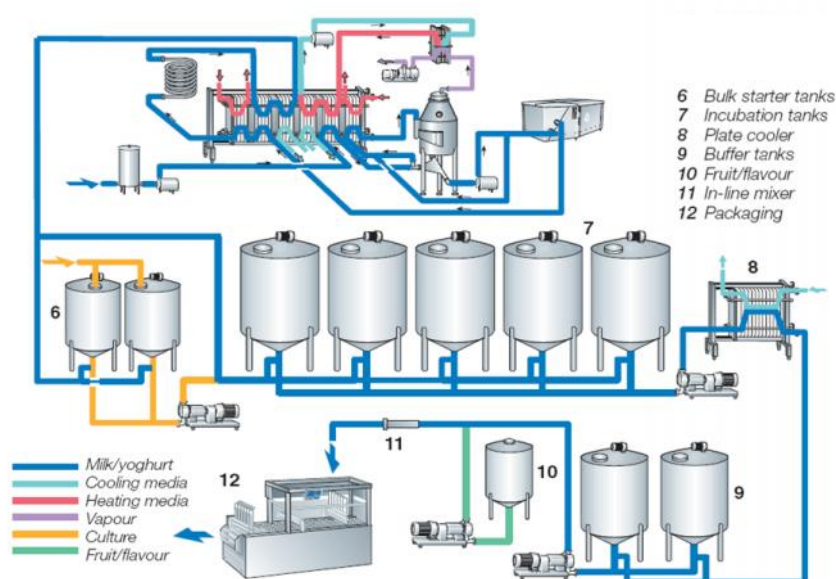
Διάγραμμα 2.3 Διάγραμμα ροής παραγωγής αναδευμένου γιαουρτιού (stirred yoghurt)

Το συμπαγές γιαούρτι είναι ο τύπος που έχει κυριαρχήσει σήμερα στη χώρα μας και παράγεται ως φυσικό γιαούρτι ή με φρούτα (επιδόρπιο γιαουρτιού). Το γάλα ομογενοποιείται και γι' αυτό δεν σχηματίζεται υμένιο στην επιφάνεια. Η συσκευασία του γίνεται σε ερμητικώς

κλειστά κύπελλα. Η επώαση γίνεται στους περιέκτες και το πήγμα δεν διαταράσσεται μετά την πήξη.

Το αναδευμένο γιαούρτι διαφέρει από το συμπαγές στο ό,τι το γάλα επωάζεται σε δεξαμενές, το πήγμα, θραύεται, ψύχεται, αναμιγνύεται ή όχι με φρούτα και συσκευάζεται σε ερμητικά κλειστούς περιέκτες (κύπελλα).

Από τα προϊόντα αυτού του τύπου μπορούν να προκύψουν τα επιδόρπια γιαουρτιού με την προσθήκη διαφόρων συστατικών όπως περιγράφονται στην παράγραφο 2.3.



Σχήμα 2.2 Συγκρότημα παραγωγής του αναδευμένου γιαουρτιού (stirred yoghurt) (Bylund,1995)

2.2.4 Γιαούρτι με "προβιοτικά" βακτήρια

Επειδή ορισμένα οξυγαλακτικά βακτήρια, πλέον αυτών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γιαούρτης (*Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*) αποδείχτηκε ότι ασκούν ευεργετική επίδραση στη λειτουργία του εντέρου και γενικότερα στην υγεία του ανθρώπου, κυκλοφόρησαν στο εμπόριο γιαούρτια που περιέχουν ορισμένα από αυτά τα βακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται ως "προβιοτικά". Τα κυριότερα προβιοτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται είναι (Robinson, 2002):

- Είδη του γένους *Bifidobacterium* (*B. bifidum*, *B. longum*, κ.ά.).
- Είδη του γένους *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. paracasei*, *L. ramosus*).
- Είδη *Lactococcus* (*L. lactis*, *L. diacetylactis*).

2.2.5 Καταψυγμένο ή Παγωμένο γιαούρτι (*frozen*)

Το αναμιγμένο (*stirred*) γιαούρτι μπορεί να καταψυχθεί με επιτυχία και να συντηρηθεί έως 12 μήνες. Για το σκοπό αυτό το φυσικό γιαούρτι πρέπει να έχει τουλάχιστον 13-14% στερεά συστατικά και το γιαούρτι φρούτων 20-25% ή προσθήκη σταθεροποιητών. Η κατάψυξη γίνεται με ταχεία μέθοδο και η συντήρηση στους -18°C έως -26°C . Το παγωμένο γιαούρτι συνδυάζει την όξινη γεύση του γιαουρτιού με την παγωμένη αίσθηση του παγωτού (Chandan και O'Rell, 2006).

Η κατάψυξη δεν επηρεάζει αισθητά την οξυγαλακτική χλωρίδα, αλλά το προϊόν έχει χάσει σε εμφάνιση και πρέπει να καταναλωθεί γρήγορα γιατί αλλοιώνεται.

Η κατάψυξη του μη αναμιγμένου γιαουρτιού δεν επιτυγχάνει διότι σχηματίζονται κρύσταλλοι οι οποίοι βλάπτουν το πήγμα και προκαλούν διαχωρισμό ορού κατά την απόψυξη.

2.2.6 Αφυδατωμένο γιαούρτι

Στις χώρες της Μέσης Ανατολής η αφυδάτωση του γιαουρτιού στον ήλιο είναι πατροπαράδοτη μέθοδος. Το προϊόν στραγγίζεται, μορφοποιείται σε μικρές σφαίρες βάρους 50-80 g και αφυδατώνεται στον ήλιο. Έτσι μπορεί να συντηρηθεί για αρκετούς μήνες στη θερμοκρασία περιβάλλοντος των θερμών χωρών (Αραβικές χώρες) και καταναλώνεται αφού διαβραχεί με νερό (Tamime και Robinson, 1999).

Στη σύγχρονη βιομηχανία η αφυδάτωση του γιαουρτιού γίνεται είτε με την τεχνική εκνεφώσεως (*spray drying*) ή με λυοφιλοποίηση (*Freeze drying*) και το προϊόν γίνεται λεπτόκοκκη σκόνη, η οποία συσκευάζεται σε αδιαφανή, αδιάβροχη, αεροστεγή και ανθεκτική συσκευασία. Πριν από την κατανάλωση προστίθεται η αντίστοιχη ποσότητα νερού και γίνεται καλή ανάμιξη. Το προϊόν είναι σχετικά λεπτόρρευστο και θυμίζει γιαούρτι μόνο ως προς τη γεύση (Heiferich και Westhoff, 1980).

2.2.7 Ρευστό γιαούρτι (*Drinking yoghurt*)

Το γιαούρτι αναμιγνύεται με ίση ποσότητα νερού, ανακινείται καλώς ή απλά ομογενοποιείται το πήγμα και διανέμεται ως εμφιαλωμένο. Το προϊόν αυτό έχει μικρό ιξώδες και συνήθως παρασκευάζεται από γάλα χαμηλής λιποπεριεκτικότητας.

2.2.8 Αεριούχο γιαούρτι (*Carbonated yoghurt*)

Το πήγμα του γιαουρτιού ομογενοποιείται και συγχρόνως ενσωματώνεται σε αυτό CO₂.

2.2.6 Γιαούρτι με υδρολυμένη λακτόζη (*Lactose hydrolysed yoghurt*)

Στο γιαούρτι το 60-70% περίπου της λακτόζης δεν υφίσταται ζύμωση προς γαλακτικό οξύ. Η περαιτέρω ζύμωση της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη γίνεται με την προσθήκη του ενζύμου β-D-γαλακτοσιδάσης και αυτό προσδίδει στο προϊόν αυξημένη γλυκύτητα. Η υδρόλυση της λακτόζης γίνεται καλύτερα στο γάλα πριν από την προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας. Η μέθοδος έχει επιτυχία κυρίως στο γιαούρτι φρούτων.

2.3. Επιδόρπια γιαουρτιού

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ως επιδόρπιο (*Dessert*) χαρακτηρίζεται προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται από μία ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από το άρθρο 80 του Κ.Τ.Π. (2003), προϊόντα γάλακτος ή και συστατικό γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος, λακτόζη) ή και μαγιά γιαουρτιού και στις δύο περιπτώσεις τα παραπάνω προϊόντα γάλακτος ή το γάλα σε αναλογία 75% τουλάχιστον κατά βάρος του τελικού προϊόντος, αναγόμενο σε νωπό γάλα, οξυγαλακτικές καλλιέργειες (π.χ. *Lactobacillus* πλέον αυτών των *Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*), σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες (σακχαρόζη ή άλλο σάκχαρο), φυσικές αρωματικές ουσίες όπως φρούτα (νωπά, αφυδατωμένα, εγκυτιωμένα κλπ), χυμοί φρούτων, κακάο σκόνη (λιποπερικτικότητας 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο,) σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη και άλλες φυσικές ουσίες που δίνουν γεύση και άρωμα. Επίσης στα παραπάνω προϊόντα επιτρέπεται η προσθήκη τεχνικών αρωματικών και χρωστικών υλών, σταθεροποιητών (καραγενάνη, αραβικό κόμμα, εδώδιμη ζελατίνη κ.ά.), πυκνωτικών και πηκτικών υλών, εφόσον αυτές επιτρέπονται από τον Codex Alimentarius (Μάντης, 2000)

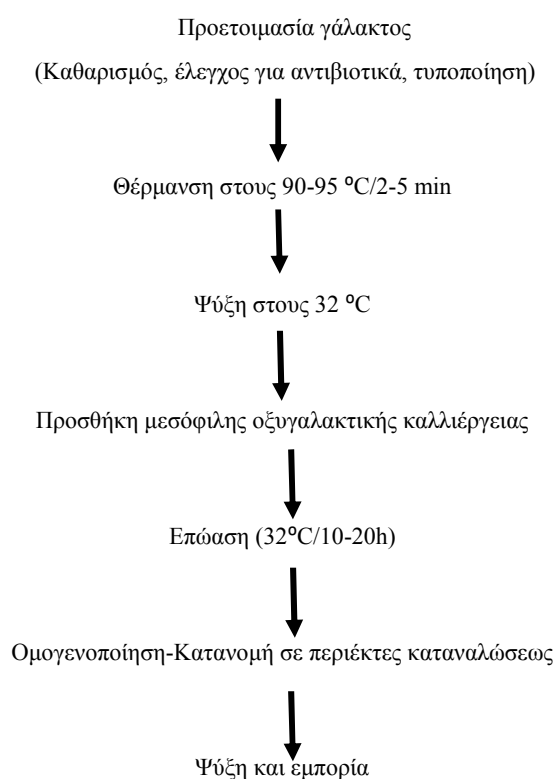
2.4 Παστεριωμένο γιαούρτι

Παρασκευάστηκε με σκοπό να επιμηκυνθεί ο χρόνος συντηρήσεως του γιαουρτιού. Η παστερίωση μπορεί να γίνει είτε στο προσσκευασμένο προϊόν με θέρμανση των κυτίων σε αυτόκαυστο σε θερμοκρασία 60-85°C και πίεση 2 ατμοσφαιρών, είτε στο αναμιγμένο πήγμα σε ειδικούς παστεριωτήρες και με θέρμανση στους 60-70°C για χρόνο από 3 min έως 40 sec (Μάντης, 2000).

Μπορεί η παστερίωση του γιαουρτιού να αυξάνει την ικανότητα συντηρήσεώς του κατά 2 έως 3 εβδομάδες, καταστρέφει όμως την οξυγαλακτική χλωρίδα του και συνεπώς το προϊόν δεν ανταποκρίνεται πλέον προς τον ορισμό του γιαουρτιού όπως δίνεται από τον FAO/WHO (1977α, 1977β). Γι' αυτό το γιαούρτι αυτό πρέπει να φέρει την ένδειξη "παστεριωμένο γιαούρτι". Επιπλέον με την παστερίωση παρατηρείται μείωση του ιξώδους και της συναίρεσης και απώλεια της γεύσης του φυσικού γιαουρτιού (Tamime και Robinson, 1999).

2.5 Τύποι οξυγαλάτων

Τα βασικά στάδια της παραγωγής οξυγαλάτων περιγράφονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 2.4 Διάγραμμα ροής παραγωγής οξυγάλατος (Tamime και Marshall,1997)

2.5.1 Ελληνικό οξύγαλα ή ξινόγαλα

Είναι παραδοσιακό προϊόν ζυμώσεως του βουτυρογάλακτος ή του άπαχου γάλακτος και αντίστοιχο του "Cultured buttermilk" το οποίο παράγεται σε αρκετές χώρες και ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. Η κατανάλωση του προϊόντος αυτού στη χώρα μας έμεινε σε χαμηλά επίπεδα. Τελευταία παρατηρείται τάση για διάδοση τέτοιου προϊόντος σε σύγχρονη μορφή.

Κατά τον παραδοσιακό τρόπο παρασκευής το βουτυρόγαλα ή το γάλα αφήνεται να υποστεί γαλακτική ζύμωση από τη φυσική οξυγαλακτική του χλωρίδα. Η πορεία όμως της

ζυμώσεως είναι συχνά ανώμαλη η δε πιθανή ύπαρξη παθογόνων βακτηρίων καθιστά τη μέθοδο αυτή ανασφαλής. Η υγιεινή επιβάλλει θέρμανση του βουτυρογάλακτος ή του άπαχου γάλακτος στους 90-95°C για 15 min, ψύξη στους 25-28°C και ενοφθαλμισμό του με οξυγαλακτική καλλιέργεια σε αναλογία 10- 15%. Η οξυγαλακτική καλλιέργεια είναι είτε οξύγαλα προηγούμενης ημέρας είτε ειδικά προετοιμασμένη καλλιέργεια σε αποστειρωμένο βουτυρόγαλα ή γάλα με χρήση αφυδατωμένης μητρικής καλλιέργειας. Τα οξυγαλακτικά στελέχη που χρησιμοποιούνται είναι ο *Lactococcus cremoris*, ο *Lactococcus lactis* και το *Leuconostoc citrovorum*.

Μετά την προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας γίνεται επώαση στους 28-30°C και αφού πήξει θραύεται με κτύπημα το πήγμα και το προϊόν μετατρέπεται σε παχύρρευστο υγρό, το οποίο συσκευάζεται σε φιάλες και διακινείται σε θερμοκρασία ψύξεως.

Η θέρμανση του βουτυρογάλακτος ή του γάλακτος στους 90°C για 15 min, παστεριώνει το προϊόν, το οποίο είναι ασφαλές για τη Δημόσια Υγεία εφόσον προστατεύεται από επιμολύνσεις μέχρι τη συσκευασία του. Είναι προϊόν εύγευστο και εύπεπτο .

2.5.2 Ξινισμένο βουτυρόγαλα

Το ξινισμένο βουτυρόγαλα (cultured buttermilk), προϊόν που παρασκευάζεται σε πολλές χώρες, είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στις ΗΠΑ. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (F.D.A) των ΗΠΑ ορίζει ότι "cultured buttermilk" είναι το προϊόν που παρασκευάζεται με οξίνιση, με ειδικά οξυγαλακτικά βακτήρια, από το μερικώς ή πλήρως αποβουτυρωμένο γάλα και το οποίο περιέχει τουλάχιστον 9,5% στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους. Η ζύμωσή του γίνεται με οξυγαλακτική καλλιέργεια που αποτελείται από *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc citrovorum*, *L. dextranicum* και ή *Lactococcus diacetylactis* (Robinson, 2002). Το γάλα παστεριώνεται στους 85°C για 30 min, ψύχεται στους 22°C και ενοφθαλμίζεται σε αναλογία 0,5% με οξυγαλακτική καλλιέργεια. Η επώαση γίνεται στους 22°C για 14-16 ώρες. Το πήγμα, λεπτόρρευστο, οξύτητας περίπου 0,75-0,80% (pH=4,5) ανακινείται, ψύχεται στους 10°C, συσκευάζεται σε φιάλες ή άλλους περιέκτες και διακινείται υπό ψύξη σε θερμοκρασία μικρότερη από 4°C. Συντηρείται μέχρι 30 ημέρες. Η μέση χημική του σύσταση είναι: Νερό 90,5%, Λίπος 0,1%, Πρωτεΐνες 3,6%, Λακτόζη 4,3%, Γαλακτικό οξύ 0,8% και τέφρα 0,7% (Μάντης, 2000).

2.5.3 Οξύγαλα *acidophilus* ή *bioghurt*

Παρασκευάζεται από πλήρες ή αποβουτυρωμένο γάλα αγελάδας το οποίο ενοφθαλμίζεται με καλλιέργεια *Lactobacillus acidophilus* σε αναλογία 1-2% και επωάζεται στους 37°C μέχρις ότου πήξει και η τιτλοδοτούμενη οξύτητά του φθάσει σε 0,75-0,85%. Αυτό απαιτεί

επώαση 18-24 ωρών, χρονικό διάστημα αρκετό για να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί επιμολύνσεως εάν το γάλα δεν έχει θερμανθεί σχεδόν σε βαθμό αποστείρωσεως. Η θέρμανση του γάλακτος μπορεί να γίνει: α) στους 115-120°C για 20-10 min, β) στους 95°C για 1-1,5 ώρες ή γ) στους 87-90°C για 1 ώρα. Μετά τη συμπλήρωση της επώασεως το γάλα πήζει σε μαλακό πήγμα, το οποίο αναμιγνύεται, εμφιαλώνεται και διακινείται υπό ψύξη. Είναι τρόφιμο θρεπτικό και εύπεπτο, αλλά αρκετά όξινο (Robinson και Tamime, 2006).

2.5.4 Βουλγαρικό οξύγαλα

Είναι παραδοσιακό προϊόν των Βαλκανικών χωρών και κυρίως της Βουλγαρίας (Bulgarian buttermilk) απ' όπου διαδόθηκε και σε άλλα μέρη του κόσμου. Παρασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο, όπως και το οξύγαλα *acidophilus*, με τη διαφορά ότι η ζύμωση γίνεται με *Lactobacillus bulgaricus* αντί για τον *Lactobacillus acidophilus*. Η επώαση γίνεται στους 43°C και το τελικό προϊόν, έχει μορφή παχύρρευστου πηγματος, αλλά είναι περισσότερο όξινο από το προϊόν με *Lactobacillus acidophilus* (οξύτητα 1,5-3,0% σε γαλακτικό οξύ).

2.5.5 Κεφίρ

Είναι παραδοσιακό προϊόν των χωρών γύρω από τον Καύκασο αλλά έχει διαδοθεί και σε άλλες χώρες. Για την παρασκευή του χρησιμοποιείται κυρίως γάλα αίγας, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γάλα προβάτου ή αγελάδας.

Η οξυγαλακτική καλλιέργεια με την οποία προκαλείται η ζύμωση του γάλακτος είναι μικτή και διαιωνίζεται με τη μορφή αφυδατωμένων κόκκων. Οι κόκκοι αυτοί, γνωστοί σαν κόκκοι κεφίρ (Kefir grains) περιέχουν ένα μίγμα από βακτήρια και ζύμες. Τα κυριότερα βακτηριακά είδη ανήκουν στα γένη *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Acetobacter* και *Streptococcus thermophilus*, ενώ οι κυρίαρχες ζύμες είναι οι *Saccharomyces kefir*, *Torula* ή *Candida kefir* (Vedamuthu, 2006)

Το γάλα θερμαίνεται στους 85°C για 30 min, ψύχεται στους 22°C, ενοφθαλμίζεται με νωπούς κόκκους κεφίρ και επωάζεται στην παραπάνω θερμοκρασία για 12 ώρες. Στο σημείο αυτό διακόπτεται η επώαση και διηθείται το αραιό πήγμα με τη βοήθεια ειδικού μεταλλικού ηθμού στον οποίο κατακρατούνται οι "κόκκοι". Το πήγμα συσκευάζεται σε φιάλες, επωάζεται στους 12-15°C για 24 ώρες και στη συνέχεια συντηρείται στο ψυγείο.

Οι κόκκοι κεφίρ που συλλέγονται με τη διήθηση πλένονται με κρύο καθαρό νερό και συντηρούνται υγροί σε θερμοκρασία 2-4°C και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κεφίρ μέσα σε μια εβδομάδα. Για να συντηρηθούν περισσότερο οι κόκκοι πρέπει να αφυδατωθούν. Η αφυδάτωση γίνεται με έκθεση σε θερμοκρασία δωματίου και σε ξηρή ατμόσφαιρα για 36-48 ώρες. Οι αφυδατωμένοι κόκκοι συσκευάζονται σε αδιάβροχη και

αδιαφανή συσκευασία (π.χ. φύλλο αλουμινίου) και συντηρούνται σε δροσερό μέρος ή στο ψυγείο. Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στους αφυδατωμένους κόκκους είναι δραστικοί μέχρι 12 ή και 18 μήνες. Όταν όμως πρόκειται να χρησιμοποιηθούν πρέπει να αναγεννηθούν.

Η ζύμωση που γίνεται στο κεφίρ είναι γαλακτική και αλκοολική. Η αλκοολική ζύμωση οφείλεται στο ζυμομύκητα που υπάρχει. Κύρια τελικά προϊόντα είναι το γαλακτικό οξύ (1%), η αιθανόλη (1-3%) και το CO₂ που του προσδίνει και την αφρώδη υφή. Παράλληλα σε μικρές ποσότητες παράγεται μία ποικιλία από προϊόντα μεταβολισμού κυρίως της λακτόζης τα οποία συμβάλλουν στη διαμόρφωση του τελικού αρώματος. Είναι τρόφιμο εύγευστο, εύπεπτο και υγιεινό. Η μέση χημική σύσταση του κεφίρ έχει ως εξής: νερό 89,5%, λίπος 2%, λακτόζη 2%, πρωτεΐνες 4,8%, γαλακτικό οξύ 0,9%, αιθανόλη 0,8%.

2.5.6 Κούμις

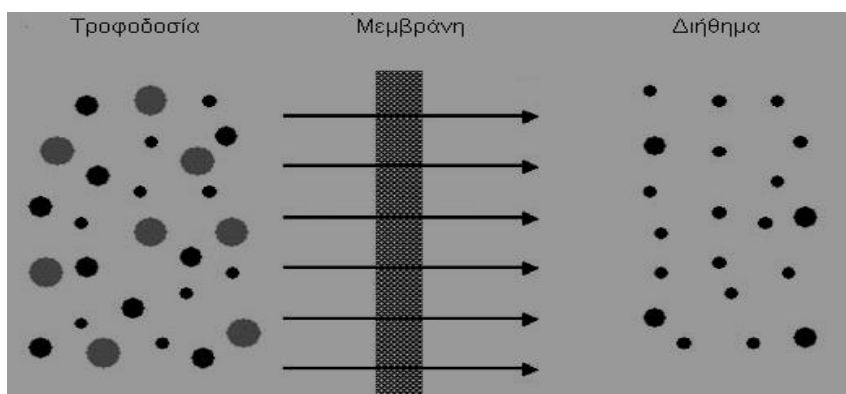
Το Κούμις είναι παραδοσιακό προϊόν των λαών που ζουν γύρω από την Κασπία θάλασσα. Το παραδοσιακό κούμις παραγόταν από γάλα φοράδας. Σε περιοχές που δεν υπήρχε γάλα φοράδας χρησιμοποιούταν γάλα γαϊδούρας ή καμήλας. Σήμερα χρησιμοποιείται και γάλα αγελάδας. Η ζύμωση γίνεται με συνδυασμό στελεχών *Lactobacillus* (*L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. lactis*) και ζυμομύκητα (*Torula koumiss*, *Kluyveromyces lactis*) και είναι γαλακτική και αλκοολική. Τα κύρια τελικά προϊόντα είναι το γαλακτικό οξύ (1% περίπου), η αιθανόλη (2-2,5%) και το CO₂. Είναι αφρώδες, θρεπτικό, εύπεπτο και ευχάριστο στη γεύση. Λόγω όμως της περιεκτικότητάς του σε αλκοόλη θεωρείται περισσότερο ως ευφραντικό ποτό και λιγότερο ως τρόφιμο.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

3.1 Γενικά χαρακτηριστικά των μεμβρανών

Η τεχνολογία των μεμβρανών, η οποία τα τελευταία 30 χρόνια βρίσκει εφαρμογή στην βιομηχανία τροφίμων, αποτελεί μια συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία που είναι αρκετά αποτελεσματική από άποψη κόστους και έχει την ιδιότητα του διαχωρισμού των συστατικών. Αρχικά, οι μεμβράνες έβρισκαν εφαρμογή μόνο για τον διαχωρισμό προϊόντων υψηλής ποιότητας, διότι είχαν πολύ υψηλό κόστος. Η πρώτη μεμβράνη κατασκευάστηκε το 1920 με κύριο υλικό κατασκευής την οξική κυτταρίνη και η χρήση της περιορίστηκε σε εργαστηριακό επίπεδο. Οι μεμβράνες διακρίνονται σε βιολογικές ή φυσικές και σε συνθετικές. Οι φυσικές μεμβράνες προέρχονται από βιολογικές πηγές, ενώ οι συνθετικές μπορεί να είναι από πολυμερή, μεταλλικές ή κεραμικές (Reif, 2006).

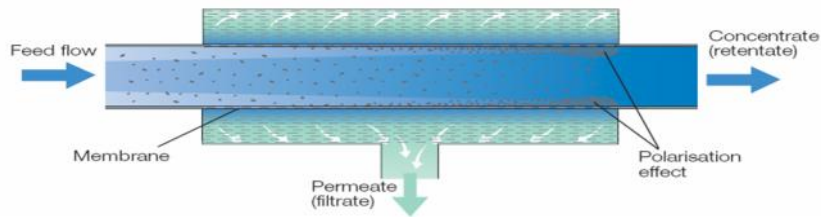
Η λειτουργία του συστήματος των μεμβρανών είναι παρόμοια με την συμπεριφορά ενός διαλύματος που περιορίζεται από ένα σύστημα ημιπερατής μεμβράνης, με αποτέλεσμα ορισμένα από τα συστατικά του διαλύματος να μπορέσουν να διαπεράσουν την μεμβράνη και άλλα όχι (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας διαχωρισμού των μεμβρανών (Reif, 2006)

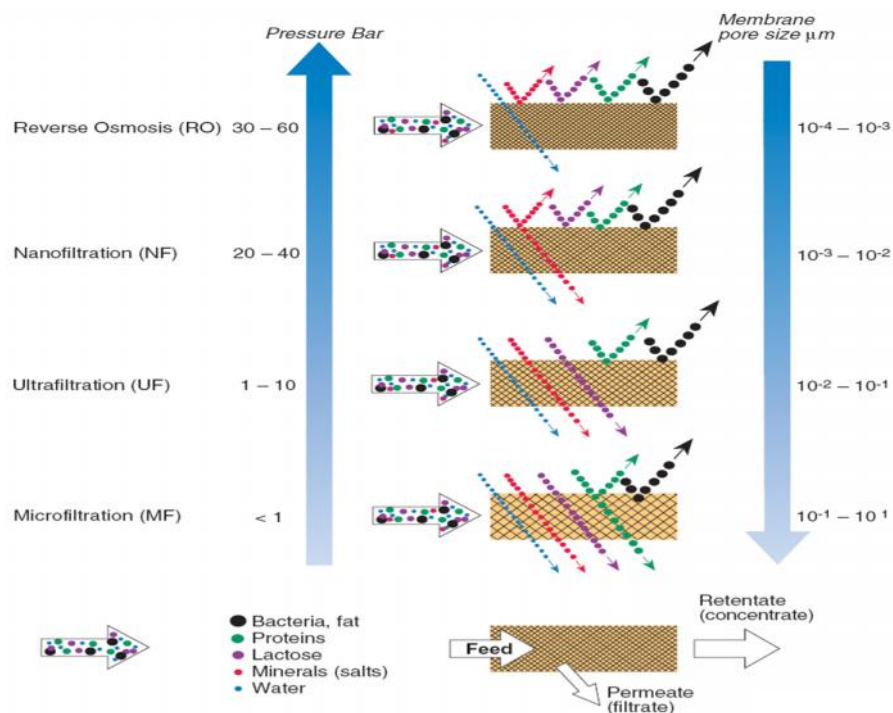
Η κινητήρια δύναμη για την παραπάνω λειτουργία μπορεί να είναι η εφαρμογή πίεσης, ανάλογα με το είδος των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται και η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού. Στην τελευταία περίπτωση πρόκειται για την πιο πρόσφατη εφαρμογή, την ηλεκτροδιάλυση. Το υγρό που περνά από την μεμβράνη ονομάζεται διήθημα (permeate), ενώ το υγρό που δεν την διαπερνά ονομάζεται κατακράτημα ή συμπύκνωμα (retentate) (Walstra

κ.ά., 1999). Η σχηματική απεικόνιση της ροής μέσα από ένα σύστημα μεμβρανών φαίνεται στη εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2 Σχηματική απεικόνιση της ροής μέσα από ένα σύστημα μεμβρανών (Bylund, 1995)

Ανάλογα με το είδος των μεμβρανών, το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών, την ασκούμενη πίεση και το είδος των σωματιδίων που κατακρατούν (Εικόνα 3.3) έχουμε και τις ανάλογες διηθήσεις που είναι οι εξής: αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis, RO), νανοδιήθηση (Nanofiltration, NF), υπερδιήθηση (Ultrafiltration, UF), μικροδιήθηση (Microfiltration, MF) και η ηλεκτροδιάλυση. Όλες οι παραπάνω διηθήσεις βρίσκουν εφαρμογή στην βιομηχανία τροφίμων και στη γαλακτοκομία και θα περιγραφούν παρακάτω.



Εικόνα 3.3 Τα είδη των μεμβρανών (Bylund, 1995)

3.2 Η χρήση μεμβρανών στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων

Η τεχνολογία μεμβρανών είναι χρήσιμη στον επιλεκτικό εμπλουτισμό κάποιων συστατικών. Για την παρασκευή γιαουρτιού χρησιμοποιούνται η αντίστροφη ώσμωση, η νανοδιήθηση, η υπερδιήθηση και η μικροδιήθηση προκειμένου να αυξηθούν τα στερεά συστατικά μέσω της αφαίρεσης νερού, κυρίως. Η χρήση τους περιορίζεται στη συμπύκνωση του άπαχου γάλακτος, το οποίο και θα αποτελέσει την πρώτη ύλη για την παρασκευή διάφορων τύπων γιαουρτιού ή οξυγαλάτων. Με κάποιες από τις μεθόδους αυτές αφαιρείται και μέρος της λακτόζης και των ανόργανων αλάτων (μέταλλα) του γάλακτος με αποτέλεσμα να αυξάνει το πρωτεϊνικό του περιεχόμενο. Βέβαια αυτές μπορούν να εφαρμοστούν για να συμπυκνώσουν μόνο άπαχο γάλα που περιέχει κατ' ανώτερο 9-12% στερεά συστατικά. Στο κατακράτημα παραμένει αρκετή λακτόζη για την επίτευξη των ζυμώσεων. Από το συμπυκνωμένο αυτό γάλα με το υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο προκύπτει ένα πιο συμπαγές όξινο πήγμα στο παραγόμενο γιαούρτι (Kilara, 2006).

3.2.1 Η υπερδιήθηση

Με την υπερδιήθηση μπορούν να συμπυκνωθούν μόρια όπως πεπτίδια, πρωτεΐνες ή άλλα σωματίδια. Οι μεμβράνες της έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν να τις διαπερνούν μόρια μέχρι ενός συγκεκριμένου μοριακού βάρους και το μέγεθος των πόρων της είναι περίπου 0,1 μm (Rosenberg, 1995). Οι πιέσεις που εφαρμόζονται στην υπερδιήθηση κυμαίνονται από 1-6 bar με αποτέλεσμα την συμπύκνωση μορίων μοριακού βάρους 1000-50000 Da. Επίσης, η ταχύτητα τροφοδοσίας στην υπερδιήθηση είναι υψηλή με στόχο να αποτραπεί το φράξιμο των πόρων της μεμβράνης. Το υλικό κατασκευής που κυριαρχεί στις μεμβράνες της υπερδιήθησης είναι η κυτταρίνη μαζί με κάποια παράγωγά της όπως η οξική κυτταρίνη και κάποια θερμοανθεκτικά πολυμερή όπως η πολυαιθεροσουλφόνη και πολυσουλφόνη.

Η υπερδιήθηση διαχωρίζει αποτελεσματικά μακρομόρια (πρωτεΐνες) και σωματίδια (μικύλλια καζεϊνών, λιποσφαίρια, σωματικά κύτταρα και βακτήρια) του γάλακτος. Ο κύριος στόχος της είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών και η επεξεργασία βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε άπαχο γάλα και τυρόγαλα. Αρχικά, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στην σύσταση των γαλακτοκομικών προϊόντων που παράγονται με υπερδιηθημένο γάλα και για τον λόγο αυτό επιτρέπει την παραγωγή πρωτότυπων προϊόντων. Εναλλακτικά, το γάλα μπορεί να συμπυκνωθεί ως ένα βαθμό μέχρι να προσεγγίσει την σύσταση του τυροπήγματος και στην συνέχεια να ακολουθήσει η πήξη του (Walstra κ.ά., 1999).

Η υπερδιήθηση εφαρμόζεται σε άπαχο γάλα και τυρόγαλα και για την παρασκευή φρέσκων τυριών και τυριών άλμης διότι οδηγεί σε αύξηση στην απόδοση του παραγόμενου

τυριού, μείωση της ποσότητας της προστιθέμενης πυτιάς και καλύτερη ποιότητα του παραγόμενου τυριού.

Η υπερδιήθηση βρίσκει μεγάλη εφαρμογή κατά την παρασκευή γιαουρτιού. Το γάλα μετά την υπερδιήθηση έχει αυξημένα στερεά συστατικά εξαιτίας της συμπύκνωσης των μακρομορίων του (λίπος και πρωτεΐνες) (Kilara, 2006). Τα γιαούρτια αυτά έχουν μεγαλύτερη συνεκτικότητα, απαλό άρωμα, ευχάριστη γεύση, αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έως 50% και μειωμένη περιεκτικότητα σε λακτόζη κατά 50% περίπου σε σύγκριση με τα γιαούρτια του εμπορίου, ενώ έχουν αυξημένη συγκέντρωση σε ασβέστιο και σίδηρο, τα οποία προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και υψηλή εμπορική αξία στο προϊόν (Rinaldoni κ.ά., 2009).

3.2.2 Η αντίστροφη ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis) αποτελεί μια μέθοδο διαχωρισμού νερού από τα διαλύματά του με την χρήση μεμβρανών χωρίς ή με ελάχιστους πόρους πολύ μικρής διαμέτρου. Ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση αυτή έχει η χημική σύσταση των μεμβρανών, η οποία και προσδιορίζει την επιλεκτικότητά τους. Ο ρυθμός διήθησης είναι μικρός και απαιτούνται υψηλές πιέσεις (Ανυφαντάκης, 2004). Η αντίστροφη ώσμωση έχει την ιδιότητα να απομακρύνει το νερό και αποτελεί μια εναλλακτική διαδικασία συμπύκνωσης, γιατί καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Ωστόσο, χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, ενώ η αποδοτικότητά της εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας (Walstra κ.ά., 1999). Παρά το γεγονός ότι η αντίστροφη ώσμωση αναπτύχθηκε πριν από την υπερδιήθηση, οι εφαρμογές της στις γαλακτοβιομηχανίες εξελίσσονται με βραδύτερο ρυθμό. Αυτό, γιατί αποτελεί αποκλειστικά μέθοδο συμπύκνωσης και την ανταγωνίζονται άλλες σχετικές μέθοδοι (Ανυφαντάκης, 2004).

Η επεξεργασία της αντίστροφης ώσμωσης βρίσκει εφαρμογή κυρίως στο άπαχο γάλα, τυρόγαλα και σε υγρά απόβλητα υψηλού ρυπαντικού φορτίου με σκοπό την συμπύκνωσή τους. Τα πλεονεκτήματά της είναι η λειτουργία της σε χαμηλές θερμοκρασίες και η συγκράτηση πτητικών ουσιών. Το μειονέκτημά της είναι ότι το γάλα δεν μπορεί να συμπυκνωθεί σε υψηλό βαθμό και το διήθημα είναι καθαρό νερό (Walstra κ.ά., 1999). Οι μεμβράνες της αντίστροφης ώσμωσης συγκρατούν σωματίδια μοριακού βάρους μέχρι 100 Da και οι τιμές της εφαρμοζόμενης πίεσης είναι 5-10 φορές μεγαλύτερη από αυτές της υπερδιήθησης (Rosenberg, 1995). Η αντίστροφη ώσμωση του γάλακτος και τυρογάλακτος απομακρύνει μόνο το νερό και είναι παρόμοια με την θερμική συμπύκνωση (Mistry και Maubois, 1992). Η αντίστροφη ώσμωση εφαρμόζεται στην περίπτωση του τυρογάλακτος κατά την παρασκευή σκόνης. Αρχικά, γίνεται συμπύκνωση του τυρογάλακτος μέχρι τα στερεά συστατικά του να φθάσουν στο 25% και ακολουθεί εξάτμιση μέχρι το 50% και στη

συνέχεια κονιοποίηση. Επιπλέον, η αντίστροφη ώσμωση εφαρμόζεται για την συμπύκνωση του τυρογάλακτος πριν από την ηλεκτροδιάλυση (Ανυφαντάκης, 2004) και του διηθήματος που προκύπτει από την υπερδιήθηση (Tamime και Robinson, 1999).

Η συμπύκνωση του γάλακτος με την τεχνική της αντίστροφης ώσμωσης χρησιμοποιείται και κατά την παρασκευή γιαουρτιού γιατί αυξάνει την απόδοση. Όμως, δεν χρησιμοποιείται για την παρασκευή στραγγιστού γιαουρτιού διότι δημιουργεί προβλήματα λόγω αυξημένου ποσοστού λακτόζης και αλάτων στο τελικό προϊόν (Tamime & Robinson, 1999).

3.2.3 Η νανοδιήθηση

Η νανοδιήθηση έχει την ιδιότητα να διαχωρίζει μείγματα πρωτεϊνών και πεπτιδίων μοριακού βάρους από 300-3000 Da. Η νανοδιήθηση μπορεί να συμπυκνώσει οργανικές ενώσεις με την απομάκρυνση μονοσθενών ιόντων, όπως του νατρίου και του χλωρίου με αποτέλεσμα την αφαλάτωση (Kilaga, 2006). Ορισμένες μεμβράνες νανοδιήθησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αφαλάτωση όταν εφαρμοσθούν υψηλές πιέσεις και αυτό αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο διαχωρισμού για την ηλεκτροδιάλυση (Walstra κ.ά., 1999). Η νανοδιήθηση ανήκει στην κατηγορία της τεχνολογίας των μεμβρανών που εφαρμόζεται πίεση και η ειδικότητά της είναι η μικρή κατακράτηση μονοσθενών ιόντων (Kelly κ.ά., 1992). Τα χαρακτηριστικά διαχωρισμού της νανοδιήθησης βρίσκονται μεταξύ της αντίστροφης ώσμωσης και της υπερδιήθησης (Jelen, 1992). Οι πιέσεις που εφαρμόζονται κυμαίνονται από 6-40 bar, ενώ στην αντίστροφη ώσμωση είναι μέχρι 40 bar, και στην υπερδιήθηση κυμαίνονται κάτω από 10 bar (Jeantet κ.ά., 2000). Ο μηχανισμός διαχωρισμού των μεμβρανών της νανοδιήθησης βασίζεται στο ταυτόχρονο αποτέλεσμα του ηλεκτρικού διαχωρισμού και του διαχωρισμού με βάση το μέγεθος των σωματιδίων. Οι μεμβράνες της νανοδιήθησης δεν έχουν ορατούς πόρους, αλλά διαθέτουν ελεύθερους πόρους με διαφορετική δομή και άνοιγμα (Nyström κ.ά., 1995). Οι περισσότερες εμπορικές μεμβράνες νανοδιήθησης είναι λεπτές συνθετικές μεμβράνες που φέρουν μια ενεργή στρώση που αποτελείται από αρωματικά πολυαμίδια και επηρεάζονται αρνητικά σε ουδέτερες τιμές pH (Yaroshchuk κ.ά., 2000).

Η νανοδιήθηση βρίσκει εφαρμογή στην μερική αφαλάτωση και συμπύκνωση του ορού του γάλακτος με αποτέλεσμα την κατακράτηση μεγάλων ποσοτήτων λακτόζης, γεγονός που έχει θετικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με την μερική αφαλάτωση του τυρογάλακτος επιτυγχάνεται η αύξηση της διατροφικής του αξίας ενώ παράλληλα με την συμπύκνωσή του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο για την ανθρώπινη διατροφή ή και ως ζωοτροφή. Με την νανοδιήθηση το τυρόγαλα συμπυκνώνεται περίπου 15-25% και ταυτόχρονα τα ολικά ανόργανα συστατικά μειώνονται 40-50% ενώ οι απώλειες σε λακτόζη

κυμαίνονται από 1-5% (Van der Horst κ.ά., 1995, Vasilievic και Jelen, 2000). Επίσης, η νανοδιήθηση εφαρμόζεται στην παραγωγή φρέσκων τυριών τυρογάλακτος (Zambrini κ.ά., 1990) και στην ανάκτηση αμινοξέων και πεπτιδίων από την υδρόλυση της β-λακτογλοβουλίνης (Wijers κ.ά., 1998). Άλλες εφαρμογές της νανοδιήθησης είναι η προσυμπύκνωση και μερική αφαλάτωση του γλυκού τυρογάλακτος με σκοπό την κονιοποίηση, η συμπύκνωση και η μερική αφαλάτωση διηθημάτων υπερδιήθησης τυρογάλακτος πριν από την επεξεργασία τους για παραγωγή λακτόζης και ο καθαρισμός της άλμης με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή της (Ανυφαντάκης, 2004).

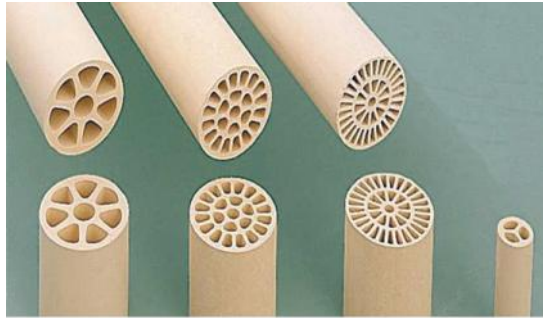
Η νανοδιήθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία παρασκευής γιαουρτιού για την απομάκρυνση μέρους της λακτόζης από το διήθημα της υπερδιήθησης του γάλακτος, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί εν συνεχεία για την παρασκευή του γιαουρτιού, διότι το προϊόν θα έχει λιγότερη λακτόζη, γεγονός που το καθιστά πιο εύπεπτο (Rinaldoni κ.ά. , 2009).

4. Η ΜΙΚΡΟΔΙΗΘΗΣΗ

Η μικροδιήθηση είναι μια τεχνική διαχωρισμού που έχει την ιδιότητα να απομακρύνει μικρού μεγέθους σωματίδια, όπως βακτήρια, κύτταρα ζυμών, και κολλοειδή σωματίδια. Οι πόροι των μεμβρανών της μικροδιήθησης έχουν μέγεθος περίπου από 0,1-10 μm και είναι διαπερατοί στην ροή, με αποτέλεσμα να συγκρατούν τα παραπάνω σωματίδια και να προκαλούν τον διαχωρισμό τους (Huisman, 2000). Οι πιέσεις που εφαρμόζονται στην μικροδιήθηση είναι μικρότερες από αυτές της υπερδιήθησης, από 0,1-8 bar, και παρατηρείται ταυτόχρονα μεγαλύτερη ροή (Rosenberg, 1995).

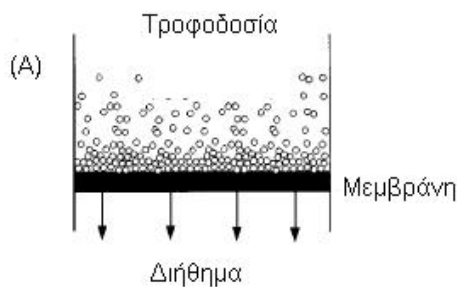
Η μικροδιήθηση αποτελεί την πρώτη διαδικασία διήθησης που αναπτύχθηκε εμπορικά στην Γερμανία το 1929 από τον Sartorius-Werke. Αρχικά, είχε ερευνητική εφαρμογή, αλλά κατά τη διάρκεια του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου προσαρμόστηκε για βακτηριολογικό καθαρισμό αποθεμάτων νερού. Μέχρι το 1963 το υλικό κατασκευής των μεμβρανών μικροδιήθησης ήταν η νιτροκυτταρίνη ή ένα μίγμα από εστέρες κυτταρίνης (Merin and Daufin, 1990). Σήμερα οι μεμβράνες κατασκευάζονται από γυαλί, από κεραμικά υλικά, όπως αλουμίνια, διοξείδιο του τιτανίου και οξείδιο του ζirkονίου (Εικόνα 4.1), και μέταλλα, όπως άργυρος και ανοξείδωτο ατσάλι. Το πλεονέκτημα αυτών των ανόργανων συστατικών είναι η σταθερότητά τους έναντι ακραίων συνθηκών κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων, όπως υψηλές τιμές θερμοκρασίας, ακραίες τιμές pH και η επαφή με διαλύματα που είναι διαφορετικά ως προς την σύστασή τους από το νερό. Σύμφωνα με τους Espina et. al (2010), οι κεραμικές μεμβράνες στη μικροδιήθηση αποδίδουν καλύτερα από τις οργανικές μεμβράνες κατά το διαχωρισμό των μικκυλίων των καζεϊνών από τις πρωτεΐνες ορού στο άπαχο γάλα. Οι περισσότερες μεταλλικές και ορισμένες κεραμικές μεμβράνες παράγονται με συμπύκνωση των υλικών χωρίς λιώσιμό τους, αν και οι υπόλοιπες κεραμικές μεμβράνες κατασκευάζονται με την τήξη ενός υγρού κολλοειδούς συστήματος ή με ανοδική οξείδωση. Επίσης, ορισμένες νέες μεμβράνες κατασκευάζονται με λιθογραφικές τεχνικές.

Η μικροδιήθηση αποτελεί την μεγαλύτερη βιομηχανική αγορά στο σύνολο των μεμβρανών και είναι υπεύθυνη σε ποσοστό 40% του συνόλου των πωλήσεων σε Ευρώπη και Αμερική. Το 2002 η αγορά των μεμβρανών της μικροδιήθησης εμφάνισε σημαντικά κέρδη της τάξεως των 400 εκατομμυρίων δολαρίων και ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης ήταν 6,6% (Huisman, 2000).

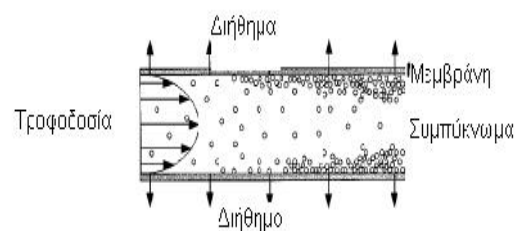


Εικόνα 4.1 Κεραμικές μεμβράνες μικροδιήθησης

Η μικροδιήθηση μπορεί να εκτελεστεί με δύο διαφορετικούς τρόπους: α) με την κατά μήκος μικροδιήθηση (dead end filtration, in line filtration) (Εικόνα 4.2) κατά την οποία η διεύθυνση της ροής είναι κάθετη στην μεμβράνη και β) την εφαπτομενική μικροδιήθηση (cross-flow or tangential microfiltration) (Εικόνα 4.3), κατά την οποία η κατεύθυνση ροής είναι συμπτωματική με την μεμβράνη. Στην κατά μήκος μικροδιήθηση, τα αιωρούμενα σωματίδια συνεχώς κινούνται προς την κατεύθυνση της μεμβράνης και καθιζάνουν στην επιφάνειά της ή μέσα στους πόρους της μεμβράνης. Η απόθεση των σωματιδίων στην μεμβράνη οδηγεί σε μια συνεχώς αυξανόμενη αντίσταση στη ροή με αποτέλεσμα την συνεχή μείωση του ρυθμού ροής του διηθήματος. Η μείωση της απόθεσης ιζήματος επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της εφαπτομενικής μικροδιήθησης. Η ροή της με την συμπτωματική κατεύθυνση προς τη μεμβράνη απομακρύνει τα σωματίδια από την επιφάνεια της μεμβράνης και επιπλέον ελαχιστοποιεί την απόθεση σωματιδίων (Huisman, 2000).



Εικόνα 4.2 Κατά μήκος μικροδιήθηση



Εικόνα 4.3 Εφαπτομενική μικροδιήθηση

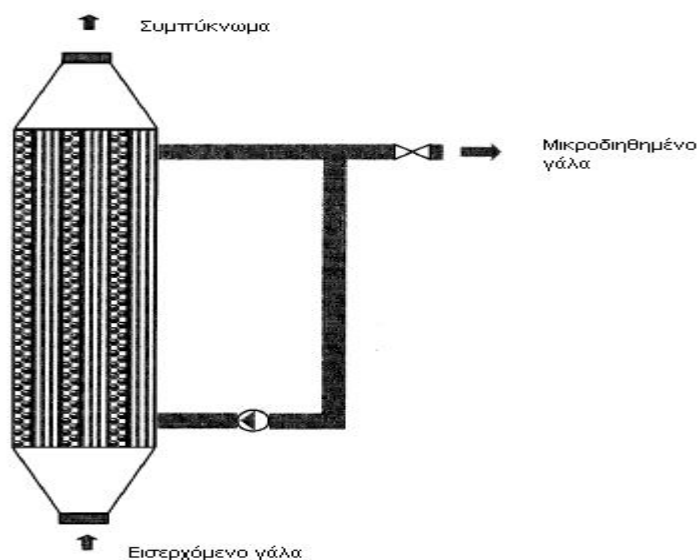
4.1 Η εφαρμογή της μικροδιήθησης στην βιομηχανία γάλακτος

Η μεγάλη πρόοδος της μικροδιήθησης στην βιομηχανία γάλακτος παρατηρήθηκε το 1980 με την εισαγωγή των νέων κεραμικών μεμβρανών που αποτελούνταν από μεγάλο αριθμό εσωτερικών καναλιών και αυλακώσεων. Η διάμετρος των πόρων της μεμβράνης της μικροδιήθησης κυμαίνονται από 10-0,1 μm με αποτέλεσμα να μπορεί να εφαρμοστεί για συγκεκριμένους διαχωρισμούς σωματιδίων που βρίσκονται σε διασπορά σε υγρά. Τα σωματίδια που περιέχονται στο γάλα με βάση το μέγεθός τους (Πίνακας 4.1) μπορούν να διαχωριστούν σχετικά εύκολα και η κατάταξή τους κατά μειωμένο μέγεθος είναι η εξής: σωματικά κύτταρα (15-6 μm), βακτήρια (15-0,2 μm), λιποσφαίρια (6-0,2 μm) και μικκύλια καζεϊνών (0,3-0,03 μm) (Pierre κ.ά., 1998).

Πίνακας 4.1 Σχετική διάμετρος των σωματιδίων του γάλακτος (Pierre κ.ά., 1998)

<u>Συστατικό γάλακτος</u>	<u>Μέγεθος (μm)</u>
Μικκύλια καζεϊνών	0,300-0,032
Βακτήρια	15,000-0,200
Λιποσφαίρια	6,000-0,200
Σωματικά κύτταρα	15,000-6,000

Η έναρξη της μικροδιήθησης του γάλακτος πρέπει να γίνεται με προσοχή με σκοπό να αποφευχθεί το γρήγορο φράξιμο των πόρων των μεμβρανών. Αρχικά, η συσκευή θα πρέπει να ξεπλυθεί με ζεστό νερό (52 °C) και με τις βαλβίδες εξάτμισης να είναι ανοιχτές με σκοπό την απομάκρυνση των φυσαλίδων αέρα. Στην συνέχεια ακολουθεί θέρμανση του γάλακτος στους 50 °C για 20 λεπτά με στόχο την εξασφάλιση της φυσικοχημικής ισορροπίας του γάλακτος. Η συσκευή της μικροδιήθησης που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του γάλακτος παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.4 (Saboya και Maubois, 2000).



Εικόνα 4.4 Εφαπτομενική μικροδιήθηση του γάλακτος (Saboya και Maubois, 2000)

Μια εναλλακτική τεχνική της μικροδιήθησης του γάλακτος είναι ο βακτηριοκαθαρισμός (bactofugation). Με την τεχνική αυτή, ειδικά σχεδιασμένοι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες φυγοκεντρούν το γάλα στους 73°C οπότε τα βακτήρια που είναι λίγο βαρύτερα από το γάλα απομακρύνονται μαζί με μικρή ποσότητα άπαχου γάλακτος. Με τον βακτηριοκαθαρισμό έχουμε και απομάκρυνση των σπορίων που υπάρχουν στο γάλα (Walstra κ.ά., 1999). Βέβαια η τεχνική αυτή απαιτεί υψηλά ποσά κατανάλωσης ενέργειας και η μείωση του συνολικού αριθμού των σπορίων κυμαίνεται σε ποσοστό 90-95% (Guegga κ.ά., 1998).

Οι βασικές εφαρμογές της μικροδιήθησης στην βιομηχανία γάλακτος είναι: η απομάκρυνση των βακτηρίων και των σωματικών κυττάρων από το γάλα, ο επιλεκτικός διαχωρισμός των μικκυλίων των καζεϊνών από τις πρωτεΐνες ορού στο άπαχο γάλα, η επιλεκτική κλασμάτωση των λιποσφαιρίων του γάλακτος, η απολίπανση του τυρογάλακτος, ο καθαρισμός της άλμης, η ζύμωση υγρών θρεπτικών υλικών και η παραγωγή τυριών από μικροδιηθημένο γάλα. Οι εφαρμογές αυτές περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

4.1.1. Απομάκρυνση των βακτηρίων και σωματικών κυττάρων του γάλακτος

Η κύρια εφαρμογή της μικροδιήθησης στην βιομηχανία γάλακτος είναι η απομάκρυνση των βακτηρίων και των σωματικών κυττάρων από το γάλα με σκοπό την παραγωγή μιας πρώτης ύλης με πολύ μικρό αριθμό μικροοργανισμών που στην συνέχεια μπορεί να επεξεργαστεί για την παραγωγή πόσιμου γάλακτος, τυριών ή παραγωγής προϊόντων που έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια ζωής, όπως σκόνης γάλακτος και πρωτεϊνών γάλακτος. Το

γάλα κατά την συλλογή του πάντα περιέχει μικροβιακό φορτίο που περιλαμβάνει αρκετά είδη μικροοργανισμών που προέρχονται από επιμολύνσεις του γάλακτος από τον μαστό, την αμελκτική μηχανή, το γενικότερο περιβάλλον άμελης, τις συνθήκες μεταφοράς του γάλακτος και τις δεξαμενές αποθήκευσης. Ωστόσο, το γάλα κατά την συλλογή του όποιες και αν είναι οι συνθήκες υγιεινής πάντα θα περιέχει μικροοργανισμούς. Επιπλέον, το γάλα μπορεί να περιέχει και παθογόνα βακτήρια, όπως *Listeria*, *Brucella*, *Mycobacterium* ή *Salmonella*, αφού οι συνθήκες δεν είναι ασηπτικές κατά την άμελη, συλλογή και μεταφορά (Saboya και Maubois, 2000).

Η καταστροφή της ενδεχομένως επικίνδυνης μικροβιακής χλωρίδας του γάλακτος λαμβάνει χώρα με κατάλληλη θερμική επεξεργασία, όπως με την παστερίωση Υψηλής Θερμοκρασίας Μικρού Χρόνου (HTST, High Temperature Short Time) και την αποστείρωση σε άκρως υψηλή θερμοκρασία (UHT, Ultra High Temperature). Η οποιαδήποτε θερμική επεξεργασία μπορεί να θανατώνει το μεγαλύτερο ποσοστό των μικροοργανισμών, ωστόσο τα νεκρά κύτταρα παραμένουν στο γάλα μαζί με τα ένζυμά τους που ενδεχομένως να παραμένουν ενεργά, με αποτέλεσμα η μεταβολική δραστηριότητά τους να αναπτύσσεται παράλληλα με την ανάπτυξη των βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στην παστερίωση γεγονός που προκαλεί μεταβολές στο γάλα κατά την αποθήκευσή του και μειώνει τον χρόνο ζωής του (Saboya και Maubois, 2000).

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για την αύξηση της διάρκειας ζωής του πόσιμου γάλακτος. Έντονη είναι η τάση για την παραγωγή γάλακτος υψηλής παστερίωσης το οποίο θα έχει διάρκεια ζωής 60-90 ημέρες υπό ψύξη. Ωστόσο, ο ανασταλτικός παράγοντας για την αύξηση του χρόνου ζωής του γάλακτος είναι η αλλοίωσή του από την ανάπτυξη βακτηρίων με αποτέλεσμα η διάρκεια ζωής του γάλακτος υψηλής παστερίωσης να είναι περίπου 14 ημέρες (Boor, 2001). Η εφαρμογή της υπερπαστερίωσης μπορεί να επεκτείνει τον χρόνο διάρκειας του γάλακτος στις 45 ημέρες αν στην συνέχεια αποθηκευτεί σε συνθήκες ψύξης. Το βασικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι ότι το παραγόμενο γάλα έχει έντονο ευδιάκριτο άρωμα και γεύση βρασμένου προϊόντος, με αποτέλεσμα να μην είναι αποδεκτό από τους καταναλωτές, παρόλο που μειώνει αρκετά τον αριθμό των μικροβίων (Charman και Boor, 2001). Ένας τρόπος για την αύξηση της διάρκειας ζωής του γάλακτος είναι και η μικροδιήθηση. Ο συνδυασμός της μικροδιήθησης και της υψηλής παστερίωσης αποτελεί μία εναλλακτική λύση για την αύξηση της διάρκειας ζωής του γάλακτος. Αρχικά, το γάλα αποκορυφώνεται και στην συνέχεια το άπαχο γάλα περνά από κεραμικές μεμβράνες μικροδιήθησης με μέγεθος πόρων 1,4 μm. Το συμπύκνωμα της μικροδιήθησης αναμειγνύεται με την κρέμα γάλακτος και θερμαίνεται στους 130 °C για 3 δευτερόλεπτα και στην συνέχεια αναμειγνύονται με το μικροδιηθημένο γάλα και γίνεται τυποποίηση της λιποπεριεκτικότητας. Τέλος, ακολουθεί συσκευασία υπό ασηπτικές συνθήκες (Hoffman κ.ά., 2006).

Οι μεμβράνες της μικροδιήθησης προσφέρουν μια εναλλακτική μέθοδο που μπορεί να αντικαταστήσει την θερμική επεξεργασία. Το μικροδιηθημένο γάλα σε σύγκριση με το κανονικό περιέχει περίπου κατά 3,5 δεκαδικούς λογαρίθμους λιγότερο μικροβιακό φορτίο. Επίσης, τα σπορογόνα βακτήρια που επιβιώνουν από την παστερίωση μπορούν να κατακρατηθούν καλύτερα με την μικροδιήθηση εξαιτίας του μεγάλου κυτταρικού όγκου τους. Με την μικροδιήθηση ο αριθμός σπορίων μειώνεται κατά 4,5 δεκαδικούς λογαρίθμους. Σε ότι αφορά την επίδραση της μικροδιήθησης σε ορισμένα παθογόνα βακτήρια όπως *Listeria monocytogenes*, *Brucella abortus*, *Salmonella typhimurium* και *Mycobacterium tuberculosis* ο αριθμός τους μειώνεται κατά 3,4, 4, 3,5 και 3,7 αντίστοιχα δεκαδικούς λογαρίθμους. Τέτοια αποτελέσματα εξασφαλίζουν ότι το μικροδιηθημένο άπαχο γάλα περιέχει λιγότερο από 1cfu/L από αυτά τα παθογόνα βακτήρια (Madec κ.ά., 1992). Ακόμη, σύμφωνα με τη Ζώτου (2009) σε μελέτη για το αγελαδινό γάλα, όσον αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ στο νωπό γάλα βρίσκονταν σε αρκετά υψηλούς πληθυσμούς οι Σταφυλόκοκοι (+) σε Πηκτάση και απουσίαζαν οι Λιστέρια και Σαλμονέλλα, αυτοί απουσίαζαν εξ ολοκλήρου από το παστεριωμένο και μικροδιηθημένο γάλα. Επίσης, με την μικροδιήθηση επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση των σωματικών κυττάρων με αποτέλεσμα το μικροδιηθημένο γάλα να μην περιέχει τα ανθεκτικά στην παστερίωση ένζυμα τους (Law και Goodenough, 1995).

4.1.2. Επιλεκτικός διαχωρισμός των μικκυλίων των καζεϊνών

Τα τελευταία χρόνια η μικροδιήθηση βρίσκει εφαρμογή στον διαχωρισμό των καζεϊνικών μικκυλίων από τις πρωτεΐνες ορού στο άπαχο γάλα (Rosenberg, 1995). Η μικροδιήθηση σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους, όπως είναι η οξίνιση και η πήξη του γάλακτος με πυτιά, δεν καταστρέφει την δομή των καζεϊνών (Al-Akoum κ.ά., 2002). Η χρήση μεμβρανών μικροδιήθησης με πόρους 0,1 μm επιτρέπει την τυποποίηση του λόγου καζεΐνες : πρωτεΐνες ορού, κατακρατώντας τα μικκύλια των καζεϊνών και επιτρέποντας την διέλευση υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών (Maubois και Ollivier , 1997). Αρκετοί παράμετροι επηρεάζουν τον βαθμό διαχωρισμού των καζεϊνών και των πρωτεϊνών ορού. Το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων κυμαίνεται από 0,01-0,3 μm και βρίσκεται μέσα στα όρια των πόρων των μεμβρανών της μικροδιήθησης (Zydney, 1996). Επίσης, το μέγεθος των μικκυλίων συσχετίζεται με την συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου και μειώνεται με την προσθήκη κιτρικών αλάτων και αυξάνεται με την προσθήκη αλάτων ασβεστίου και φωσφόρου (Le Berre και Daufin, 1998). Επιπρόσθετα, τα μικκύλια της υδρόφοβης β-καζεΐνης μικραίνουν σε μέγεθος με την μείωση της θερμοκρασίας (Bylund, 1995). Η β-καζεΐνη διαχωρίζεται από το καζεϊνικό μικκύλιο στους 4 °C και η εφαρμογή κρύας μικροδιήθησης παράγει εμπλουτισμένο κλάσμα β-καζεΐνης (Van Hekken και Holsinger, 2000).

4.1.3. Επιλεκτική κλασμάτωση των λιποσφαιρίων του γάλακτος

Στο γάλα, το λίπος παρουσιάζεται με την μορφή σφαιρικών λιποσφαιρίων με την διάμετρο να ποικίλει από 0,1-15 μm . Ο αριθμός λιποσφαιρίων ανά ml γάλακτος κυμαίνεται μεταξύ 10^{10} - 10^{11} και η επιφάνεια που καλύπτουν στο γάλα είναι από 5-11 m^2 ανά 100 ml γάλακτος (Walstra κ.ά., 1999). Τα λιποσφαίρια με διάμετρο μικρότερη από 1 μm απαντώνται σε ποσοστό 80% του συνολικού αριθμού των λιποσφαιρίων, αλλά περιέχουν μικρή ποσότητα λίπους σε σχέση με την συνολική. Αντίθετα, τα λιποσφαίρια με διάμετρο από 1-8 μm περιέχουν πάνω από 90% της συνολικής ποσότητας λίπους (Walstra κ.ά., 1999). Είναι γνωστό πως με την τεχνική της ομογενοποίησης επιτυγχάνεται αύξηση του αριθμού των λιποσφαιρίων με ταυτόχρονη μεταβολή της αίσθησης της γεύσης κατά την κατανάλωση ομογενοποιημένου γάλακτος σε σύγκριση με μη ομογενοποιημένο. Το ομογενοποιημένο είναι πιο γλυκό και έχει υψηλότερο ιξώδες σε σχέση με το αναφερόμενο. Επίσης, η μικροδομή και η συνοχή ορισμένων γαλακτοκομικών προϊόντων επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση των καζεϊνών και της μεμβράνης των λιποσφαιρίων. Συνεπώς, ένας τρόπος μείωσης ή αύξησης της αλληλεπίδρασης αυτής είναι η τροποποίηση των λιποσφαιρίων του γάλακτος συγκεκριμένης λιποπεριεκτικότητας (Goudédranche κ.ά., 2000).

Επίσης, η αύξηση του αριθμού των λιποσφαιρίων, πχ. η παραγωγή γάλακτος με την παρουσία μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων επηρεάζει το προφίλ των λιπαρών οξέων μεταξύ μικρού και μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων (Timmen και Patton, 1988). Τέτοια ρύθμιση του αριθμού των λιποσφαιρίων δεν μπορεί να γίνει με την ομογενοποίηση επειδή προκαλεί διάσπαση της μεμβράνης των λιποσφαιρίων με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να επιταχύνει την λιπόλυση. Η εφαρμογή της μικροδιήθησης μπορεί να διαχωρίσει μικρού (διάμετρος < 2 μm) και μεγάλου μεγέθους λιποσφαίρια (διάμετρος > 2 μm) χωρίς να προκαλέσει ζημιά στην μεμβράνη των λιποσφαιρίων. Η χρήση κεραμικών μεμβρανών μικροδιήθησης με πόρους 2 μm οδήγησε στην παραγωγή γάλακτος που περιείχε λιποσφαίρια με διάμετρο μικρότερη από 2 μm με αποτέλεσμα τα παραγόμενα γαλακτοκομικά προϊόντα να εμφανίσουν πιο ευχάριστη γεύση και καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα προϊόντα που παρασκευάστηκαν από γάλα κανονικό και γάλα που περιείχε λιποσφαίρια με διάμετρο μεγαλύτερη από 2 μm (Goudédranche κ.ά., 2000).

4.1.4. Απομάκρυνση του λίπους του τυρογάλακτος

Η απολίπανση του τυρογάλακτος είναι μια διαδικασία που έχει ερευνηθεί διεξοδικά. Ένας από τους προτεινόμενους τρόπους εφαρμογής της είναι η χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών και ειδικότερα της μικροδιήθησης. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει για την

βελτιστοποίηση της απομάκρυνσης του υπολειμματικού λίπους του τυρογάλακτος με την επίδραση της μικροδιήθησης ύστερα από μια συνολική προεργασία. Η διαδικασία προεργασίας περιλαμβάνει: α) επίδραση της υπερδιήθησης σε θερμοκρασία των 50 °C με σκοπό την συμύκνωση του τυρογάλακτος κατά 25%, β) χρήση μεμβρανών μικροδιήθησης με μέγεθος πόρων 0,8 μm με σκοπό την απομάκρυνση των μικροοργανισμών, γ) ρύθμιση της θερμοκρασίας στους 55 °C και της τιμής του pH στο 7,5 και δ) διαχωρισμός των συμπλόκων φωσφολιπιδίων του ασβεστίου με την εφαρμογή μικροδιήθησης με πόρους 0,1 μm (Maubois και Ollivier, 1997).

4.1.5. Καθαρισμός της άλμης

Ο αποτελεσματικός καθαρισμός της άλμης απαιτείται στην βιομηχανία γάλακτος με σκοπό την πρόληψη από επιμολύνσεις των τυριών κατά το στάδιο του αλατίσματος. Η άλμη μπορεί να περιέχει ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς, όπως λακτοβάκιλλους που παράγουν αέρια, παθογόνα βακτήρια (σταφυλόκοκκοι, λιστέρια και άλλα), ζύμες και μύκητες (Ottosen και Konigsfeld, 1999). Η μικροδιήθηση είναι μια πολύ σημαντική τεχνική για τον καθαρισμό της άλμης των τυριών, καθώς απομακρύνει τους μικροοργανισμούς και φυσικούς επιμολυντές της άλμης. Η επίδραση της μικροδιήθησης με μέγεθος πόρων 1,4 μm ή 0,8 μm σε άλμη οδήγησε σε ολοκληρωτική απομάκρυνση μυκήτων και ζυμών, μείωση των βακτηρίων κατά 99,9% και σε μείωση των αλάτων ασβεστίου μόνο κατά 6,7% και του περιεχομένου αζώτου κατά 2-3% (Pedersen, 1992).

Επιπλέον, η θερμοκρασία που συνιστάται για την μικροδιήθηση της άλμης είναι 20 °C με αποτέλεσμα να αποφεύγονται μεταβολές στην χημική σύσταση και στην ισορροπία των ανόργανων συστατικών που συνέβαιναν κατά τη θερμική επεξεργασία της (ιζηματοποίηση του φωσφορικού ασβεστίου, κατακρήμνιση των πρωτεϊνών) (Bintsis, 2006). Αν η θέρμανση της άλμης γινόταν σε θερμοκρασία 40-50 °C, όπως γίνεται κατά τη μικροδιήθηση του γάλακτος, θα προκαλούσε κατακρήμνιση των συμπλόκων του φωσφορικού ασβεστίου στην μεμβράνη και προκαλεί φράξιμο των πόρων καθώς η διαλυτότητα των συμπλόκων μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αντίθετα, η θερμοκρασία των 20 °C προκαλεί τις λιγότερες μεταβολές στην ισορροπία των ανόργανων συστατικών της άλμης κατά τη διάρκεια της μικροδιήθησης (Pedersen, 1992).

4.1.6. Επίδραση στις μικροβιακές ζυμώσεις

Η τεχνολογία των μεμβρανών και κυρίως η μικροδιήθηση μπορεί να εφαρμοστεί στην ζύμωση υγρών θρεπτικών υλικών είτε πρόκειται για ασυνεχή ή συνεχή ζύμωση με σκοπό τον

διαχωρισμό της βιομάζας από τους παραγόμενους μεταβολίτες (Kulozik, 1992). Η σύνδεση του ζυμωτήρα με συσκευή μικροδιήθησης με μέγεθος πόρων 0,1 μm βρήκε εφαρμογή για την ασηπτική εισαγωγή ασταθών στην θέρμανση συστατικών, όπως βιταμινών και αλάτων. Επίσης, η χρήση κεραμικών μεμβρανών μικροδιήθησης με μέγεθος πόρων 1,4 μm οδήγησε στην συλλογή κυττάρων των εναρκτηρίων βακτηρίων με την τελική συγκέντρωση της βιομάζας να αυξάνεται σε 10^{12} - 10^{13} cfu/ml (Saboya και Maubois, 2000).

4.1.7. Παραγωγή τυριών

Οι καταναλωτές τυριών επιθυμούν την κατανάλωση προϊόντων υψηλής ποιότητας σε συνδυασμό με ελάχιστο κίνδυνο υγιεινής. Τέτοιες προϋποθέσεις απαιτούν πλήρη έλεγχο της διαδικασίας τυροκόμησης ξεκινώντας από το γάλα που συλλέγεται προς τυροκόμηση. Η χρήση γάλακτος που έχει αρχικά επεξεργαστεί με την εφαρμογή της μικροδιήθησης, εξασφαλίζει στους παραγωγούς τυριών πλήρη έλεγχο του παραγόμενου προϊόντος. Για την τυροκόμηση χρησιμοποιείται μείγμα άπαχου μικροδιηθημένου γάλακτος και παστεριωμένης κρέμας γάλακτος. Τα τυριά που παράγονται από μικροδιηθημένο γάλα είναι πιο ασφαλή από υγιεινής πλευράς σε σχέση με τα τυριά που παράγονται από παστεριωμένο γάλα. Επίσης, αν και με την μικροδιήθηση απομακρύνονται σπορογόνα βακτήρια όπως το *Clostridium tyrobutyricum*, εν τούτοις η προσθήκη νιτρικών αλάτων εφαρμόζεται σε πολύ λίγες χώρες (Klantschitsch κ.ά., 2000).

Επιπροσθέτως, η μερική απομάκρυνση των πρωτεϊνών του ορού με την μικροδιήθηση, μειώνει σημαντικά την επιζήμια δράση της θερμικής επεξεργασίας στην δράση της πυτιάς και στην πήξη του γάλακτος. Η μείωση του λόγου κ-καζεΐνης: β-λακτογλοβουλίνης, μειώνει προφανώς τον βαθμό σχηματισμού του συμπλόκου τους κατά την θερμική επεξεργασία γεγονός που επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου τυριού (Maubois κ.ά., 2000). Το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να λυθεί με την χρήση σκόνης από καζεΐνες από μικροδιηθημένο γάλα. Αυτό δεν εφαρμόζεται σε βιομηχανικό επίπεδο, αλλά η εφαρμογή της θα οδηγούσε στην παραγωγή τυριών με υψηλότερη απόδοση και καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Garem κ.ά., 2000).

Το συμπύκνωμα της μικροδιήθησης είναι πλούσιο σε καζεΐνες και χρησιμοποιείται για την παραγωγή τυριών (Neocleous κ.ά., 2002) με αποτέλεσμα η απόδοση σε τυρί να είναι υψηλότερη σε σχέση με την παραγωγή τυριού από κανονικό γάλα (Vivekanand κ.ά., 2004). Αντίθετα, το μικροδιηθημένο γάλα είναι πλουσιότερο σε πρωτεΐνες ορού σε σχέση με το τυρόγαλα (Brans κ.ά., 2004). Επίσης, πήζει πιο γρήγορα και δίνει ένα πιο σκληρό και σταθερό τυρόπηγμα (Saint-Gelais κ.ά., 1998). Επιπλέον, σύμφωνα με τη Ζώτου (2009), οι αποδόσεις σε τυρί αλοφώδους υφής ήταν υψηλότερες και η περιεκτικότητά τους σε

πρωτεΐνες μεγαλύτερη όταν αυτό παρασκευάστηκε από παστεριωμένο και μικροδιηθημένο γάλα σε σχέση με αυτό που παρασκευάστηκε από νωπό γάλα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στη μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού, και κυρίως της β-λακτογλοβουλίνης, και τη δημιουργία συμπλόκων με την κ-καζεΐνη, στο τυρί από παστεριωμένο γάλα. Παρόμοια είναι η επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας που εφαρμόζεται και στη συμπύκνωση που υφίσταται το κλάσμα των καζεϊνών στο κατακράτημα κατά την εφαρμογή της μικροδιήθησης στο τυρί από μικροδιηθημένο γάλα. Σχετικά με τα ποσοστά των αλάτων στα τρία αυτά τυριά παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στο ψυγείο. Η μόνη κάπως σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε στην περιεκτικότητά τους σε άλατα ασβεστίου, μεταξύ του τυριού από νωπό και του τυριού από μικροδιηθημένο γάλα. Το ποσοστό του Ca στο τυρί από μικροδιηθημένο γάλα εμφανίζεται αυξημένο κατά 5-6% σε σχέση με το N, το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί από τις αυξημένες ποσότητες κολλοειδούς φωσφορικού ασβεστίου που επιτυγχάνονται στο μικροδιηθημένο γάλα, λόγω της συμπύκνωσής του με τη χρήση της τεχνολογίας της μικροδιήθησης. Τα μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους ήταν παρόμοια στα τυριά από παστεριωμένο και μικροδιηθημένο γάλα, ενώ ήταν υποβαθμισμένα στο τυρί από νωπό γάλα, γεγονός που καθιστά τα τυριά που παράγονται από γάλα που έχει επεξεργαστεί με την τεχνολογία της μικροδιήθησης ισάξια σε ποιότητα και ασφάλεια με τα τυριά που παράγονται από παστεριωμένο γάλα.

Η μικροδιήθηση του γάλακτος επηρεάζει την αρχική φυσική μικροβιακή χλωρίδα γεγονός που θα επηρεάσει τα χαρακτηριστικά των ΠΟΠ τυριών (αρωματικά χαρακτηριστικά και δομή). Επίσης, σύμφωνα με την παρούσα τεχνολογία η απομάκρυνση των βακτηρίων με την μικροδιήθηση λαμβάνει χώρα στους 35 °C και η κρέμα παστεριώνεται σε υψηλές θερμοκρασίες (90-95 °C για 2-3 λεπτά) χωρίς να είναι γνωστή η επίδραση της θέρμανσης στο λίπους, στην κατάσταση της μεμβράνης των λιποσφαιρίων και στην δομή του καζεϊνικού συμπλόκου κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών σε σχέση με τα τυριά που παράγονται από κανονικό γάλα (Maubois κ.ά., 2000).

Επιπλέον ο ρόλος κάθε είδους μικροοργανισμού κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών (πχ. Οξυγαλακτικά βακτήρια, μη εναρκτήριες οξυγαλακτικές καλλιέργειες, προπιονικά βακτήρια, ζύμες και μύκητες) δεν έχει μελετηθεί ακόμη.

4.1.8. Παρασκευή γιαουρτιού

Η εφαρμογή της μικροδιήθησης στην παρασκευή γιαουρτιού δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά. Στη βιομηχανία παρασκευής γιαουρτιού η μικροδιήθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την υπερδιήθηση διότι όταν προηγείται της υπερδιήθησης

του γάλακτος συμβάλλει στο να συντηρούνται οι πόροι της μεμβράνης της υπερδιήθησης καθαροί ελαχιστοποιώντας την απόθεση σωματιδίων στην μεμβράνη και να αποδίδουν καλύτερα κατά τη διήθηση, διατηρώντας τη ροή σε υψηλούς ρυθμούς. Επιπλέον η μικροδιήθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διαδικασία παρασκευής σκόνης ορού γάλακτος διότι μπορεί να κατακρατήσει τα λιποσφαίρια μικρής διαμέτρου που έχουν διαφύγει της φυγοκέντρωσης (Rinaldoni, 2009) και συμβάλλει στην αύξηση της καθαρότητας.

4.2. Εφαρμογές της μικροδιήθησης στην βιομηχανία άλλων τροφίμων και ποτών

Η μικροδιήθηση δεν βρίσκει εφαρμογή μόνο στην γαλακτοβιομηχανία, αλλά γενικότερα στην βιομηχανία υγρών τροφίμων. Παρακάτω αναλύονται οι εφαρμογές της μικροδιήθησης στην βιομηχανία τροφίμων.

Μία σημαντική εφαρμογή της μικροδιήθησης είναι σε χυμούς φρούτων. Αρκετοί ερευνητές έχουν κάνει εργασίες στην επίδραση της μικροδιήθησης σε χυμούς πορτοκαλιού και μήλου αλλά και σε τροπικά φρούτα. Το βασικό στοιχείο των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των χυμών των φρούτων είναι το άρωμα, που εξαρτάται από πτητικά συστατικά τα οποία επηρεάζονται σημαντικά από την θερμική επεξεργασία. Παρόμοια με το άρωμα, και οι βιταμίνες είναι ευαίσθητες στην θερμική επεξεργασία και στην παρουσία οξυγόνου με αποτέλεσμα να μειώνεται ή και να χάνεται η δραστηριότητά τους κατά την θερμική επεξεργασία. Με σκοπό την εξασφάλιση της μικροβιακής σταθερότητας του χυμού, ο χυμός παστεριώνεται σε θερμοκρασίες περίπου 90 °C, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάρκεια ζωής του προϊόντος και ταυτόχρονα να επηρεάζονται αρνητικά τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Μια εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας των χυμών είναι η μικροδιήθηση (Matta κ.ά., 2004). Είναι γνωστό πως με την θερμική επεξεργασία του χυμού του μήλου τα φυσικά πτητικά αρωματικά συστατικά μειώνονται γεγονός που υποβαθμίζει την διατροφική του αξία (Perédi κ.ά., 1981). Κατά την δειγματοληψία από την γραμμή παραγωγής χυμού μήλου παρατηρήθηκε πως με την μικροδιήθηση αυξήθηκαν οι συγκεντρώσεις όλων των αρωματικών συστατικών εκτός από το ισο-βουτυλο-οξικό οξύ, ενώ η παστερίωση του μικροδιηθημένου χυμού μείωσε αισθητά τις συγκεντρώσεις τους (Su και Wiley,1998). Επίσης, με την χρήση μεμβρανών μικροδιήθησης απομακρύνθηκαν πλήρως ζύμες και μύκητες σε χυμό μήλου και επετεύχθη η διαύγασή του με την απομάκρυνση των στερεών συστατικών (Matta κ.ά., 2004).

Η μικροδιήθηση εφαρμόζεται και στην ζυθοποιία. Ο καθαρισμός της παραγόμενης μύρας είναι σημαντικός για την σταθερότητα του προϊόντος επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση των ενεργών κυττάρων των ζυμών (μικροβιακή σταθερότητα) και

μεγαλομορίων που σχηματίζονται με την αλληλεπίδραση φαινολικών και πρωτεϊνικών σωματιδίων κατά τον καθαρισμό της μύρας σε χαμηλές θερμοκρασίες (κολλοειδής σταθερότητα). Επιπλέον είναι σημαντική η συγκράτηση αρωματικών συστατικών και η μείωση του δεσμευμένου οξυγόνου στην μύρα για να διατηρηθεί το άρωμα σταθερό (Gana κ.ά., 2001). Από τα παραπάνω φαίνεται πως ο καθαρισμός της μύρας είναι σημαντικός κατά την διάρκεια της ζύμωσης. Η συνηθισμένη τεχνολογία φιλτραρίσματος της μύρας είναι η διύληση Kieselguhr. Ωστόσο, το υψηλό κόστος αποτελεί περιοριστικό παράγοντα με αποτέλεσμα την ανάγκη χρήσης άλλων μεθόδων. Μια τέτοια εναλλακτική λύση είναι οι μεμβράνες μικροδιήθησης. Οι κεραμικές μεμβράνες με πόρους 0,2-1,3 μm έχουν το πλεονέκτημα της απομάκρυνσης των στερεών συστατικών και ζυμών, της μείωσης της απώλειας στην παραγωγή μύρας και την παραγωγή προϊόντος καλής ποιότητας με μειωμένο ενεργειακό κόστος (Kiefer, 1991).

Στην βιομηχανία παραγωγής κρασιού και ξυδιού η μικροδιήθηση χρησιμοποιείται σαν μία προεργασία για την απομάκρυνση στερεών συστατικών και την αποστείρωση του προϊόντος. Επίσης, άλλα πλεονεκτήματα της μικροδιήθησης στην οινοποιία είναι: α) η διευκόλυνση της σταθεροποίησης του κρασιού με την απομάκρυνση των κολλοειδών σωματιδίων, β) η αποφυγή δευτερογενών ζυμώσεων με την απομάκρυνση ζυμών και βακτηρίων και γ) η διαύγαση του κρασιού (Van der Horst και Hanemaaijer, 1990).

Επιπρόσθετα, η μικροδιήθηση βρίσκει εφαρμογή στην απομάκρυνση της οβομουκίνης από το ασπράδι του αυγού. Η οβομουκίνη, είναι μια γλυκοπρωτεΐνη υψηλού μοριακού βάρους που επηρεάζει το ιξώδες του ασπραδιού του αυγού (Powrie και Nakai, 1986). Η χρήση μεμβρανών μικροδιήθησης με πόρους 1,4 μm μείωσε τον αριθμό των μικροοργανισμών στο ασπράδι του αυγού και παράλληλα διαχώρισε επιτυχώς την οβομουκίνη χωρίς να εμφανισθούν προβλήματα φραξίματος στους πόρους των μεμβρανών (Ferreira κ.ά., 1999).

4.3. Τα προβλήματα της μικροδιήθησης

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της μικροδιήθησης στην βιομηχανία τροφίμων είναι το φράξιμο των μεμβρανών και αποδίδεται σε τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς: α) Στην προσρόφηση των διαλυτών συστατικών (πρωτεΐνες, κολλοειδή, λίπος) και στην προσκόλληση των βακτηρίων στην επιφάνεια της μεμβράνης και στο εσωτερικό των πόρων, β) Στη συμπύκνωση των προσκολλούμενων σωματιδίων που λαμβάνει χώρα με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας συμπαγούς μάζας και γ) Στο φράξιμο των πόρων (Van der Horst και Hanemaaijer, 1990).

Αρχικά, το φράξιμο της μεμβράνης ξεκινά με την προσρόφηση των συστατικών και την προσκόλληση των βακτηρίων στην επιφάνεια της μεμβράνης. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε ασθενείς δυνάμεις, όπως υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, χημικούς δεσμούς, αλληλεπιδράσεις μεταξύ διπόλων και ιόντων-διπόλων, γέφυρες υδρογόνου, καθώς και σε ισχυρές δυνάμεις όπως είναι οι δυνάμεις Van Der Waals, ηλεκτρικές δυνάμεις έλξης και απώθησης και ο σχηματισμός γεφυρών (Van der Horst και Hanemaaijer, 1990).

Ένας από τους παράγοντες που προάγουν την προσρόφηση των συστατικών στην μεμβράνη της μικροδιήθησης είναι η συμπύκνωση των προσκολληθέντων σωματιδίων. Η συμπύκνωση των τελευταίων κοντά στην επιφάνεια της μεμβράνης αυξάνει την πιθανότητα προσρόφησης. Υψηλά επίπεδα συμπύκνωσης στην επιφάνεια της μεμβράνης οδηγούν σε κρυσταλλοποίηση πχ. αλάτων, ή σε προσρόφηση πρωτεϊνών και κολλοειδών που συνοδεύεται με τον σχηματισμό μιας συμπαγούς μάζας στην επιφάνεια της μεμβράνης. Η στρώση αυτή αυξάνει την αντίσταση στην μεταφορά μάζας. Για τον λόγο αυτό είναι επιβεβλημένο το φαινόμενο αυτό να περιοριστεί βελτιστοποιώντας την δυναμική του συστήματος της μεμβράνης (Van der Horst και Hanemaaijer, 1990). Αυτό επιτυγχάνεται με αύξηση του στροβιλισμού και των δυνάμεων συνοχής στην επιφάνεια της μεμβράνης με σκοπό την αύξηση του συντελεστή μεταφοράς μάζας (Merin και Daufin, 1990).

Το φράξιμο των πόρων που προκαλείται από τα σωματίδια και τα διαλυτά συστατικά που παγιδεύονται σε αυτούς αποτελεί το κύριο πρόβλημα φραξίματος της μικροδιήθησης και έχει αξιοσημείωτη αρνητική επίδραση στην ροή και στα χαρακτηριστικά του διηθήματος. Η μορφολογία των μεμβρανών αποτελεί παράγοντα ανίχνευσης του παραπάνω προβλήματος. Αρχικά, οι πόροι θα πρέπει να έχουν τέτοια δομή, ώστε τα σωματίδια που διαπερνούν το ανώτατο στρώμα της μεμβράνης να μην εγκλωβίζονται στο εσωτερικό της. Επίσης, η επιφάνεια της μεμβράνης θα πρέπει να είναι λεία, αλλιώς μειώνεται η δραστηριότητά της με αποτέλεσμα την παραμονή των σωματιδίων σε αυτή κατά τη διάρκεια της μικροδιήθησης, γεγονός που οδηγεί στον σχηματισμό ενός συμπαγούς στερεού σχηματισμού (Van der Horst και Hanemaaijer, 1990).

Προς αποφυγή των ανωτέρω προβλημάτων και για την ορθή λειτουργία της συσκευής της μικροδιήθησης απαιτείται ο σχολαστικός καθαρισμός των μεμβρανών της μικροδιήθησης. Ο καθαρισμός του εξοπλισμού της μικροδιήθησης εκτελείται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και στις άλλες μεμβράνες, με διαφοροποιήσεις να οφείλονται στην φύση των υλικών της μεμβράνης και στις υψηλότερες απαιτήσεις ποιότητας νερού που επιβάλλεται. Πράγματι, το νερό που χρησιμοποιείται στα διάφορα βήματα ξέπλυματος της συσκευής και στην παρασκευή των διάφορων διαλυμάτων δεν θα πρέπει να περιέχει κολλοειδή σωματίδια ή μικροοργανισμούς ύποπτους για το φράξιμο των πόρων των μεμβρανών. Ένας κύκλος πλυσίματος της συσκευής της μικροδιήθησης περιλαμβάνει ξέπλυμα της συσκευής με ζεστό

νερό (50 °C) και ακολουθεί πλύσιμο με ισχυρό οξύ και στην συνέχεια με ισχυρή βάση με εφαρμογή των παραπάνω για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Τέλος, ακολουθεί ξέπλυμα με απιονισμένο νερό μέχρι η τιμή του pH του νερού να είναι ουδέτερο (Beolchini κ.ά., 2005). Η αποδοτικότητα του πλυσίματος ελέγχεται από την ροή του νερού που θα πρέπει να είναι σε καθορισμένες τιμές και από την βακτηριολογική κατάσταση του τελευταίου νερού ξεπλύματος που δεν θα πρέπει να περιέχει μικροοργανισμούς (Saboya και Maubois, 2000).

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Επεξεργασία αγελαδινού γάλακτος με μικροδιήθηση

Πλήρες νωπό αγελαδινό γάλα ποσότητας 50 kg παραλήφθηκε από τα ζώα του κτηνοτροφείου (4 αγελάδες που βρίσκονταν στο 3^ο στάδιο της γαλακτικής τους περιόδου) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και επεξεργάστηκε με μικροδιήθηση έτσι ώστε ακολούθως να δημιουργηθούν τα τρεις διαφορετικοί τύποι γάλακτος για την παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου ή την παρασκευή ρευστού γιαουρτιού.

Το γάλα αρχικά καθαρίστηκε από τυχόν ξένες ύλες και προθερμάνθηκε στους 35°C προκειμένου να αποκορυφωθεί με τη χρήση εργαστηριακού κορυφολόγου.

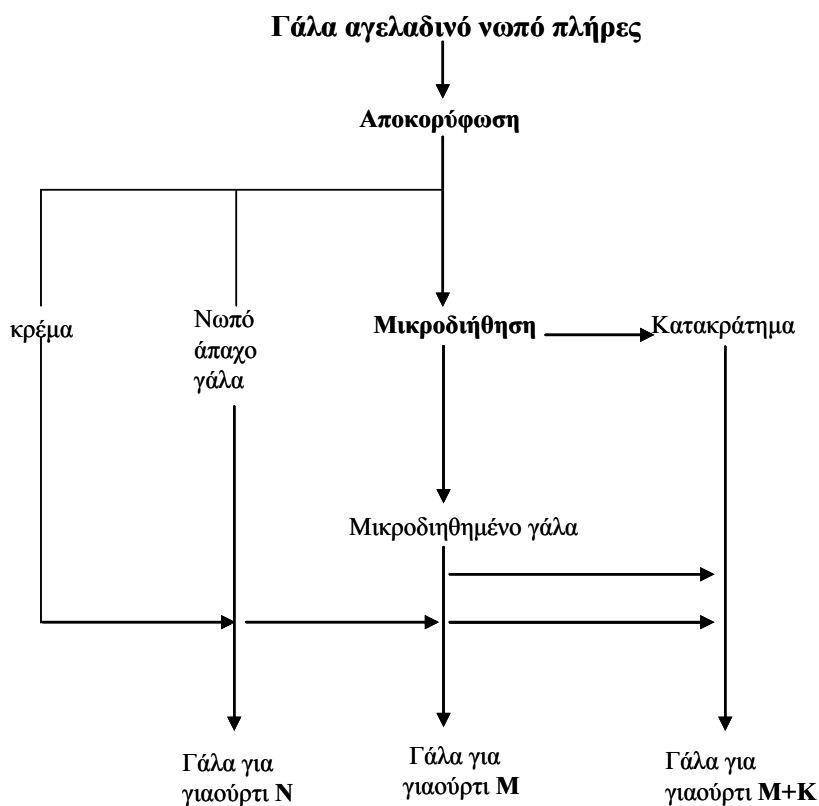
Μετά την αποκορύφωση, ~ 35 kg άπαχου νωπού γάλακτος θερμάνθηκαν στους 50°C και ακολούθησε η εισαγωγή τους στην πιλοτική μονάδα μικροδιήθησης της εταιρίας PALL Italia s.r.l. (MILANO, Italy) με κεραμικές μεμβράνες P19-40 της Membralox[®] οι οποίες είχαν τα εξής χαρακτηριστικά: ενεργό υλικό μεμβράνης υπερκάθαρο αλουμίνιο (>99,7%), μέγεθος πόρων 1,4 μm, κανάλια 19, διάμετρος καναλιών 4mm, μήκος 1020 mm και επιφάνεια μικροδιήθησης 0,24 m². Η θερμοκρασία του γάλακτος κατά τη μικροδιήθηση ήταν σταθερή στους 50°C, η πίεση 3 bar και η διάρκεια μικροδιήθησης 15 min.

Μετά από κάθε μικροδιήθηση ακολουθούσε πρόγραμμα καθαρισμού της μονάδας, βασισμένο στους Beolchini κ.α. (2005) που περιελάμβανε τα εξής στάδια: α) ξέπλυμα με νερό β) πλύσιμο με υδατικό διάλυμα NaOH 1% στους 60 °C για 20 λεπτά, γ) πλύσιμο με υδατικό διάλυμα NaOH 2% στους 80 °C για 60 λεπτά, δ) ξέβγαλμα με απιονισμένο νερό στους 60 °C για 30 min μέχρι pH≈7, ε) πλύσιμο με υδατικό διάλυμα HNO₃ 1% στους 60 °C για 30 λεπτά και ζ) ξέβγαλμα με απιονισμένο νερό στους 60 °C για 30 min μέχρι pH≈7.

5.2 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

5.2.1 Παρασκευή των τριών τύπων γάλακτος

Μέρος του άπαχου νωπού ή μικροδιηθημένου ή μίγματος μικροδιηθημένου και κατακρατήματος γάλακτος αναμειχθηκε με μέρος της κρέμας έτσι ώστε να προκύψουν οι αντίστοιχοι τύποι γάλακτος **N**, **M** και **M+K** σε ποσότητα 4,5 kg το καθένα και λιποπεριεκτικότητας ~3,5%. Τα γάλατα αυτά αποτέλεσαν την πρώτη ύλη για την παρασκευή του γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου **N**, **M** και **M+K** αντίστοιχα. Η πειραματική πορεία της παρασκευής των τριών τύπων γάλακτος συνοψίζεται στο Διάγραμμα 5.1.



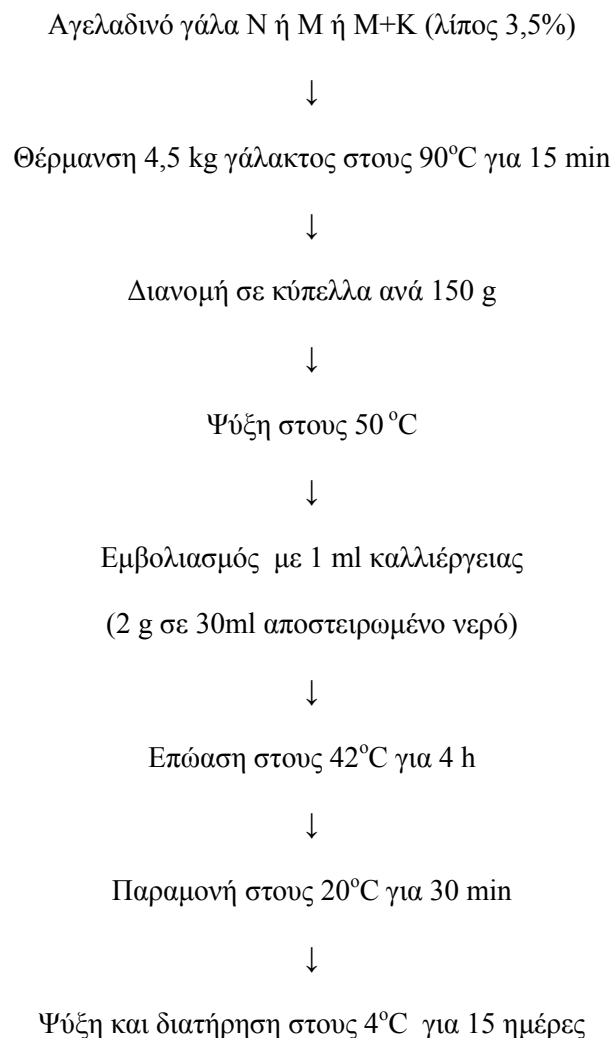
Διάγραμμα 5.1 Πειραματική πορεία παρασκευής των τριών τύπων γάλακτος για την παραγωγή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

5.2.2 Καλλιέργεια γιαουρτιού

Η καλλιέργεια που χρησιμοποιήθηκε ήταν του εμπορίου σε λυοφυλιωμένη μορφή (Lyofast Y 482 F, SACCO, Italy) που περιείχε ειδικά επιλεγμένα στελέχη του *Streptococcus thermophilus* και του *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* τα οποία παράγουν εξωπολυσακχαρίτες (EPSs). Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του παρασκευαστή, η καλλιέργεια αυτή είναι κατάλληλη για την παρασκευή παραδοσιακού αρωματικού γιαουρτιού συνεκτικής υφής καθώς και για την παρασκευή ρευστού γιαουρτιού.

5.2.3 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

Το γιαούρτι παραδοσιακού τύπου παρασκευάστηκε σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.2. Το πείραμα είχε 3 επεμβάσεις όσον αφορά την πρώτη ύλη και πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις του.



Διάγραμμα 5.2 Διαδικασία παρασκευής γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

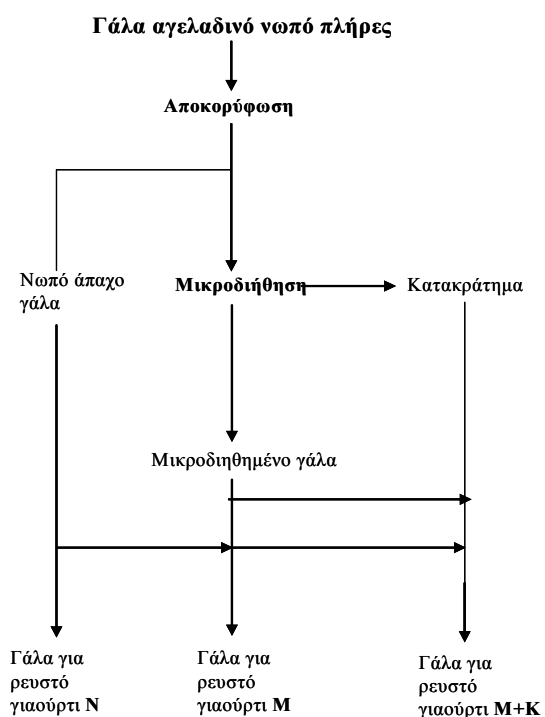
5.3 Παρασκευή ρευστού γιαουρτιού

5.3.1 Παρασκευή των τριών τύπων γάλακτος

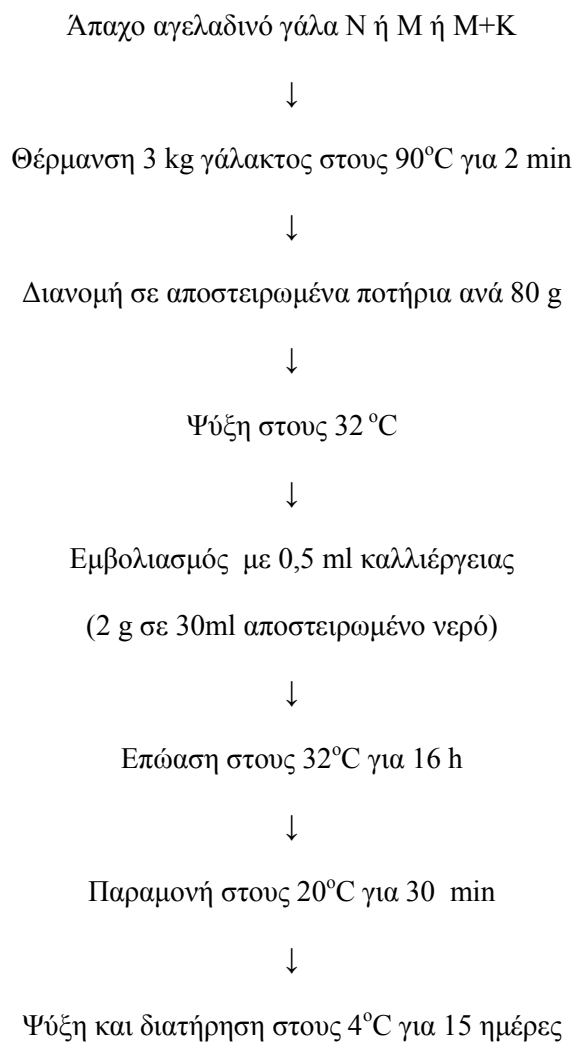
Γάλα άπαχο νωπό ή μικροδιηθημένο ή μίγμα μικροδιηθημένου και κατακρατήματος κωδικοποιημένα ως **N**, **M** και **M+K** αντίστοιχα παρασκευάσθηκαν σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.3

5.3.2 Παρασκευή ρευστού γιαουρτιού

Για την παρασκευή του ρευστού γιαουρτιού χρησιμοποιήθηκε η ίδια καλλιέργεια (παράγραφος 5.2.2), το προϊόν παρασκευάστηκε σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.4 και συνολικά έγιναν 3 πειραματικές επαναλήψεις.



Διάγραμμα 5.3 Πειραματική πορεία παρασκευής των τριών τύπων γάλακτος για την παραγωγή ρευστού γιαουρτιού



Διάγραμμα 5.4 Διαδικασία παρασκευής ρευστού γιαουρτιού

5.4 Δειγματοληψία και αναλύσεις

Κάθε φορά γινόταν δειγματοληψία από το αρχικό νωπό πλήρες αγελαδινό γάλα στο οποίο προσδιορίζονταν το pH, η οξύτητα και η σύσταση. Μετά την αποκορύφωση λαμβάνονταν δείγματα κρέμας και άπαχου νωπού γάλακτος για λιπομέτρηση και ακολούθως κατά τη διάρκεια της μικροδιήθησης λαμβάνονταν δείγματα από το άπαχο μικροδιηθημένο και το κατακρατημένο γάλα προκειμένου να αναλυθούν ως προς τη χημική τους σύσταση και να γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί για την παρασκευή των τριών τύπων γάλακτος του πειράματος. Τέλος από τα γάλατα του πειράματος λαμβάνονταν δείγματα για χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις.

Οι αναλύσεις των προϊόντων (γιαούρτι παραδοσιακού τύπου ή ρευστό γιαούρτι) πραγματοποιήθηκαν στο φρέσκο προϊόν (1η ημέρα), στις 7 και στις 15 ημέρες διατήρησης, εις διπλούν ή εις τριπλούν, κατά περίπτωση όπως αναφέρεται παρακάτω.

5.4.1 Προσδιορισμός λιποπεριεκτικότητας κρέμας

Η κρέμα από την αποκορύφωση του πλήρους γάλακτος αναλύθηκε ως προς τη λιποπεριεκτικότητά της με τη μέθοδο KOEHLER, όπως περιγράφεται από τον Ανυφαντάκη (1992).

5.4.2 Προσδιορισμός σύστασης, pH, οξύτητας και αριθμού σωματικών κυττάρων του γάλακτος

Η μέτρηση του pH έγινε σε πεχάμετρο (Metrohm-632) ενώ η μέτρηση της οξύτητας ως εξής: Σε 10 ml δείγματος γάλακτος προστέθηκαν 1-2 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλείνης και ακολούθησε τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/9 (Ανυφαντάκης, 1992).

Ο προσδιορισμός της σύστασης (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη και στερεό υπόλειμμα) καθώς και ο προσδιορισμός των σωματικών κυττάρων σε όλους τους τύπους γάλακτος έγινε σε συσκευή Cow Milcoscan 6000+ Cow Fossomatic (Foss).

5.4.3 Προσδιορισμός μικροβιολογικής ποιότητας του γάλακτος και του προϊόντος

Από τα δείγματα γάλακτος, αφού ανακινήθηκαν καλά, λήφθηκε 1 ml και μεταφέρθηκε σε 9 ml αραιωτικό μέσο Ringer. Τα δείγματα γιαούρτης ομογενοποιήθηκαν σε Stomacher και

στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αποστειρωμένη σπάτουλα υπό ασηπτικές συνθήκες ζυγίστηκαν 10 g προϊόντος και μεταφέρθηκαν σε αποστειρωμένη σακούλα Stomacher, όπου προστέθηκαν 90 ml διαλύματος κιτρικού τρι-νάτριου και ομογενοποιήθηκαν εκ νέου.

Στη συνέχεια τόσο για το γάλα όσο και για το προϊόν έγινε η προετοιμασία των δεκαδικών αραιώσεων σύμφωνα με το IDF standard 122 (IDF, 2001) και ακολούθησε ο ενοφθαλμισμός σε ειδικά υποστρώματα και η επώαση των τρυβλίων ως ακολούθως.

- Ολική μικροβιακή χλωρίδα, με το θρεπτικό υπόστρωμα PCA (Plate Count Agar) με την τεχνική ενσωμάτωσης σε διπλά τρυβλία και επώαση στους 30 °C για 72 ώρες
- Κολοβακτηρίδια, με το θρεπτικό υπόστρωμα VRBL (Violet Red Biolet Agar) με την τεχνική ενσωμάτωσης με διπλό στρώμα (συνθήκες αναερόβιες), σε διπλά τρυβλία και επώαση στους 37 °C για 24 ώρες
- Ζύμες και μύκητες, με το θρεπτικό υπόστρωμα YGC (Yeast Glucose Chloramphenicol) με την τεχνική της ενσωμάτωσης σε διπλά τρυβλία και επώαση στους 25 °C για 120 ώρες
- Θερμόφιλοι κόκκοι, με το υπόστρωμα M-17 με την τεχνική της ενσωμάτωσης σε διπλά τρυβλία και επώαση στους 37 °C για 48 ώρες, σύμφωνα με το IDF standard 117 (IDF, 2003)
- Θερμόφιλοι βάκιλλοι, με το υπόστρωμα MRS, pH 5,6 με την τεχνική της ενσωμάτωσης σε διπλά τρυβλία και επώαση στους 37 °C υπό αναερόβιες συνθήκες (10% διοξείδιο του άνθρακα) για 72 ώρες, σύμφωνα με το IDF standard 117 (IDF, 2003)

5.4.4 Προσδιορισμός pH και οξύτητας στο προϊόν

Αρχικά, το δείγμα ομογενοποιούνταν σε Stomacher προκειμένου να μετρηθεί το pH και η οξύτητα. Η μέτρηση του pH έγινε σε πεχάμετρο. Για τη μέτρηση της οξύτητας ζυγίστηκαν 10 g δείγματος γιαουρτιού σε ποτήρι ζέσεως, προστέθηκαν 10 ml απεσταγμένου νερού και 1-2 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και ακολούθησε τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/9 (Ανυφαντάκης, 1992). Η οξύτητα εκφράστηκε σε g γαλακτικού οξέος ανά 100 g προϊόντος.

5.4.5 Προσδιορισμός ξηρής ουσίας στο προϊόν

Αρχικά γινόταν ομογενοποίηση του δείγματος και ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας γινόταν με ξήρανση ποσότητας ~5 g (με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού) μέχρι σταθερού βάρους. Η ανάλυση αυτή έγινε την 1^η και 15^η μέρα διατήρησης.

5.4.6 Προσδιορισμός τέφρας στο προϊόν

Για τον προσδιορισμό της τέφρας στο προϊόν, ακολουθήθηκε αρχικά η διαδικασία προσδιορισμού της ξηράς ουσίας και στη συνέχεια το περιεχόμενο της κάθε κάψας κάηκε σε λύχνο Bunsen και οι κάψες τοποθετήθηκαν στο φούρνο αποτέφρωσης στους 550° C για 5,5 ώρες. Ο προσδιορισμός τέφρας έγινε στα δείγματα 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας.

5.4.7 Προσδιορισμός λιποπεριεκτικότητας στο προϊόν

Για τον προσδιορισμό του λίπους στο γιαούρτι εφαρμόστηκε η μέθοδος Gerber-Van Gulik (IDF, 2008) τροποποιημένη ως ακολούθως (Ανυφαντάκης, 1992): Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίστηκαν 11,33 g γιαούρτης, προστέθηκαν 6 mlθειικού οξέος, αναμίχθηκαν καλά μέχρι να διαλυθούν οι πρωτεΐνες του δείγματος και ακολούθως μεταφέρθηκαν προσεκτικά στο βουτυρόμετρο χρησιμοποιώντας άλλα 4 mlθειικού οξέος. Κατόπιν στο βουτυρόμετρο προστέθηκε 1 mlισοαμυλικής αλκοόλης από δοσομετρική φιάλη, τοποθετήθηκε το πώμα του βουτυρομέτρου και το περιεχόμενο αναμίχθηκε καλά. Ακολούθησε φυγοκέντρηση στις 1100-1200 στροφές/λεπτό για 5 λεπτά, τοποθέτησή του στο υδατόλουτρο των 65 ± 1°C για 5 λεπτά και κατόπιν έγινε ανάγνωση της στήλης του λίπους (% λιποπεριεκτικότητα).

5.4.8 Προσδιορισμός ολικού αζώτου στο προϊόν

Για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο προϊόν χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Kjeldahl, όπως αυτή περιγράφεται στη μέθοδο IDF 20_1 (IDF, 2001). Ο προσδιορισμός έγινε στα δείγματα 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας εις τριπλούν.

5.4.9 Προσδιορισμός σακχάρων και οργανικών οξέων στο προϊόν

Ο προσδιορισμός των σακχάρων (λακτόζη, γαλακτόζη και γλυκόζη) και των παραγόμενων οργανικών οξέων (γαλακτικό, κιτρικό, πυροσταφυλικό κ.α) στο προϊόν έγινε με Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC).

Το δείγμα προετοιμάστηκε σύμφωνα με τους Kaminarides κ.α. (2007) με διάφορες τροποποιήσεις ως εξής: 10 g γιαουρτιού

διαλύθηκαν με νερό, μεταφέρθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 100ml στην οποία προστέθηκαν 40ml βολφραμικού οξέος. Η φιάλη ανακινήθηκε και στην συνέχεια αφέθηκε για λίγο σε ηρεμία. Ακολούθησε διήθηση σε φίλτρο Whatman No 40. Από το διήθημα κάθε

δείγματος 1 ml αναμίχθηκε με 100 μl 70% HClO₄ (υπερχλωρικού οξέος) και μεταφέρθηκε στο ψυγείο όπου παρέμεινε για 24h. Ακολούθησε φυγοκέντρηση στις 12500 rpm για 60min στους 4°C σε φυγόκεντρο Heraus Sepatech, Biofuge 22R. Η υπερκείμενη φάση διηθήθηκε από φίλτρο πορώδους 0,22 μm. Η ανάλυση με την HPLC έγινε στο διήθημα, 20 μl του οποίου εισήχθησαν με τη βοήθεια σύριγγας σε σύστημα HPLC εφοδιασμένο με αντλία (GBC 1150 HPLC pump), στήλη Aminex HPX-87H (300 mm x7.8 mm) και συνδεδεμένο με έναν ανιχνευτή διάθλασης (GBC LC 1240 R.I. Detector). Η έκλουση έγινε ισοκρατικά με κινητή φάση 5 mM H₂SO₄ υπό σταθερή θερμοκρασία 35°C και ταχύτητα ροής 0.5ml/min. Τα αποτελέσματα συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν από το λογισμικό WinchromTM v1.32, 1999. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών ουσιών χρησιμοποιήθηκαν καμπύλες αναφοράς.

Ο προσδιορισμός των σακχάρων και των παραγόμενων οργανικών οξέων στο προϊόν έγινε στα δείγματα 1^{ης}, 7^{ης} και 15^{ης} ημέρας εις διπλούν.

5.4.10 Προσδιορισμός συνεκτικότητας γιαουρτιού

Η μέτρηση της συνεκτικότητας της παραδοσιακής γιαούρτης πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή Shimadzu Testing Instrument, AGS-500 NG (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), η οποία είναι εξοπλισμένη με μία κεφαλή βάρους 5 kg (5 kg load cell). Ένα έμβολο με διάμετρο 25 mm συνδέεται με την κινούμενη κεφαλή η οποία μετακινείται προς τα κάτω ή προς τα πάνω με ταχύτητα 120 mm / min. Η ανάλυση έγινε ως εξής:

Μετά την απομάκρυνση της επιδερμίδας του, το δείγμα γιαουρτιού, παραμένοντας μέσα στο πλαστικό κύπελλο και έχοντας αποκτήσει θερμοκρασία 20°C, τοποθετήθηκε πάνω σε μία επίπεδη πλάκα όπου συγκρατούνταν σταθερό. Η κεφαλή με το έμβολο τοποθετήθηκε σε απόσταση 20 mm από την επιφάνεια του γιαουρτιού και ακολούθησε η ανάλυση σύμφωνα με τις οδηγίες του οργάνου και την επιλεγμένη μέθοδο ανάλυσης. Η συνεκτικότητα (σε μονάδες N) υπολογίστηκε από την προκύπτουσα καμπύλη και ορίστηκε ως το ύψος της κορυφής της αντίστασης κατά τη διάρκεια του κύκλου συμπίεσης, η οποία είναι η απαραίτητη δύναμη για την επίτευξη μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης εντός της επιφάνειας του γιαουρτιού. Στην πράξη αντιστοιχεί στην αντίσταση κατά τη ‘δαγκωματιά’ στο προϊόν.

Ο προσδιορισμός της συνεκτικότητας έγινε στα δείγματα 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας εις διπλούν.

5.4.11 Προσδιορισμός συναίρεσης γιαουρτιού

Η συναίρεση της παραδοσιακής γιαούρτης προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της στράγγισης, ογκομετρώντας αλλά και ζυγίζοντας τον ορό μετά από τεμαχισμό και διήθηση του περιεχομένου ολόκληρου του κυπέλλου γιαουρτιού (150 g), αφού προηγουμένως είχε

αφαιρεθεί η πέτσα. Το περιεχόμενο αρχικά τεμαχίστηκε σε τεταρτημόρια και ακολούθησε διήθηση μέσω ενός τυρόπανου στους 4 °C για 24 ώρες. Ο ορός συλλεγόταν σε ογκομετρικό κύλινδρο και καταγραφόταν ο όγκος του σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (σε 1 min, 3 min, 5 min, 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 min, 2 h και 24 h). Επιπλέον καταγράφηκε και το βάρος του ορού στις 24 h, από το οποίο προέκυψε η συναίρεση ως ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος (% w/w).

Ο προσδιορισμός της συναίρεσης έγινε στα δείγματα 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας εις διπλούν.

5.4.12 Προσδιορισμός ιξώδους ρευστού γιαουρτιού

Το ιξώδες του ρευστού γιαουρτιού μελετήθηκε σε ένα ρεόμετρο Rheometric ScientificTM SRS το οποίο δουλεύει με ρυθμιζόμενη παραμόρφωση. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η μεταβολή του ιξώδους (Eta) σε σχέση με το ρυθμό διάτμησης (stress) σε θερμοκρασία 18°C για 6 min.

Ο προσδιορισμός του ιξώδους έγινε στα δείγματα 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας εις διπλούν.

5.4.13 Οργανοληπτική αξιολόγηση γιαουρτιού

Τα δείγματα των τριών γιαουρτιών παραδοσιακού τύπου (γιαούρτι N, M και M+K) αξιολογήθηκαν ως προς εννέα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους την 1^η ημέρα μετά την παρασκευή τους καθώς και την 15^η ημέρα διατήρησής τους στο ψυγείο. Η αξιολόγηση έγινε από μία ομάδα 6 δοκιμαστών, οι οποίοι συμπλήρωναν το φύλλο αξιολόγησης που επισυνάπτεται παρακάτω, βαθμολογώντας σε κλίμακα από 0 έως 10. Το φύλλο αξιολόγησης δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη προτεινόμενα χαρακτηριστικά από τους Robinson και Itsaranuwat (2006) καθώς και τη φύση του συγκεκριμένου προϊόντος.

5.4.14 Οργανοληπτική αξιολόγηση ρευστού γιαουρτιού

Τα δείγματα ρευστού γιαουρτιού (N, M και M+K) αξιολογήθηκαν ως προς έξι οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά τους την 1^η ημέρα της παρασκευής τους καθώς και την 15^η ημέρα διατήρησής τους στο ψυγείο. Η αξιολόγηση έγινε από μία ομάδα 6 δοκιμαστών οι οποίοι συμπλήρωναν το φύλλο αξιολόγησης που επισυνάπτεται παρακάτω, βαθμολογώντας σε κλίμακα από 0 έως 8. Το φύλλο αξιολόγησης δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη προτεινόμενα χαρακτηριστικά από τους Nilsson κ.α. (2006) καθώς και τη φύση του συγκεκριμένου προϊόντος. Επιπλέον στην αξιολόγηση αυτού του προϊόντος χρησιμοποιήθηκε και ξυνόγαλα εμπορίου (ΔΡΟΣΑΤΟ) ως μάρτυρας.

**ΦΥΛΛΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΤΥΠΟΥ**

Ημερομηνία:

Όνομα δοκιμαστή:

Παρακαλούμε, αξιολογήστε **τα κάτωθι χαρακτηριστικά** δειγμάτων γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου από ΑΓΕΛΑΔΙΝΟ γάλα όπως **τα αντιλαμβάνεστε** π.χ. λίγο ή πολύ άρωμα, μικρή ή μεγάλη οξύτητα, βαθμολογώντας σε κλίμακα από 0 έως 10 αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικό	Βαθμολογία (0-10)		
	Δείγμα	Δείγμα	Δείγμα
Εμφάνιση			
Επιδερμίδα			
Ανεπιθύμητη οσμή			
Λευκό χρώμα			
Συνεκτικότητα			
Συναίρεση			
Γεύση			
Άρωμα			
Οξύτητα			

Σχόλια:

Ευχαριστούμε

ΦΥΛΛΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

Ημερομηνία:

Όνομα δοκιμαστή:

Παρακαλούμε, αξιολογήστε τα κάτωθι χαρακτηριστικά δειγμάτων ρευστού γιαουρτιού από ΑΓΕΛΛΑΔΙΝΟ γάλα όπως τα αντιλαμβάνεστε σύμφωνα με τις οδηγίες, βαθμολογώντας σε κλίμακα από 1 έως 8

Χαρακτηριστικό	Δείγμα	Δείγμα	Δείγμα
Ιξώδες (εάν πριν την κατάποση το αντιλαμβάνεστε παχύ βαθμολογήστε με 8, εάν ρευστό με 1)			
Αλευρώδης υφή (flouriness) (αμέσως μετά την κατάποση, αίσθηση αλεύρου =8, λεία (smooth) =1)			
Επίγευση (καλή=8, κακή=1)			
Γεύση (επιθυμητή =8, ανεπιθύμητη =1)			
Άρωμα (έντονο=8, άτονο=1)			
Οξύτητα (μεγάλη=8, μικρή =1)			

Σχόλια:

Ευχαριστούμε

5.4.15 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με το λογισμικό Statgraphics (Centurion v, xv, Manugintics, Inc., Rockville, Maryland 20852, USA). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

6.1.1 Σύσταση των τύπων γάλακτος για το γιαούρτι παραδοσιακού τύπου

Τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των τύπων γάλακτος που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1. Πλην της περιεκτικότητας σε σωματικά κύτταρα οι τρεις τύποι γάλακτος δεν διέφεραν μεταξύ τους. Είναι γνωστό ότι η μικροδιήθηση κατακρατεί τα σωματικά κύτταρα και σύμφωνα με παλαιότερη μελέτη που έγινε στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας στις ίδιες συνθήκες μικροδιήθησης, το μικροδιηθημένο άπαχο αγελαδινό γάλα δεν περιείχε καθόλου (Πανόπουλος, 2008). Στην παρούσα μελέτη, στην περίπτωση του μικροδιηθημένου γάλακτος Μ τα σωματικά κύτταρα προήλθαν από την ανάμιξή του με την κρέμα, η οποία σαφώς περιέχει ένα μέρος των σωματικών κυττάρων, προκειμένου να έχει το γάλα λίπος $\approx 3,5\%$. Όμως, ακόμα και η περιεκτικότητα σε σωματικά κύτταρα του γάλακτος Ν δεν ήταν αυτή που επηρεάζει τις ιδιότητες του παραγόμενου γιαουρτιού όσον αφορά τη διαδικασία ζύμωσης, τη δομή και τις οργανοληπτικές του ιδιότητες (Vivar-Quintana κ.α., 2006).

Πίνακας 6.1 Φυσικοχημική σύσταση νοπού (N), μικροδιηθημένου (M) και μίγματος μικροδιηθημένου και κατακρατημένου $\approx 1:1$ (M+K) αγελαδινού γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

Χαρακτηριστικό	N	M	M+K
pH	6,58 \pm 0,03	6,63 \pm 0,01	6,67 \pm 0,05
Οξύτητα (%)	0,16 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02	0,15 \pm 0,01
Λίπος (%)	3,60 \pm 0,02	3,57 \pm 0,03	3,58 \pm 0,03
Πρωτεΐνη (%)	3,24 \pm 0,07	3,14 \pm 0,02	3,29 \pm 0,06
Λακτόζη (%)	4,54 \pm 0,09	4,63 \pm 0,07	4,64 \pm 0,07
Ολικά στερεά (%)	12,05 \pm 0,08	12,00 \pm 0,08	12,15 \pm 0,13
Τέφρα (%)	0,67 \pm 0,05	0,66 \pm 0,04	0,63 \pm 0,03
Σωματικά κύτταρα/ml	178000 \pm 152700	29500 \pm 2121	88500 \pm 37400

Όσον αφορά τη μικροβιολογική σύσταση της πρώτης ύλης, όπως ήταν αναμενόμενο το γάλα Μ περιείχε λιγότερους μεσόφιλους μικροοργανισμούς, θερμοφίλους κόκκους, βακίλλους και κολοβακτηρίδια καθώς και στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) λιγότερες ζύμες και μύκητες από το νοπό γάλα Ν. Η σύσταση του γάλακτος M+K (μίγμα μικροδιηθήματος

και κατακρατήματος 1:1) ήταν παρόμοια με αυτή του γάλακτος N (Πίνακας 6.2). Πρέπει δε να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τη νομοθεσία και οι τρεις τύποι γάλακτος πληρούσαν τις μικροβιολογικές προδιαγραφές του νοπού αγελαδινού γάλακτος προς επεξεργασία (Κανονισμός 1662/2006).

Πίνακας 6.2 Μικροβιολογική σύσταση (\log_{10} cfu.ml⁻¹) νοπού (N), μικροδιηθημένου (M) και μίγματος μικροδιηθημένου και κατακρατημένου \approx 1:1 (M+K) αγελαδινού γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

Ομάδα μικροοργανισμών	N	M	M+K
Ολική μεσόφιλη χλωρίδα	4,78 \pm 0,68	4,22 \pm 0,68	4,96 \pm 0,33
Θερμόφιλοι κόκκοι	3,70 \pm 0,88	3,58 \pm 1,16	4,94 \pm 0,30
Θερμόφιλοι βάκιλλοι	3,37 \pm 0,01	2,95 \pm 0,61	3,23 \pm 0,21
Ζύμες και Μύκητες	2,71 \pm 0,62 ^{a*}	0,67 \pm 0,94 ^b	2,69 \pm 0,69 ^a
Κολοβακτηρίδια	3,40 \pm 0,46	2,56 \pm 0,71	3,32 \pm 0,34

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.1.2 Σύσταση γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

Και οι τρεις τύποι γιαουρτιών δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά (P>0,05) ως προς την περιεκτικότητα σε λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη, τέφρα και ολικά στερεά συστατικά την 1^η ημέρα. Όσον αφορά δε τα στερεά συστατικά τα οποία συμμετέχουν στη συνεκτικότητα του προϊόντος αυτού η συγκέντρωσή τους τόσο στο γιαούρτι N (μάρτυρας) όσο και στα M και M+K ήταν μέσα στα πλαίσια που έχουν προταθεί για το βασικό γιαούρτι (ολικά στερεά 12-14%) ή σύμφωνα με τον FAO/WHO ΣΥΑΛ τουλάχιστον 8,2 % (Robinson και Itsaranuwat, 2006). Όμως, μετά από 15 ημέρες διατήρησής τους, το γιαούρτι N περιείχε σημαντικά (P<0,05) λιγότερη λακτόζη από το γιαούρτι M ή M+K (Πίνακας 6.3).

Τόσο οι θερμόφιλοι οξυγαλακτικοί κόκκοι όσο και οι θερμόφιλοι οξυγαλακτικοί βάκιλλοι, οι δύο χαρακτηριστικές ομάδες μικροοργανισμών της γιαούρτης, αναπτύχθηκαν σε όλα τα γιαούρτια σε πληθυσμούς τυπικούς για το προϊόν (Πίνακας 6.4). Σύμφωνα με τους Robinson και Itsaranuwat (2006) τα κύτταρα των *St. thermophilus* και *L. bulgaricus* στο γιαούρτι και γενικά στα οξυγάλατα πρέπει να είναι ζωντανά και άφθονα σε πληθυσμούς μεταξύ 1×10^6 και 1×10^8 cfu.g⁻¹. Οι Kyriacou κ.α. (2008) μελέτησαν το μικροβιακό πληθυσμό 83 ζυμούμενων προϊόντων γάλακτος από την ελληνική αγορά και βρήκαν ότι οι γαλακτοβάκιλλοι κυμαίνονταν μεταξύ 10^3 και 10^9 cfu.g⁻¹ με το 22% των προϊόντων να

περιέχει λιγότερους από 10^6 cfu.g⁻¹. Παρόμοιους πληθυσμούς $>7 \log$ cfu.g⁻¹ παρατηρήθηκαν επίσης σε πειραματικά γιαούρτια με συνεκτική δομή παρασκευασμένα από αγελαδινό γάλα χρησιμοποιώντας διάφορα στελέχη του *Lactobacillus* σαν καλλιέργειες ρυθμιστές (Maragkoudakis κ.α, 2006). Επίσης, όσον αφορά την παρούσα μελέτη, οι βάκιλλοι αναπτύχθηκαν σε λιγότερους, κατά 1 λογαριθμικό κύκλο, πληθυσμούς συγκριτικά με τους κόκκους τόσο στο γιαούρτι Ν όσο και στα Μ ή Μ+Κ καθ' όλη τη διάρκεια διατήρησής τους. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στον αρχικό πληθυσμό τους στο εμβόλιο, είτε στα προϊόντα μεταβολισμού του *St. Thermophilus*, τα οποία ενισχύουν την ανάπτυξη του *L. bulgaricus*. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν αναπτύχθηκαν καθόλου καλοβακτηρίδια ή ζύμες και μύκητες και στα τρία προϊόντα μέχρι και την 15^η ημέρα διατήρησης.

Πίνακας 6.3 Χημική σύσταση γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

	Γιαούρτι 1 ημέρας			Γιαούρτι 15 ημερών		
	N	M	M+K	N	M	M+K
Λίπος	3,90 \pm 0,17	3,83 \pm 0,01	3,97 \pm 0,14	4,05 \pm 0,07	3,82 \pm 0,1	3,83 \pm 0,15
Πρωτεΐνη	3,78 \pm 0,09	3,65 \pm 0,03	3,82 \pm 0,31	3,66 \pm 0,07	3,67 \pm 0,04	3,92 \pm 0,26
Λακτόζη	3,57 \pm 0,11 ^{a*}	3,69 \pm 0,09 ^a	3,60 \pm 0,12 ^a	3,33 \pm 0,14 ^b	3,53 \pm 0,1 ^a	3,52 \pm 0,04 ^a
Τέφρα	0,89 \pm 0,03	0,85 \pm 0,02	0,89 \pm 0,05	0,9 \pm 0,18	0,92 \pm 0,1	0,91 \pm 0,02
Ολικά στερεά	12,54 \pm 0,6	12,51 \pm 0,8	12,89 \pm 0,6	12,33 \pm 0,4	12,73 \pm 0,6	12,3 \pm 0,96

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.4 Θερμόφιλοι κόκκοι και βάκιλλοι (\log_{10} cfu.ml⁻¹) σε γιαούρτι παραδοσιακού τύπου παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

	Γιαούρτι 1 ημέρας			Γιαούρτι 7 ημερών			Γιαούρτι 15 ημερών		
	N	M	M+K	N	M	M+K	N	M	M+K
Θερμόφιλοι κόκκοι	9,12 \pm 0,36 ^{a,b}	9,14 \pm 0,32 ^{a,b}	9,04 \pm 0,34 ^{a,b}	9,51 \pm 0,56 ^{a*}	9,03 \pm 0,14 ^{a,b}	9,11 \pm 0,21 ^{a,b}	8,44 \pm 0,28 ^b	9,03 \pm 0,56 ^{a,b}	9,25 \pm 0,67 ^a
Θερμόφιλοι βάκιλλοι	7,92 \pm 0,20 ^{a,b,c}	8,14 \pm 0,17 ^{a,b,c}	8,15 \pm 0,41 ^{b,c}	8,06 \pm 0,03 ^{a,b,c}	8,15 \pm 0,11 ^{b,c}	8,25 \pm 0,19 ^c	7,86 \pm 0,22 ^{a,b}	7,77 \pm 0,28 ^a	7,90 \pm 0,07 a,b,c

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του γιαουρτιού είναι το pH ή η οξύτητά του το οποίο εκτός από τη γεύση επηρεάζει μαζί με τα στερεά συστατικά και τη συνεκτικότητά του. Στον Πίνακα 6.5 παρουσιάζονται οι τιμές του pH και της οξύτητας στο γιαούρτι της 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας. Και τα τρία γιαούρτια δεν διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά (P>0,05) ως προς το pH την οξύτητά τους τόσο την 1^η όσο και τη 15^η ημέρα διατήρησής τους, Αντίθετα, τα γιαούρτια N και M διέφεραν στατιστικά (P<0,05) μεταξύ 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας λόγω συνέχισης της πτώσης του pH, ενώ στο γιαούρτι M+K το pH παρέμεινε σταθερό μετά τις 7 ημέρες διατήρησης (Σχήμα 6.1). Όπως είναι γνωστό, η πτώση του pH οφείλεται στη συσσώρευση του γαλακτικού οξέος που προκύπτει από τη ζύμωση της λακτόζης.

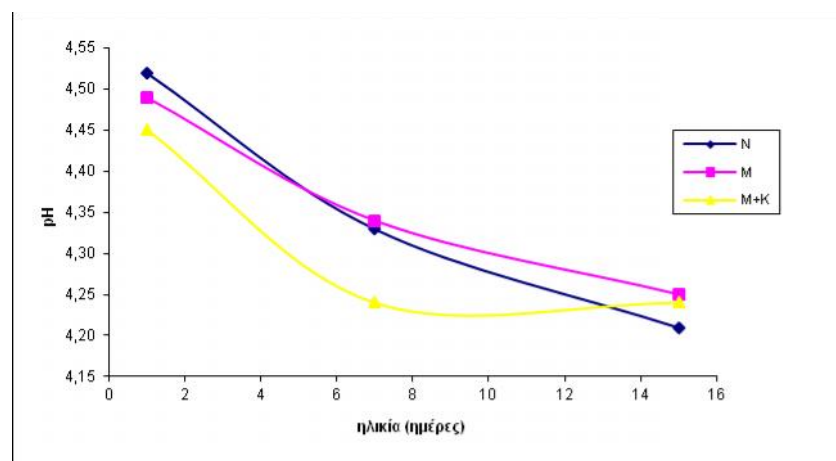
Πίνακας 6.5 pH, οξύτητα (%) και συναίρεση (% κ.β.) γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

	Γιαούρτι 1 ημέρας			Γιαούρτι 15 ημερών		
	N	M	M+K	N	M	M+K
pH	4,52 ±0,20 ^{a*}	4,49 ±0,21 ^a	4,45 ±0,10 ^{a,b}	4,21 ±0,06 ^c	4,25 ±0,04 ^{b,c}	4,24 ±0,03 ^{b,c}
Οξύτητα	0,88 ± 0,13	0,89± 0,14	0,93 ± 0,07	0,97 ± 0,03	0,95 ± 0,06	0,96 ± 0,07
Συναίρεση	52,36 ±1,06 ^{a,b}	56,71 ± 6,02 ^b	50,16 ± 1,09 ^a	50,27 ± 2,7 ^a	49,05 ± 1,54 ^a	48,54 ± 2,76 ^a

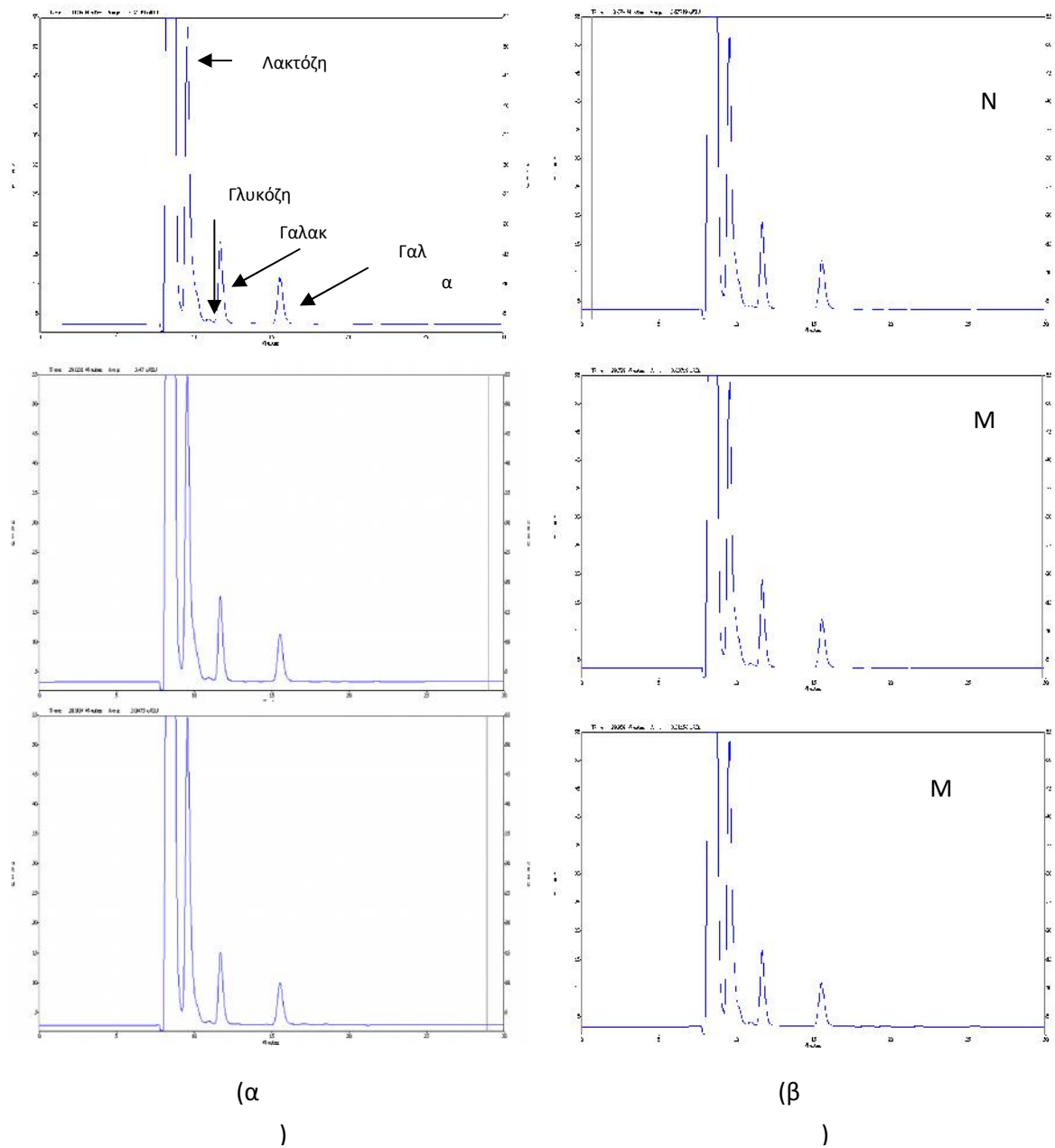
*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

Κατά την παρασκευή γιαουρτιού η λακτόζη μετατρέπεται από την οξυγαλακτική καλλιέργεια σε γλυκόζη και γαλακτόζη. Η ζύμωση των σακχάρων των γιαουρτιών της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.6, ενώ στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζονται τυπικά χρωματογραφήματα από την ανάλυση με HPLC. Παρατηρούμε ότι η κατατομή των σακχάρων και οργανικών οξέων κατά τη διάρκεια διατήρησης των τριών γιαουρτιών δεν επηρεάστηκε από την πρώτη ύλη. Είναι φανερό δε ότι η μείωση της συγκέντρωσης της λακτόζης προκαλεί την αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος αλλά και την αύξηση της συγκέντρωσης της γαλακτόζης. Κατά τη διάρκεια της επώασης αλλά και της αποθήκευσης, τα βακτήρια του γιαουρτιού μεταβολίζουν τη γλυκόζη σε γαλακτικό οξύ, ενώ δεν μεταβολίζουν τη γαλακτόζη. Έτσι όσο μειώνεται η περιεκτικότητα σε λακτόζη η

γαλακτόζη συσσωρεύεται (Marshall και Tamime, 1997). Βέβαια μία πηγή γαλακτόζης στο γιαούρτι μπορεί να είναι και η παραγωγή εξωπολυσακχαρίτου (EPS) μιας και οι ουσίες αυτές οι οποίες παράγονται από κάποιες επιλεγμένες καλλιέργειες γιαούρτης είναι ετεροπολυσακχαρίτες με 3-8 μονοσακχαρίτες. Η D- γαλακτόζη, η D- γλυκόζη και η L-ραμνόζη είναι πάντοτε παρούσες στους EPSs αλλά σε ποσοστά που ποικίλλουν. Επίσης μπορεί να βρεθούν D-μαννόζη, N-ακετυλογαλακτοζαμίνη και N-ακετυλογλουκοζαμίνη. Οι συγκεντρώσεις του EPS στα ζυμούμενα γάλατα κυμαίνονται κανονικά μεταξύ 50 και 600 mg L⁻¹, εξαρτώμενες από διάφορους παράγοντες (Tamime κ.α., 2006). Στην παρούσα μελέτη, οι συγκεντρώσεις της λακτόζης, γαλακτόζης και γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια διατήρησης των γιαουρτιών κυμαίνονταν αντίστοιχα από 3,33 έως 3,57, από 0,79 έως 0,9 και από 0,71 έως 0,89 g100g⁻¹ στο γιαούρτι N, ενώ στο γιαούρτι M κυμαίνονταν από 3,53 έως 3,69, από 0,78 έως 0,87 και από 0,76 έως 0,84 g100g⁻¹. Σε πρόσφατη μελέτη που έγινε σε επιδόρπια γιαουρτιού μειωμένης λιποπεριεκτικότητας από την ελληνική αγορά βρέθηκαν παρόμοιες τιμές (Παπαστάθη, 2011).



Σχήμα 6.1 Εξέλιξη του pH γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) κατά τη διατήρησή του 15 ημέρες



Σχήμα 6.2 Αντιπροσωπευτική κατατομή από HPLC ανάλυση των σακχάρων και οργανικών οξέων σε γιαούρτι παραδοσιακού τύπου από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα \approx 1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) την 1^η ημέρα (α) και την 15^η ημέρα (β)

Πίνακας 6.6 Περιεκτικότητα σακχάρων και οργανικών οξέα (%) σε γιαούρτι παραδοσιακού τύπου από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

	Γιαούρτι 1 ημέρας			Γιαούρτι 7 ημερών			Γιαούρτι 15 ημερών		
	N	M	M+K	N	M	M+K	N	M	M+K
Λακτόζη	3,57 ± 0,11 ^{a,b*}	3,69 ± 0,09 ^a	3,60 ± 0,12 ^{a,b}	3,50 ± 0,15 ^{b,c}	3,53 ± 0,05 ^{a,b}	3,51 ± 0,13 ^{a,b,c}	3,33 ± 0,14 ^c	3,53 ± 0,1 ^{a,b}	3,52 ± 0,04 ^{a,b}
Γλυκόζη	0,08 ± 0,02	0,11 ± 0,04	0,08 ± 0,01	0,11 ± 0,05	0,11 ± 0,06	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,11 ± 0,05	0,08 ± 0,00
Γαλακτόζη	0,79 ± 0,08	0,78 ± 0,11	0,80 ± 0,08	0,80 ± 0,13	0,83 ± 0,09	0,87 ± 0,03	0,9 ± 0,09	0,87 ± 0,11	0,88 ± 0,04
Γαλακτικό οξύ	0,71 ± 0,13 ^a	0,76 ± 0,12 ^{a,b}	0,79 ± 0,08 ^{a,b}	0,83 ± 0,08 ^{a,b}	0,80 ± 0,11 ^{a,b}	0,85 ± 0,03 ^{a,b}	0,89 ± 0,09 ^b	0,84 ± 0,12 ^{a,b}	0,88 ± 0,03 ^b

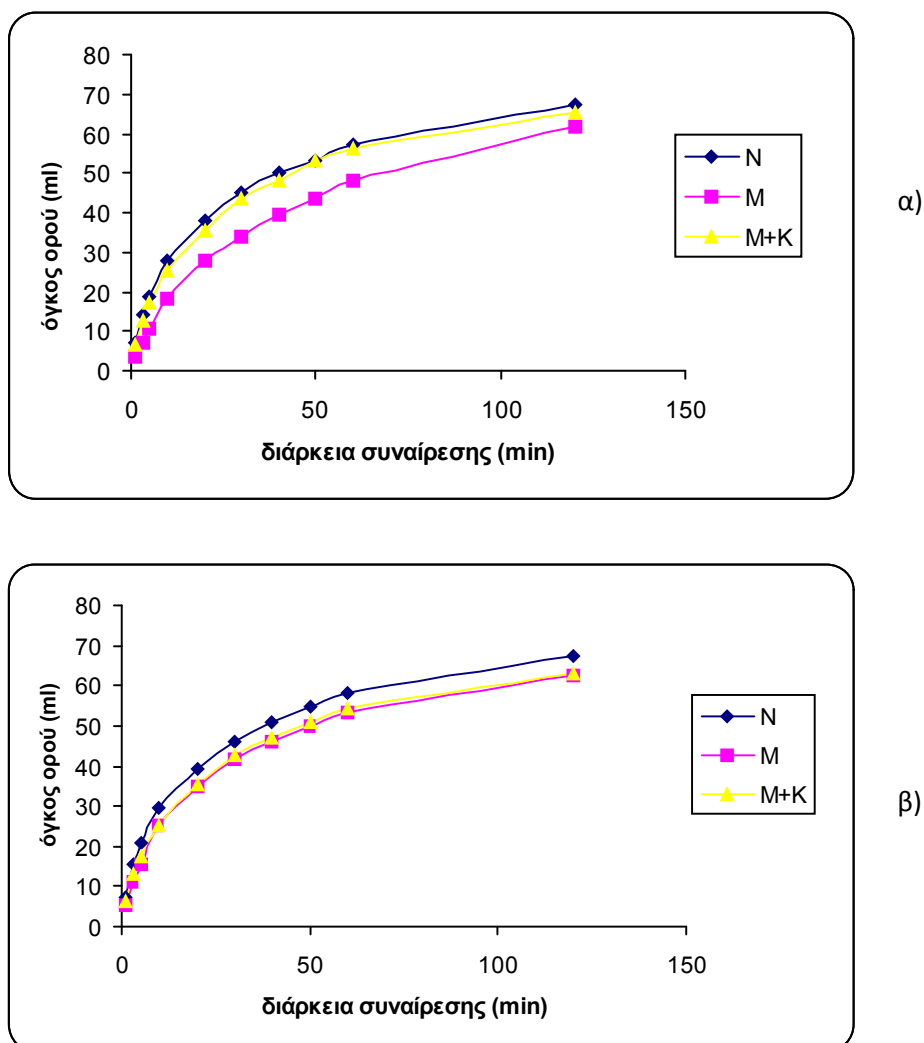
*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.1.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

Η συναίρεση των γιαουρτιών στις 24 ώρες μετά το κόψιμο εκφρασμένη ως βάρος ορού στα 100 g προϊόντος παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.5, ενώ ο ρυθμός της συναίρεσης του γιαουρτιού τις 2 πρώτες ώρες παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3.

Στις 24 ώρες μετά το κόψιμο το φρέσκο γιαούρτι M από μικροδιηθημένο γάλα είχε τη μεγαλύτερη συναίρεση προφανώς λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας σε στερεά συστατικά, μιας και σύμφωνα με τους Harwalkar και Kalab (1983) η επίδραση του pH στο εύρος 3,85 με 4,5 στη συναίρεση του γιαουρτιού είναι μικρή και ασήμαντη σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Το αποτέλεσμα της συναίρεσης συμφωνεί με αυτό άλλων ερευνητών που μελέτησαν τη συναίρεση σε γιαούρτι συνεκτικής δομής από πρόβειο ή μίγμα πρόβειου και αίγειου γάλακτος (Kaminarides και Anifantakis, 2004; Kaminarides κ.α., 2007). Όμως αξίζει να σημειωθεί ότι ο ρυθμός της συναίρεσης του γιαουρτιού M ήταν αργότερος τις 2 πρώτες ώρες, γεγονός που αποδίδεται στο μεγαλύτερο 'κολλώδες' που παρουσίαζε στην υφή

του προφανώς λόγω του EPS. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η καλλιέργεια του εμπορίου που χρησιμοποιήθηκε παράγει EPS η οποία ήταν ιδιαίτερα αισθητή στην περίπτωση του γιαουρτιού M, προσδίδοντας του μια πιο παχύρρευστη υφή, σαν αυτή του αναδεμένου γιαουρτιού. Η παραγωγή όμως του EPS δεν έδωσε μεγαλύτερη συνεκτικότητα στην περίπτωση του γιαουρτιού M όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.4.

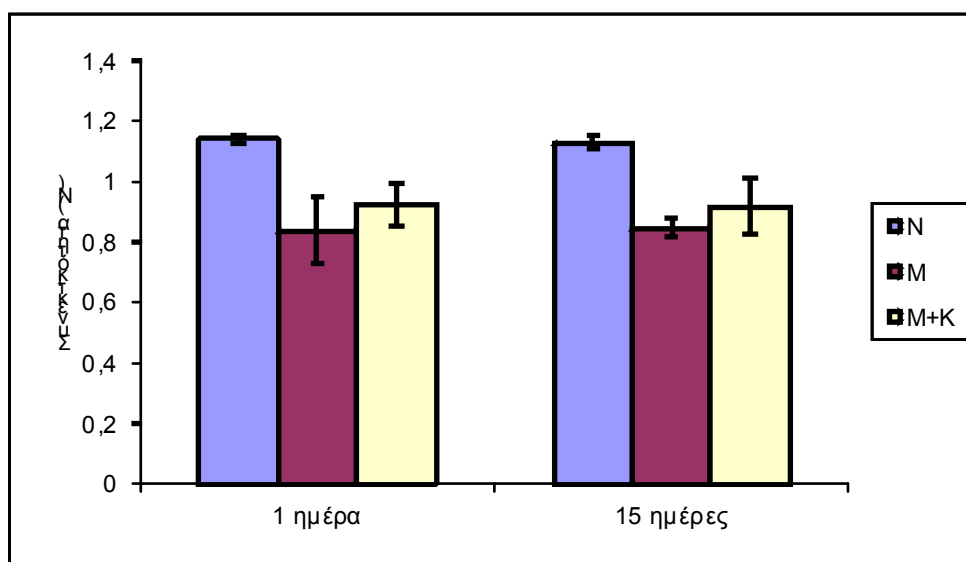


Σχήμα 6.3 Ρυθμός συναίρεσης γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου 1 ημέρας (α) και 15 ημερών (β) παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K)

Έχει δειχθεί ότι υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του EPS και των ρεολογικών ιδιοτήτων του γιαουρτιού ή της παχύρρευστης υφής (Tamime κ.α., 2006; Purwandari κ.α., 2007). Η συνεκτικότητα του γιαουρτιού εξαρτάται από τη δομή του πηγματος. Η πρωτεΐνη και τα άλατα είναι τα βασικά συστατικά για το σχηματισμό ικανοποιητικού πηγματος, ενώ η λακτόζη σε ένα επίπεδο μεταξύ $4,5-7,0 \text{ g}\cdot 100\text{ml}^{-1}$, ανάλογα

με την προσθήκη στερών συστατικών, είναι βασική για την ανάπτυξη των καλλιεργειών εκκίνησης (Robinson και Itsaranuwat, 2006).

Στην παρασκευή του γιαουρτιού, κατά την αργή οξίνιση του θερμασμένου γάλακτος το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο (CCP) αρχίζει να διαλυτοποιείται από το pH 5,3 και συνεχίζει να διαλυτοποιείται από το εσωτερικό των καζεϊνικών μικκυλίων και μετά το σχηματισμό του αρχικού πήγματος. Η απώλεια CCP από τα καζεϊνικά μικκύλια επιταχύνεται από τη χαμηλή θέρμανση του γάλακτος, τις υψηλές θερμοκρασίες επώασης και το πολύ μικρό ποσοστό εμβολίου. Έτσι, η απώλεια του CCP προκαλεί χαλάρωση του καζεϊνικού πλέγματος και συμπίπτει με την εμφάνιση ορού (συναίρεση) στην επιφάνεια του γιαουρτιού. Αντίθετα η απώλεια του CCP περιορίζεται από την υψηλή θέρμανση του γάλακτος καταλήγοντας έτσι σε γρηγορότερο πήξιμο και πιο συνεκτική δομή (Lee και Lucey, 2003). Στην παρούσα μελέτη και στα τρία γιαούρτια δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο της αποβολής ορού, όμως η μεγαλύτερη συναίρεση και ως εκ τούτου η σημαντικά ($P < 0,05$) μικρότερη συνεκτικότητα του γιαουρτιού M μπορεί να αποδοθεί στην μικρότερη περιεκτικότητα σε καζεΐνη και Ca και P του γάλακτος αυτού. Έχει βρεθεί ότι η μικροδιήθηση αγελαδινού γάλακτος από μεμβράνη με πόρους 1,4 μm κατακρατεί μικρό ποσοστό καζεΐνης, Ca και P (Tziboula κ.α., 1998; Πανόπουλος, 2008).



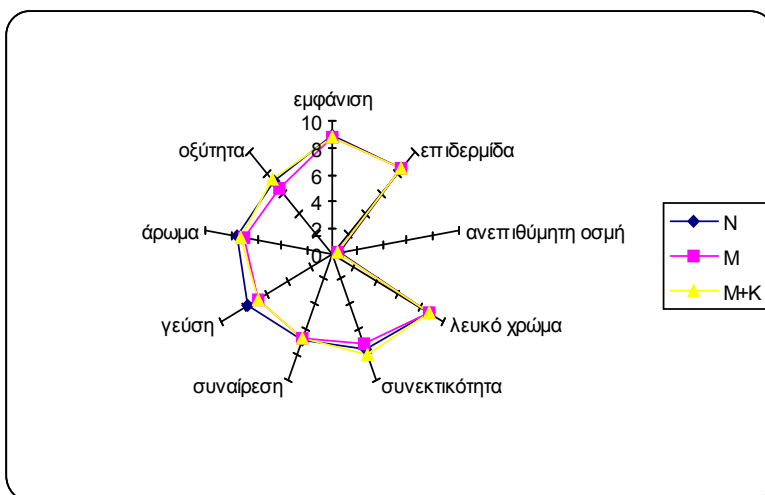
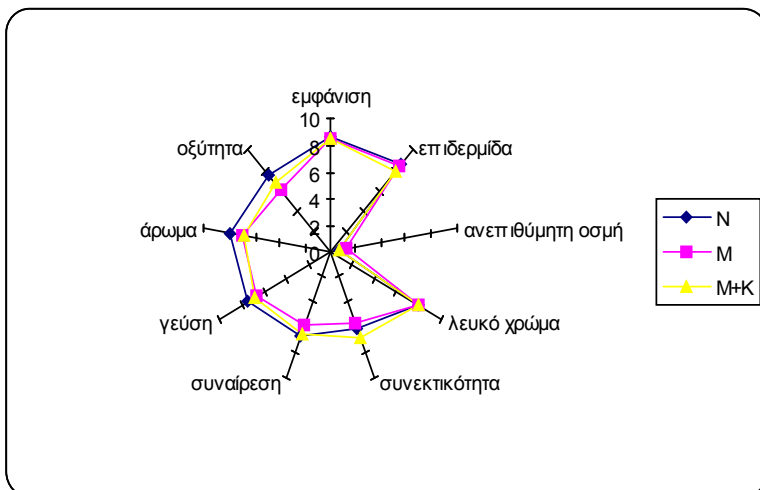
Σχήμα 6.4 Συνεκτικότητα (N) γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου 1 ημέρας και 15 ημερών παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος (M+K) αυτού (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

Η συνεκτικότητα που παρατηρήθηκε στο γιαούρτι N έχει παρόμοια τιμή με αυτήν που έχει αναφερθεί από τους Kaminarides κ.α. (2007), χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο ανάλυσης, για γιαούρτι συμπαγούς δομής από πρόβειο γάλα με χαμηλή λιποπεριεκτικότητα (λίπος 0,91% και ολικά στερεά 11,39%). Τα γιαούρτια της παρούσας μελέτης δεν είναι χαμηλής λιποπεριεκτικότητας αλλά επειδή είναι γιαούρτια παραδοσιακού τύπου το μεγαλύτερο μέρος του λίπους είναι στην επιφάνεια και συνεπώς οι τιμές της ανάλυσης είναι χαμηλές, μιας και δεν υπάρχει το όφελος της διασποράς του λίπους στη μάζα του γιαουρτιού λόγω ομογενοποίησης. Για παράδειγμα γιαούρτι συμπαγούς δομής με λίπος 6.6% και ολικά στερεά 17% έχει συνεκτικότητα διπλάσια, $\approx 2,2$ N (Kaminarides κ.α, 2007).

6.1.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

Τα γιαούρτια παραδοσιακού τύπου που παρασκευάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης αξιολογήθηκαν χωριστά για 9 χαρακτηριστικά τους και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.5.

Και τα 3 φρέσκα γιαούρτια είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς την εμφάνιση, την επιδερμίδα, το λευκό χρώμα, τη συνεκτικότητα, τη συναίρεση, τη γεύση, το άρωμα και την οξύτητα. Όλοι οι δοκιμαστές όμως σχολίασαν μία 'άτυπη γεύση' στα γιαούρτια M ή M+K γεγονός που τους έκανε να τα βαθμολογήσουν ως προς τη γεύση με ένα βαθμό μικρότερο από ό,τι το γιαούρτι N. Το χαρακτηριστικό αυτό φαίνεται ότι δεν άλλαξε ούτε μετά από 15 ημέρες διατήρησης στους 4°C. Τέλος, με βάση την εμφάνιση, τη συνεκτικότητα και τη γεύση το σύνολο της βαθμολογίας για το γιαούρτι N (μάρτυρας) ήταν μεγαλύτερο (Πίνακας 6.7).



Σχήμα 6.5 Κατατομή οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου 1 ημέρας (α) και 15 ημερών (β) παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος (M+K) αυτού

Πίνακας 6.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα \approx 1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος (M+K) αυτού (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

	Γιαούρτι 1 ημέρας			Γιαούρτι 15 ημερών		
	N	M	M+K	N	M	M+K
Εμφάνιση	8,61 \pm 0,22	8,48 \pm 0,32	8,51 \pm 0,38	8,86 \pm 0,13	8,51 \pm 0,3	8,68 \pm 0,16
Συνεκτικότητα	6,07 \pm 0,14 ^{a,b*}	5,7 \pm 0,5 ^a	6,93 \pm 0,81 ^{b,c}	7,55 \pm 0,83 ^c	7,2 \pm 0,6 ^{b,c}	7,96 \pm 0,70 ^c
Γεύση	7,36 \pm 0,48	6,56 \pm 0,53	6,99 \pm 0,96	7,63 \pm 0,26	6,71 \pm 0,49	6,63 \pm 0,80
Σύνολο (max = 30)	22,04 \pm 0,31 ^{a,b}	20,74 \pm 1,2 ^a	22,43 \pm 2,06 ^{a,b,c}	24,04 \pm 1,03 ^c	22,41 \pm 0,58 ^{a,b,c}	23,27 \pm 0,46 ^{b,c}

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.2 Παρασκευή άπαχου ρευστού γιαουρτιού

6.2.1 Σύσταση των τύπων γάλακτος για το άπαχο ρευστό γιαούρτι

Τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των τύπων γάλακτος που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.8. Όπως ήταν αναμενόμενο, η περιεκτικότητα σε σωματικά κύτταρα καθώς και σε ολικά στερεά του μικροδιηθημένου γάλακτος Μ διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) από την αντίστοιχη των άλλων τύπων γάλακτος Ν και Μ+Κ (μίγμα μικροδιηθήματος και κατακρατήματος 1:1). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μικροδιήθηση κατακρατεί τα σωματικά κύτταρα και γι' αυτό το γάλα Μ αυτού του πειράματος περιείχε πολύ λιγότερα από το γάλα Μ που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου γιατί το πρώτο δεν αναμίχθηκε καθόλου με κρέμα. Όσον αφορά τη μικρή περιεκτικότητα σε λίπος (0,13-0,15%) των τύπων γάλακτος Ν και Μ+Κ αντίστοιχα, αυτή διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) στο γάλα Μ (0,01%) λόγω της περαιτέρω κατακράτησης λίπους κατά τη μικροδιήθηση.

Πίνακας 6.8 Φυσικοχημική σύσταση άπαχου νοπού (Ν), μικροδιηθημένου (Μ) και μίγματος μικροδιηθημένου και κατακρατημένου $\approx 1:1$ (Μ+Κ) αγελαδινού γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή ρευστού γιαουρτιού (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

Χαρακτηριστικό	Ν	Μ	Μ+Κ
pH	6,57 \pm 0,06	6,60 \pm 0,05	6,62 \pm 0,05
Οξύτητα	0,15 \pm 0,08	0,15 \pm 0,13	0,15 \pm 0,06
Λίπος (%)	0,15 \pm 0,07 ^{a*}	0,01 \pm 0,02 ^b	0,13 \pm 0,05 ^b
Πρωτεΐνη (%)	3,33 \pm 0,08	3,18 \pm 0,10	3,33 \pm 0,10
Λακτόζη (%)	4,64 \pm 0,03	4,68 \pm 0,05	4,67 \pm 0,05
Ολικά στερεά (%)	8,64 \pm 0,09 ^a	8,38 \pm 0,12 ^b	8,64 \pm 0,15 ^a
Τέφρα (%)	0,52 \pm 0,01	0,51 \pm 0,01	0,51 \pm 0,01
Σωματικά κύτταρα/ml	75000 \pm 15524 ^a	1667 \pm 1155 ^b	60333 \pm 26006 ^a

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($P < 0,05$)

Η μικροβιολογική σύσταση αυτών των τύπων γάλακτος, όπως ήταν αναμενόμενο και πάλι, διέφερε μεταξύ των τύπων γάλακτος με το γάλα Μ να περιέχει όλες τις ομάδες των μικροοργανισμών που αναλύθηκαν σε πληθυσμούς μικρότερους κατά 1-2 λογαριθμικούς κύκλους από το νοπό γάλα Ν. Αντίθετα, η μικροβιολογική σύσταση του γάλακτος Μ+Κ ήταν

παρόμοια με αυτή του γάλακτος N (Πίνακας 6.9). Τέλος, η ολική μεσόφιλη χλωρίδα των γαλάτων N και M+K ήταν λίγο περισσότερη από αυτή που θεσπίζει η νομοθεσία για το νωπό αγελαδινό γάλα προς επεξεργασία (Κανονισμός 1662/2006).

Πίνακας 6.9 Μικροβιολογική σύσταση (\log_{10} cfu.ml⁻¹) άπαχου νωπού (N), μικροδιηθημένου (M) και μίγματος μικροδιηθημένου και κατακρατημένου \approx 1:1 (M+K) αγελαδινού γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή ρευστού γιαουρτιού (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

Ομάδα μικροοργανισμών	N	M	M+K
Ολική μεσόφιλη χλωρίδα	5,42 \pm 0,58	4,52 \pm 0,89	5,30 \pm 0,58
Θερμόφιλοι κόκκοι	4,85 \pm 0,75	3,46 \pm 0,11	3,99 \pm 0,79
Θερμόφιλοι βάκιλλοι	3,33 \pm 0,38 ^{a*}	2,07 \pm 0,67 ^b	3,24 \pm 0,43 ^a
Ζύμες και Μύκητες	2,51 \pm 1,1 ^a	0,39 \pm 1,08 ^b	1,11 \pm 0,91 ^{a,b}
Κολοβακτηρίδια	4,14 \pm 0,46 ^a	2,22 \pm 0,65 ^b	3,36 \pm 0,23 ^a

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

6.2.2 Σύσταση άπαχου ρευστού γιαουρτιού

Εκτός από την λιποπεριεκτικότητα, και τα τρία ρευστά γιαούρτια δεν διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά (P>0,05) ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, λακτόζη, τέφρα και ολικά στερεά συστατικά καθ' όλη τη διάρκεια διατήρησής τους (Πίνακας 6.10). Τα ολικά δε στερεά άνευ λίπους συστατικά ήταν παρόμοιας τάξης μεγέθους με αυτά του γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου (Πίνακας 6.3), μιας και κατά την παρασκευή αυτού του προϊόντος δεν έγινε κάποια αραίωση με νερό, όπως συνηθίζεται (Nilsson κ.α., 2006). Το οξύγαλα του εμπορίου που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας στην οργανοληπτική αξιολόγηση είχε την εξής δηλωμένη σύσταση στη συσκευασία το: 1,5% λίπος, 3,3% πρωτεΐνη, 4,3% υδατάνθρακες, 10% στερεό υπόλειμμα, ενώ το pH του μετρήθηκε 4,62 \pm 0,04.

Τόσο οι θερμόφιλοι οξυγαλακτικοί κόκκοι όσο και οι θερμόφιλοι οξυγαλακτικοί βάκιλλοι αναπτύχθηκαν σε όλα τα ρευστά γιαούρτια σε πληθυσμούς τυπικούς για το προϊόν ζυμόμενου γάλακτος, δηλαδή μεταξύ 1×10^6 και 1×10^8 cfu.g⁻¹ (Robinson και Itsaranuwat, 2006), παρόλο που το προϊόν αυτό παρασκευάστηκε με επώαση στους 32°C για 16 ώρες (Πίνακας 6.11). Η θερμοκρασία επώασης του προϊόντος φαίνεται όμως ότι επηρέασε την ανάπτυξη των γαλακτοβακίλλων, οι οποίοι αναπτύχθηκαν σε μικρότερους, κατά 2-3 λογαριθμικούς κύκλους, πληθυσμούς συγκριτικά με τους γαλάκτοκοκκους τόσο στο γιαούρτι N όσο και στα M ή M+K καθ' όλη τη διάρκεια διατήρησής τους. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν αναπτύχθηκαν καθόλου κολοβακτηρίδια ή ζύμες και μύκητες και στα τρία προϊόντα μέχρι και την 15^η ημέρα διατήρησης.

Πίνακας 6.10 Χημική σύσταση άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

Συστατικό	1 ημέρα			15 ημέρες		
	N	M	M+K	N	M	M+K
Λίπος	0,15 ± 0,1 ^{a*}	0,05 ± 0,0 ^b	0,15 ± 0,1 ^a	0,15 ± 0,1 ^a	0,05 ± 0,0 ^b	0,15 ± 0,1 ^a
Πρωτεΐνη	3,75 ± 0,17	3,51 ± 0,20	3,60 ± 0,19	3,78 ± 0,27	3,55 ± 0,13	3,59 ± 0,2
Λακτόζη	3,53 ± 0,06 ^a	3,43 ± 0,17 ^{a,b}	3,46 ± 0,14 ^{a,b}	3,32 ± 0,14 ^{a,b}	3,39 ± 0,07 ^{a,b}	3,25 ± 0,14 ^b
Τέφρα	0,87 ± 0,06	0,84 ± 0,03	0,84 ± 0,04	0,84 ± 0,05	0,83 ± 0,03	0,84 ± 0,04
Ολικά στερεά	8,98 ± 0,02	8,75 ± 0,21	8,80 ± 0,3	8,96 ± 0,17	8,75 ± 0,15	8,88 ± 0,37

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά (P<0.05)

Πίνακας 6.11 Θερμόφιλοι κόκκοι και βάκιλλοι (\log_{10} cfu.ml⁻¹) σε άπαχο ρευστό γιαούρτι παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

	1 ημέρα			7 ημέρες			15 ημέρες		
	N	M	M+K	N	M	M+K	N	M	M+K
Θερμόφιλοι κόκκοι	9,54 ± 0,54 ^{a,b*}	9,23 ± 0,34 ^{a,b,c}	9,32 ± 0,22 ^{a,b,c}	9,06 ± 0,28 ^{a,b,c}	8,99 ± 0,11 ^{b,c}	9,62 ± 0,67 ^a	8,75 ± 0,18 ^c	8,92 ± 0,18 ^c	8,95 ± 0,26 ^{b,c}
Θερμόφιλοι βάκιλλοι	7,57 ± 1,21	7,18 ± 0,25	6,78 ± 0,21	7,06 ± 0,60	6,83 ± 0,17	6,81 ± 0,42	6,71 ± 0,68	6,70 ± 0,48	6,76 ± 0,51

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)

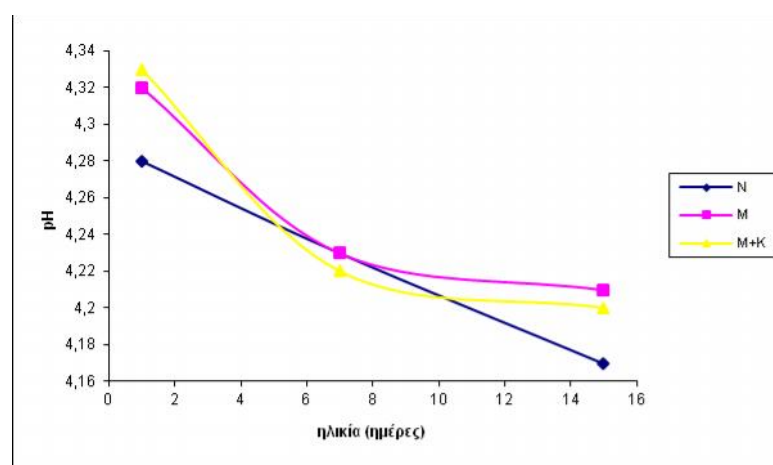
Στον Πίνακα 6.12 παρουσιάζονται οι τιμές του pH και της οξύτητας στο ρευστό γιαούρτι της 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας. Και τα τρία γιαούρτια δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά (P>0,05) ως προς το pH και την οξύτητά τους τόσο την 1^η όσο και τη 15^η ημέρα διατήρησής τους. Το pH εξακολουθούσε και μειωνόταν και στα τρία προϊόντα μέχρι τις 15 ημέρες

διατήρησής τους. Στην περίπτωση όμως των γιαουρτιών M και M+K η πτώση του ήταν απότομη μεταξύ 1^{ης} και 7^{ης} ημέρας και μετά παρέμεινε σχεδόν σταθερό, ενώ στην περίπτωση του γιαουρτιού N η πτώση του ήταν με σταθερό ρυθμό μέχρι και την 15^η ημέρα (Σχήμα 6.6), με αποτέλεσμα στις 15 ημέρες, το pH του N να είναι 4,17 ενώ αυτό των M και M+K 4,21 και 4,2 αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους Robinson και Itsaranuwat (2006) τα οξυγάλατα με pH<4,3 θεωρούνται ασφαλή για τη δημόσια υγεία.

Πίνακας 6.12 pH και οξύτητα (%) άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

	1 ημέρα			15 ημέρες		
	N	M	M+K	N	M	M+K
pH	4,28±0,13	4,32±0,11	4,33±0,13	4,17±0,07	4,21±0,06	4,20±0,08
Οξύτητα	0,97 ± 0,09 ^{a,b*}	0,92 ± 0,03 ^a	0,93 ± 0,05 ^a	1,03 ± 0,08 ^b	0,99 ± 0,03 ^{a,b}	1,01 ± 0,04 ^{a,b}

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)



Σχήμα 6.6 Εξέλιξη του pH άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) κατά τη διατήρησή του 15 ημέρες (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

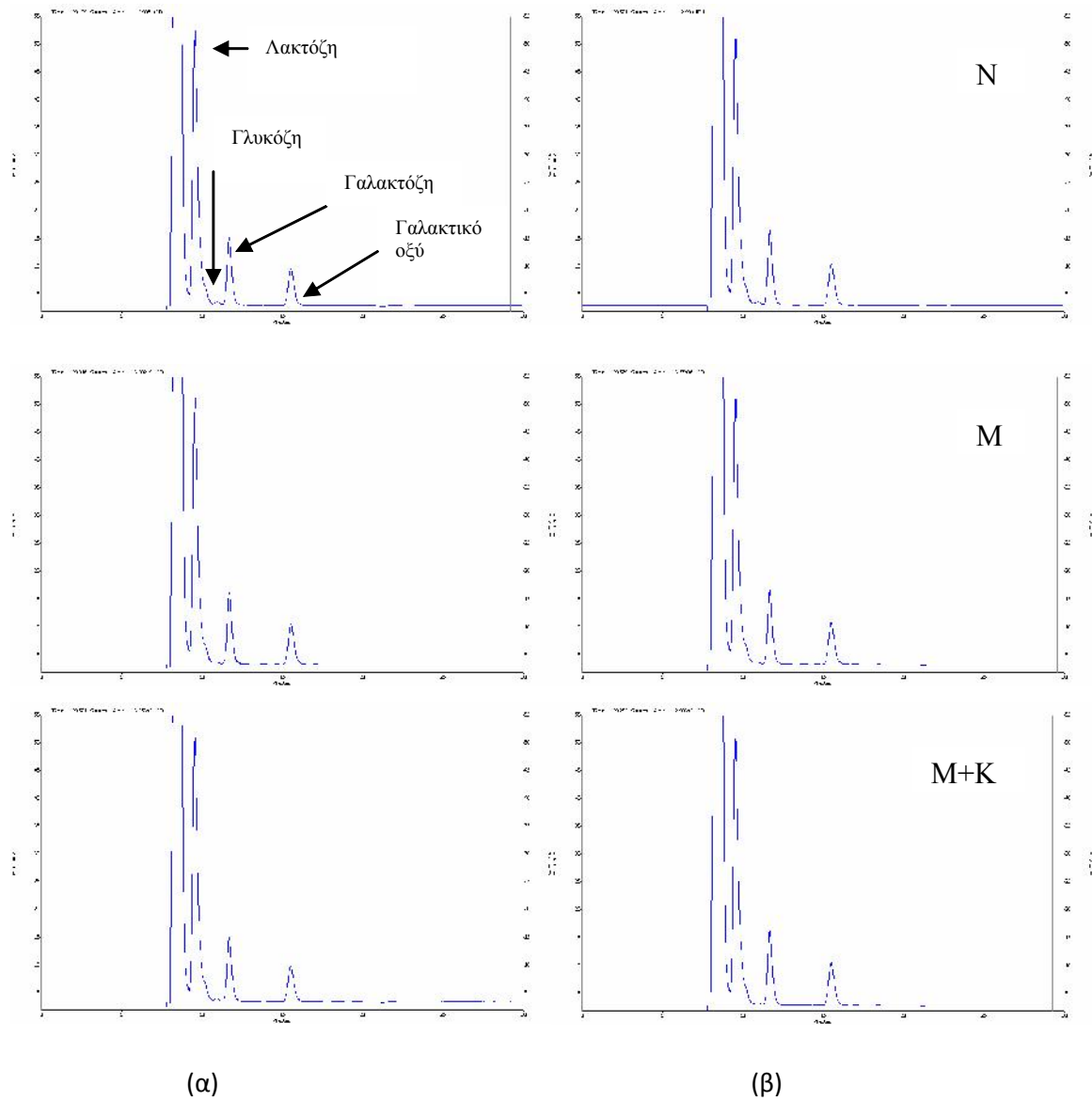
Η ζύμωση των σακχάρων των ρευστών γιαουρτιών της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.13, ενώ στο Σχήμα 6.7 παρουσιάζεται ένα τυπικό χρωματογράφημα από την ανάλυση με HPLC των γιαουρτιών αυτών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κατά την παρασκευή όξινου ζυμούμενου προϊόντος γάλακτος, η λακτόζη μετατρέπεται σε γλυκόζη και γαλακτόζη, μετέπειτα η γλυκόζη μεταβολίζεται σε γαλακτικό οξύ, ενώ η γαλακτόζη δεν μεταβολίζεται.

Έτσι, όσο μειώνεται η περιεκτικότητα σε λακτόζη η γαλακτόζη συσσωρεύεται. Οι συγκεντρώσεις της λακτόζης και του γαλακτικού οξέος που παρατηρήθηκαν σε όλη τη διάρκεια διατήρησης των ρευστών γιαουρτιών ήταν μικρότερες και μεγαλύτερες αντίστοιχα, συγκρινόμενες με αυτές που παρατηρήθηκαν στα προϊόντα γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου (Πίνακας 6.6). Επιπλέον στα ρευστά γιαούρτια από γάλα Μ ή Μ+Κ η γλυκόζη μεταβολίσθηκε όλη, στις 7 ή/και στις 15 ημέρες διατήρησης, ενώ στα γιαούρτια παραδοσιακού τύπου υπήρχε υπολειμματική γλυκόζη. Η διαφορά στις συγκεντρώσεις των σακχάρων μεταξύ των δύο ειδών προϊόντων επιβεβαιώνεται και από το χαμηλότερο pH των ρευστών γιαουρτιών σε σχέση με τα αντίστοιχα γιαούρτια παραδοσιακού τύπου (Πίνακες 6.5 και 6.12).

Πίνακας 6.13 Περιεκτικότητα σακχάρων και οργανικών οξέα (%) σε άπαχο ρευστό γιαούρτι από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων ± τυπ. απ.)

	1 ημέρα			7 ημέρες			15 ημέρες		
	N	M	M+K	N	M	M+K	N	M	M+K
Λακτόζη	3,53 ± 0,06 ^{a*}	3,43 ± 0,17 ^{a,b}	3,46 ± 0,14 ^{a,b}	3,45 ± 0,21 ^{a,b}	3,35 ± 0,13 ^{a,b}	3,39 ± 0,19 ^{a,b}	3,32 ± 0,14 ^{a,b}	3,39 ± 0,07 ^{a,b}	3,25 ± 0,14 ^b
Γλυκόζη	0,07 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,0 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0 ^b	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0 ^b	0 ^b
Γαλακτόζη	0,87 ± 0,04 ^{a,b}	0,94 ± 0,06 ^{a,b}	0,92 ± 0,09 ^{a,b}	0,81 ± 0,03 ^a	0,96 ± 0,0 ^{a,b}	0,91 ± 0,03 ^{a,b}	0,91 ± 0,1 ^{a,b}	0,98 ± 0,01 ^b	0,99 ± 0,11 ^b
Γαλακτικό οξύ	0,79 ± 0,06 ^a	0,84 ± 0,06 ^{a,b}	0,81 ± 0,08 ^{a,b}	0,82 ± 0,01 ^{a,b}	0,84 ± 0,0 ^{a,b}	0,81 ± 0,03 ^{a,b}	0,91 ± 0,08 ^b	0,87 ± 0,03 ^{a,b}	0,89 ± 0,10 ^{a,b}

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (P<0.05)



Σχήμα 6.7 Αντιπροσωπευτική κατατομή από HPLC ανάλυση των σακχάρων και οργανικών οξέα σε ρευστό γιαούρτι από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) την 1^η ημέρα (α) και την 15^η ημέρα (β)

6.2.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά άπαχου ρευστού γιαουρτιού

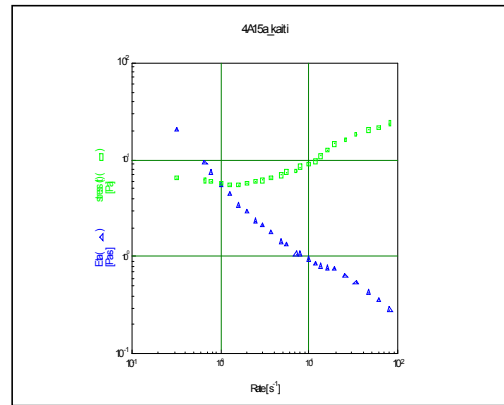
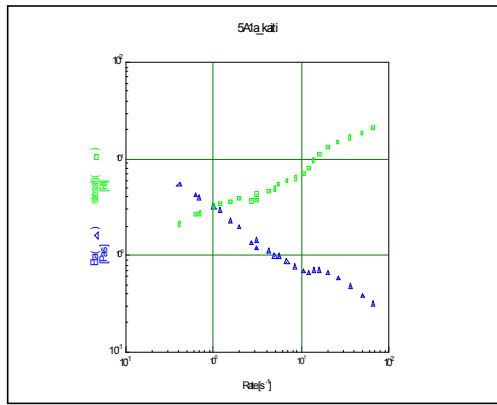
Η μεταβολή του ιξώδους σε σχέση με το ρυθμό διάτμησης στα άπαχα ρευστά γιαούρτια απεικονίζεται στο Σχήμα 6.8. Η μέτρηση του ιξώδους προϋποθέτει για τη σταθερότητα των οξυγαλάτων. Εάν το ιξώδες παραμένει αμετάβλητο σε αυξανόμενο ρυθμό διάτμησης τότε το οξύγαλα περιγράφεται ως ότι έχει Νευτώνεια συμπεριφορά, δηλαδή είναι πολύ πιθανόν να παραμείνει σταθερό κατά τη διάρκεια της διατηρησιμότητάς του. Αντίθετα, εάν το ιξώδες μειώνεται καθώς ο ρυθμός διάτμησης αυξάνει τότε το οξύγαλα μπορεί να περιγραφεί ως ότι έχει ψευδοπλαστική συμπεριφορά και είναι πολύ πιθανόν να διαχωριστεί κατά τη διάρκεια της διατηρησιμότητάς του εκτός εάν έχει σταθεροποιητή (Nilsson κ.α., 2006). Συνεπώς, τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής έδειξαν ότι το προϊόν αυτό ανήκει στην κατηγορία των ψευδοπλαστικών. Όμως και τα τρία προϊόντα δεν έδειξαν τάση διαχωρισμού του γαλακτώματός τους γεγονός που αποδίδεται και στην απουσία λίπους αλλά και στην παραγωγή του EPS, ο οποίος δρα ως γνωστόν σταθεροποιητικά.

Η τιμή της μεταβολής του ιξώδους σε σχέση με το ρυθμό διάτμησης στα 100 s παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.14 και είναι φανερό ότι δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P > 0.05$) μεταξύ των άπαχων ρευστών γιαουρτιών N, M και M+K την 1^η ημέρα, αλλά διέφερε στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$) μεταξύ 1^{ης} και 15^{ης} ημέρας, Το προϊόν όμως M+K είχε σημαντικά μικρότερη μεταβολή του ιξώδους την 15^η ημέρα.

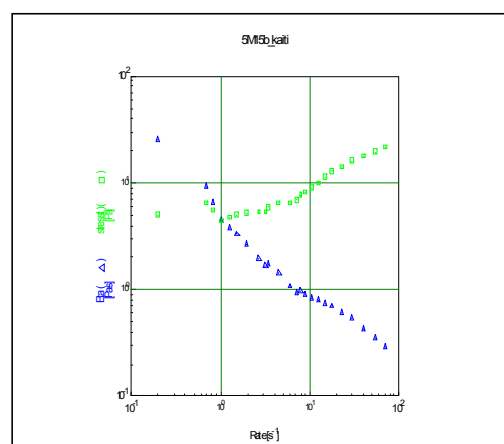
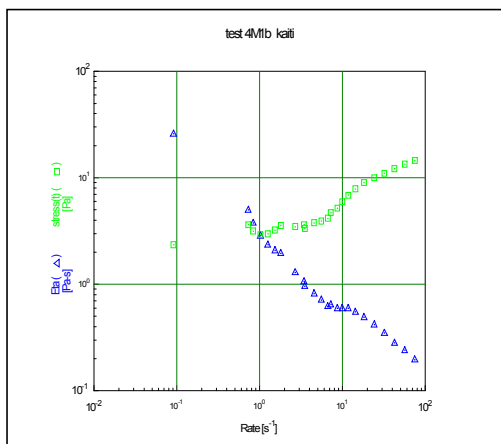
Πίνακας 6.14 Μεταβολή του ιξώδους σε σχέση με το ρυθμό διάτμησης στα 100 s ανάλυσης άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K) (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

	1 ημέρα			15 ημέρες		
	N	M	M+K	N	M	M+K
Ιξώδες (Pa s)	2,07 $\pm 0,25^{a,b*}$	2,11 $\pm 0,32^{a,b}$	1,73 $\pm 0,29^a$	3,85 $\pm 0,62^c$	3,53 $\pm 0,06^c$	2,70 $\pm 0,15^b$
Τάση διάτμησης (Pa)	3,23 $\pm 0,35^{a,b}$	3,33 $\pm 0,48^{a,b}$	2,57 $\pm 0,34^a$	6,19 $\pm 1,06^c$	5,51 $\pm 0,06^c$	4,20 $\pm 0,26^b$

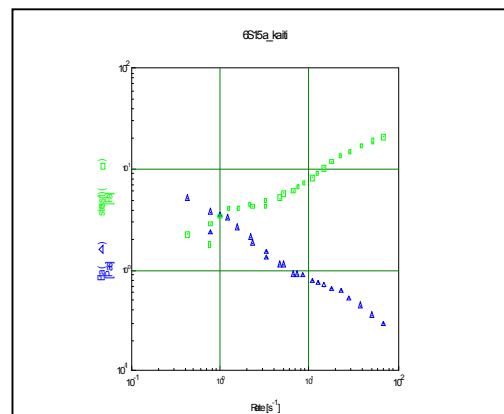
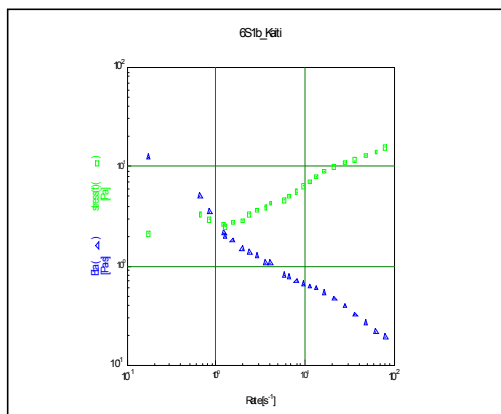
*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$)



A



M



M+

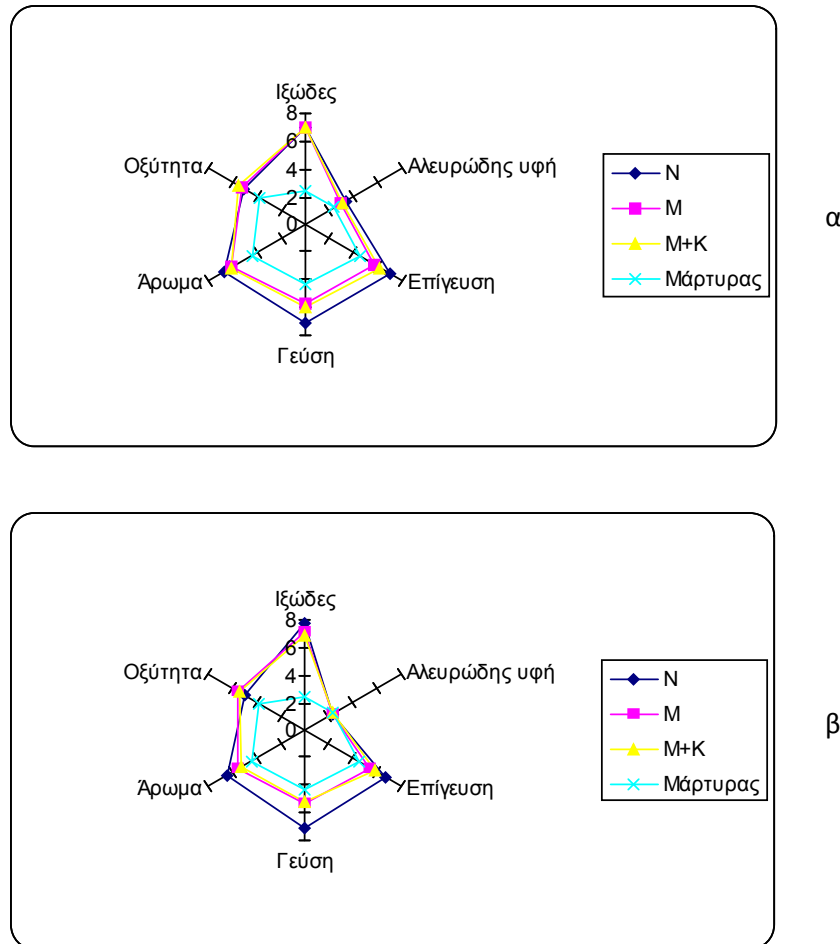
(
α

(
β

Σχήμα 6.8 Μεταβολή του ιξώδους σε σχέση με το ρυθμό διάτμησης άπαχου γαιουρτιού 1 ημέρας (α) και 15 ημερών (β) παρασκευασμένο από νοπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα ≈1:1 μικροδιηθήματος και κατακρατήματος αυτού (M+K)

6.2.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά άπαχου ρευστού γιαουρτιού

Τα άπαχα ρευστά γιαούρτια που παρασκευάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης αξιολογήθηκαν χωριστά για 6 χαρακτηριστικά τους και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.9.



Σχήμα 6.9 Κατατομή οργανοληπτικών χαρακτηριστικών άπαχου ρευστού γιαουρτιού 1 ημέρας (α) και 15 ημερών (β) παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος (M+K) αυτού, καθώς και οξυγάλακτος εμπορίου

Και τα τρία φρέσκα άπαχα ρευστά γιαούρτια είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς το ιξώδες, την οξύτητα, το άρωμα και την απουσία αλεურώδους υφής. Όμως το ρευστό γιαούρτι N από νωπό γάλα εμφάνισε καλύτερη γεύση και επίγευση από τα γιαούρτια M και M+K. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σχεδόν όλοι οι δοκιμαστές σχολίασαν μία άτυπη γεύση στα ρευστά γιαούρτια M ή M+K οπότε και τα βαθμολόγησαν ως προς τη γεύση με ένα ή/και δύο βαθμούς λιγότερο από ό,τι το γιαούρτι N (Πίνακας 6.15). Το χαρακτηριστικό αυτό φαίνεται

ότι δεν άλλαξε ούτε μετά από 15 ημέρες διατήρησης στους 4°C. Όσον αφορά το οξύγαλα του εμπορίου, είναι αξιολογούμενο ότι αυτό πήρε σημαντικά ($P<0.05$) μικρότερη βαθμολογία ως προς τη γεύση από ό,τι τα ρευστά γιαούρτια του πειράματος καθώς επίσης και στο ιξώδες μιας και το προϊόν αυτό ήταν πολύ αραιό. Σύμφωνα με τους Brennan κ.α. (2002), η προτίμηση στη γεύση ενός οξύγαλακτος στον καταναλωτή επηρεάζεται θετικά από το μεγαλύτερο ιξώδες.

Πίνακας 6.15 Οργανοληπτική αξιολόγηση άπαχου ρευστού γιαουρτιού παρασκευασμένο από νωπό (N) ή μικροδιηθημένο (M) αγελαδινό γάλα ή από μίγμα $\approx 1:1$ μικροδιηθήματος και κατακρατήματος (M+K) αυτού, καθώς και οξύγαλακτος εμπορίου (μέσοι όροι 3 πειραματικών επαναλήψεων \pm τυπ. απ.)

	1 ημέρα			15 ημέρες			Μάρτυρας εμπορίου
	N	M	M+K	N	M	M+K	
Ιξώδες	7,04 $\pm 0,93^{a*}$	6,95 $\pm 0,56^a$	6,98 $\pm 0,23^a$	7,78 $\pm 0,02^a$	7,1 $\pm 0,78^a$	6,86 $\pm 0,51^a$	1,80 $\pm 0,75^b$
Γεύση	7,11 $\pm 0,10^a$	5,74 $\pm 0,34^b$	6,03 $\pm 0,46^b$	7,09 $\pm 0,19^a$	5,28 $\pm 0,50^b$	5,16 $\pm 1,13^b$	4,34 $\pm 0,80^c$
Οξύτητα	5,04 $\pm 0,57^a$	5,26 $\pm 0,34^a$	5,55 $\pm 0,92^a$	5,41 $\pm 1,11^a$	5,59 $\pm 0,35^a$	5,42 $\pm 0,52^a$	3,76 $\pm 0,84^b$
Σύνολο (max=24)	19,19 $\pm 1,50^{a,b}$	17,95 $\pm 0,56^{a,b}$	18,56 $\pm 1,26^{a,b}$	19,82 $\pm 1,2^a$	17,98 $\pm 1,51^{a,b}$	17,43 $\pm 0,86^b$	9,45 $\pm 0,77^c$

*Οι μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά ($P<0.05$)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας τα αποτελέσματα από την παρούσα μελέτη σχετικά με τη χρησιμοποίηση αγελαδινού μικροδιηθημένου γάλακτος, το οποίο είχε παραχθεί μέσω μεμβράνης με πόρους 1,4 μm, στην παρασκευή γιαουρτιού εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Στην παρασκευή γιαουρτιού παραδοσιακού τύπου

- Η χημική σύσταση του προϊόντος δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του γάλακτος (νωπό, μικροδιηθημένο ή μίγμα μικροδιηθημένου και κατακρατημένου 1:1)
- Η ανάπτυξη των προστιθέμενων καλλιεργειών εμπορίου επίσης δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του γάλακτος
- Η ζύμωση των σακχάρων και η παραγωγή γαλακτικού οξέος δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των προϊόντων
- Το pH και η οξύτητα του προϊόντος επίσης δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από τον τύπο του γάλακτος και εξελίχθηκαν σε φυσιολογικά επίπεδα μέχρι τις 15 ημέρες διατήρησής τους
- Η συνεκτικότητα των γιαουρτιών από μικροδιηθημένο γάλα και από το μίγμα μικροδιηθημένου/ κατακρατημένου ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτήν του γιαουρτιού από νωπό γάλα.
- Η γεύση των γιαουρτιών από μικροδιηθημένο γάλα και από το μίγμα μικροδιηθημένου/ κατακρατημένου θεωρήθηκε από τους δοκιμαστές υποδεέστερη από αυτήν του γιαουρτιού από νωπό γάλα.

Στην παρασκευή άπαχου ρευστού γιαουρτιού

- Η χημική σύσταση του προϊόντος δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του γάλακτος
- Η ανάπτυξη των προστιθέμενων καλλιεργειών εμπορίου επίσης δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του γάλακτος
- Η γλυκόζη στο ρευστό γιαούρτι από μικροδιηθημένο γάλα είχε ζυμωθεί όλη μέχρι τις 7 ημέρες, ενώ στα άλλα δύο γιαούρτια υπήρχε υπολειμματική γλυκόζη.
- Το pH και η οξύτητα του προϊόντος δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από τον τύπο του γάλακτος
- Το ιξώδες που προσδιορίστηκε κατατάσσει το προϊόν αυτό στην κατηγορία των ψευδοπλαστικών υγρών

- Η γεύση των ρευστών γιαουρτιών από μικροδιηθημένο γάλα και από το μίγμα μικροδιηθημένου/ κατακρατημένου θεωρήθηκε από τους δοκιμαστές υποδεέστερη από αυτήν του ρευστού γιαουρτιού από νωπό γάλα.
- Η γεύση και των τριών ρευστών γιαουρτιών του πειράματος θεωρήθηκε από τους αξιολογητές καλύτερη από αυτήν του ρευστού γιαουρτιού εμπορίου (οξύγαλα).

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Akoum O., Ding L.H., Jaffrin M.Y. (2002). Microfiltration and ultrafiltration of UHT skim milk with a vibrating membrane module. *Separation and Purification Technology*, 28, 219-234.
- Beolchini F., Cimini S., Mosca L., Veglio F. and Barba D. (2005). Microfiltration of Bovine and Ovine Milk for the Reduction of Microbial Content: Effect of Some Operating Conditions on Permeate Flux and Microbial Reduction. *Separation Science and Technology*, 40, 757–772.
- Bintsis T. (2006). In *Brined Cheese*, edited by Tamime A.Y., published by:Blackwell Publishing. Chapter 9:264-297.
- Boor, K. J. (2001). Fluid dairy product quality and safety: Looking to the future. *Journal of Dairy Science* 84, 1–11.
- Brans G., Schroën C.G.P.H, Van der Sman R.G.M and Boom R.M. (2004). Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*, 243, 263-272.
- Brennan E.M., Setser C. And Schmidt K.E. (2002). Yoghurt thickness: Effect on flavot perception and liking. *Journal of Food Science*, 67, 2785-2789.
- Bylund G. (1995). *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems, Lund, Sweden.
- Chapman, K. W., and Boor K. J.. (2001). Acceptance of 2% ultrapasteurized milk by consumers, 6–11 years old. *Journal of Dairy Science* 84:951–954.
- Chandan R.H. and O'Rell K.R.(2006). Manufacture of various types of yoghurt . In Chandan R.H., White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. pp. 211-236. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.
- Espina V., Jaffrin M.Y. , Frappart M., Ding L.H. (2010).Separation of casein from whey proteins by dynamic filtration. *Desalination* 250, pp.1109–1112
- Ferreira M, Fernada A.R. and Jost R. (1999). Application of microfiltration to egg white depleted in ovomucin. *International Journal of Food Science Technology*, 34, 27-32.
- FAO/WHO, 1977α. Code of principles concerning milk and milk products. Draft standard for yoghurt and sweetened yoghurt. (standard No A-11a, Step7).

- FAO/WHO, 1977β. Code of principles concerning milk and milk products. Standard for flavoured yoghurt and heat-treated after fermentation.(standard No A-11b, Step7).
- Garem A., Schuck P., Maubois J. L. (2000). Cheesemaking properties of a new dairy-based power made by a combination of microfiltration and ultrafiltration. *Lait* 80 25–32.
- Gana Q., Howell J.A., Field R.W., England R., Bird M.R., O’Shaughnessy C.L., McKechnie M.T. (2001). Beer clarification by microfiltration—product quality control and fractionation of particles and macromolecules. *Journal of Membrane Science* 194 185–196.
- Goudédranche H., Fauquant J., Maubois J.-L. (2000). Fractionation of globular milk fat by membrane microfiltration, *Lait* 80, 93–98.
- Guerra A., Jonsson G., Rasmussen A., Nielsen E.W., Edelsten D. (1998). Low cross flow velocity microfiltration of skim milk for removal of bacterial spores. *International Dairy Journal*, 7, 849-861.
- Harwalkar V.R. and Kalab M. (1983). Susceptibility of yoghurt to syneresis. Comparison of centrifugation and drainage methods. *Milchwissenschaft*, 38, 517-522.
- Heiferich W. and Westhoff D. (1980). All about yoghurt. Prentice Hall Inc. Englewood. New Jersey.
- Hoffman W., Kiesner C., Martin D., Einhoff K., Lorenzen P., Hammer P., Teufue P. (2006). Processing of extended shelf life using microfiltration. *International Journal of Dairy Technology*, 59, pp: 229-235.
- Huisman H. I. (2000). Membrane separations. II Microfiltration. pp: 1764-1777. Published by Academic Press.
- IDF (2001). Milk and milk products - Preparation of samples and dilutions for microbiological examination
- IDF (2001). Milk - Determination of nitrogen content
- IDF. (2003). Yoghurt - Enumeration of characteristic microorganisms
- IDF. (2007). Bulletin of the International Dairy Federation. The World Dairy Situation 2007.
- IDF (2008). Milk - Determination of fat content - Butyrometer for Van Gulik method
- Jelen P. and Renz-Schauen A. (1989). Quarg manufacturing innovations and their effects on quality, nutritive value and consumer acceptance. *Food Technology* 43 (3), 74-81.

- Jelen P. (1992). Pressure-driven membrane processes: principles and definitions, in: *New Applications of Membrane Processes, Special Issue 9201, International Dairy Federation*, Brussels, Belgium, , pp. 7–14.
- Jeantet R., Rodriguez J., Garen A. (2000). Nanofiltration of sweet whey by spiral wound organic membranes. Impact of hydrodynamics. *Lait*, 80,155-163
- Kaminarides S. and Anifantakis E. (2004). Characteristics of set type yoghurt made from caprine or ovine milk and mixtures of the two. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 319-324.
- Kaminarides S., Stamou P. and Massouras T. (2007). Comparison of the characteristics of set type yoghurt made from ovine milk of different fat content. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1019-1028.
- Kelly P.M., Horton B.S., Burling H. (1992). Partial demineralization of whey by nanofiltration. *International Dairy Federation Special Issue 9201* 130–140.
- Kilara A (2006). Basic Dairy Processing Principles. In Chandan R.H., White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. pp. 73-87. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.
- Kiefer J. (1991). Cross-flow filtration of beer, in: *Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Lisbon*, pp. 657–664.
- Klantschitsch T., Bachmann H. P., Zdenko P. (2000). Influence of milk treatment and ripening conditions on quality of Raclette cheese. *Lait*, 80, 51–67.
- Kulozik U. (1992). Membranes in microbial fermentations, *Bulletin of International Dairy Federation. Special issue 9201*, 141–160.
- Kyriacou A., Tsimpidi E., Kazantzi E., Mitsou E., Kirtzalidou E., Oikonomou Y. Gazis G. and Kotsou M. (2008). Microbial content and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from yoghurts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59, 512-525.
- Law B.A. and Goodenough P.W. (1995). Enzymes in milk and cheese production, in: Tucker G.A., Woods L.F.J. (Eds.), *Enzymes in Food Processing*, Blackie Acad. & Professional, Glasgow, UK, pp. 114–143.
- Le Berre O. and Daufin G. (1998). Skimmilk crossflow microfiltration performance versus permeation flux to wall shear stress ratio. *Journal of Membrane Science*, 117, 261-270.
- Lee W. and Lucey J.A. (2003). Rheological properties, whey separation and microstructure in set-style yoghurt: effects of heating temperature and gelation temperature. *Journal of Texture Studies*, 34, 515-536.

- Madec M.N., Méjean S., Maubois J.-L. (1992). Retention of *Listeria* and *Salmonella* cells contaminating skim milk by tangential membrane microfiltration (Bactocach process), *Lait* 72 327–332.
- Maragkoudakis P., Miaris C., Rojez P., Manalis N., Magkanari F., Kalantzopoulos G. and Tsakalidou E. (2006). Production of traditional Greek yoghurt using *Lactobacillus* strains with probiotic potential as starter adjuncts. *International dairy Journal*, 16, 52-60.
- Marshall V.M.E. and Tamime A.Y. (1997). Physiology and Biochemistry of Fermented Milks. In Law B.A.(Ed) *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 2nd edition. Blackie Academic & Professional, London, UK.
- Matta V.M., Moretti R.H., Cabral L.M.C. (2004). Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. *Journal of Food Engineering* 61, 477–482.
- Maubois J.-L., Ollivier G. (1997). Extraction of milk proteins, in: Damodaran S., Paraf A. (Eds.), *Food proteins and their applications*, Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 579–595.
- Maubois J.-L., Caudron B., Daviau C., Madec M.N., Pierre A. (2000). Membrane technologies: tools for a total control of the cheesemaking process, IDF Banff Seminar.
- Merin U. and Daufin G. (1990). Cross flow microfiltration in the dairy industry: state-of-the-art. *Le Lait* 70, 281-291.
- Mistry V.V. and Maubois J.L. (1992). In *Advanced Dairy Chemistry Vol 1* (Fox P.F., ed) pp. 493-369-404, Chapman and Hall.
- Neocleous M., Barbano D. M. and Rudan M. A. (2002). Impact of Low Concentration Factor Microfiltration on the Composition and Aging of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, Vol. 85, 2425-2437.
- Nilsson L.-E., Lyck S. and Tamime A.Y. (2006). Production of drinking products. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks*. pp. 95-127. Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Nyström M., Kaipia L., Luque S. (1995). Fouling and retention of nanofiltration membranes, *Journal of Membrane Science* 98 249–262.
- Ottosen N., Konigsfeld P. (1999). Microfiltration of cheese brine. *European Dairy Magazine*, 4, 22–24.
- Pedersen P.J. (1992). Microfiltration for the reduction of bacteria in milk and brine, *Bulletin of International Dairy Federation*, Special issue 9201 (1992) 33–50.

- Perédi, K., Vamos-Vigyazo, L., and Kiss-Kutz, N. (1981). Flavor losses in apple juice manufacture. *Nahrung. Food.* 25: 573-582
- Pierre A., Goudédranche H., Garem A., Daufin G., Industrie Laitière, in: Daufin D., René F., Aïmar P. (Coords.) (1998). Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire, Tec. Doc. Lavoisier, Paris, 1998, pp. 282–371.
- Powrie W. and Nakai S. (1986). The chemistry of eggs and egg products. Chapter 6. in: Egg Science and Technology (edited by W.J. Stadelman and O.J. Cotterill). P.97. Binghampton, New York: Haworth Press.
- Prodcom. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/prodcom/data/database>
- Purwandari U., Shah N.P. and Vasiljevic T. (2007). Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on the rheological and rheological properties of set-type yoghurt. *International Dairy Journal*, 17, 1344-1352.
- Reif O.W. (2006). Microfiltration membranes: characteristics and manufacturing. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 98, 73– 103.
- Rinaldoni A.N., Campderros M., Menendez C.J., Prez Padilla A. (2009). Fractionation of skim milk by an integrated membrane process for yoghurt elaboration and lactose recuperation. *International Journal of Food Engineering*, 5 (3), art. no. 1, Cited 1 time.
- Robinson R.K. (2002). Dairy Mikrobology Handbook. The microbiology of milk and milk products. Wiley-Interscience. New York .
- Robinson R.K. and Tamime A.Y. (2006). Types of Fermented Milks. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks*. pp. 1-10. Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Robinson R.K. and Itsaranuwat P. (2006). Properties of yoghurt and their appraisal. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks*. pp. 76-94. Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Robinson R.K., Lusey J.A. and Tamime A.Y. (2006). Manufacture of Yoghurt. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks*. pp. 53-73 Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Rosenberg M. (1995). Current and future application for membrane processes in the dairy industry. *Trends in Food Science and Technology*, Vol 6, 12-19.
- Saint-Gelais D., Roy D., Audet P. (1998). Manufacture and composition of low fat Cheddar cheese from milk enriched with different protein concentrate powders, *Food Saint-Gelais Res. Int.* 31 137–145.
- Saboya L.V. and Maubois J.L. (2000). Current developments of microfiltration technology in the dairy industry. *Lait* 80, 541-553.

- Su S.K. and Wiley R.C. (1998). Changes in apple juice flavor compounds during processing. *Journal of Food Science*, 63, 688-691.
- Tamime A.Y. and Marshall V.M.E. (1997). Microbiology and Technology of Fermented Milks. In Law B.A.(Ed) *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, edition. Blackie Academic & Professional, London, UK.
- Tamime A.Y. and Robinson R.K. (1999). Yoghurt, Science and Technology, 2nd edition. pp. 1-128,432-485. Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC.
- Tamime A.Y., Skriver A. and Nilsson L.-E. (2006). Starter cultures. In Tamime A.Y. (Ed.) *Fermented milks*. pp. 11-52. Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Timmen H., Patton S. (1988). Milk fat globules: fatty acid composition, size and in vivo regulation of fat liquidity. *Lipids*, 7, 685–689.
- Tziboula A., Steele W., West I. and Muir D. D. (1998). Microfiltration of milk with ceramic membranes: influence on casein composition and heat stability. *Milchwissenschaft*, 53, 8-11.
- Van der Horst H.C. and Hanemaaijer J.H. (1990). Cross flow microfiltration in the food industry. State of the art. *Desalination*, 77, 235-258.
- Van der Horst H.C., Timmer J.M.K., Robbertsen T., Leenders J. (1995). Use of nanofiltration for concentration and demineralization in the dairy industry: Model for mass transport, *Journal of Membrane Science* .104, 205–218.
- Van Hekken D.L., Holsinger V.H. (2000). Use of cold microfiltration to produce unique β -casein enriched milk gels. *Lait* 80, 69-76.
- Vasiljevic T., Jelen P. (2000). Comparison of nanofiltration and high pressure ultrafiltration of cottage cheese whey and whey permeate, *Milchwissenschaft*. 55, 145–149.
- Vedamuthu E.R. (2006 α). Starter cultures for Yoghurt and Fermented milks. In Chandan R.H, White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. pp. 89-128. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.
- Vedamuthu E.R. (2006 β). Other Femented and Culture-Containing Milks. In Chandan R.H, White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. pp. 295-308. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.
- Vivar-Quintana A.M., Beneitez De La Mano, E. and Revilla I. (2006). Relationship between somatic cell counts and the properties of yoghurt made from ewes' milk. *International Dairy Journal*, 16, 262-267.

- Vivekanand, V., Kentish S. E., O'Connor A. J., Barber A. R., Stevens G. W. (2004). Microfiltration offers environmentally friendly fractionation of milk proteins. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59, 186-188.
- Walstra P., Geurts T.J., Noomen A., Jellema A., Van Boeckel M.A.J.S. (1999). Dairy Technology-Principles of Milk Properties and Processes. Εκδόσεις: Marcel Dekker Inc. pp: 517-537.
- Wijers M.C., Pouliot Y., Gauthier S.F., Pouliot M., Nadeau L. (1998). Use of nanofiltration membranes for the desalting of peptide fractions from whey protein enzymatic hydrolysates, *Lait* 78 621–632.
- Yaroshchuk A.E., Makovetskiy A.L., Boiko Y.P., Galinker E.W. (2000). Non-steady-state membrane potential: theory and measurements by a novel technique to determine the ion transport numbers in active layers of nanofiltration membranes, *Journal of Membrane Science*. 172. 203–221.
- Zambrini A.V., Giroletti A., Sudati G., Mistretta A.P. (1990). Separation of lactate from acid whey permeates by nanofiltration. XXIII International Dairy Congress Brief Communications and Abstract of Posters, Vol. II, Subject K, p. 382.
- Zuo W., Zhang, G., Meng Q., Zhang H. (2007). Characteristics and application of multiple membrane process in plating wastewater reutilization. *Desalination* 222, 187–196.
- Zydney A.L. (1996). Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications, Merceel Dekker, Inc., New York, p. 490. In: Zeman L.J., Zydney A.L. (Eds.).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανυφαντάκης Ε. (1992). Μέθοδοι εξετάσεως του γάλακτος και των προϊόντων του. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Ανυφαντάκης Ε. (2004). Τυροκομία (Χημεία-Φυσικοχημεία-Μικροβιολογία). Β έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Διαμαντόπουλος Χ.(2011). Γαλακτοπαραγωγός αγελαδοτροφία και γαλακτοβιομηχανίες στην Ελλάδα. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία, τεύχος 9/2011*. Εκδόσεις Αγροτύπος
- Ελληνική Στατιστική Αρχή ([ΕΛ.ΣΤΑΤ](http://www.statistics.gr)). (2008) <http://www.statistics.gr>
- Ελληνικός Οργανισμός Γάλακτος και Κρέατος (ΕΛ.Ο.ΓΑ.Κ.). (2010) <http://www.elog.gr>
- Ζώτου Α. (2009). Μελέτη της τεχνολογίας παρασκευής και φυσικοχημικών, μικροβιολογικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών φρέσκου μαλακού τυριού από νωπό, παστεριωμένο και μικροδητημένο αγελαδινό γάλα. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Καμινάρειδης Σ., Μοιάτσου Γ. (2009). *Βασικά Γαλακτοκομικά Προϊόντα*. Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο
- Κανονισμός (ΕΚ) 1662/2006. Για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής ένωσης, L320, 1-10.
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2003). Μέρος Α': Τρόφιμα και Ποτά, Κεφάλαιο Ι. ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους.
- Κεχαγιάς Χ., Κουλούρης Σ. (2005). Στοιχεία Τεχνολογίας και Έλεγχοι Ποιότητας Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων. Εκδόσεις Ίων.
- Μανιφάβα Δ. (2011). Ανακατατάξεις στις κατηγορίες των γαλακτοκομικών έφερε η κρίση. *Περιοδικό Γαλακτοκομία*. Εκδόσεις Τρίαίνα. Αθήνα.
- Μάντης Α. (2000). Υγιεινή και Τεχνολογία Γάλακτος και των Προϊόντων του. Γ' Έκδοση. Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη.

Πανόπουλος Γ. (2008). Μελέτη της μεταβολής μερικών χαρακτηριστικών και παραμέτρων κατά τη μικροδιήθηση του γάλακτος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Παπαστάθη Κ. (2011). Αρωματικά συστατικά και ανόργανα άλατα σε άπαχα και μειωμένης λιποπεριεκτικότητας επιδόρπια τύπου γιαουρτιού χωρίς φρούτα και άρωμα φρούτων. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα