



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ
ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

Επίδραση της σύστασης και της μεταχείρισης του γάλακτος στα
χαρακτηριστικά μαλακού τυριού μικτής πήξης

Μεταπτυχιακή Ερευνητική Μελέτη

ΣΟΦΙΑ-ΜΑΡΙΑ Δ. ΛΕΠΕΣΙΩΤΗ

Επιβλέπουσα: **Γκόλφω Μοάτσου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ

ΑΘΗΝΑ, 2019

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Επίδραση της σύστασης και της μεταχείρισης του γάλακτος στα
χαρακτηριστικά μαλακού τυριού μικτής πήξης**

**Effect of milk composition and treatment on the characteristics
of spreadable cheese manufactured by combined acid and ren-
net coagulation**

ΣΟΦΙΑ-ΜΑΡΙΑ Δ. ΛΕΠΕΣΙΩΤΗ

Επιβλέπουσα: **Γκόλφω Μοάτσου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γκόλφω Μοάτσου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ
Θεοφύλακτος Μασούρας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΕΤΔΑ
Αικατερίνη Μοσχοπούλου, Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΤΔΑ

ΑΘΗΝΑ, 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επίδραση της σύστασης και της μεταχείρισης του γάλακτος στα χαρακτηριστικά μαλακού τυριού μικτής πήξης

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας (73°C/16s, 85°C/16s, 100°C/16s και 90°C/5min) και της ομογενοποίησης του γάλακτος στα χαρακτηριστικά μαλακών αλοιφωδών τυριών που προέρχονταν από συνδυασμό όξινης και ενζυμικής πήξης πλήρους ή μειωμένου λίπους αγελαδινό γάλα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η ανοιχτού τύπου θερμική επεξεργασία 90°C/5min μετουσίωσε πλήρως τη β-λακτογλοβουλίνη και περίπου το 80% της α-λακτοαλβουμίνης, ενώ μετά από την συνεχή επεξεργασία 100°C για 16s μετουσιώθηκε το 80% της β-λακτογλοβουλίνης και το 20% της α-γαλακτοαλβουμίνης. Τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα είχαν κατά μέσο όρο 3,20% υψηλότερη υγρασία σε σχέση με τα τυριά από μη ομογενοποιημένο γάλα (74,4% έναντι 70,90%) και το ίδιο ίσχυε για τα τυριά μειωμένων λιπαρών (73,08% έναντι 71,96%). Επιπλέον, τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα είχαν αυξημένο λίπος και πρωτεΐνη επί ξηρού. Η αύξηση της έντασης της θερμικής επεξεργασίας προκάλεσε σημαντική αύξηση της υγρασίας των τυριών. Μεταξύ όμως των επεξεργασιών 90°C/5min και 100°C/16s δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος και της ομογενοποίησης ως προς την υγρασία, το λίπος και την πρωτεΐνη. Τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα ήταν πιο μαλακά, με χαμηλότερο κομμωδες και μασητικότητα. Το ίδιο παρατηρήθηκε για τα τυριά με πλήρη λιπαρά σε σχέση με τα μειωμένης λιποπεριεκτικότητας. Η συνάφεια ήταν αυξημένη στα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα και σε αυτά που είχαν δεχθεί ασυνεχή θερμική επεξεργασία. Γενικά, η οργανοληπτική βαθμολογία των τυριών μειωμένων λιπαρών ήταν υψηλή και επηρεάστηκε θετικά από την ομογενοποίηση.

Επιστημονική περιοχή: Τυριά

Λέξεις-κλειδιά: Μαλακό αλοιφώδες τυρί, μειωμένα λιπαρά, ομογενοποίηση, θερμική επεξεργασία

ABSTRACT

Effect of milk composition and treatment on the characteristics of spreadable cheese manufactured by combined acid and rennet coagulation

The effect of heat treatment (73 ° C / 16s, 85 ° C / 16s, 100°C /16s and 90° C/5min) and homogenization of milk on the characteristics of spreadable cheese manufactured by combined acid and rennet coagulation of full- and reduced-fat cow milk, was studied. According to the results the batch treatment 90°C/5min denatured totally the native β -lactoglobulin and approximately 80% of α -lactalbumin. Treatment at 100°C/16s denatured β -lactoglobulin by 80% and α -lactalbumin by 20%. Homogenized milk cheeses contained 3.20% higher moisture than non-treated, on average (74.4% vs 70.90%). The same trend was observed for reduced-fat milk cheeses (73.08% vs 71.96%). In addition homogenized milk cheeses had higher fat- and protein- on- dry matter contents. The increase of heat treatment increased statistically significantly cheese moisture. There was statistically significant effect of interaction of heat of heat treatment and homogenization on cheese moisture, fat and protein content. Homogenized milk cheeses were softer with lower gumminess and chewiness as happened with reduced-fat compared to full-fat cheeses. Cohesiveness was higher in homogenized and batch heat treatment milk cheeses. The organoleptic scores of reduced-fat cheeses were high and they were positively affected by homogenization of milk.

Scientific area: Cheese

Keywords: spreadable cheese, reduced-fat, homogenization, heat treatment

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την εισηγήτρια του θέματος αυτού και επιβλέπουσα Καθηγήτρια κ. Μοάτσου Γκόλφω για την καθοδήγησή της, το χρόνο, τη βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές, κατά τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Μασούρα Θεοφύλακτο και την Επίκουρο Καθηγήτρια κυρία Μοσχοπούλου Αικατερίνη για τον χρόνο που διέθεσαν για να μελετήσουν την εργασία.

Οφείλω ακόμα να ευχαριστήσω τον κ. Λάμπρο Σακκά και τη κ. Ευαγγελία Ζωίδου για τη βοήθειά τους στη διεξαγωγή των εργαστηριακών αναλύσεων καθώς και τον κ. Θεόδωρο Πάσχο για τη βοήθειά του κατά τη διάρκεια των τυροκομήσεων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	2
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	2
1.2 ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	10
1.4 ΜΕΤΟΥΣΙΩΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ	12
1.4.1 Μετουσίωση πρωτεϊνών του ορού	12
1.4.2 Αλληλεπίδραση μετουσιωμένων πρωτεϊνών του ορού με την κ-καζεΐνη	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	17
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	17
2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟ ΛΙΠΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	18
2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	19
2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΑ ΕΝΖΥΜΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	20
2.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	21
2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ 22	
2.7 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΙΟΥ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΙΩΝ	25
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	25
3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΡΙΩΝ	28
3.3 ΦΡΕΣΚΑ ΤΥΡΙΑ ΚΑΙ ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΑΛΟΙΦΩΔΗ ΥΦΗ	33
3.4 ΤΥΡΙΑ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	38
ΜΕΡΟΣ Β΄: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	43
4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΤΩΝ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΕΩΝ	43
4.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΕΙΣ	44
4.3 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	46
4.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΥΡΙΩΝ	48
4.5 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	50
4.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	52
5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	52
5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ	59

5.3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ	67
5.5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΤΥΡΙ.....	73
5.4	ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	77
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	80
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μία από τις σύγχρονες τάσεις της Γαλακτοκομίας σήμερα είναι η παραγωγή προϊόντων με μειωμένη ή πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Όμως στην περίπτωση αυτή πρέπει να αντιμετωπιστούν δύο προβλήματα, η μειωμένη απόδοση και η τυχόν υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Επίσης φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια οι τυροκομικές επιχειρήσεις έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους προς τα τυριά με πολύ αυξημένη υγρασία που έχουν αλοιφώδη υφή καθώς φαίνονται ελκυστικά για τον καταναλωτή και έχουν πολύ καλό οικονομικό αποτέλεσμα.

Στόχος αυτής της μελέτης ήταν να συνδυάσει τις δύο αυτές τάσεις μελετώντας την επίδραση των επεξεργασιών του γάλακτος στα χαρακτηριστικά πολύ μαλακών τυριών με αλοιφώδη υφή με πλήρη σύσταση αλλά και με μειωμένα λιπαρά.

ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το γάλα είναι ένα πολύπλοκο τρόφιμο από άποψη μοριακής σύστασης και αποτελεί σημαντικό μέρος της διατροφής του ανθρώπου, κυρίως λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας. Αποτελεί ένα γαλάκτωμα σφαιριδίων λίπους σε μια υδατική φάση. Η υδατική φάση αποτελείται από διαλυμένα και εναιωρούμενα συστατικά όπως μικκύλια καζεΐνης, πρωτεΐνες ορού, λακτόζη και βιταμίνες (Bransand et al., 2004). Το γάλα καθώς και η παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων απαιτεί θερμική επεξεργασία έτσι ώστε να μπορεί να καταναλωθεί. Μια τέτοια επεξεργασία αποσκοπεί κυρίως στη θανάτωση μικροοργανισμών και απενεργοποίηση ενζύμων και στην επίτευξη κάποιων άλλων, κυρίως χημικών, αλλαγών. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της επεξεργασίας εξαρτάται από την ένταση της θερμοκρασίας σε σχέση με τη διάρκεια θέρμανσης (Walstra et al., 2006).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πλούσια σύσταση του γάλακτος το καθιστά υπόστρωμα για την γρήγορη ανάπτυξη μικροοργανισμών εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Οι πηγές μόλυνσης του γάλακτος είναι κυρίως το σύστημα εκτροφής, η μονάδα εκτροφής, η άμελξη, η συντήρηση του γάλακτος, τα σκεύη και οι άνθρωποι που χειρίζονται τα ζώα. Όλα τα είδη των μικροοργανισμών μπορούν να αναπτυχθούν στο γάλα όπως είναι οι παθογόνοι και οι αλλοιογόνοι. Στο νωπό γάλα μπορούν να αναπτυχθούν παθογόνοι μικροοργανισμοί όπως είναι *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella brunetti*, ο εντεροπαθογόνος *E.coli* 0157:H7, *Campylobacter jejuni* καθώς και κάποια είδη *Salmonella* sp. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται διάφοροι τύποι θερμικής επεξεργασίας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η υγεία των καταναλωτών μέσω της αδρανοποίησης ή ακόμα και της θανάτωσης αυτών των παθογόνων μικροβίων. Με τη θανάτωση των πληθυσμών αυτών και την αδρανοποίηση των ενδογενών μικροβιακών τους ενζύμων που εξασφαλίζει η θερμική επεξεργασία, έχουμε σημαντική αύξηση στο χρόνο ζωής του πόσιμου γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων (Καμινारीδης και Μοάτσου, 2009).

Όλες οι ανεπτυγμένες χώρες εφαρμόζουν αυστηρούς νομοθετικούς κανονισμούς (Κανονισμός 853/2004 για την Ε.Ε) σχετικά με τις συνθήκες παραγωγής αποθήκευσης και διακίνησης του νωπού γάλακτος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια των καταναλωτών. Οι μικροβιολογικές προδιαγραφές του νωπού γάλακτος περιγράφονται από τον Κανονισμό 1662/2006 σύμφωνα με τον οποίο:

1) για το νωπό γάλα αγελάδας:

Περιεκτικότητα σε μικρόβια στους 30 °C (ανά mL)	$\leq 100\ 000$ ⁽¹⁾
Περιεκτικότητα σε σωματικά κύτταρα (ανά mL)	$\leq 400\ 000$ ⁽²⁾
<p>(¹) Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος περιόδου δύο μηνών, με δύο τουλάχιστον δείγματα μηνιαίως.</p> <p>(²) Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος περιόδου τριών μηνών, με ένα τουλάχιστον δείγμα μηνιαίως, εκτός εάν η αρμόδια αρχή καθορίζει άλλη μεθοδολογία ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι εποχιακές διακυμάνσεις στα επίπεδα παραγωγής.</p>	

2) για το νωπό γάλα άλλων ειδών:

Περιεκτικότητα σε μικρόβια στους 30 °C (ανά mL)	$\leq 1\ 500\ 000$ ⁽¹⁾
<p>(¹) Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος περιόδου δύο μηνών, με δύο τουλάχιστον δείγματα μηνιαίως.</p>	

Ωστόσο, εάν το νωπό γάλα από άλλα είδη εκτός των αγελάδων προορίζεται για την παρασκευή προϊόντων, τα οποία παρασκευάζονται από νωπό γάλα με διαδικασία η οποία δεν απαιτεί θερμική επεξεργασία, οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων πρέπει να λαμβάνουν μέτρα, ώστε να διασφαλίζουν ότι το χρησιμοποιούμενο νωπό γάλα ανταποκρίνεται στο ακόλουθο κριτήριο.

Περιεκτικότητα σε μικρόβια στους 30 °C (ανά mL)	$\leq 500\ 000$ ⁽¹⁾
<p>(¹) Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος περιόδου δύο μηνών, με δύο τουλάχιστον δείγματα μηνιαίως.</p>	

Η αποτελεσματικότητα της θερμικής επεξεργασίας επηρεάζεται από την ένταση της θερμοκρασίας, την διάρκεια θέρμανσης, την τεχνολογία που εφαρμόζεται και τη μεταχείριση του γάλακτος. Ο συνδυασμός θερμοκρασίας/ χρόνου εκτός από την μείωση ή και την θανάτωση των παθογόνων μικροβίων προκαλεί ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις που αλλοιώνουν τα θρεπτικά και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με τον ελληνικό κώδικα τροφίμων και ποτών:

Νωπό γάλα χαρακτηρίζεται το γάλα που εκκρίνεται από τους μαστικούς αδένες μιας ή περισσότερων αγελάδων, το οποίο δεν έχει θερμανθεί σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 40°C, ούτε έχει υποβληθεί σε επεξεργασία με ισοδύναμο αποτέλεσμα. Επισημαίνεται ότι απαγορεύεται η προσφορά και η πώληση νωπού γάλακτος για λόγους μικροβιολογικής ασφαλείας.

Θερμικά επεξεργασμένο γάλα χαρακτηρίζεται το γάλα κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση που παράγεται με θερμική επεξεργασία άμεσα και αποκλειστικά από νωπό γάλα και το οποίο έχει τη μορφή γάλακτος παστεριωμένου, υψηλά παστεριωμένου, UHT και αποστειρωμένου.

Η θερμική επεξεργασία εφαρμόζεται στο γάλα με διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας και χρονικής διάρκειας θέρμανσης και αποτελεί απαραίτητο στάδιο για την παραγωγή όλων σχεδόν των γαλακτοκομικών προϊόντων. Πριν από τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος πραγματοποιείται καθαρισμός και τυποποίηση και σε ορισμένες περιπτώσεις και ομογενοποίησή του (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Οι θερμικές επεξεργασίες που εφαρμόζονται στο γάλα κατατάσσονται ανάλογα με την έντασή τους ως εξής:

- Θέρμισμα

Σε πολλά γαλακτοκομεία, δεν είναι δυνατή η παστερίωση και η επεξεργασία του γάλακτος αμέσως μετά την άμελξη με αποτέλεσμα να απαιτείται η συντήρησή του σε ψυχόμενες δεξαμενές (σιλό) για ώρες ή ημέρες. Υπό αυτές τις συνθήκες, ακόμη και η βαθιά ψύξη δεν είναι αρκετή για να αποφευχθεί σοβαρή υποβάθμιση της ποιότητας.

Έτσι, πολλά γαλακτοκομεία προθερμαίνουν το γάλα σε θερμοκρασία κάτω από τη θερμοκρασία παστερίωσης, για να εμποδίσουν προσωρινά την ανάπτυξη των βακτηρίων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται θέρμισμα. Το γάλα θερμαίνεται στους 63-65 °C για περίπου 15 s ή 57-68°C για περίπου 20 s. Οι συνδυασμοί αυτοί χρόνου / θερμοκρασίας δεν αδρανοποιούν την αλκαλική φωσφατάση.

Για να αποφευχθεί ο πολλαπλασιασμός των αερόβιων βακτηρίων μετά την θερμική επεξεργασία, το γάλα πρέπει να ψύχεται ταχέως στους 4 °C ή χαμηλότερα και δεν πρέπει να αναμιγνύεται με μη επεξεργασμένο γάλα. Εάν η θερμική επεξεργασία ευνοήσει την «βλά-

στηση» κυττάρων από σπόρια, αυτά καταστρέφονται όταν το γάλα παστεριώνεται στη συνέχεια. Το θέρμισμα πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Ο στόχος θα πρέπει να είναι η παστερίωση όλων των εισερχομένων γαλακτοκομικών προϊόντων εντός 24 ωρών από την άφιξη στο γαλακτοκομείο (Dairy Processing Handbook,1995).

- Παστερίωση

Με την παστερίωση επιδιώκεται και πρέπει να επιτυγχάνεται η καταστροφή όλων των επικίνδυνων για τον καταναλωτή μικροοργανισμών (παθογόνων). Παράλληλα μειώνεται και ο πληθυσμός της αλλοιογόνου μικροβιακής χλωρίδας και αυτό βοηθά στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης. Το αποτέλεσμα όμως αυτό είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας και χρόνου θέρμανσης που μεγαλύτερη ή μικρότερη επίπτωση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία του γάλακτος (Μάντης κ.α.,2015).

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius *“η παστερίωση είναι μία θερμική επεξεργασία που αποσκοπεί στη μείωση του πληθυσμού των παθογόνων μικροοργανισμών στο γάλα, εφόσον υπάρχουν, σε επίπεδα που δεν είναι πλέον επιβλαβή για την υγεία”* Ο κανονισμός 1662/2006, ορίζει την παστερίωση ως *“τη θερμική επεξεργασία που γίνεται σε κατάλληλα συστήματα θέρμανσης στους 72°C τουλάχιστον για 15 sec ή συνδυασμούς ισοδύναμου αποτελέσματος”* το οποίο ισοδύναμο αποτέλεσμα ορίζεται επακριβώς από τη νομοθεσία των ΗΠΑ και είναι 63 °C για 30 min ή 72 βαθμούς για 15 s.

Η ελληνική νομοθεσία ορίζει ως παστεριωμένο *“το γάλα το οποίο έχει υποβληθεί σε επεξεργασία που περιλαμβάνει την έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα (+71.7°C τουλάχιστον για 15 sec) ή σε χαμηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα (+63°C τουλάχιστον για 30 λεπτά) ή σε διαδικασία παστερίωσης που χρησιμοποιεί διαφορετικούς συνδυασμούς χρόνου και θερμοκρασίας μεταξύ των δύο παραπάνω συνθηκών για την επίτευξη ισοδύναμου αποτελέσματος, παρουσιάζει αρνητική αντίδραση στη δοκιμασία φωσφατάσης και θετικό στη δοκιμασία υπεροξειδάσης”*.

- ✓ Βραδεία παστερίωση ή παστερίωση LTLT (Low Temperature Long Time)

Το γάλα θερμαίνεται χωρίς διακοπή, τους 62-65°C για 30 min. Η θέρμανση γίνεται σε ειδικούς λέβητες με διπλά τοιχώματα μεταξύ των οποίων κυκλοφορεί θερμό νερό ή ατμός. Ο κάθε λέβητας είναι εφοδιασμένος με μηχανισμό ανάδευσης και θερμορυθμιστικούς και καταγραφικούς μηχανισμούς για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και του χρόνου θέρμανσης. Η λειτουργία είναι συνεχής αλλά μπορεί να συνδεθούν πολλοί λέβητες τη σειρά ώστε να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία

της γραμμής παραγωγής (Μάντης κ.α.,2015). Η μέθοδος έχει αντικατασταθεί από την ταχεία παστερίωση η οποία πλεονεκτεί συγκριτικά σε πολλά σημεία.

✓ Ταχεία παστερίωση ή παστερίωση HTST (High Temperature Short Time)

Το γάλα πρέπει να θερμανθεί τουλάχιστον στους 72°C για 15 s σε ειδικά συστήματα εναλλακτών θερμότητας. Η καταστροφή των επικίνδυνων για την Δημόσια Υγεία μικροοργανισμών δεν είναι αποτέλεσμα μόνο του παραπάνω συνδυασμού χρόνου και θερμοκρασίας, αλλά επιτυγχάνεται κυρίως με το θερμικό σοκ που επιφέρεται στα βακτήρια επειδή το γάλα από τους 4°C περίπου θερμαίνεται εντός δευτερολέπτων στους 72°C, παραμένει στη θερμοκρασία αυτή για 15 τουλάχιστον s και ψύχεται και πάλι σε θερμοκρασία κάτω των 7°C εντός δευτερολέπτων. Η μέθοδος αυτή είναι η επικρατέστερη μέχρι σήμερα και χρησιμοποιείται για την εξυγίανση όλης σχεδόν της ποσότητας γάλακτος που καταναλώνεται σε όλο τον κόσμο ως παστεριωμένο(Μάντης κ.α., 2015).

• Υψηλή παστερίωση

Θερμική επεξεργασία του γάλακτος στους 125- 138°C για 2-4 s, συνθέστερα στους 115-120 °C για 2-5 s ή σε ισοδύναμο συνδυασμό θερμοκρασίας – χρόνου. Το γάλα ψύχεται αμέσως μετά τη θερμική επεξεργασία, διατηρείται σε θερμοκρασία ψύξης ≤ 6 °C και η διάρκεια ζωής του είναι από 10 έως 30 ημέρες ή και περισσότερο, ανάλογα με τον τύπο συσκευασίας που εφαρμόζεται, π.χ. η ασηπτική συσκευασία παρατείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής. Στη συσκευασία αναγράφονται σε εμφανές σημείο οι λέξεις «Γάλα» και «Υψηλής Παστερίωσης». Απαγορεύεται σε οποιοδήποτε σημείο της συσκευασίας η αναγραφή των λέξεων «φρέσκο» και «παστεριωμένο». Οι δοκιμασίες της φωσφατάσης και της υπεροξειδάσης πρέπει να έχουν αρνητική αντίδραση (Dairy Processing Handbook, 1995, Ulberth, 2003, Rysstad and Kolstad, 2006). Θανατώνονται όλοι οι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί αλλά όχι τα σπόρια, ενώ μετουσιώνονται τα περισσότερα ένζυμα του γάλακτος. Εκτός από αυτές τις αλλαγές, η υψηλή παστερίωση επιδρά και σε άλλα συστατικά του γάλακτος όπως στις πρωτεΐνες του ορού και στις πρωτεΐνες της μεμβράνης των λιποσφαιρίων, προκαλώντας μετουσίωση και την δημιουργία συμπλόκων. Ως αποτέλεσμα παρατηρούνται αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος όπως ελαφριά γεύση βρασμένου γάλακτος. Επιπλέον, σε τέτοιου τύπου θερμικές επεξεργασίες (>100°C) μπορεί να επηρεασθούν και ορισμένες βιταμίνες, κυρίως υδατοδιαλυτές εκτός από το ασκορβικό οξύ, το οποίο επηρεάζεται ήδη από τις συνθήκες της κλασικής παστερίωσης (Fox and McSweeney,1998, Walstra *et al.*, 2006, Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για την παραγωγή γάλακτος υψηλής θερμικής επεξεργασίας διακρίνονται σε συστήματα άμεσης και έμμεσης θέρμανσης. Τα συστήματα άμεσης θέρμανσης βασίζονται στη ανάμειξη του γάλακτος με υπέρθερμο ατμό και διακρίνονται σε :

- i. Συστήματα έγχυσης ατμού στο γάλα (steam injection system), που έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του γάλακτος να ανέρχεται στους 127-135 °C και παραμένει στη θερμοκρασία αυτή για 2-4 sec.
- ii. Σύστημα εκνέφωσης γάλακτος σε θάλαμο ατμού. Το γάλα έρχεται σε επαφή με τον ατμό, αφού αυτό εκνεφώνεται σε θάλαμο, όπου υπάρχει ατμόσφαιρα υπέρθερμου ατμού (135-145°C)

Στα συστήματα έμμεσης θέρμανσης το γάλα δεν έρχεται σε επαφή με το θερμαντικό μέσο αλλά θερμαίνεται έμμεσα μέσα σε ειδικά συστήματα εναλλακτών θερμότητας. Οι κυριότεροι τύποι εναλλακτών είναι (Μάντης κ.α.,2015):

- i. Πλακοειδείς
- ii. Σωληνοειδείς
- iii. Επιφανειακής απόξεσης

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε στην αγορά το γάλα ESL (Extented Self Life) το οποίο με βάση την ελληνική νομοθεσία χαρακτηρίζεται ως γάλα υψηλής θερμικής επεξεργασίας και «*νοείται το γάλα το οποίο έχει υποβληθεί σε επεξεργασία που περιλαμβάνει την έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία, στους 85 -127°C, σε τέτοιες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου ώστε η δοκιμασία υπεροξειδάσης να είναι αρνητική, αμέσως δε μετά τη θερμική επεξεργασία ψύχεται, το συντομότερο δυνατό, σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 6 °C η δε διάρκεια συντήρησής του καθορίζεται με ευθύνη του κατασκευαστή*». Στην κατηγορία αυτή μπορεί να ανήκουν και γάλατα με τη σήμανση «*υψηλής παστερίωσης*» όπως και τα «*παστεριωμένα μικροφιλτραρισμένα*» γάλατα.

- Αποστείρωση

Η αποστείρωση του γάλακτος αποσκοπεί στη θανάτωση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των βακτηριακών σπορίων, έτσι ώστε το συσκευασμένο προϊόν να μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς αλλοίωση από μικροοργανισμούς. (Walstra *et al.*, 2006). Η αποστείρωση επιφέρει αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων και μείωση της θρεπτικής τους αξίας. Η αποστείρωση γίνεται με δύο τρόπους (Fox and McSweeney, 1998, Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009) :

- UHT (Ultra High Temperature): άκρως υψηλή θερμοκρασία στους 135-150°C για 1-4 s ή >140°C για 5 s και άνω των 135°C για χρόνο μεγαλύτερο του 1 s. Τα περισσότερα ένζυμα αδρανοποιούνται ενώ ένα μέρος της πλασμίνης και ορισμένων βακτηριακών πρωτεασών και λιπασών παραμένει ενεργό. Η επεξεργασία αυτή γίνεται σε συνεχή λειτουργία και τα αποτελέσματα είναι πιο ήπια από αυτά της κλασικής αποστείρωσης. Το γάλα έχει ελαφριά γεύση «βρασμένου» και μικρότερη απώλεια θρεπτικών συστατικών. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε άμεση ανάμειξη του γάλακτος με τον ατμό (έγχυση ατμού στο γάλα ή εκνέφωση του γάλακτος στον ατμό) που ακολουθείται από στιγμιαία ψύξη σε δοχείο κενού, όπου εξατμίζεται το νερό. Στη συνέχεια ακολουθεί ομογενοποίηση του γάλακτος υπό άσηπτες συνθήκες και συσκευασία. Η πλήρωση των συσκευασιών γίνεται υπό άσηπτικές συνθήκες σε αποστειρωμένα δοχεία και ακολουθεί ερμητικό σφράγισμα. Επίσης η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται και με έμμεση θέρμανση μέσω εναλλακτών θερμότητας.
- Κλασική αποστείρωση: έντονη θερμική επεξεργασία του γάλακτος, συνήθως ασυνεχούς τύπου, στους 115-125°C για 20-30 min. Σε αυτή την επεξεργασία έχουμε αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος όπως, αδρανοποίηση όλων των ενδογενών ενζύμων. Επίσης μειώνεται η περιεκτικότητα του γάλακτος σε ορισμένες βιταμίνες καθώς και παρουσιάζονται αλλαγές στις πρωτεΐνες. Το γάλα αποκτά χαρακτηριστική γεύση «καμένου» και το χρώμα του μετατρέπεται σε καστανό εξαιτίας των αντιδράσεων της λακτόζης (αντίδραση Maillard).

1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οι αλλαγές στη σύσταση του γάλακτος που προκαλούνται από την αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να είναι αναστρέψιμες ή μη αναστρέψιμες. Γενικώς η θερμική επεξεργασία προκαλεί μείωση του μικροβιακού φορτίου αλλά ταυτόχρονα προκύπτουν και αλλαγές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γάλακτος. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και η διάρκεια έκθεσης στη θερμότητα, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι αλλαγές. Οι αλλαγές που συμβαίνουν στο γάλα μπορεί να είναι είτε χημικές, είτε φυσικές, είτε βιοχημικές. Πιθανές χημικές και φυσικές μεταβολές που προκαλούνται από τη θερμική επεξεργασία περιλαμβάνουν τα εξής (Walstra *et al.*, 2006) :

- ❖ Τα αέρια, συμπεριλαμβανομένου του CO₂, απομακρύνονται εν μέρει (εάν επιτρέπεται να διαφύγουν από τον εξοπλισμό θέρμανσης). Η απώλεια του O₂ είναι σημαντική για το ρυθμό των αντιδράσεων οξειδωσης κατά τη θέρμανση και για τον ρυθμό ανάπτυξης ορισμένων βακτηρίων. Η απώλεια αερίων είναι αναστρέψιμη, αλλά η επαναπροσρόφησή τους από τον αέρα μπορεί να διαρκέσει πολύ.
- ❖ Το κolloειδές φωσφορικό ασβέστιο αυξάνεται και το ιοντικό ασβέστιο μειώνεται. Πρόκειται για αλλαγές αντιστρεπτές, με αργό ρυθμό (Καμινारीδης και Μοάτσου, 2009).
- ❖ Από τη λακτόζη προκύπτουν λακτουλόζη, φουρφουράλη, υδρομεθυλφουρφουράλη και οργανικά οξέα, κυρίως μυρμηγκικό. Επιπλέον η λακτόζη συμμετέχει στη καστανωση του γάλακτος και στη δημιουργία της χαρακτηριστικής γεύσης μέσω της αντίδρασης Maillard.
- ❖ Φωσφορικοί εστέρες, ιδιαίτερα εκείνοι της καζεΐνης, υδρολύονται και τα φωσφολιπίδια μπορεί να αλλοιωθούν. Κατά συνέπεια, η ποσότητα ανόργανου φωσφορικού αυξάνεται.
- ❖ Το pH του γάλακτος μειώνεται λόγω παραγωγής οργανικών οξέων από τη λακτόζη, της υδρόλυσης των φωσφορικών εστέρων των καζεϊνών και της αύξησης του κolloειδούς φωσφορικού ασβεστίου.
- ❖ Τα ενδογενή ένζυμα του γάλακτος απενεργοποιούνται.
- ❖ Σε υψηλές θερμοκρασίες εξαιτίας των λακτονών και των μεθυλοκετονών που δημιουργούνται από το λίπος, έχουμε έντονη γεύση αποστειρωμένου στο γάλα.

- ❖ Κατά την υψηλή παστερίωση και γενικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας οι κρυογλοβουλίνες του γάλακτος μετουσιώνονται με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποκορυφωτική ικανότητα του.
- ❖ Σε πολύ έντονες συνθήκες όπως η αποστείρωση και όταν το pH είναι $< 6,2$ μπορεί να συμβεί συσσωμάτωση των καζεϊνικών μικκυλίων μέσω του ιοντικού ασβεστίου, αλλά και μέσω χημικών αντιδράσεων. Η απομάκρυνση μέρους της σταθεροποιητικής κ-καζεΐνης από τα μικκύλια, η οποία παρατηρείται σε αυτές τις θερμοκρασίες, ευνοεί την κατακρήμνιση των άλλων καζεϊνών παρουσία ιόντων ασβεστίου και επιπλέον μειώνει και την ηλεκτροστατική απώθηση των μικκυλίων. Έτσι μπορούν να δημιουργηθούν μεγάλα συσσωματώματα ή να προκληθεί και πήξη του αποστειρωμένου γάλακτος. Η σταθερότητα του γάλακτος κατά την αποστείρωση βελτιώνεται με την προσθήκη χημικών ενώσεων του ασβεστίου όπως τα κιτρικά και τα ορθοφωσφορικά (Καμιναρίδης και Μοάτσου,2009).
- ❖ Ορισμένες βιταμίνες υποβαθμίζονται.
- ❖ Παρουσιάζονται αρκετές αλλαγές στη μεμβράνη του λιποσφαιρίου, π.χ. στην περιεκτικότητα σε Cu.
- ❖ Με τη θερμική επεξεργασία μπορεί να δημιουργηθούν ελεύθερες σουλφυδρυλικές ομάδες που προκαλούν μείωση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού κατά 0,05 V περίπου άρα και μείωση του O_2 που περιέχεται με αποτέλεσμα τη μείωση της τάσης αυτοοξειδωσης του λίπους.
- ❖ Οι ελεύθερες σουλφυδρυλικές ομάδες και οι μικρές ποσότητες H_2S , οι οποίες παράγονται από την θερμική επεξεργασία προκαλούν την οσμική – γεύση «βρασμένου» στο γάλα.
- ❖ Οι περισσότερες από τις πρωτεΐνες του ορού μετουσιώνονται και καθίστανται έτσι αδιάλυτες. Στην επόμενη ενότητα αναφέρεται λεπτομερώς η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στις πρωτεΐνες και ιδιαίτερα η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού που έχει αξιολογηθεί και στην παρούσα μελέτη.

1.4 ΜΕΤΟΥΣΙΩΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

1.4.1 Μετουσίωση πρωτεϊνών του ορού

Τα αζωτούχα συστατικά του γάλακτος αποτελούνται κατά 95% από πρωτεϊνικής φύσης συστατικά ενώ το υπόλοιπο 5% είναι αζωτούχα συστατικά μικρού μοριακού βάρους.

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες που διαφέρουν μεταξύ τους από φυσικοχημική άποψη: στις καζεΐνες που είναι αδιάλυτες σε pH 4,6 και αποτελούν το 80% και στις πρωτεΐνες του ορού που είναι διαλυτές στον ορό και αποτελούν το 20%. Οι καζεΐνες αποτελούν τα κύρια συστατικά του γάλακτος, με μοναδικές ιδιότητες όπως η σταθερότητά τους στις θερμικές επεξεργασίες, η συμμετοχή τους στην δημιουργία προϊόντων με εντελώς διαφορετικές ιδιότητες όπως γιαούρτι και τυρί και η υψηλή διατροφική τους αξία. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται όλες οι πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος (Πίνακας 1.1).

Όταν οι πρωτεΐνες γάλακτος υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία, ανάλογα με τις συνθήκες θέρμανσης, οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος μπορεί να υποστούν δομική αλλαγή, γνωστή ως μετουσίωση, η οποία συνοδεύεται από «εκφυλισμό» πρωτεΐνης και έκθεση υδρόφοβων ομάδων.

Σε θεμελιώδες επίπεδο, η μετουσίωση πρωτεΐνης συχνά ορίζεται ως οποιαδήποτε μη ομοιοπολική αλλαγή στη δευτεροταγή ή τριτοταγή δομή του μορίου πρωτεΐνης. Από αυτή την μετουσιωμένη κατάσταση, η πρωτεΐνη μπορεί να επανέλθει στη φυσική της κατάσταση (αναδίπλωση) ή να αλληλοεπιδράσει με άλλα συστατικά του συστήματος (συσσωματώματα). Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, η β-γαλακτογλοβουλίνη θεωρείται γενικά ως μία από τις πιο θερμικά ασταθείς πρωτεΐνες ορού γάλακτος, ενώ η α-γαλακτοαλβουμίνη είναι μία από τις πιο σταθερές στη θερμική επεξεργασία, πρωτεΐνες ορού γάλακτος (Ruegg et al., 1977).

Οι σφαιρικές πρωτεΐνες μπορούν να μετουσιωθούν, καθώς συμβαίνει ξεδίπλωμα των πεπτιδικών τους αλυσίδων σε υψηλή θερμοκρασία, για παράδειγμα > 70 °C. Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν στις πλευρικές ομάδες ή μεταξύ των πλευρικών ομάδων στην πεπτιδική αλυσίδα σε αυτές τις θερμοκρασίες μπορούν στη συνέχεια να εμποδίσουν την αναδίπλωση της πεπτιδικής αλυσίδας στην αρχική της φυσική διαμόρφωση και έτσι η πρωτεΐνη παραμένει μετουσιωμένη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι περισσότερες πρωτεΐνες να χάνουν τη βιολογική τους δραστηριότητα, π.χ. ως ένζυμο ή ως αντίσωμα. Επίσης λόγω της μετουσίωσης

οι πρωτεΐνες έχουν μικρότερη διαλυτότητα. Σε άλλες περιπτώσεις, οι αλλαγές μπορεί να είναι πιο ήπιες χωρίς ουσιαστική μείωση της διατροφικής αξίας. Αυτές οι αλλαγές συμβαίνουν στις σφαιρικές πρωτεΐνες του ορού γάλακτος, δηλαδή β-γαλακτογλοβουλίνη, α-γαλακτοαλβουμίνη, αλβουμίνη ορού και τις ανοσοσφαιρίνες, καθώς και στις περισσότερες από τις πρωτεΐνες του ορού που βρίσκονται σε ίχνη. Οι πρωτεόζες-πεπτόνες, όπως και οι καζεΐνες, δεν μετουσιώνονται εξαιτίας της έλλειψης δευτεροταγούς και κυρίως τριτοταγούς και δευτεροταγούς δομής (Walstra et al., 2006). Οι πρώτες μελέτες έδειξαν ότι η μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού γάλακτος ήταν ένα κινητικό φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας (Harland and Ashworth, 1945, Rowland, 1933). Οι αντιδράσεις μετουσίωσης τόσο της β-γαλακτογλοβουλίνης όσο και της α-γαλακτοαλβουμίνης ενισχύονται όταν το pH του γάλακτος αυξάνεται σε σχέση με το φυσικό pH του και επιβραδύνεται όταν μειώνεται το pH (Law and Leaver, 2000). Η συμπύκνωση των συστατικών του γάλακτος μπορεί να επηρεάσει την μετουσίωση της β-γαλακτογλοβουλίνης και η επίδραση αυτή είναι λιγότερο έντονη με την αύξηση της θερμοκρασίας (Anema, 2000). Αντίθετα, η μετουσίωση της α-γαλακτοαλβουμίνης επηρεάζεται ελάχιστα από τη συμπύκνωση του γάλακτος, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία θέρμανσης (Anema, 2001).

Πίνακας 1.1: Πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009)

Πρωτεΐνες	Συγκέντρωση στο γάλα (g/kg)	Μέγεθος (Da)	Αριθμός αμινοξέων	
				Ισοηλεκτρικό σημείο (I.Σ) ≈ 4,6
Καζεΐνες	26			
α _{s1} - καζεΐνη	10	23600	199	Φωσφοροπρωτεΐνη (8P)
α _{s2} - καζεΐνη	2,6	25200	207	Φωσφοροπρωτεΐνη (10-13P), περιέχει S
β-καζεΐνη	9,3	24000	209	Φωσφοροπρωτεΐνη (5P)
κ- καζεΐνη	3,3	19550	169	Γλυκοπρωτεΐνη, φωσφοροπρωτεΐνη (1P), περιέχει S
γ- καζεΐνη	0,8	20500		Τμήματα β-καζεΐνη
				Αδιάλυτες σε PH 4.6 (I.Σ. καζεΐνες)
Πρωτεΐνες του ορού	6,3			
β-γαλακτογλοβουλίνη	3,2	18283	162	Περιέχει S
α-γαλακτοαλβουμίνη	1,2	14176	123	Περιέχει S
Αλβουμίνη του ορού	0,4	66267	582	Προέρχεται από αίμα περιέχει S
Πρωτεόζες-πεπτόνες	0,8	4000-40000		Ετερογενής ομάδα μερικές είναι τμήματα της β-καζεΐνης
Ανοσογλοβουλίνες	0,8	150000-900000		Διάφοροι τύποι βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο πρωτόγαλα, μερικές προέρχονται από το αίμα ένα μέρος τους αποτελεί την κρυογλοβουλίνη
(Γα)Λακτοφερίνη	0,1	86000		Γλυκοπρωτεΐνη, δεσμεύει Fe αντιμικροβιακή δράση
Άλλες πρωτεΐνες	0,1			

1.4.2 Αλληλεπίδραση μετουσιωμένων πρωτεϊνών του ορού με την κ-καζεΐνη

Η μετουσίωση της β-γαλακτογλοβουλίνης έχει μελετηθεί λεπτομερώς. Οι υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούν εκτεθειμένες ομάδες υδροθειόλης (SH) που αντιδρούν μέσω -S-S- δεσμών με άλλα μόρια και αμφότερα τα μόρια δεσμεύονται σχηματίζοντας ένα διμερές. Κατά τον ίδιο τρόπο, σχηματίζονται επίσης τριμερή και τετραμερή, κλπ., που καταλήγουν σε συσσωματώματα, τα οποία μπορεί να παραμένουν σχετικά μικρά και διαλυτά. Ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, ιδιαίτερα το pH, την ιοντική σύσταση και τη θερμοκρασία, μπορεί να συμβεί περαιτέρω συσσωμάτωση, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν μεγάλα αδιάλυτα σωματίδια και σε υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να σχηματιστεί πηκτή. Το ίδιο συμβαίνει και με τις άλλες πρωτεΐνες, με αποτέλεσμα τη διασύνδεση διαφορετικών πρωτεϊνών μεταξύ τους, π.χ β-γαλακτογλοβουλίνη, αλβουμίνη ορού ή κάποια ανοσοσφαιρίνη. Όταν θερμαίνεται ορός γάλακτος που είναι διάλυμα πρωτεϊνών ορού σε διάφορα pH, παρατηρείται ότι αυτά τα συσσωματώματα των πρωτεϊνών καθίστανται αδιάλυτα σε χαμηλό pH. Επίσης, η θέρμανση σε ουδέτερο pH και η οξίνιση μετά την ψύξη οδηγεί σε κατακρήμνιση. Η μείωση της διαλυτότητας ενισχύεται σε υψηλή ενεργότητα Ca^{2+} (Walstra et al., 2006).

Μία από τις κύριες αντιδράσεις που ενδιαφέρουν είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού γάλακτος και των μικκυλίων καζεΐνης, ιδιαίτερα αλληλεπιδράσεις μετουσιωμένης β-γαλακτογλοβουλίνης με κ-καζεΐνη στην επιφάνεια των μικκυλίων. Οι πρώτες μελέτες έδειξαν ότι κατά τη θέρμανση, υπήρξε αλληλεπίδραση μεταξύ β-γαλακτογλοβουλίνης και κ-καζεΐνης όταν αυτά τα συστατικά θερμαίνονται μαζί γιατί κατά την ηλεκτροφόρηση παρατηρήθηκαν ζώνες με κινητικότητα ενδιάμεση μεταξύ αυτών της β-γαλακτογλοβουλίνης και της κ-καζεΐνης (Long et al., 1963, Sawyer et al., 1963, Zittle κ.ά., 1962). Τα πειράματα ταχύτητας καθίζησης επιβεβαίωσαν επίσης τον σχηματισμό συμπλόκου, καθώς το σύμπλοκο β-γαλακτογλοβουλίνης/κ-καζεΐνης που σχηματίστηκε κατά τη θέρμανση είχε σημαντικά υψηλότερους συντελεστές καθίζησης από τις μεμονωμένες πρωτεΐνες όταν θερμαίνονται μεμονωμένα (Zittle et al., 1962).

Συνοπτικά, τα φαινόμενα που αφορούν στη διασύνδεση των μετουσιωμένων πρωτεϊνών με τις άλλες πρωτεΐνες του γάλακτος παρουσιάζονται από τους Walstra et al. (2006). Με την θέρμανση του γάλακτος, η ομοιοπολική σύνδεση με άλλες πρωτεΐνες μπορεί να συμβεί μέσω των -S-S- γεφυρών, ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας. Αυτό περιλαμβάνει, δεσμούς μεταξύ διαφόρων πρωτεϊνών ορού αλλά επίσης και δεσμούς με πρωτεΐνες της μεμβράνης των λιποσφαιρίων, καθώς και με τις κ- και α_1 -καζεΐνες. Ορισμένες πρωτεΐνες ορού συνδέονται με τον τρόπο αυτό και με λιποσφαίρια

μέσω των πρωτεϊνών της μεμβράνης. Η αλληλεπίδραση με την καζεΐνη (μικκύλια) είναι πιο περίπλοκη. Η μετουσίωση σε pH 6,9 δημιουργεί μικρά συσσωματώματα πρωτεΐνης ορού, π.χ. μεγέθους 60 nm. Αυτά τα συσσωματώματα παραμένουν «διαλυμένα» και μπορούν ή όχι να περιέχουν κάποια ποσότητα κ-καζεΐνης. Σε τιμές pH 6.5 ή μικρότερες, όλες οι μετουσιωμένες πρωτεΐνες ορού συσχετίζονται με τα μικκύλια καζεΐνης. Σε pH 6.7, περίπου το 30% είναι διαλυμένα συσσωματώματα, ενώ το υπόλοιπο συνδέεται με τα μικκύλια. Η σύνδεση οφείλεται σε -S-S- δεσμούς. Όταν το γάλα θερμαίνεται σε φυσιολογικό ή υψηλότερο pH και κατόπιν οξινίζεται σε pH < 6,5 μετά την ψύξη, όλη η μετουσιωμένη πρωτεΐνη ορού ενώνεται με τα μικκύλια της καζεΐνης.

Όπως αναφέρεται από τους Καμινारीδη και Μοάτσου (2009), οι παραπάνω αλλαγές συμβαίνουν σε θερμοκρασία 70-90°C, όπου η β-γαλακτογλοβουλίνη συνδέεται ισχυρά με S-S δεσμούς, κυρίως με κ-καζεΐνη και επομένως ενώνεται με τα μικκύλια. Η σύνδεση αυτή παρεμποδίζει την υδρόλυση της κ-καζεΐνης από την πτυϊά. Θερμικές επεξεργασίες εντονότερες της παστερίωσης καθυστερούν την πήξη κι έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ασθενούς τυροπήγματος, που συναιρείται δύσκολα. Όμως, σε πολύ έντονες συνθήκες, όπως η αποστείρωση και όταν το pH είναι <6,2 μπορεί να συμβεί συσσωμάτωση των καζεϊνικών μικκυλίων μέσω ιοντικού ασβεστίου, αλλά και μέσω χημικών αντιδράσεων. Η απομάκρυνση της σταθεροποιητικής κ-καζεΐνης από τα μικκύλια, η οποία παρατηρείται σε αυτές τις θερμοκρασίες, ευνοεί την κατακρήμνιση των άλλων καζεϊνών παρουσία ιόντων ασβεστίου και επιπλέον μειώνει την ηλεκτροστατική απόθεση των μικκυλίων. Έτσι μπορούν να δημιουργηθούν μεγάλα συσσωματώματα ή να προκληθεί και πήξη του αποστειρωμένου γάλακτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο σχηματισμός κρέμας ,εξαιτίας του φαινομένου της αποκορύφωσης είναι γενικά ανεπιθύμητος στο γάλα και σε πολλά προϊόντα του. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις το γάλα ομογενοποιείται. Κατά την επεξεργασία αυτή το προθερμασμένο γάλα (>40°C), στο οποίο το λίπος βρίσκεται σε υγρή μορφή, αναγκάζεται να περάσει δια μέσου μια μικρής οπής σε συνθήκες πίεσης. Η ομογενοποίηση είναι η κύρια μέθοδος σταθεροποίησης του γαλακτώματος του λίπους στο γάλα και έχει ως αποτελέσματα (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009):

- Τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων, την πολύ μεγάλη αύξηση του αριθμού τους και επομένως την αύξηση της επιφάνειάς τους έως και 10 φορές.
- Την αλλαγή της φύσης της μεμβράνης των λιποσφαιρίων. Η νέα μεμβράνη που δημιουργείται για να επικαλύψει τον πολλαπλάσιο αριθμό λιποσφαιρίων του ομογενοποιημένου γάλακτος περιλαμβάνει και πρωτεΐνες, κυρίως καζεΐνες.
- Τη μετουσίωση των κρυογλοβουλινών κι επομένως την αποτροπή της δημιουργίας συσσωματωμάτων λιποσφαιρίων.

Στην περίπτωση του γάλακτος εφαρμόζεται ομογενοποίηση δύο σταδίων και άριστα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η αναλογία πίεσης του πρώτου σταδίου (P1) προς αυτήν του δεύτερου σταδίου (P2) είναι 0.2. Σκοπός του δεύτερου σταδίου είναι η διασπορά συσσωματωμάτων των λιποσφαιρίων που έχουν τεμαχισθεί κατά το πρώτο στάδιο. Σε ειδικούς ομογενοποιητές, το γάλα στους 40°C με το λίπος του σε υγρή κατάσταση εξαναγκάζεται να περάσει πρώτα από βαλβίδα υψηλής πίεσης ~200 bar (3000 psi) και στη συνέχεια από βαλβίδα χαμηλής πίεσης ~35 bar. Θερμοκρασία ~65 °C είναι πιο κατάλληλη γιατί σε αυτές τις συνθήκες η λιποπρωτεϊνική λιπάση δεν μπορεί να δράσει στα τεμαχισμένα λιποσφαίρια (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009, Dairy Processing Handbook, 2003).

2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟ ΛΙΠΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Η κύρια επίδραση της ομογενοποίησης του γάλακτος είναι η μείωση της μέσης διαμέτρου των λιποσφαιρίων του σε διαστάσεις $\sim 1 \mu\text{m}$, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της τάσης τους να συναθροίζονται και να ανεβαίνουν στην επιφάνεια του γάλακτος. Η μείωση της διαμέτρου των λιποσφαιρίων εξαρτάται από τον τύπο του ομογενοποιητή και την πίεση που εφαρμόζεται. Μεγαλύτερες πιέσεις μειώνουν τη μέση διάμετρο των λιποσφαιρίων. Η μείωση της μέσης διαμέτρου των λιποσφαιρίων αυξάνει τη μεσεπιφάνεια λίπος/πλάσμα γάλακτος κατά 4-6 φορές. Ως αποτέλεσμα η φυσική μεμβράνη των λιποσφαιρίων δεν μπορεί να καλύψει πλήρως τη νέα αυξημένη επιφάνεια των περισσότερων και μικρότερων λιποσφαιρίων που προκύπτουν. Στο πρώτο στάδιο, τα νέα λιποσφαίρια που προκύπτουν και δεν είναι καλυμμένα πλήρως από την μεμβράνη, δημιουργούν συσσωματώματα στα οποία συμμετέχουν και καζεϊνικά μικκύλια. Στη συνέχεια με την εφαρμογή χαμηλότερης πίεσης αυτά τα συσσωματώματα μπορούν να διαχωριστούν. Η νέα μεμβράνη που δημιουργείται κατά την ομογενοποίηση αποτελείται από τμήματα της φυσικής μεμβράνης που είχαν τα λιποσφαίρια (10-30%) καθώς από καζεΐνη και πρωτεΐνες του ορού (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Όσον αφορά στη θερμοκρασία, αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το θερμισμένο γάλα σε $>30 \text{ }^\circ\text{C}$ πριν από την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα σημαντικά μικρότερο μέσο μέγεθος λιποσφαιρίων σε σχέση με το γάλα που έχει προθερμανθεί σε θερμοκρασίες $<30 \text{ }^\circ\text{C}$. Αυτό συμβαίνει επειδή το λίπος του γάλακτος πρέπει να βρίσκεται στην υγρή φάση όταν πραγματοποιείται η ομογενοποίηση. Συνήθως, απαιτείται μια ελάχιστη θερμοκρασία 45°C έτσι ώστε το λίπος του γάλακτος να είναι εντελώς απαλλαγμένο από κρυστάλλους λίπους. Η ταχεία αύξηση της πίεσης κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης αυξάνει σημαντικά τη θερμοκρασία, σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και πολύ πάνω από το σημείο τήξης του λίπους γάλακτος (Huppertz, T., 2011).

2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σε σύγκριση με τις επιδράσεις στα λιποσφαιρία του γάλακτος, τα αποτελέσματα της ομογενοποίησης υψηλής πίεσης στα μικκύλια της καζεΐνης είναι λιγότερα. Η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης μειώνει το μέσο μέγεθος σωματιδίων στο αποβουτυρωμένο γάλα, γεγονός που είναι ενδεικτικό κάποιας διάσπασης των μικκυλίων καζεΐνης. Ωστόσο, οι μειώσεις στο μέγεθος των σωματιδίων μετά την ομογενοποίηση σε υψηλή πίεση (π.χ. 200 MPa), ακόμη και με την εφαρμογή έως και έξι επαναλαμβανόμενων περασμάτων μέσω του ομογενοποιητή, είναι μόνο της τάξης των 10-15%. Οι μειώσεις στο μέγεθος των μικκυλίων στην ομογενοποίηση υψηλής πίεσης οφείλονται πιθανώς στη «διάσπαση διαχωρισμό» των μικκυλίων καζεΐνης ή των συσσωματωμάτων τους, καθώς οι πιέσεις και το χρονοδιάγραμμα που εμπλέκονται στη διαδικασία δεν επαρκούν για να προκαλέσουν σημαντική διαλυτοποίηση του μικκυλιακού φωσφορικού ασβεστίου, το οποίο συμβάλλει κατά κύριο λόγο στην αποδιοργάνωση των μικκυλίων καζεΐνης. Κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης και υπό την παρουσία ασβεστίου μπορεί να υπάρξει σημαντική συσσωμάτωση καζεϊνικών μικκυλίων, η οποία πιθανώς προκαλείται από τον συνδυασμό αυξημένης συγκέντρωσης ασβεστίου και υψηλής θερμοκρασίας κατά την ομογενοποίηση (Huppertz, T., 2011).

Οι πρωτεΐνες του ορού γάλακτος μπορούν να μετουσιωθούν κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης. Στο αποβουτυρωμένο γάλα, η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού αυξάνει με την αύξηση της πίεσης και την εφαρμογή ενός δεύτερου σταδίου ομογενοποίησης. Η ομογενοποίηση του αποβουτυρωμένου γάλακτος σε θερμοκρασία εισόδου 30 °C και με πιέσεις στο πρώτο και δεύτερο στάδιο ομογενοποίησης 300 και 30MPa, αντίστοιχα, μπορούν να προκαλέσουν μετουσίωση της β-γαλακτογλοβουλίνης έως και 45% και μετουσίωση της α-γαλακτοαλβουμίνης έως και 30%. Ο βαθμός μετουσίωσης που επιτυγχάνεται πιθανότατα οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στο θερμικό φορτίο που παρουσιάζεται κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης. Για το πλήρες γάλα, ο βαθμός μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού μετά από ομογενοποίηση υψηλής πίεσης είναι δυσκολότερο να προσδιοριστεί λόγω του γεγονότος ότι πρωτεΐνες του ορού μπορούν, εκτός από την μετουσίωση και τη διασύνδεσή τους με τα μικκύλια καζεΐνης ή άλλες πρωτεΐνες ορού, να διασυνδέονται επίσης με τη μεμβράνη των λιποσφαιρίων κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης. Γενικά, ωστόσο, οι τιμές για τη μετουσίωση φαίνονται να είναι της ίδιας τάξης με εκείνες που αναφέρονται για το αποβουτυρωμένο γάλα.

2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΑ ΕΝΖΥΜΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σε σχέση με την ομογενοποίηση των γαλακτοκομικών προϊόντων, οι λιπάσες είναι πιθανώς η πιο κρίσιμη κατηγορία των γαλακτοκομικών ενζύμων, καθώς οι αλλαγές που προκαλούνται από την ομογενοποίηση στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων μπορούν να διευκολύνουν την πρόσβαση των λιπασών στον πυρήνα λιπαρών οξέων. Ιδιαίτερα, η υπολειμματική ενεργότητα της ενδογενούς λιποπρωτεϊνικής λιπάσης στο ομογενοποιημένο γάλα μπορεί να προκαλέσει σημαντική λιπόλυση, με συνακόλουθη μείωση του pH και την ανάπτυξη ταχικής γεύσης. Ως εκ τούτου, η απενεργοποίηση της λιπάσης είναι ζωτικής σημασίας για να εξασφαλιστεί η διάρκεια ζωής του ομογενοποιημένου γάλακτος ή προϊόντων που παρασκευάζονται από αυτό. Η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης (100 ή 200 MPa) και η θερμοκρασία εισόδου του γάλακτος <math><40\text{ }^\circ\text{C}</math> δεν προκαλεί πλήρη απενεργοποίηση της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης στο γάλα. Στην πραγματικότητα, η επεξεργασία σε αυτήν την πίεση σε θερμοκρασία εισόδου 10-30 °C φαίνεται ότι βοηθά σημαντικά τη διαδικασία της λιπόλυσης στο γάλα, πιθανώς λόγω της ατελούς αδρανοποίησης της λιπάσης σε συνδυασμό με την πολύ εύκολη πρόσβαση του ενζύμου στο λίπος του γάλακτος. Η ομογενοποίηση του γάλακτος στα 200 MPa και σε θερμοκρασία εισόδου γάλακτος >math>>40\text{ }^\circ\text{C}</math> φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη απενεργοποίηση της λιπάσης στο γάλα (Huppertz, 2011).

Η επίδραση της ομογενοποίησης υψηλής πίεσης στην πλασμίνη του γάλακτος έχει μελετηθεί επίσης με μεγάλη λεπτομέρεια. Μελέτες έχουν επισημάνει ότι η πλασμίνη είναι σταθερή στην αδρανοποίηση κατά την ομογενοποίηση του αποβουτυρωμένου γάλακτος, αλλά με την αυξανόμενη περιεκτικότητα του γάλακτος σε λιπαρά, η υπολειμματική ενεργότητα της πλασμίνης φαίνεται να μειώνεται. Επίσης, η μείωση της ενεργότητας της πλασμίνης φαίνεται να είναι εντονότερη σε υψηλότερη πίεση ομογενοποίησης και σε αυξημένη θερμοκρασία εισόδου του γάλακτος. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι μειώσεις της δραστηριότητας της πλασμίνης κατά την ομογενοποίηση πιθανότατα οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη συσχέτιση των καζεϊνικών μικκυλίων, όπου βρίσκεται η πλασμίνη φυσιολογικά στο γάλα, με τα λιποσφαίρια του γάλακτος κατά την ομογενοποίηση. Ο βαθμός πρωτεόλυσης στο ομογενοποιημένο γάλα υψηλής πίεσης διαφέρει ελαφρά από εκείνο του μη επεξεργασμένου γάλακτος. Μόνο σε συνδυασμούς υψηλής πίεσης ομογενοποίησης και υψηλής θερμοκρασίας εισόδου, για παράδειγμα 200 MPa και 50 °C, εμφανίζεται κάποια περιορισμένη (<math><20\%</math>) απενεργοποίηση της πλασμίνης. Τα προαναφερθέντα πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο για την πλασμίνη, αλλά και για άλλα ένζυμα που σχετίζονται με τα μικκύλια καζεΐνης.

Σύμφωνα με τον Huppertz (2011) η αλκαλική φωσφατάση απενεργοποιείται πολύ εύκολα με την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης και ο βαθμός απενεργοποίησης φαίνεται να σχετίζεται πολύ στενά με τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Όταν το γάλα ομογενοποιείται σε θερμοκρασία εισόδου 4 °C, η αλκαλική φωσφατάση δεν απενεργοποιείται σε πιέσεις <250 MPa αλλά η ομογενοποίηση σε 200 MPa σε θερμοκρασίες εισόδου >20 °C προκάλεσε σημαντική αδρανοποίηση της αλκαλικής φωσφατάσης. Η αδρανοποίηση της γαλακτοϋπεροξειδάσης στο γάλα συμβαίνει στην ομογενοποίηση υψηλής πίεσης του γάλακτος στα 200 MPa σε θερμοκρασίες εισόδου γάλακτος >10 °C.

2.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Ο συνδυασμός της διάτμησης, της θερμοκρασίας και της πίεσης που συμβαίνει κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης επηρεάζει όχι μόνο τα λιποσφαίρια του γάλακτος αλλά και τα βακτηριακά κύτταρα που υπάρχουν στο γάλα. Η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης προκαλεί απενεργοποίηση ευρέος φάσματος βακτηριδίων μέσω της αυξημένης πίεσης, τον αριθμό των περασμάτων μέσω του ομογενοποιητή και τη θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται ομογενοποίηση. Η απενεργοποίηση των βακτηρίων με ομογενοποίηση υψηλής πίεσης φαίνεται να σχετίζεται με την πραγματική φυσική καταστροφή των βακτηριακών κυττάρων. Σύμφωνα με αυτό, τα θετικά κατά Gram βακτήρια έχουν αποδειχθεί ότι είναι πιο ανθεκτικά στην ομογενοποίηση υψηλής πίεσης από τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια, λόγω του γεγονότος ότι το κυτταρικό τους τοίχωμα παρέχει μεγαλύτερη προστασία.. Το ιξώδες, έχει επισημανθεί ως ένας από τους κρίσιμους παράγοντες για τον προσδιορισμό του βαθμού βακτηριακής θανάτωσης με ομογενοποίηση υψηλής πίεσης. Σε μέσα χαμηλού ιξώδους, η παραμόρφωση και η προκύπτουσα καταστροφή βακτηριακών κυττάρων επιτυγχάνεται εύκολα κάτω από τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την ομογενοποίηση υψηλής πίεσης. Αντίθετα, αν αυξηθεί το ιξώδες, μειώνεται η ευαισθησία των βακτηριακών κυττάρων. Επομένως, η υψηλότερη θερμοκρασία εισόδου επειδή μειώνει το ιξώδες ευνοεί και τη θανάτωση των μικροοργανισμών.

Μια εναλλακτική λύση για την μείωση του μικροβιακού φορτίου στο νωπό γάλα είναι η ομογενοποίηση του γάλακτος σε υψηλή πίεση. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι οι συνδυασμοί υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης παραδείγματος χάρη >150MPa και >40°C, θανατώνουν τα βακτήρια σε επίπεδο που είναι συγκρίσιμο με αυτό που επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της παστερίωσης HTST. Έτσι, από μικροβιολογικής άποψης, η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης θα μπορούσε πράγματι να αποτελέσει μια εναλλακτική λύση ενός σταδίου για

παστερίωση και ομογενοποίηση του γάλακτος. Ωστόσο, τα αυξημένα επίπεδα οξείδωσης των λιπιδίων και λιπόλυσης σε ομογενοποιημένο γάλα υψηλής πίεσης είναι πιθανό να δημιουργήσουν ανεπιθύμητη γεύση (Huppertz, 2011).

2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

Η ομογενοποίηση (π.χ. 20 MPa/55°C) είναι ένα στάδιο της παραγωγής γιαουρτιών συνεκτικής δομής (set-type/-style). Η κύρια λειτουργία της ομογενοποίησης στην παρασκευή γιαουρτιού είναι η βελτίωση της δομής του. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της εκτεθειμένης επιφάνειας καζεΐνης μέσω της δημιουργίας ενός μεγάλου αριθμού λιποσφαιρίων καλυμμένων με καζεΐνη, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να λάβουν μέρος στη διαμόρφωση του πηγματος (Walstra et al. 2006).

Οι βελτιωμένες ιδιότητες υφής/δομής του γιαουρτιού από ομογενοποιημένο γάλα υψηλής πίεσης οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα σε μεγάλο βαθμό στο μικρότερο μέγεθος των λιποσφαιρίων και επομένως στην αυξημένη επιφάνεια της καζεΐνης. Δεδομένου ότι η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης υψηλής πίεσης δεν είναι πλήρης, είναι πιθανό ότι ο συνδυασμός ομογενοποίησης και της υψηλής θερμικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται στην παρασκευή γιαουρτιού να μπορεί να βελτιώσει τη σκληρότητα/σφικτότητα του πηγματος. Το γιαούρτι που παρασκευάζεται από ομογενοποιημένο γάλα υψηλής πίεσης εκτός από την βελτιωμένη υφή/δομή που προσδίδει στο προϊόν, συμβάλλει και στη μείωση της συναίρεσης του πηγματος ενώ η διάρκεια ζύμωσης παραμένει ανεπηρέαστη. Επίσης η ομογενοποίηση του γάλακτος σε πίεση 150-200 atm και σε θερμοκρασία 60-75°C βελτιώνει το ιξώδες του γιαουρτιού (Huppertz, 2011).

2.7 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΙΟΥ

Οι ιδιότητες πήξης του ομογενοποιημένου γάλακτος υψηλής πίεσης έχουν μελετηθεί από διάφορες ερευνητικές ομάδες. Για το μη θερμασμένο αποβουτυρωμένο γάλα, η ομογενοποίηση υψηλής πίεσης προκαλεί μικρές μειώσεις στον χρόνο που απαιτείται για την έναρξη της πήξης του γάλακτος που προκαλείται από πυτιά. Για το πλήρες γάλα, έχει αναφερθεί ότι ο χρόνος πήξης με πυτιά μειώνεται όταν το γάλα έχει ομογενοποιηθεί. Τα τυριά που παρασκευάζονται από ομογενοποιημένο γάλα χαρακτηρίζονται από υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα που παρασκευάζονται από μη ομογενοποιημένο γάλα (Huppertz et al., 2011). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κατά την ομογενοποίηση τα λιποσφαίρια επικαλύπτονται από ένα στρώμα πρωτεϊνών που αποτελείται από καζεϊνικά μικκύλια και από τμήματα των πρωτεϊνών του ορού. Όταν το συγκεκριμένο γάλα προορίζεται για τυροκόμηση παρατηρείται αλλαγή στο ρυθμό συσσωμάτωσης της καζεΐνης κατά το τελευταίο στάδιο της πήξης. Η ομογενοποίηση δεν χρησιμοποιείται ευρέως στη παρασκευή τυριών που προέρχονται από πήξη με πυτιά, διότι τα τυριά που παράγονται έχουν υψηλή υγρασία, εμφανίζουν αλλοιωμένη υφή και γεύση λόγω μειωμένης ελαστικότητας και υδρολυτικής τάγγισης αντίστοιχα. Τέλος, παρουσιάζουν μειωμένη σταθερότητα σε βαθμό που εξαρτάται από τη σύσταση του γάλακτος την θερμοκρασία και την πίεση της ομογενοποίησης. Η μειωμένη σταθερότητα των τυριών που προέρχονται από ομογενοποιημένο γάλα, λειτουργεί ως μέσο βελτίωσης της υφής των τυριών με χαμηλά λιπαρά, τα οποία τείνουν να είναι υπερβολικά σταθερά και ελαστικά ως συνέπεια της υψηλής πρωτεϊνοπεριεκτικότητας σε σχέση με το λίπος (Fox et al., 2000).

Το χρώμα του ομογενοποιημένου γάλακτος γίνεται λευκότερο εξαιτίας της αύξησης του αριθμού των λιποσφαιρίων, επομένως και τα τυριά που παρασκευάζονται από αυτό είναι λευκότερα σε σχέση με τα τυριά από μη ομογενοποιημένο γάλα. Το λευκό χρώμα μπορεί να είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό όπως στα Blue Cheese και στην Mozzarella ή ανεπιθύμητο παραδείγματος χάρη στα Ελβετικά τυριά. Το ομογενοποιημένο γάλα χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένα τυριά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση των φρέσκων τυριών με όξινη πήξη (τυρί κρέμα), ειδικά όταν το γάλα είναι υψηλής λιποπεριεκτικότητας (10% w/w). Σε αυτά τα τυριά η ομογενοποίηση συμβάλλει στην ομοιογένεια του προϊόντος εμποδίζοντας το σχηματισμό της κρέμας από τα λιποσφαίρια κατά τον μακρό χρόνο πήξης τους (>4 h) και βελτιώνει την υφή του προϊόντος. Η διαδικασία της ομογενοποίησης βρίσκει εφαρμογή και στα τυριά που παρασκευάζονται από ανασυνδυασμένο γάλα το οποίο λαμβάνεται με την ανάμιξη ανασυσταμένης σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος (SMP) και λίπους

γάλακτος. Επιπλέον, για την τυροκόμηση των Blue cheese απαιτείται η ομογενοποίηση του γάλακτος διότι η «νέα» μεμβράνη στην οποία έχει μεταφερθεί και καζεΐνη επιτρέπει την πρόσβαση στις λιπάσες και έτσι ενισχύεται ο σχηματισμός των ελεύθερων λιπαρών οξέων, τα οποία αποτελούν κύριο υπόστρωμα για την παραγωγή μεθυλοκετονών που είναι πολύ σημαντικές για την γεύση αυτού του τύπου τυριού (Fox et al., 2000, Guinee and McSweeney, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΙΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η λέξη «τυρί» χρησιμοποιείται συνήθως ως συλλογικός όρος για ευρέως μεταβλητά προϊόντα, όπως το τυρί που έχει πλήρως ωριμάσει ή έχει μόλις ωριμάσει, παρασκευασμένο από πυτιά, τυρόπηγμα, φρέσκο τυρί και ακόμη και τυρί που έχει υποστεί επεξεργασία. Οι περισσότερες από αυτές ανταποκρίνονται στον ορισμό που διατυπώθηκε από τον FAO / WHO σύμφωνα με τον οποίο:

«Το τυρί είναι το νωπό ή ωριμασμένο στερεό ή ημιστερεό προϊόν που λαμβάνεται με την πήξη του γάλακτος, του αποκορυφωμένου γάλακτος, του μερικώς αποκορυφωμένου γάλακτος, της κρέμας γάλακτος, της κρέμας γάλακτος ή του βουτυρογάλακτος ή οποιουδήποτε συνδυασμού αυτών των υλικών, μέσω της πυτιάς ή άλλων κατάλληλων πηκτικών παραγόντων με μερική αποστράγγιση του ορού γάλακτος που προκύπτει από την πήξη»

Η τεχνολογία παραγωγής των τυριών περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια σε γενικές γραμμές, τα οποία διαφοροποιούνται κατά την παραγωγή των διαφορετικών τύπων τυριού τον τύπο του τυριού (Walstra et al., 2006, Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009)

1. Είδος του γάλακτος: Το γάλα των αγελάδων, των αιγών, των προβάτων και των βουβαλιών διαφέρει ως προς τη σύσταση. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων του λίπους γάλακτος των διαφόρων θηλαστικών ποικίλλει, πράγμα που επηρεάζει τη γεύση του τυριού. Το τυρί από πρόβειο, αίγαιο ή βουβαλίσιο γάλα έχει ανοικτό ή εντελώς λευκό χρώμα, επειδή αυτά τα είδη γάλακτος περιέχουν ελάχιστα καροτένια πρόδρομες ενώσεις της βιταμίνης A. Επίσης, το είδος του γάλακτος επηρεάζει και την απόδοση σε τυρί, την περιεκτικότητα σε λίπος και το pH.
2. Τυποποίηση του γάλακτος: Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του τυριού είναι το ποσοστό του λίπους ως προς τα στερεά του συστατικά (λίπος επί ξηρού), το οποίο εξαρτάται κυρίως από τη σύσταση του γάλακτος της τυροκόμησης. Η μεταβολή της αναλογίας μεταξύ στερεού υπολείμματος άνευ λίπους και λίπους, επηρεάζει την πήξη και την συναίρεση και συνεπώς την περιεκτικότητα σε υγρασία και το pH του τυριού καθώς και τις μηχανικές και οργανοληπτικές του ιδιότητες.
3. Θερμική επεξεργασία του γάλακτος: Η θερμοκρασία και η διάρκεια θέρμανσης επηρεάζουν τον τύπο και τον πληθυσμό της βακτηριακής χλωρίδας του γάλα-

κτος, τον ρυθμό ανάπτυξης και την πρωτεολυτική δράση των βακτηρίων, τη δραστηριότητα της ενδογενούς λιποπρωτεϊνικής λιπάσης, την πυκνότητα του γάλακτος, την ικανότητα συναίρεσης του πήγματος και τη συγκράτηση πρωτεϊνών ορού στο τυρί.

4. Προσθήκη καλλιεργιών: Πρόκειται για καλλιέργειες εκκίνησης οξυγαλακτικών βακτηρίων, ενώ σε μερικές περιπτώσεις τυριών χρησιμοποιούνται και άλλα είδη μικροοργανισμών. Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στη τυροκομία είναι οξυγαλακτικές καλλιέργειες που ζυμώνουν την λακτόζη σε γαλακτικό οξύ. Όλα τα τυριά με μεγάλες οπές (Emmentaler, Gruyère, Jarlsberg) περιέχουν και προπιονικά βακτήρια εκτός από τα γαλακτικά. Σε τυριά τύπου Roquefort και Camembert χρησιμοποιούνται καλλιέργειες μυκήτων ως δευτερεύουσες καλλιέργειες με σκοπό την εξουδετέρωση της οξύτητας του τυροπήγματος και την ανάπτυξη και εμφάνιση υφών μυκήτων στην επιφάνεια ή στη μάζα των τυριών.
5. Πήξη-Δημιουργία πήγματος: Η πήξη του γάλακτος μπορεί να συμβεί μέσω οξίνισης, πυτιάς ή συνδυασμού και των δύο. Το οξύ μπορεί να προέρχεται από την παραγωγή γαλακτικού οξέος in situ ή μπορεί να προστεθεί στο γάλα. Εκτός από την πυτιά μοσχारीού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα ένζυμα με ικανότητα πήξης του γάλακτος. Αποτέλεσμα της πήξης του γάλακτος είναι το τυρόπηγμα το οποίο αποτελεί ένα τρισδιάστατο καζεϊνικό πλέγμα στο οποίο περικλείεται το λίπος. Ο ορός του γάλακτος που αποβάλλεται αποτελεί το τυρόγαλα που περιέχει τα υδατοδιαλυτά συστατικά του γάλακτος. Η πυτιά εκτός από την συμμετοχή της στη δημιουργία του τυροπήγματος δραστηριοποιείται και κατά την διάρκεια της ωρίμασης των τυριών υδρολύοντας την καζεΐνη με τα πρωτεολυτικά ένζυμα που περιέχει.
6. Διαίρεση: Μετά την πήξη του γάλακτος γίνεται διαίρεση, δηλαδή τεμαχισμός του πήγματος σε μικρότερα κομμάτια. Από τα μικρά αυτά κομμάτια αποβάλλεται τυρόγαλα, ενώ το καζεϊνικό δίκτυο στο εσωτερικό τους γίνεται πιο σταθερό. Η διεργασία αυτή ονομάζεται συναίρεση και από το σημείο αυτό και ύστερα εφαρμόζονται διαφορετικές διεργασίες, ανάλογα με το είδος του τυριού.
7. Αναθέρμανση: Το διαιρεμένο τυρόπηγμα μπορεί να θερμανθεί με συνεχή ανάδευση σε θερμοκρασία από 32°C έως 55°C, με σκοπό την απομάκρυνση και άλλης ποσότητας τυροπήγματος. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αναθέρμανση του τυροπήγματος.
8. Πίεση: Το τυρόπηγμα διαχωρίζεται από το τυρόγαλα και μπορεί να υποβληθεί σε πίεση, αφού τοποθετηθεί σε ειδικά καλούπια που το σχηματοδοτούν, με σκοπό την περαιτέρω αποβολή τυρογάλακτος

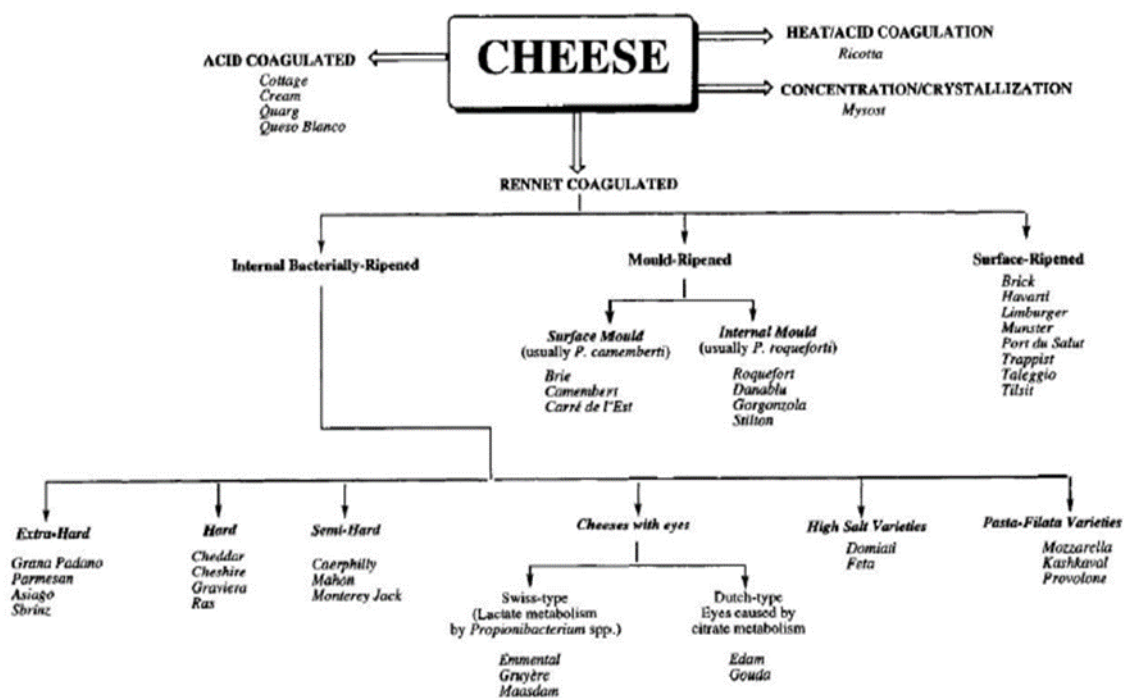
9. Αλάτισμα: Τα τυριά αλατίζονται είτε με την τοποθέτηση αλατιού στην επιφάνειά τους (ξηρό αλάτισμα) ή με εμβάπτισή τους σε υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου (άλμη) ή με συνδυασμό και των δύο αυτών τρόπων ή σπανιότερα και με ανάμιξη του αλατιού με το τυρόπηγμα κατά την τυροκόμηση. Ο σκοπός του αλατίσματος είναι η βελτίωση της υφής και της γεύσης τους, η επιμήκυνση του χρόνου συντήρησής τους και τέλος ο μικροβιολογικός έλεγχος των ζυμώσεων και των ενζυμικών διεργασιών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των τυριών.
10. Ωρίμαση: Η ωρίμαση των τυριών αποτελεί το χρονικό διάστημα διατήρησης των τυριών κάτω από ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, κατά το οποίο συμβαίνουν βιοχημικές διεργασίες που αλλάζουν τη σύσταση και τη δομή του τυροπήγματος και διαμορφώνουν ιδιαίτερη γεύση-άρωμα κάθε τυριού. Η διάρκεια ωρίμασης διαφέρει για τις διάφορες κατηγορίες τυριών και κυμαίνεται γενικά από λίγες εβδομάδες έως και 3 έτη. Συνήθως, η ποιότητα ενός τυριού αυξάνεται κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης διάρκειας ωρίμασης και μειώνεται στη συνέχεια. Κατά κανόνα, η διάρκεια εξαρτάται από τη σύσταση, το μέγεθος και τις συνθήκες τυροκόμησης και ωρίμασης του τυριού. Για πολλές σκληρές και ημίσκληρες ποικιλίες τυριών ο χρόνος ωρίμανσης μπορεί να ποικίλει ευρέως, αλλά όχι για τα πιο μαλακά τυριά.

3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΡΙΩΝ

Η ταξινόμηση των τυριών έχει μεγάλη σημασία αφού συνδέεται με το εμπόριο, την σήμανση, τα διατροφικά χαρακτηριστικά καθώς και την έρευνα των προϊόντων αυτών. Τα κριτήρια με τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν τα τυριά είναι πολλά με βασικό κριτήριο ταξινόμησης το ποσοστό της υγρασίας που περιέχουν. Όμως αυτή η κατηγοριοποίηση έχει αρκετά μειονεκτήματα διότι ομαδοποιούνται τυριά με διαφορετικά χαρακτηριστικά και τεχνολογίες παραγωγής. Επίσης τα τυριά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση την πρώτη ύλη (τυριά από γάλα, τυρόγαλα, μετουσιωμένα ή τηγμένα ή ανακατεργασμένα τυριά), το είδος του γάλακτος (αγελαδινό πρόβειο, κατσικίσιο) με βάση τη λιποπεριεκτικότητα (πχ άπαχα ή μειωμένης λιποπεριεκτικότητας), με βάση την ωρίμαση (φρέσκα τυριά ή τυριά που ωριμάζουν), με βάση την τεχνολογία παρασκευής τους και τα χαρακτηριστικά τους όπως τυριά άλμης, τυριά Ελβετικού τύπου, Ολλανδικού τύπου, τυριά με πλαστική μάζα όπως το Κασερι, τυριά που ωριμάζουν με μύκητες στη μάζα τους. Ένας γενικός τρόπος ταξινόμησης των τυριών που βασίζεται στο ποσοστό υγρασίας τους και στην τεχνολογία παρασκευής τους παρουσιάζεται στο Πίνακα 2 ενώ η κατηγοριοποίηση των τυριών με βάση τον τρόπο ωρίμασης και τη μέθοδο πήξης στην Εικόνα 1.2 (Fox et al., 2000, Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΜΑΛΑΚΑ ΤΥΡΙΑ	55-80%	<p>Δεν ωριμάζουν</p> <p>Πήξη γάλακτος με λίγη ή καθόλου πυτιά</p> <p>Διαίρεση τυροπήγματος ατελής ή καθόλου</p> <p>Ανάπτυξη υψηλής οξύτητας και αρώματος γαλακτικής ζύμωσης</p> <p>Πολύ περιορισμένη πρωτεόλυση ή λιπόλυση</p>
ΗΜΙΣΚΛΗΡΑ ΤΥΡΙΑ	45-55%	<p>Πήξη γάλακτος με πυτιά</p> <p>Διαίρεση τυροπήγματος μέτρια</p> <p>(σύντομη αναθέρμανση σε μέτριες θερμοκρασίες)*</p> <p>(μέτρια πίεση)*</p> <p>Ταχεία ωρίμαση</p> <p>Πλούσιο άρωμα</p>
ΣΚΛΗΡΑ ΤΥΡΙΑ	35-45%	<p>(οξίνιση γάλακτος)*</p> <p>Πήξη γάλακτος με πυτιά</p> <p>Διαίρεση σε μικρούς κόκκους</p> <p>Αναθέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία με παρατεταμένη ανάδευση του τυροπήγματος στο τυρόγαλα</p> <p>Πίεση</p> <p>Πολύ πλούσιο άρωμα</p>
ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΑ ΤΥΡΙΑ	<35%	<p>(οξίνιση γάλακτος)*</p> <p>Πήξη γάλακτος με πυτιά</p> <p>Διαίρεση σε πολύ μικρούς κόκκους</p> <p>Πολύ υψηλή θερμοκρασία αναθέρμανσης 52-85 °C</p> <p>Παρατεταμένη ανάδευση του τυροπήγματος μετά την αναθέρμανση</p> <p>Πίεση</p> <p>Μακρόχρονη ωρίμαση και διατήρηση</p>

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση τυριών με βάση την υγρασία και την τεχνολογία παρασκευής (Καμινάρη και Μοάτσου, 2009).



Εικόνα 3.1: Κατηγοριοποίηση των τυριών με βάση τον τρόπο ωρίμασης και τη μέθοδο πήξης (Fox et al., 2000)

Η ανασκόπηση των σχημάτων ταξινόμησης των τυριών που εφαρμόζονται διεθνώς, έχει γίνει πρόσφατα από τον Κουκλίδη (2017), ο οποίος παρουσιάζει και το διάγραμμα των Walstra et al. (2006) που συνδυάζει τη σχέση βασικών συστατικών μεταξύ τους και τη τεχνολογία παραγωγής των τυριών (Εικόνα 1.2).

Starter	Mesophilic		Thermophilic		Mesophilic		
	Fresh	Ripened	Propionic acid bacteria	—	Bacterial smear	White mold	Blue mold
5 $\frac{w}{p}$	Quarg						
4 $\log \frac{w}{p}$	Cottage						
3		Feta ^{1,2}					
		Meshanger					
		Queso blanco ^{2,3}				Camembert	
2		Butterkäse		Mozzarella ⁵	Munster		
		Caerphilly ⁴			Port Salut	Chèvre ²	Roquefort ²
		St. Paulin			Tilsiter		
1.50		Gouda	Jarlsberg	—x—	x		Gorgonzola
1.25		Cheddar ⁴	Emmentaler	Provolone ⁵			
1			Gruyère	—	x		
0.8				Parmigiano			Stilton ⁴

¹ Σε διάλυμα άλμης. ² Μπορεί να προέρχεται από γάλα εκτός του αγελαδινού. ³ Συνήθως με όξινη πήξη.

⁴ Αλάτισμα του πήγματος πριν από την πίεση. ⁵ Πλαστικής (ζυμομένης) τυρομάζας (pasta filata)

Εικόνα 3.2: Κατηγοριοποίηση των τυριών με βάση τον τρόπο ωρίμασης και τον λόγο υγρασίας προς πρωτεΐνη, w/p (Walstra et al., 2006).

Επίσης σημαντικό είναι να αναφερθεί πως οι κυριότερες κατηγορίες τυριών παγκοσμίως σύμφωνα με τους οι Fox et al. (2000) και McSweeney et al. (2004) είναι οι ακόλουθες:

- ❖ Σκληρά τυριά
- ❖ Τύπου Cheddar
- ❖ Τυριά προπιονικής ζύμωσης
- ❖ Τύπου Gouda
- ❖ Pasta filata
- ❖ Ωρίμασης με μύκητες
- ❖ Blue Cheese
- ❖ Επιφανειακής ωρίμασης μέσω μικτής χλωρίδας
- ❖ Όξινης πήξης
- ❖ Συνδυασμού όξινης πήξης και θερμότητας

Τα τυριά όξινης πήξης αποτελούν μια οικονομικά σημαντική κατηγορία σύμφωνα με τους Walstra et al. (2006). Οι ποικιλίες αυτές αποτελούν το 25% της συνολικής παραγωγής τυριού (σε ορισμένες χώρες είναι σημαντικά υψηλότερο). Συνήθως καταναλώνονται όταν είναι φρέσκα, αν και υπάρχουν μερικές μικρές ποικιλίες που ωριμάζουν (Fox et al.2000, McSweeney et al. 2004).

Παρακάτω αναφέρεται η κατάταξη των τυριών σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2014):

- Τυριά από γάλα με ωρίμαση
 - Πολύ σκληρά τυριά
 - Σκληρά τυριά
 - Ημίσκληρα τυριά
 - Τυριά τριμμένα ή συσκευασμένα σε ένα κομμάτι
 - Μαλακά τυριά
 - Λευκά τυριά άλμης
 - Υπόλοιπα μαλακών τυριών

- Τυριά από γάλα χωρίς ωρίμανση
- Τυριά από τυρόγαλα με ή χωρίς ωρίμανση
- Ονομασίες αποβουτυρωμένων τυριών

Τυροκομικά προϊόντα που δεν θεωρούνται τυριά

3.3 ΦΡΕΣΚΑ ΤΥΡΙΑ ΚΑΙ ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΑΛΟΙΦΩΔΗ ΥΦΗ

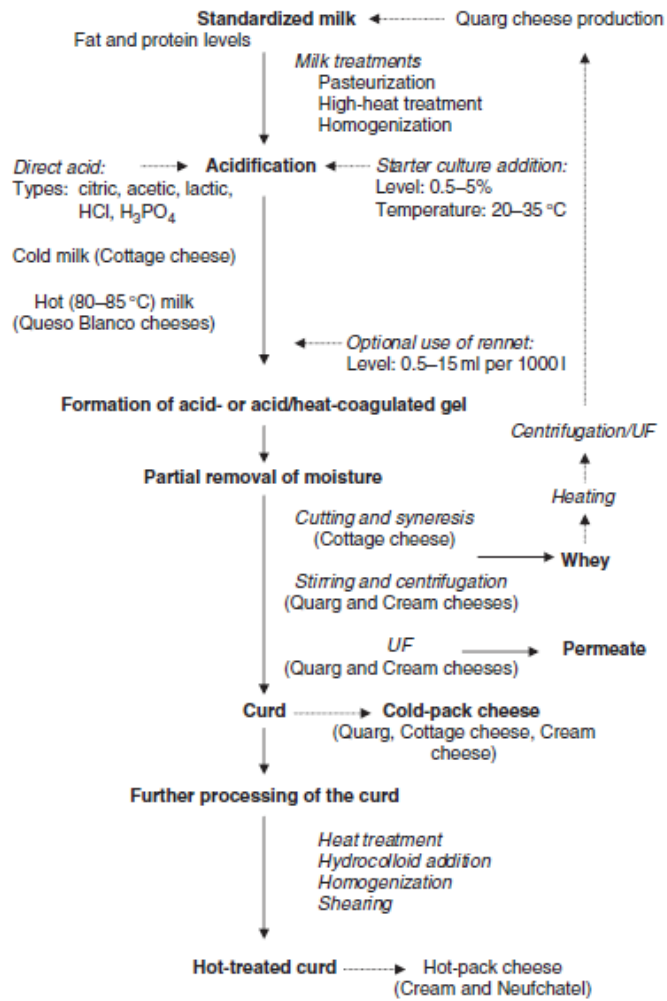
Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2014) τα τυριά από γάλα χωρίς ωρίμανση (που είναι το αντικείμενο αυτής της μελέτης) ορίζονται ως εξής: «*Τυριά χωρίς ωρίμανση με αλοιφώδη υφή χαρακτηρίζονται τα φρέσκα (νωπά) τυριά που παρασκευάζονται με την επενέργεια αβλαβών οξυγαλακτικών καλλιεργείων βακτηρίων σε παστεριωμένο γάλα ή παστεριωμένο γάλα και παστεριωμένη κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα) και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 75%.»*

Στα φρέσκα τυριά όξινης πήξης περιλαμβάνονται αυτά που παράγονται από την όξινη πήξη ή όξινη πήξη σε συνδυασμό και με θέρμανση του γάλακτος ή/και της κρέμας, και τα οποία είναι έτοιμα για κατανάλωση αμέσως μετά την ολοκλήρωση της τυροκόμησης. Η πήξη εμφανίζεται κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης (pH 4.6) ή σε υψηλότερη τιμή όταν γίνεται και θέρμανση σε σχέση με τα τυριά από πήγμα τυτιάς. Παρόλα αυτά, ένα μικρό ποσοστό τυτιάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή κάποιων φρέσκων τυριών όπως Cottage cheese και Quarg. Αυτή η μικρή ποσότητα τυτιάς, μπορεί να δώσει σταθερότερο πήγμα καθώς ελαχιστοποιεί τις απώλειες της καζεΐνης κατά τον μεταγενέστερο διαχωρισμό του ορού του γάλακτος, η προσθήκη αυτή όμως δεν είναι απαραίτητη (Fox et al., 2000).

Η παραγωγή των φρέσκων τυριών περιλαμβάνει γενικά την προετοιμασία του γάλακτος (τυποποίηση, παστερίωση και ίσως και ομογενοποίηση), την οξίνιση, την δημιουργία πήγματος, τον διαχωρισμό του ορού και σε μερικές περιπτώσεις έχουμε και επιπλέον διεργασίες όπως είναι το αλάτισμα (Εικόνα 2). Η πήξη γίνεται γενικά αργά σε 12-16 ώρες στους 21-23°C ή σε 4-6 ώρες στους 30°C και συνήθως προκαλείται με την παραγωγή γαλακτικού οξέος από την εναρκτήρια καλλιέργεια και/ή με την προσθήκη οξέος. Η δομή των πηγμάτων έχει πολύ μεγάλη επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την σταθερότητα κατά την διάρκεια της συντήρησης (Fox et al., 2000).

Τα νωπά τυριά με αλοιφώδη υφή έχουν υψηλό ποσοστό υγρασίας από 58% έως 75%. Πρόκειται για τυριά που καταναλώνονται αμέσως ή εντός λίγων ημερών από το χρόνο παραγωγής τους και έχουν μαλακή και εύθρυπτη σύσταση. Η συσκευασία τους αν δεν γίνεται μηχανικά και αυτοματοποιημένα, πρέπει να γίνεται με τήρηση αυστηρών κανόνων υγιεινής και συντήρηση και η διακίνησή τους υπό ψύξη. Παρακάτω αναφέρονται και περιγράφονται μερικά αντιπροσωπευτικά είδη αυτών τυριών αυτής της κατηγορίας (Μάντης κ.α., 2015): Cottage cheese, Cream cheese, Baker's, Quarg, Mozzarella, Quesco Blanco, Γαλοτύρι, Κατίκι Δομοκού Πηχτόγαλο Χανίων, Ανεβατό.

Στην Εικόνα 2.1. παρουσιάζονται τα κύρια στάδια παραγωγής αυτής της κατηγορίας τυριών από τους Fox *et al.* (2000) χωρίς να γίνεται εξειδίκευση των συνθηκών για κάθε είδος χωριστά. Για παράδειγμα, το Cream cheese παρασκευάζεται από κρέμα ή μίγμα κρέμας και πλήρους γάλακτος ή άπαχης σκόνης γάλακτος ή συμπυκνωμένου γάλακτος. Πήζει με μεγάλη ποσότητα οξυγαλακτικής καλλιέργειας (5%) και λίγη πυτιά και το τυρόπηγμα αναθερμαίνεται στους 46-52 °C.



Ει-

κόνα 3.3: Κύρια στάδια παραγωγής φρέσκων τυριών (Fox et al., 2000)

Σύμφωνα με το άρθρο 83 του Ελληνικού Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, η ονομασία «Γαλοτύρι» αναγνωρίζεται ως προστατευόμενη ονομασία προέλευσης (Π.Ο.Π.) για το τυρί που παράγεται παραδοσιακά στην Ελλάδα από γάλα πρόβειο, ή γίδινο ή από μίγματα αυτών. Το γάλα το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή του τυριού «Γαλοτύρι» πρέπει να προέρχεται αποκλειστικά από τις περιοχές Ηπείρου και Θεσσαλίας. Η παραγωγή τυριού «Γαλοτύρι» περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια :

1. Το γάλα θερμαίνεται μέχρι βρασμού και τοποθετείται σε δοχεία κατά προτίμηση πήλινα, για 24 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
2. Προστίθεται αλάτι (βρώσιμο χλωριούχο νάτριο) 3-4% αφήνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος επί δυο ημέρες κατά τις οποίες αναδεύεται κατά διαστήματα και σταδιακά αναπτύσσεται οξύτητα.
3. Το αλατισμένο και οξινισμένο βιολογικά γάλα με ή χωρίς προσθήκη πυτιάς τοποθετείται στη συνέχεια σε υφασμάτινους ή δερμάτινους σάκκους - τουλούμια ή σε ξύλινα βαρέλια.
4. Οι περιέκτες κλείνονται αεροστεγώς και μεταφέρονται σε ψυχρές, ξηρές αποθήκες σε θερμοκρασία μικρότερη των 8°C, δυο (2) τουλάχιστον μήνες στην περίπτωση που παρασκευάζεται από νωπό γάλα. Κατά το διάστημα αυτό αποβάλλεται υγρασία από τους περιέκτες με βραδύ ρυθμό, ενώ ωριμάζει το τυρί και αποκτά τα ιδιαιτέρως ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του.

Όσον αφορά την χημική σύσταση του τυριού «Γαλοτύρι» η μέγιστη υγρασία πρέπει να είναι 75% και η ελάχιστη λιποπεριεκτικότητα επί ξηρού 40%. Είναι ένα συνεκτικό μαλακό τυρί αλοιφώδους υφής με χρώμα καθαρό λευκό και υπόξινη, ευχάριστη, δροσερή γεύση και άρωμα. Απαγορεύεται η προσθήκη χρωστικών, συντηρητικών και αντιβιοτικών ουσιών στο τυρί.

Το Κατίκι Δομοκού είναι παραδοσιακό τυρί από νωπό παστεριωμένο γάλα γίδινο ή μίγματος αυτού με πρόβειο ,της περιοχής του Δομοκού και αναγνωρίζεται ως τυρί ΠΟΠ. Το γάλα θερμαίνεται στους 75 °C για 30 s ψύχεται στους 27-28 °C και τοποθετείται σε τυρολέβητες στους 20-22 °C όπου είτε με προσθήκη πυτιάς, είτε όχι αφήνετε ώσπου να σχηματίσει πήγμα. Το πήγμα πολτοποιείται τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκους και στραγγίζει μέχρι η υγρασία του να μειωθεί σε ~75%. Μετά αλατίζεται, αναμειγνύεται για να είναι ομοιογενές , συσκευάζεται σε δοχεία και διατηρείται στο ψυγείο μέχρι την κατανάλωσή του. Είναι μα-

λακό τυρί με αλοιφώδη υφή και το τελικό προϊόν πρέπει να έχει υγρασία που να μην υπερβαίνει το 75% ενώ η λιποπεριεκτικότητά του πρέπει να είναι τουλάχιστον 40% επί ξηρού. Είναι προϊόν με υπόξινη ευχάριστη δροσερή γεύση και άρωμα.

Το τυρί Ανεβατό είναι μαλακό τυρί με κοκκώδη και πολύ μαλακή υφή, το οποίο βασίζεται στην βιολογική οξίνιση αλλά δεν καταναλώνεται φρέσκο παρά μετά από ωρίμαση. Ως ΠΟΠ πρέπει να παράγεται στο νομό Γρεβενών και την επαρχία Βοΐου του Νομού Κοζάνης από νωπό παστεριωμένο γάλα πρόβειο γίδινο ή μίγματα αυτών. Το γάλα τοποθετείται σε χώρο θερμοκρασίας 18-22 °C μέχρις ότου αποκτήσει οξύτητα 35 °D περίπου, οπότε τοποθετείται σε ψυκτικούς θάλαμος θερμοκρασίας 2-4 °C για 24 ώρες στη συνέχεια θερμαίνεται στους 12-14 °C και προστίθεται σε αυτό πτυιά επαρκής για να προκαλέσει την πήξη σε 12 ώρες. Κόβεται το τυρόπηγμα σε κύβους και παραμένει στον τυρολέβητα για περίπου 5 έως 12 ώρες μέχρι να ανέβει το τυρόπηγμα στην επιφάνεια του τυρογάλακτος για αυτό ονομάζεται Ανεβατό. Ακολουθεί στράγγιση, ξηρό επιφανειακό αλάτισμα και ωρίμαση του τυριού για δύο μήνες στους 4 °C. Είναι μαλακό τυρί με αλοιφώδη, κοκκώδη υφή και το τελικό προϊόν πρέπει να έχει υγρασία που δεν υπερβαίνει το 60% ενώ η λιποπεριεκτικότητα πρέπει να είναι τουλάχιστον 45% επί ξηρού. Είναι προϊόν με υπόξινη ευχάριστη γεύση και άρωμα.

3.4 ΤΥΡΙΑ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η παραγωγή τροφίμων χωρίς λιπαρά ή με μειωμένη λιποπεριεκτικότητα αποτέλεσε συνεχή απασχόληση των ερευνητών και της βιομηχανίας, λόγω της επιθυμίας για μειωμένη πρόσληψη λίπους από μεγάλα τμήματα του πληθυσμού. Ωστόσο, δεν είναι εύκολο να παρασκευαστούν τυριά χωρίς λιπαρά. Το κύριο πρόβλημα είναι ότι καθώς μειώνεται η περιεκτικότητα σε λίπος, αυξάνεται η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα με αποτέλεσμα η μάζα του τυριού να γίνεται πιο συμπαγής (Zalazar et al., 1998).

Η επιτροπή CODEX για το διεθνές εμπόριο έχει θέσει ένα ανώτατο όριο μείωσης κατά 50% του λίπους (σε ξηρή βάση), για να χαρακτηριστεί τυρί ως μειωμένων λιπαρών. Οι χώρες μεμονωμένες μπορούν να ορίσουν τα δικά τους εσωτερικά πρότυπα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ένα τυρί χαμηλής λιποπεριεκτικότητας πρέπει να περιέχει 6 g ή λιγότερο λίπος ανά 100 g τυριού, ενώ ένα τυρί μειωμένης λιποπεριεκτικότητας απαιτεί τουλάχιστον 30% μείωση του λίπους σε σχέση με το κανονικό (Johnson, 2016). Σύμφωνα με τους επιτρεπόμενους διατροφικούς χαρακτηρισμούς στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Κανονισμός ΕΚ 1924/2006), τα τυριά μπορούν να χαρακτηρισθούν ως «μειωμένων λιπαρών» όταν η λιποπεριεκτικότητά τους είναι κατά 30% μειωμένη σε σχέση με την κατηγορία αναφοράς. Το τυρί χωρίς λίπος ορίζεται ως εκείνο με λιγότερο από 0,5 g λίπους ανά 100 g τυριού. Στην Ελλάδα ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών προβλέπει τα μερικώς αποβουτυρωμένα τυριά με μείωση του λίπους στο 50% της κανονικής λιποπεριεκτικότητας («διαιτητικά» ή «διαίτης») και τα τυριά με μειωμένες θερμίδες στα οποία οι θερμίδες είναι μειωμένες κατά 30% του συνήθους (“light”, “line”, “slim”, «ελαφρύ»)

Όπως αναφέραμε, η παραγωγή τυριών με χαμηλά λιπαρά δεν αποτελεί εύκολη διαδικασία. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκαν κάποια πρότυπα παραγωγής τυριών με χαμηλά λιπαρά τα οποία αφορούν στο γάλα τυροκόμησης και στην τεχνολογία παραγωγής. Σκοπός είναι η παραγωγή παρόμοιων με τα αντίστοιχα κανονικής λιποπεριεκτικότητας προϊόντα, χωρίς να μειωθεί η απόδοση και να υποβαθμιστούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Το σημαντικότερο στάδιο για την τυροκόμηση είναι η τυποποίηση του λίπους έτσι ώστε να επιτευχθεί η μειωμένη λιποπεριεκτικότητα και να αυξηθεί η αναλογία καζεΐνη προς λίπος. Αυτό πραγματοποιείται με την απομάκρυνση της κρέμας ή την προσθήκη καζεΐνης (αποβουτυρωμένη σκόνη γάλακτος, συμπυκνωμένο ή υπερδιηθημένο αποβουτυρωμένο γάλα). Βέβαια με την χρήση αποβουτυρωμένης σκόνης γάλακτος η συμπυκνωμένου αποβουτυρωμένου γάλακτος υπάρχει το ενδεχόμενο υπερβολικής παραγωγής οξέος λόγω περισ-

σειας λακτόζης. Η υπερβολική οξύτητα μπορεί να σταματήσει μειώνοντας γρήγορα τη θερμοκρασία του τυριού μετά την παρασκευή, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό ευαίσθητων σε αλάτι στελεχών και αυξάνοντας την υγρασία ή μειώνοντας το επίπεδο λακτόζης στο γάλα ή το τυρόπηγμα. Η τελευταία προσέγγιση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων ποσοτήτων νερού (γενικά μετά την απομάκρυνση του ορού γάλακτος) ή με έκπλυση του τυροπήγματος για να απομακρυνθεί κάποια ποσότητα λακτόζης. Το ξέπλυμα ή το πλύσιμο του τυροπήγματος οδηγεί συχνά σε λιγότερο επιθυμητό άρωμα στο τυρί, αλλά αυτό εξαρτάται από το είδος του τυριού και από το εάν γίνονται άλλες επεμβάσεις με σκοπό την ανάπτυξη των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Johnson, 2016).

Η απόδοση του τυριών αυτών είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με την απόδοση των παραδοσιακών τυριών κανονικής λιποπεριεκτικότητας και καθώς η απόδοση σχετίζεται με οικονομικά θέματα είναι πιθανός αποτρεπτικό παράγοντα για την παραγωγή τυριών χαμηλής λιποπεριεκτικότητας. Για να αντισταθμιστεί το υψηλότερο κόστος παραγωγής λόγω της χαμηλότερης παραγωγικότητας, οι τιμές των τυριών χαμηλών λιπαρών είναι γενικά υψηλότερες. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία είναι μια μέθοδος που βελτιώνει την απόδοση των τυριών, αλλά μπορεί επίσης να είναι επιζήμια για την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής. Το λίπος, η καζεΐνη και φυσικά η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι αυτά που καθορίζουν την απόδοση του τυριού από το γάλα. Επομένως, η μέθοδος τυποποίησης του γάλακτος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην απόδοση του τυριού, και θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοση σε τυρί είναι χαμηλότερη με την απομάκρυνση της κρέμας σε σχέση με την πιθανή αύξηση λόγω αύξησης/προσθήκης προσθήκη καζεΐνης (Johnson, 2016).

Για να αντισταθμιστεί η μείωση του λίπους, τα τυριά αυτά παρασκευάζονται με υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία έτσι ώστε να έχουμε την επιθυμητή ποιότητα και διάρκεια ζωής. Οι καθιερωμένες μέθοδοι για την αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία στα τυριά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

1. Αύξηση της συνεκτικότητας του πήγματος ή καθυστέρηση της διαίρεσης.
2. Μείωση της περιεκτικότητας σε κolloειδές ασβέστιο (μείωση pH κατά την πήξη).
3. Αύξηση του μεγέθους των κομματιών του τυροπήγματος.
4. Μείωση της θερμοκρασίας αναθέρμανσης
5. Μείωση του pH μεταξύ διαίρεσης και διαχωρισμού ορού γάλακτος.
6. Μείωση του χρόνου ανάδευσης πριν και μετά από την στράγγιση.
7. Αφήνουμε το τυρόπηγμα να μαλακώσει μετά το διαχωρισμό του τυρογάλακτος.

8. Ξέπλυμα του πήγματος με κρύο νερό.

9. Προσθήκη λιγότερου αλατιού, ιδιαίτερα εάν το τυρόπηγμα αλατίζεται επιφανειακά ή αλάτισμα για λιγότερο χρόνο ή αραίωση άλμης

11. Λιγότερη πίεση και λιγότερο χρόνο στα καλούπια.

12. Γρήγορη ψύξη.

Άλλες μέθοδοι για την αύξηση της υγρασίας περιλαμβάνουν την αύξηση της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος και την ομογενοποίηση του γάλακτος, αλλά αν δεν γίνει σωστά, και οι δύο μπορούν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στη ρεολογική συμπεριφορά ή τήξη του τυριού. Η υπερβολική θερμική επεξεργασία του γάλακτος μπορεί επίσης να παράγει ένα τυρί εύθρυπτο, ενώ η ομογενοποίηση συχνά οδηγεί σε καλύτερη υφή. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία είναι η προσθήκη θερμικά μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού, που εισάγονται ως ξεχωριστό συστατικό ή εισάγονται στο γάλα ως συσσωματώματα, τη χρήση καλλιεργείων που παράγουν εξωπολυσακχαρίτες και τη χρήση συστατικών που δεν περιέχουν νάτριο όπως άμυλο, υδροκολλοειδή και γαλακτωματοποιητές/σταθεροποιητές όπως κιτρικά και φωσφορικά άλατα (Johnson, 2016).

Άλλη μια σημαντική παρέμβαση στη τεχνολογία παραγωγής των τυριών χαμηλών λιπαρών είναι η ομογενοποίηση. Η ομογενοποίηση συχνά έχει ως αποτέλεσμα μαλακότερο και πιο κρεμώδες τυρί, το οποίο σχετίζεται με το επίπεδο λίπους στο γάλα και την αύξηση της υγρασίας του τυριού που συμβαίνει συχνά. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε λιπαρά, τόσο πιο μαλακό και κρεμώδες είναι το τυρί μετά την ομογενοποίηση. Η ομογενοποίηση μπορεί να έχει μικρότερη επίπτωση στο τυρί χαμηλής λιποπεριεκτικότητας (>50% μείωση του λίπους), δεδομένου ότι το επίπεδο λίπους είναι ήδη μικρότερο στο γάλα χαμηλών λιπαρών (<1% λιπαρά) λόγω απομάκρυνσης της κρέμας (Johnson, 2016).

Στην παραγωγή των τυριών αυτών χρησιμοποιούνται επίσης τα υποκατάστατα και τα μιμητικά λίπους. Τα υποκατάστατα λίπους ή τα μιμητικά διαταράσσουν ή μεταβάλλουν τη μήτρα καζεΐνης στο τυρί. Προστίθενται στο γάλα και δεν αλληλεπιδρούν με το δίκτυο καζεΐνης, αλλά γεμίζουν χώρους που διαφορετικά θα είχαν γεμίσει με λίπος. Συνήθως χρησιμοποιούνται όταν η μείωση του λίπους είναι 50% και αυτά τα υλικά είναι συνήθως άμυλα ή συσσωματώματα μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού γάλακτος. Έχουν συνήθως υψηλότερη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας από την καζεΐνη, έτσι τα μιμητικά λίπους προωθούν υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία στο τυρί. Τα υποκατάστατα λίπους ή τα μιμητικά, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τυριά όταν οι κανονισμοί δεν επιτρέπουν συγκεκριμένα τη χρήση τους και κατά συνέπεια η χρήση τους απαιτεί συνήθως δημιουργική τροποποίηση του ονόματος του τυριού.

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΤΩΝ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΕΩΝ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο τυροκομείο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών από γάλα αγελάδας οι οποίες εκτρέφονται σε αυτό. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 12 πειραματικές επαναλήψεις, οι 6 αφορούσαν το πλήρες νωπό και ομογενοποιημένο γάλα και οι άλλες 6 το νωπό και ομογενοποιημένο γάλα με μειωμένα λιπαρά.

Η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος μειωμένων λιπαρών τυποποιούνταν στο 2% με χρήση κορυφολόγου. Η ομογενοποίηση του γάλακτος και η επεξεργασία έγιναν σε πιλότο HTST/UHT System HT220 (OMVE) με χρήση σωληνοειδών εναλλακτών θερμότητας και εφοδιασμένο με ομογενοποιητή (GEA/OMVE). Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και σε μη ομογενοποιημένο πλήρες γάλα την επόμενη μέρα. Στον πίνακα 4.1 αναφέρονται αναλυτικά οι θερμοκρασίες, η διάρκεια θέρμανσης του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για τις πειραματικές τυροκομήσεις.

Πίνακας 4.1: Γάλα που τυροκομήθηκε

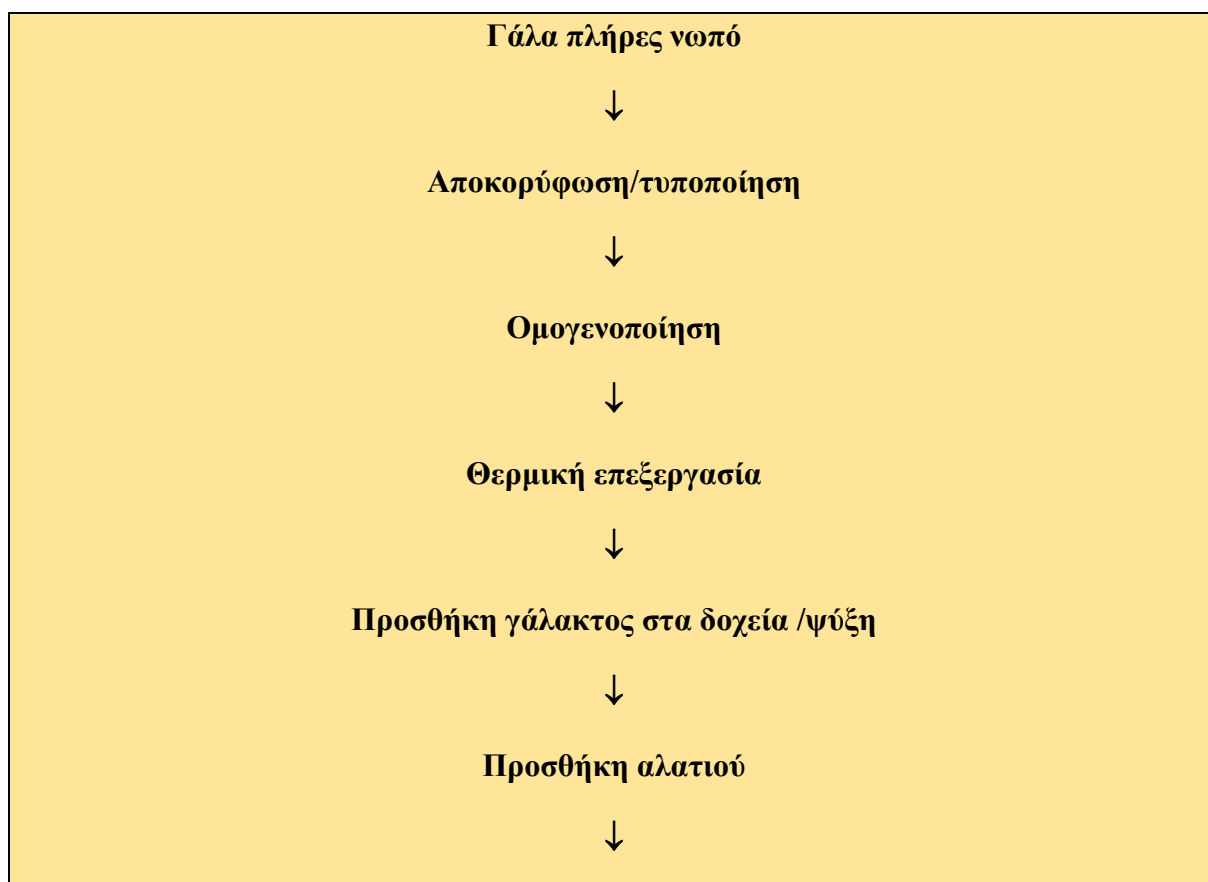
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡ- ΓΑΣΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ			
		Νωπό πλήρες	Ομογ/μένο πλήρες	Νωπό μειωμένα λιπαρά	Ομογ/μένο μειωμένα λι- παρά
Μάρτυρας /Νωπό	...	C-0	CH-0	CL-0	CLH-0
Θερμισμένο	68°C/16s	C-1	CH-1	CL-1	CLH-1
Παστεριωμένο	73°C/16s	C-2	CH-2	CL-2	CLH-2
Υψηλής παστερίωσης_1	78°C/16s	C-3	CH-3	CL-3	CLH-3
Υψηλής παστερίωσης_2	85°C/16s	C-4	CH-4	CL-4	CLH-4
Υψηλής παστερίωσης_3	100°C/16s	C-5	CH-5	CL-5	CLH-5
Αναφοράς	90°C/5min	C-6	CH-6	CL-6	CLH-6

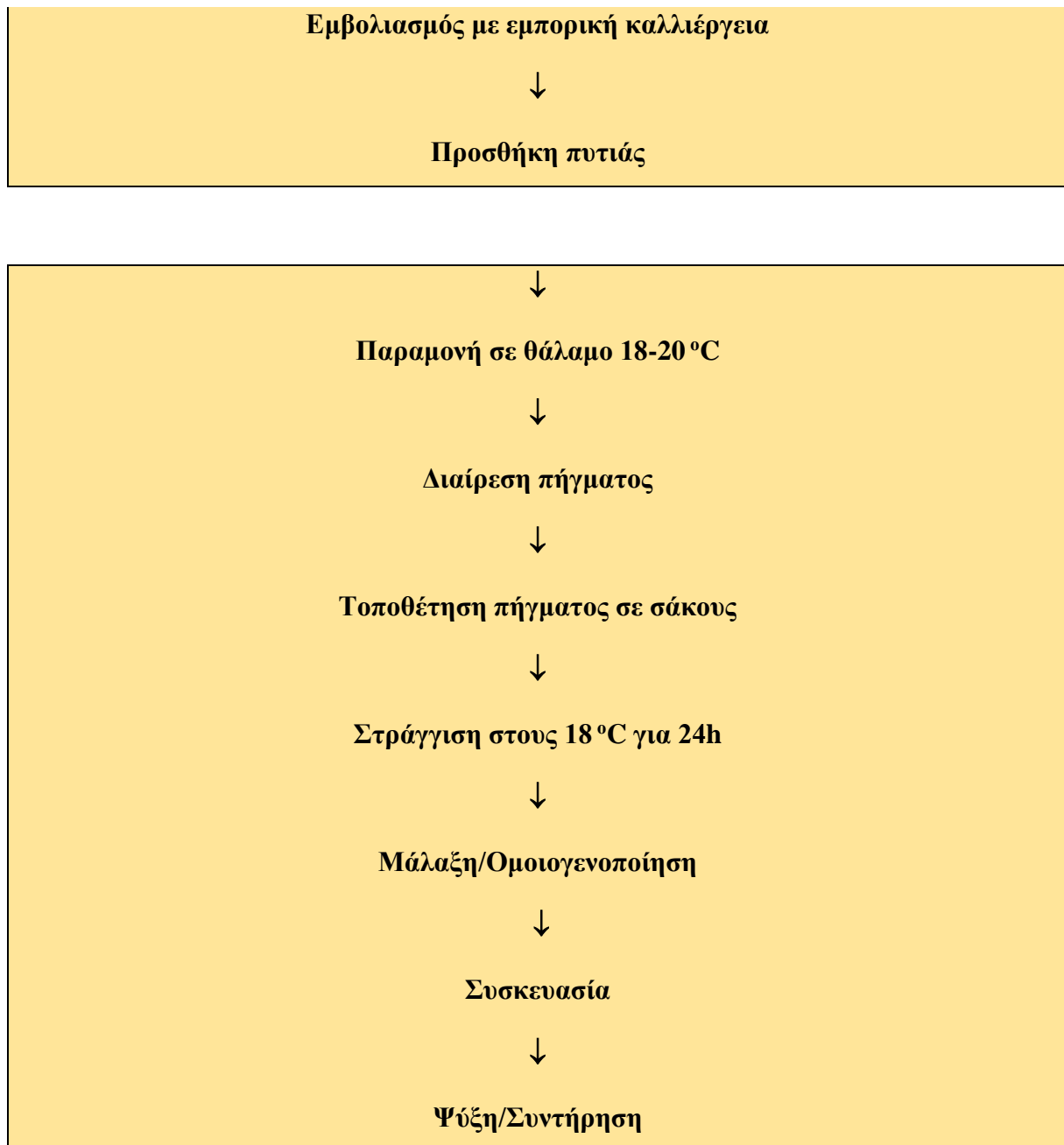
4.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΕΙΣ

Για την τυροκόμηση των τυριών με κανονικά και μειωμένα λιπαρά χρησιμοποιήθηκε το παστεριωμένο, τα υψηλής παστερίωσης (78°C/16s, 85°C/16s) και το γάλα αναφοράς.

Το επεξεργασμένο γάλα συλλεγόταν σε αποστειρωμένο δοχείο και ψυχόταν άμεσα σε λουτρό ψυχρού νερού μέχρι τους 25°C και ακολούθησε η παρασκευή των τυριών σύμφωνα με την Εικόνα 4.1. η προσθήκη αλατιού γινόταν σε αναλογία 1,8% (β/β). Χρησιμοποιήθηκε η οξυγαλακτική καλλιέργεια MO-10 (Mesophilic homofermentative culture, Freeze dried Lactic Culture for DVS, 50U) σε αναλογία 2,5 mL μητρικού διαλύματος (2g λιοφιλωμένη καλλιέργεια σε 80mL γάλα) ανά L γάλακτος. Χρησιμοποιήθηκε η πυτιά «ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΑ» σε αναλογία 100μL μητρικού διαλύματος (10% πυτιά σε νερό) ανά L γάλακτος και ήπια ανάδευση. Τα δοχεία αποθηκεύτηκαν σε θάλαμο στους 18-20 °C για όλο το βράδυ.

Την επόμενη μέρα γινόταν η μέτρηση του pH του τυροπήγματος το οποίο στη συνέχεια διαιρούταν σε κύβους ακμής 1-2cm περίπου. Το διαιρεμένο πήγμα τοποθετήθηκε σε τυρόπανα-σάκους με γνωστό απόβαρο. Στη συνέχεια ακολούθησε η στράγγιση σε θερμοκρασία 18 °C για 24 ώρες. Μετά την διακοπή της στράγγισης το φρέσκο τυρί ομογενοποιήθηκε με μάλαξη και συσκευάστηκε σε αποστειρωμένους περιέκτες. Η συντήρηση των τυριών ήταν υπό ψύξη στους 4 °C.





Εικόνα 4.1 Παρασκευή μαλακού τυριού χωρίς ωρίμαση

Τα τυριά σημάνθηκαν όπως και τα γάλατα από τα οποία προήλθαν (Πίνακας 4.1). Δείγματα τυριών που αντιστοιχούσαν σε ολόκληρους περιέκτες λαμβάνονταν την 5^η και την 20^η ημέρα συντήρησης.

4.3 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οξύτητα και pH

Η οξύτητα του γάλακτος όλων των πειραμάτων προσδιορίστηκε με την ογκομετρική μέθοδο *Dornic*. Κατά τη μέθοδο αυτή σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL μεταφέρονται με σιφώνιο 10 mL γάλακτος και 2-3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Με προχοΐδα προστίθεται διάλυμα καυστικού νατρίου N/9, ενώ γίνεται συνεχής ανάδευση. Το τέλος της ογκομέτρησης διαπιστώνεται με τη μεταβολή του χρώματος του γάλακτος από λευκό σε ελαφρά ρόδινο. Η οξύτητα υπολογίστηκε σε γαλακτικό οξύ %, διαιρώντας τα mL καυστικού νατρίου N/9 που καταναλώθηκαν, δια του 10 όπως προκύπτει από την στοιχειομετρία της αντίδρασης. Το pH του γάλακτος προσδιορίστηκε με χρήση του πεχαμέτρου.

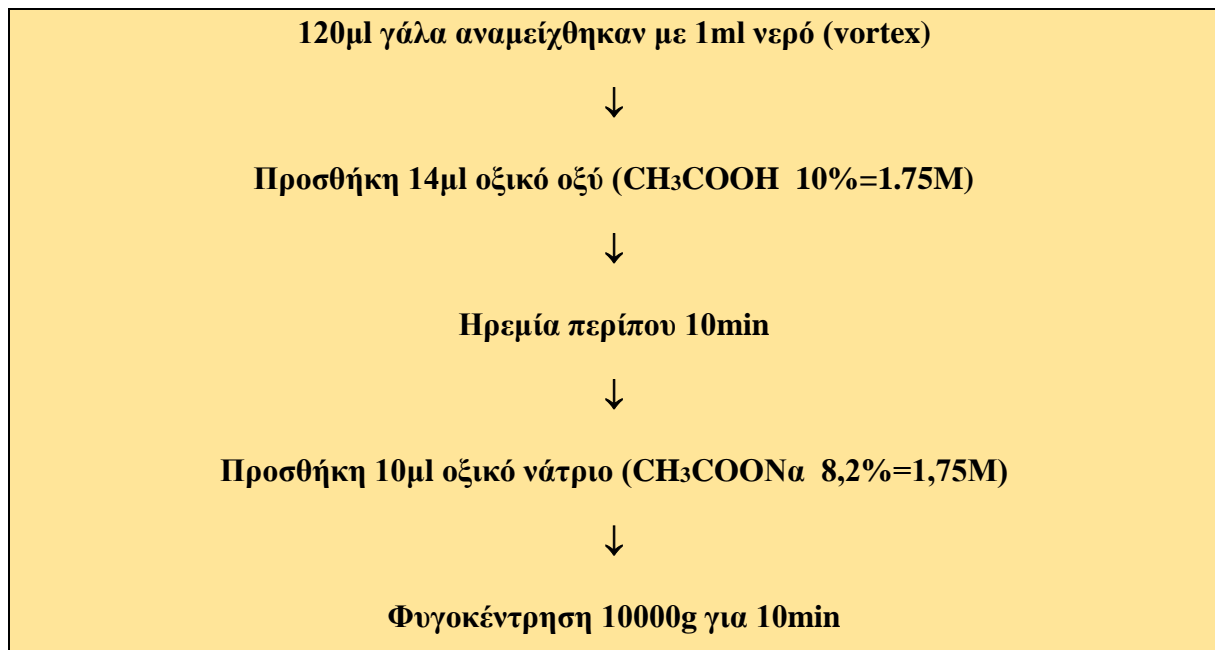
Γενική σύσταση

Η περιεκτικότητα σε κύρια συστατικά (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη και ολικά στερεά) όλων των θερμικά επεξεργασμένων δειγμάτων γάλακτος προσδιορίστηκαν με χρήση του Milkoscan133 (Foss Electric, Denmark).

Ανάλυση του υδατοδιαλυτού κλάσματος με RP-HPLC

Η ανάλυση του υδατοδιαλυτού κλάσματος (WSN) του γάλακτος (Εικόνα 4.2) έγινε σε σύστημα υγρής χρωματογραφίας RP-HPLC (Waters, Milford, MA 01757, USA) εφοδιασμένο με αυτόματο δειγματολήπτη. Το σύστημα της HPLC αποτελείται από την αντλία WATERS 600E (Waters, USA), έναν ανιχνευτή Photodiode Array (WATERS 996), έναν απαερωτήρα ηλίου, και το λογισμικό Millennium32 v. 3.05.01 (Waters) (Moatsou et al., 2005).

Στη στήλη RP C18 Nucleosil (5 μ m, 30nm, 250 X 4.0 mm) έγινε ένεση 100 μ l από το WSN (Εικόνα 4.2). Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε στα 220 nm. Ως κινητή φάση χρησιμοποιήθηκαν οι διαλύτες A (0,1% τριφθοροξικό οξύ (TFA) σε υπερκάθαρο νερό) και B (0,1% TFA σε διάλυμα 80% ακετονιτρίλιο(ACN) σε υπερκάθαρο νερό). Πραγματοποιήθηκε βαθμιδωτή έκλυση με ταχύτητα ροής 0,75 mL/min ως εξής : 0-15min:27-40% B, 15-55min:40-56% B, 55-57:56-80% B, 57-60min:80% B, 60-62min:27%B.



Εικόνα 4.2 Παραλαβή υδατοδιαλυτού κλάσματος (WSN) του γάλακτος

4.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΥΡΙΩΝ

Προσδιορισμός οξύτητας και pH

Η οξύτητα του γάλακτος προσδιορίστηκε με την ογκομετρική μέθοδο *Dornic*. Κατά τη μέθοδο αυτή σε ποτήρι ζέσεως των 150 mL μεταφέρονται 10g τυριού και 92 mL αναδεύονται και διηθούνται σε πτυχωτό χαρτί. Σε 25ml από το διηθημένο διάλυμα προσθέτουμε 2-3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και με προχοΐδα προστίθεται διάλυμα καυστικού νατρίου N/10, ενώ γίνεται συνεχής ανάδευση. Το τέλος της ογκομέτρησης διαπιστώνεται με τη μεταβολή του χρώματος του διαλύματος από λευκό σε ελαφρά ρόδινο. Η οξύτητα υπολογίστηκε σε γαλακτικό οξύ %, πολλαπλασιάζοντας με 0,36 τα mL καυστικού νατρίου N/10 που καταναλώθηκαν. Η ανάλυση έγινε και για όλα τα δείγματα τυριού. Το pH του τυριού προσδιορίστηκε με χρήση του πεχαμέτρου σε ανάμιξη 10gr τυριού με 10ml νερού.

Γενική σύσταση

Για τον προσδιορισμό της γενικής σύστασης του τυριού (λίπος, πρωτεΐνες, υγρασία ,αλάτι) χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Foodscan (FossElectric, Denmark).

Προσδιορισμός της ξηρής ουσίας -υγρασίας

Η ξηρή ουσία (ΞΟ) ή στερεό υπόλειμμα προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο της IDF(4A, 1982). Δείγμα τυριού ξηράνθηκε σε κλίβανο στους 102°C μέχρι σταθερού βάρους. Η περιεκτικότητα σε υγρασία% υπολογίστηκε ως 100-ΞΟ%.

Προσδιορισμός χλωριούχου νατρίου

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του χλωριούχου νατρίου (αλάτι) στο τυρί έγινε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο της IDF 88/ISO 5943:2006 με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση των χλωριόντων με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου. 0,1M.

Τύπος υπολογισμού

$$\% \text{ αλάτι} = \frac{(V1 - V0) \times c \times f}{m}$$

M

V1 = η κατανάλωση (mL) του νιτρικού αργύρου. 0,1N

V0 = η κατανάλωση του νιτρικού αργύρου. 0,1N για το λευκό

f = 5,84

m = τα g του τυριού

Χαρακτηριστικά δομής

Τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των τυριών προσδιορίστηκαν με τη συσκευή Shimadzu texture analyser AGS-500 NG (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται στη συμπίεση του δείγματος του τυριού με ένα έμβολο, σε δύο κύκλους (bites).

Η δύναμη που ασκείται από το έμβολο στο δείγμα προκαλεί το τυπικό διάγραμμα συμπίεσης (compression curve) της Εικόνας 4.3. Οι συνθήκες κατά την ανάλυση ήταν: θερμοκρασία δείγματος $\sim 20^{\circ}\text{C}$, ταχύτητα κεφαλής 25mm/min, διάμετρος εμβόλου 6x6mm. Ο υπολογισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών του δείγματος έγινε με βάση την ανάλυση του διαγράμματος ως εξής.

1. Σκληρότητα Hardness (H) (η μέγιστη κορυφή κατά την πρώτη συμπίεση του δείγματος) (N)

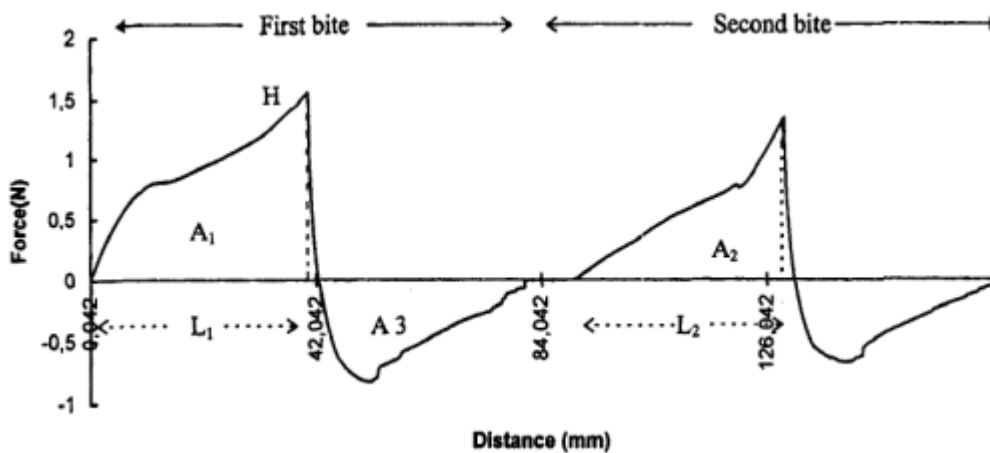
2. Σνάφεια ή Προσκολλησιμότητα Adhesiveness (A_3) (το εμβαδόν της πρώτης αποσυμπίεσης) ($N \cdot mm$)

3. Ελαστικότητα Elasticity (L_2/L_1)

4. Συνεκτικότητα Cohesiveness A_2/A_1 (ο λόγος του εμβαδού της δεύτερης συμπίεσης προς το εμβαδόν της πρώτης συμπίεσης)

5. Πολτοποιητικότητα ή Κομμιώδες Gumminess $= [H \cdot (A_2/A_1)]$ (το γινόμενο της σκληρότητας επί τη συνεκτικότητα) (N)

6. Μασητικότητα Chewiness $= H \cdot (A_2/A_1) \cdot (L_2/L_1)$ (το γινόμενο του κομμιώδους επί την ελαστικότητα) (N).



Εικόνα 4.3 Τυπική καμπύλη ρεολογικής ανάλυσης δείγματος τυριού. H : σκληρότητα, A_1 : εμβαδό πρώτης συμπίεσης, A_2 : εμβαδό δεύτερης συμπίεσης, A_3 : σνάφεια ή προσκολλησιμότητα (Kaminarides & Stachtiaris, 2000)

4.5 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ο οργανοληπτικός έλεγχος έγινε στα τυριά των 20 ημερών από ομάδα τεσσάρων εμπειρων στα τυριά δοκιμαστών, στους οποίους τα τυριά παρουσιάσθηκαν με τυχαία κωδικοποίηση και σειρά. Η αξιολόγηση έγινε με βάση το φύλλο οργανοληπτικού ελέγχου της Εικόνας 4.4.

ΦΥΛΛΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΑΛΑΚΩΝ ΑΛΟΙΦΩΔΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

ΟΝΟΜΑ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

Αξιολογήστε τα παρακάτω δείγματα ΜΑΛΑΚΩΝ ΑΛΟΙΦΩΔΩΝ ΤΥΡΙΩΝ ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, με κλίμακα 10 σημείων, στην οποία το 10 αντιστοιχεί στο χαρακτηρισμό «εξαιρετικό». Σημειώστε τη βαθμολογία σας στο αντίστοιχο κελί.

	129	125	531	585	384	389	648	642
ΕΜΦΑΝΙΣΗ-ΧΡΩΜΑ (0-10 βαθμούς)								
ΥΦΗ-ΔΟΜΗ (0-10 βαθμούς)								
ΓΕΥΣΗ-ΟΣΜΗ (0-10 βαθμούς)								

Χαρακτηρίστε με √ την εμφάνιση και το χρώμα του τυριού:

	129	125	531	585	384	389	648	642
Ομοιογενές χρώμα								
Μη-ομοιογενές χρώμα								
Αλλοιωμένη επιφάνεια								

Χαρακτηρίστε με √ την υφή-δομή του τυριού:

	129	125	531	585	384	389	648	642
Στεγνή								
Κολλώδης								
Αλοιφώδης								
Υδαρής								
Λιπαρή								
Κοκκώδης								

Χαρακτηρίστε με √ την γεύση-οσμή του τυριού:

	129	125	531	585	384	389	648	642
Ευχάριστα ξινή								
Πολύ ξινή								
Αρωματική – «πλούσια»								
Πικρή								
Αλμυρή								
Μεταλλική								
Γεύση ζύμης								

ΑΛΛΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Εικόνα 4.4 Φύλλο οργανοληπτικού ελέγχου

4.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το λογισμικό Statgraphics Centurion XVI.). Εξετάστηκε η επίδραση της λιποπεριεκτικότητας, της ομογενοποίησης, της θερμικής επεξεργασίας και της διατήρησης στα χαρακτηριστικά του γάλακτος και του τυριού , με τη μέθοδο ανάλυσης της παραλλακτικότητας (Analysis of Variance, ANOVA). Οι διαφορές θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές όταν η τιμή του P του F-test ήταν $<0,05$ ($P<0,05$). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με τη μέθοδο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.1 η λιποπεριεκτικότητα, επηρέασε στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) όλα τα συστατικά του γάλακτος. Τα συστατικά αυτά, επηρέασε και η θερμική επεξεργασία του γάλακτος.

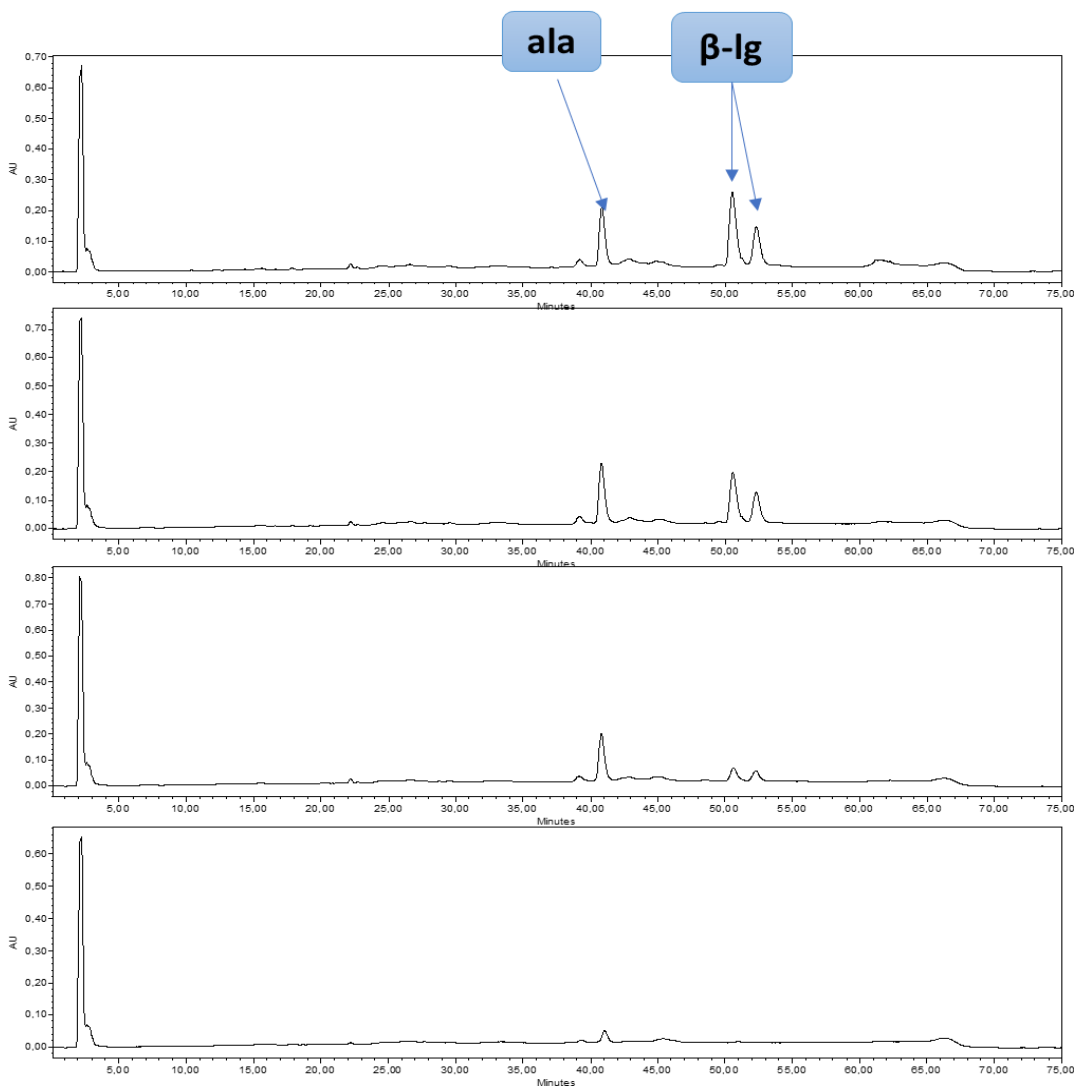
Αναλύοντας τα δεδομένα του πίνακα 5.2 βλέπουμε πως το γάλα μειωμένων λιπαρών παρουσιάζει στατιστικά σημαντική ($P < 0,05$) αύξηση των πρωτεϊνών και μείωση των ολικών στερεών, οι οποίες ήταν κατά μέσο όρο 0,15% και -1,16% αντίστοιχα. Παρόμοια αύξηση παρατηρείται και στις υπόλοιπες παραμέτρους όπως η λακτόζη. Οι διαφορές αυτές είναι αναμενόμενες αφού η αφαίρεση λίπους μειώνει τα στερεά συστατικά και στα στερεά συστατικά που απομένουν η πρωτεΐνη και η λακτόζη έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή. Επίσης στον πίνακα 5.2 φαίνεται η στατιστικά σημαντική διαφορά που εμφανίζεται σε σχέση με την θερμική επεξεργασία και οφείλεται στις τιμές της ασυνεχούς θερμικής επεξεργασίας 6. Παρατηρούμε ότι το στερεό υπόλειμμα και το στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους αυτού του γάλακτος αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά εξαιτίας της εξάτμισης που προκλήθηκε καθώς η θέρμανση γινόταν σε ανοιχτό δοχείο. Οι αντίστοιχες τιμές του λίπους επί ξηρού για το νωπό γάλα, το γάλα 5 και 6 ήταν 23,2%, 23,54% και 23,65% αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες τιμές για την πρωτεΐνη επί ξηρού 28,44%, 28,14% και 28,38%.

Οι παράμετροι pH και οξύτητα επηρεάστηκαν σημαντικά από την μείωση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Η ομογενοποίηση αύξησε στατιστικά σημαντικά κατά 0,01% την οξύτητα, προφανώς εξαιτίας των επιπλέον χειρισμών και του χρόνου που χρειάστηκε για την ομογενοποίηση (π.χ. προθέρμανση αλλαγές δοχείων) ενώ δεν επηρέασε το pH του γάλακτος. Αυτό επιβεβαιώνεται από τους Dorner & Widmer (1931) και Halloran & Trout, (1932) οι οποίοι εργάζονταν ανεξάρτητα, και παρατήρησαν αύξηση της οξύτητας του ομογενοποιημένου νωπού γάλακτος, η αύξηση εμφανίστηκε αμέσως μετά την ομογενοποίηση.

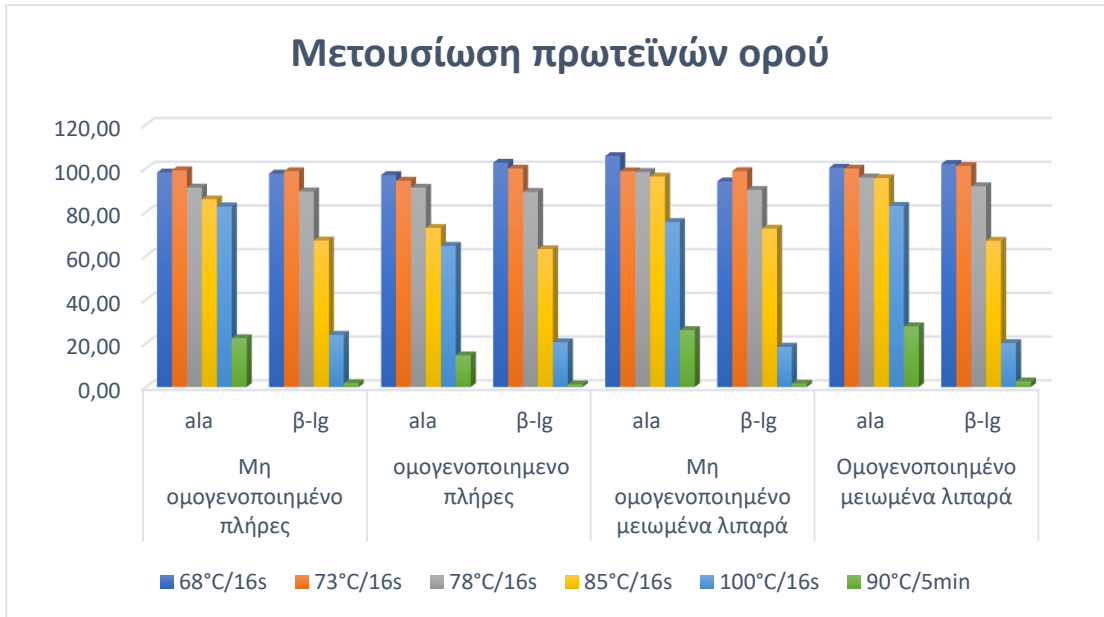
Επίσης στατιστικά σημαντική είναι η επίδραση όλων των παραγόντων (επεμβάσεις) στις πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος. Όπως προκύπτει από τον πίνακα 5.2 το ομογενοποιημένο γάλα παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση του ποσοστού της α -1a κατά μέσο όρο 3,55%. Ενώ η ομογενοποίηση και η ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας δεν επηρέασαν την περιεκτικότητα των γαλάτων σε φυσική (μη μετουσιωμένη) β -λακτογλοβουλίνη φαίνεται να επηρέασαν την α -λακτοαλβουμίνη. Η μείωση της λιποπεριεκτικότητας αύξησε την

αρχική ποσότητα της α-λακτοαλβουμίνης στο γάλα που μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας μετουσίωσής της.

Όπως είναι αναμενόμενο και οι δύο κυρίες πρωτεΐνες του ορού μειώνονταν στατιστικά σημαντικά καθώς αυξάνεται η ένταση της θερμικής επεξεργασίας εξαιτίας της μετουσίωσης. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τον πίνακα 5.2 επεξεργασία υψηλότερη της κλασικής παστερίωσης όπως ήταν η επεξεργασία 3 (78°C/16s), προκάλεσε σημαντική μετουσίωση κατά 10% στη β-λακτογλοβουλίνη ενώ για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα στην α-λακτοαλβουμίνη χρειάστηκαν 85°C/16s επεξεργασία 4. Η ασυνεχής θερμική επεξεργασία 6 πρακτικά μετουσίωσε πλήρως τη β-λακτογλοβουλίνη και περίπου το 80% της α-λακτοαλβουμίνης.



Εικόνα 5.1 Χαρακτηριστικές κατατομές χρωματογραφημάτων ala και β-Ig



Εικόνα 5.2 Επίδραση θερμικής επεξεργασίας στις πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος

Σύμφωνα με άλλες μελέτες οι οποίες μετρούσαν τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών του ορού (α-λακτοαλβουμίνης, β-λακτογλοβουλίνης) μετά από όξινη πήξη έδειξαν ότι η περιεκτικότητα του νοπού γάλακτος σε φυσική (μη μετουσιωμένη) α-λακτοαλβουμίνη ήταν εντός της περιοχής 1310-1840mg/L (Jeanson et al.1999) ενώ γάλατα που είχαν θερμανθεί στους 130°C παρατηρήθηκαν εξίσου σημαντικές ποσότητες φυσικής (μη μετουσιωμένης) α-λακταλβουμίνης επιβεβαιώνοντας τη χαμηλότερη ευαισθησία της στη θερμοκρασία σε σύγκριση με τη β-λακτογλοβουλίνη (Sakkas et al. 2014). Παρομοίως, οι Morales et al. (2000) παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση της α-λακτοαλβουμίνης μετά από θερμική επεξεργασία στους 80 °C δεν επηρεάστηκε ενώ στους 90 °C μετουσιώθηκε το 12% και στους 85 °C για 30 s είχαμε 16% μετουσίωση της α-λακτοαλβουμίνης. Επιπλέον, το 15% της αρχικής συγκέντρωσης της α-λακτοαλβουμίνης σε νοπό γάλα δεν μετουσιώθηκε στους 130 °C, ενώ περίπου το 10% της αρχικής β-λακτογλοβουλίνης μετουσιώθηκε μετά από κατεργασία στους 100 °C (Elliott et al., 2005; Morales et al., 2000). Όσον αφορά την β-λακτογλοβουλίνη, μετά από επεξεργασία στους 80 °C για 4 δευτερόλεπτα, περίπου το 33% της αρχικής ποσότητας μετουσιώθηκε και η μέση συγκέντρωσή της ήταν 2716 mg / L η οποία ταυτίζεται με το 30% της μετουσίωσης που βρέθηκε από τους Villamiel et al. (1997) για θερμική επεξεργασία στους 80 °C για 15 s.

Πίνακας 5.1. Αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για τις παραμέτρους (μεταβλητές) της φυσικοχημικής σύστασης του γάλακτος, εκφρασμένα ως πιθανότητες (P-values). Df: βαθμοί ελευθερίας, ΣΥ: στερεό υπόλειμμα (ολικά στερεά), ΣΥΑΛ: στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους, α-la: α-λακτοαλβουμίνη, β-Ig: β-λακτογλοβουλίνη

Πηγή παραλλακτικότητας	Df	Οξύτητα	pH	Λίπος	Πρωτεΐνη	Λακτόζη	ΣΥ	ΣΥΑΛ	α-la	β-Ig
<i>Παράγοντες (Επεμβάσεις)</i>										
A:ομογενοποίηση	1	0,02	0,40	0,60	0,38	0,98	0,92	0,59	0,02	0,74
B:λιποπερ/τα	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
C:θερμική επεξεργασία	6	0,42	0,32	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Αλληλεπιδράσεις</i>										
AB	1	0,37	0,05	0,52	0,70	0,32	0,45	0,48	0,00	0,27
AC	6	0,30	0,33	0,98	0,92	0,72	0,88	0,83	0,75	0,38
BC	6	0,09	0,92	0,92	0,91	0,30	0,76	0,63	0,56	0,94

Πίνακας 5.2. Μέσος όρος (mean), τυπικό σφάλμα (SE) και στατιστικά σημαντικές διαφορές (LSD, P<0,05) των παραμέτρων (μεταβλητών) της φυσικοχημικής σύστασης του γάλακτος. n: πλήθος μεταβλητών. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (P<0,05) μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα (επέμβασης).

Μεταβλητές ανά παράγοντα (επέμβαση)	n	Οξύτητα	pH	Λίπος	Πρωτεΐνη	Λακτόζη	ΣΥ	ΣΥΑΛ	α-la	β-Ig
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ	84	0,13	6,75	2,66	3,20	4,37	11,34	8,65	79,54	63,27
Ομογενοποίηση										
1(+)	42	0,13 ^b	6,76 ^a	2,65 ^a	3,21 ^a	4,37 ^a	11,34 ^a	8,66 ^a	77,77 ^a	63,54 ^a
2(-)	42	0,12 ^a	6,74 ^a	2,67 ^a	3,2 ^a	4,37 ^a	11,34 ^a	8,65 ^a	81,32 ^b	62,99 ^a
SE		0,001	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	1,1	1,18
LSD		0,003	0,03	0,06	0,03	0,03	0,1	0,06	3,14	3,37
Λιποπερ/τητα										
1	42	0,13 ^b	6,69 ^a	3,30 ^b	3,13 ^a	4,40 ^b	11,92 ^b	8,61 ^a	76,67 ^a	63,62 ^a
2	42	0,12 ^a	6,81 ^b	2,03 ^a	3,28 ^b	4,34 ^a	10,76 ^a	8,70 ^b	82,41 ^b	62,91 ^a
SE		0,001	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	1,1	1,18
LSD		0,003	0,03	0,06	0,03	0,03	0,1	0,06	3,14	3,37

Θερμική επεξεργασία										
0	12	0,13 ^a	6,75 ^{ab}	2,61 ^a	3,20 ^a	4,33 ^{ab}	11,25 ^a	8,61 ^a		
1 (68°C/16s)	12	0,12 ^a	6,77 ^b	2,60 ^a	3,14 ^a	4,29 ^a	11,13 ^a	8,50 ^a	98,09 ^d	99,52 ^e
2 (73°C/16s)	12	0,13 ^a	6,77 ^b	2,65 ^a	3,17 ^a	4,33 ^{ab}	11,26 ^a	8,58 ^a	97,90 ^d	99,59 ^e
3 (78°C/16s)	12	0,13 ^a	6,77 ^b	2,65 ^a	3,18 ^a	4,34 ^{ab}	11,28 ^a	8,61 ^a	93,81 ^d	90,12 ^d
4 (85°C/16s)	12	0,12 ^a	6,75 ^{ab}	2,66 ^a	3,19 ^a	4,35 ^b	11,31 ^a	8,62 ^a	88,25 ^c	67,82 ^c
5 (100°C/16s)	12	0,13 ^a	6,74 ^{ab}	2,66 ^a	3,18 ^a	4,35 ^b	11,30 ^a	8,61 ^a	76,41 ^b	20,74 ^b
6 (90°C/5min)	12	0,13 ^a	6,70 ^a	2,80 ^b	3,36 ^b	4,59 ^c	11,84 ^b	9,05 ^b	22,78 ^a	1,816 ^a
SE		0,002	0,02	0,04	0,02	0,02	0,07	0,04	1,88	2,01-2,12
LSD		0,02	0,02	0,04	0,06	0,06	0,06	0,123	5,45	5,84
Ομογ/ση × λιπο- περ/τητα										
1,1	21	0,13	6,71	3,30	3,14	4,41	11,94	8,63	72,10	62,97
1,2	21	0,12	6,80	2,01	3,28	4,33	10,74	8,70	83,43	64,11
2,1	21	0,13	6,65	3,29	3,12	4,39	11,89	8,59	81,24	64,27
2,2	21	0,12	6,82	2,05	3,27	4,34	10,78	8,70	81,40	61,71
SE		0,001	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,03	1,53	1,64
Ομογ/ση × θερ- μανση										
1,0	6	0,13	6,70	2,59	3,21	4,32	11,24	8,61		
1,1	6	0,13	6,78	2,62	3,17	4,31	11,22	8,56	97,76	103,17
1,2	6	0,13	6,78	2,65	3,18	4,33	11,27	8,59	96,87	100,40
1,3	6	0,12	6,79	2,65	3,19	4,34	11,29	8,62	92,80	90,47
1,4	6	0,13	6,76	2,65	3,2	4,35	11,31	8,64	84,18	65,00
1,5	6	0,13	6,77	2,65	3,19	4,35	11,29	8,62	73,73	20,31
1,6	6	0,13	6,72	2,77	3,34	4,57	11,78	9,01	21,25	1,89
2,0	6	0,12	6,79	2,64	3,19	4,34	11,27	8,61		
2,1	6	0,12	6,77	2,57	3,11	4,26	11,04	8,44	98,42	95,87
2,2	6	0,13	6,75	2,65	3,17	4,32	11,24	8,56	98,94	98,77
2,3	6	0,13	6,74	2,66	3,18	4,34	11,28	8,60	94,83	89,77
2,4	6	0,12	6,75	2,68	3,18	4,34	11,31	8,61	92,33	70,64

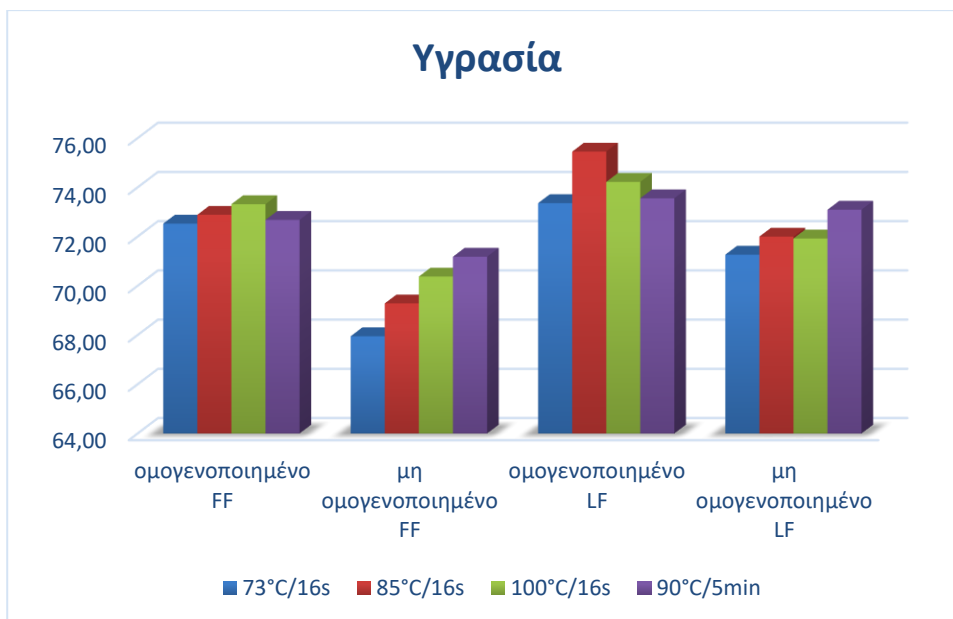
2,5	6	0,12	6,71	2,68	3,18	4,35	11,31	8,61	79,08	21,17
2,6	6	0,13	6,69	2,83	3,37	4,62	11,90	9,09	24,31	1,73
SE		0,002	0,03	0,05	0,03	0,03	0,1	0,06	2,80	2,85
Λιποπερ/τητα θέρμανση	×									
1,0	6	0,13	6,66	3,25	3,14	4,37	11,87	8,60		
1,1	6	0,13	6,71	3,20	3,04	4,27	11,61	8,38	97,57	100,97
1,2	6	0,13	6,7	3,26	3,09	4,35	11,80	8,51	96,49	99,19
1,3	6	0,13	6,72	3,29	3,11	4,37	11,87	8,57	90,50	89,22
1,4	6	0,13	6,7	3,30	3,12	4,39	11,91	8,59	83,22	68,58
1,5	6	0,13	6,68	3,30	3,12	4,39	11,90	8,58	73,61	22,20
1,6	6	0,14	6,65	3,48	3,29	4,64	12,48	9,03	18,64	1,56
2,0	6	0,13	6,83	1,98	3,25	4,29	10,64	8,62		
2,1	6	0,12	6,84	2,00	3,24	4,31	10,65	8,62	98,61	98,07
2,2	6	0,12	6,83	2,03	3,26	4,3	10,71	8,64	99,32	99,98
2,3	6	0,12	6,81	2,02	3,25	4,31	10,7	8,65	97,13	91,02
2,4	6	0,12	6,81	2,02	3,26	4,31	10,71	8,65	93,29	67,07
2,5	6	0,12	6,81	2,03	3,25	4,31	10,71	8,64	79,20	19,28
2,6	6	0,12	6,76	2,12	3,43	4,54	11,20	9,07	26,93	2,06
SE		0,002	0,03	0,05	0,03	0,03	0,1	0,06	2,80	2,85

5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

Όπως ήταν αναμενόμενο η λιποπεριεκτικότητα επηρέασε στατιστικά σημαντικά όλες τις παραμέτρους του πίνακα 5.3. Η θερμική επεξεργασία επηρέασε στατιστικά σημαντικά $P < 0.05$ την πρωτεΐνη την υγρασία και το λίπος των τυριών. Τα ίδια συστατικά επηρέασε στατιστικά σημαντικά και η ομογενοποίηση.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση του πίνακα 5.4 τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα ανεξάρτητα από τις άλλες επεμβάσεις παρουσίασαν στατιστικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος η οποία ήταν κατά μέσο όρο 1,5%. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για την πρωτεΐνη για την οποία η μέση μείωση ήταν περίπου 1,2%. Αυτές οι διαφορές όμως πρέπει να αποδοθούν στην πολλή υψηλότερη συγκράτηση υγρασίας που προκάλεσε αυτή η επέμβαση. Συγκεκριμένα τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα είχαν κατά μέσο όρο 3,20% υψηλότερη υγρασία σε σχέση με τα μη ομογενοποιημένα ανεξάρτητα από τις άλλες επεμβάσεις. Πράγματι το λίπος επί ξηρού ήταν 44,08% και 44,47% για τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα και μη ομογενοποιημένο γάλα αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες τιμές για την πρωτεΐνη επί ξηρού ήταν 42,42% και 41,86%.

Από τον πίνακα 5.3 η ομογενοποίηση παρουσίασε αλληλεπίδραση με τους παράγοντες λίπος και θερμική επεξεργασία του γάλακτος. Στη πρώτη περίπτωση επηρεάστηκε η % υγρασία και το % λίπος των τυριών. Από τον πίνακα 5.4 φαίνεται όταν δεν έγινε ομογενοποίηση, τα τυριά μάρτυρες (πλήρη λιπαρά) συγκρατούσαν λιγότερη υγρασία κατά περίπου 2% (69,84% έναντι 71,95%). Αντίθετα όταν γινόταν ομογενοποίηση η υγρασία των τυριών δεν επηρεαζόταν από την λιποπεριεκτικότητα. Φαίνεται επίσης από τον πίνακα 5.4 ότι η ομογενοποίηση του γάλακτος προκαλεί απώλεια λίπους στα τυριά μάρτυρες (12,78% έναντι 15,31%) ενώ δεν επηρεάζει τη συγκράτηση του λίπους στα τυριά χαμηλών λιπαρών.



Εικόνα 5.3 Υγρασία τυριών 5 ημερών σύμφωνα με την κλασική μέθοδο

Σύμφωνα με τους Zamora et al., (2007) η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι σημαντικά μεγαλύτερη στα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα υπερυψηλής πίεσης σε σχέση με μη ομογενοποιημένο παστεριωμένο γάλα και το νωπό γάλα. Η αύξηση της πίεσης από 100 έως 300 MPa αύξησε και την περιεκτικότητα σε υγρασία κατά περίπου 11 έως 18% σε σύγκριση με το νωπό γάλα. Σύμφωνα με τη μελέτη των Escobar et al. (2011), η αυξημένη απόδοση και περιεκτικότητα σε υγρασία των τυριών *queso fresco* που παρασκευάστηκαν από νωπό γάλα που είχε ομογενοποιηθεί μέχρι 200 MPa ήταν σύμφωνη με προηγούμενες μελέτες που είχαν γίνει σε τυριά που παρασκευάστηκαν με αίγαιο και αγελαδινό ομογενοποιημένο γάλα που δέχθηκαν επεξεργασία έως 100 MPa (Guerzoni et al., 1999, Lanciotti et al., 2004, 2006, Zamora et al., 2007, Burns et al., 2008, Vannini et al., 2008). Αυτοί οι συγγραφείς απέδωσαν την καλύτερη απόδοση σε αύξηση της ικανότητας συγκράτησης νερού των πρωτεϊνών και στην υψηλότερη κατακράτηση πρωτεϊνών του ορού κατά τη διάρκεια του σχηματισμού πήγματος.

Η αύξηση της έντασης της θερμικής επεξεργασίας προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση της υγρασίας. Αυτό είναι αποτέλεσμα των επιπέδων μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού που προσδιορίστηκαν. Οι Frau et al. (2014) μελέτησαν την επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στην απόδοση αλειφόμενου τύπου τυριού από αίγαιο γάλα. Οι ερευνητές επισήμαναν ότι η θερμική επεξεργασία του γάλακτος πάνω από τους 65°C προκαλεί μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού και απέδωσαν την αύξηση της απόδοσης σε τυρί στην υγρασία

που αυτές μπορεί να συγκρατήσουν. Η θερμοκρασία παστερίωσης έχει ισχυρή θετική επίδραση στην απόδοση του τυριού. Τα τυριά που παρασκευάζονται από παστεριωμένο γάλα σε θερμοκρασία 75 °C σε σχέση με αυτά στους 65°C παρουσιάζουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία, πιθανώς λόγω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών ορού γάλακτος (Meinardi et al., 2003). Κατά τη θέρμανση του γάλακτος πάνω από 65 °C, ξεκινά η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού με το ξεδίπλωμα πεπτιδικών τους αλυσίδων, εκθέτοντας έτσι τις πλευρικές ομάδες. Οι ξεδιπλωμένες πρωτεΐνες τότε αλληλεπιδρούν με μικκύλια καζεΐνης ή απλά συσσωματώνονται με τον εαυτό τους, με αντιδράσεις ανταλλαγής θειολ-δισουλφιδίου, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και ιοντικές συνδέσεις (Singh et al., 2001).

Η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στο % λίπος των τυριών είναι αντίστροφη σε σχέση με της στην υγρασία. Οι θερμικές επεξεργασίες 5 και 6 δεν διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη συγκράτηση υγρασίας, λίπους και πρωτεΐνης στα τυριά (πίνακας 5.4). Οι Rynne et al. (2004), παρατήρησαν πως η αύξηση της θερμοκρασίας από 72°C σε 87 °C οδήγησε σε σημαντική αύξηση των επιπέδων υγρασίας στα άνευ λίπους συστατικά (MNFS) ενώ μείωσε το ποσοστό του λίπους, των πρωτεϊνών, του ασβεστίου και του φωσφόρου σε τυρί Cheddar. Η μείωση των επιπέδων πρωτεΐνης και λίπους με την αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στην ταυτόχρονη αύξηση της υγρασίας και συνεπώς στη μείωση της περιεκτικότητας του τυριού σε ξηρή.

Γενικά, η αύξηση της θέρμανσης από τους 73°C/16s στους 100°C/16s μείωσε το λίπος επί ξηρού από το 45,17% στο 42,46% ενώ αύξησε την πρωτεΐνη επί ξηρού από 41,40 στο 42,62%. Από τον πίνακα 5.3 φαίνεται ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της ομογενοποίησης και της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος η οποία επηρεάζει την %υγρασία το %λίπος και την % πρωτεΐνη. Σε ότι αφορά την υγρασία φαίνεται ότι η εφαρμογή της ομογενοποίησης εξομαλύνει τις μεγάλες διαφορές περίπου 3% που παρατηρούνται μεταξύ παστεριωμένου (2) και του υπερθερμασμένου γάλακτος αναφοράς (6). Ουσιαστικά φαίνεται ότι και σε αυτήν την περίπτωση επηρεάστηκε πιο έντονα η σύσταση των μη ομογενοποιημένων τυριών. Παραδείγματος χάρη, το λίπος σε αυτά μειώθηκε από το 13,9% στο 11,76% και η πρωτεΐνη από το 12,64% στο 11,71% τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών για το ομογενοποιημένο ήταν 11,93%- 11,18% για το λίπος και 11,04%- 11,21% για την πρωτεΐνη. Όμως οι διαφορές αυτές στη σύσταση προφανώς οφείλονται στις διαφορές της υγρασίας και όταν υπολογίσουμε το λίπος και την πρωτεΐνη επί ξηρού βλέπουμε ότι μεταβάλλονται κατά παρόμοιο τρόπο στα ομογενοποιημένα και μη ομογενοποιημένα τυριά κατά την αύξηση της έντασης της θερμικής επεξεργασίας.

Ο πίνακας 5.3 δείχνει ότι η διατήρηση των τυριών σε ψύξη επιδρά στατιστικά σημαντικά την οξύτητα των τυριών. Παρατηρούμε πως μετά από 20 ημέρες στους 4 °C αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά η οξύτητα των τυριών. Το ίδιο παρατήρησαν και Perveen et al. (2011) σε τυρί κρέμα, στο οποίο η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του χρόνου συντήρησης (1 έως 28 ημέρες) σε θερμοκρασία δωματίου (21°C) και σε ψύξη (4 °C). Η αύξηση της οξύτητας μπορεί να οφείλεται στη δράση των εκκινητών καθώς η πρωταρχική λειτουργία τους είναι η μετατροπή της λακτόζης και άλλων σακχάρων στο γάλα σε γαλακτικό και άλλα οξέα (Hill and Ross, 1998, Amarita et al., 2001). Τα αποτελέσματα αυτά ταυτίζονται με τα αποτελέσματα των Joshi και Sharma (2009), οι οποίοι ανέφεραν ότι η τιτλοδοτημένη οξύτητα αυξήθηκε με την πρόοδο της περιόδου ζύμωσης έως τις 16 ημέρες.

Επίσης σύμφωνα με τον πίνακα 5.4 βλέπουμε πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ λιποπεριεκτικότητας και διατήρησης των τυριών η οποία επηρεάζει το pH τους. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε πως το pH των τυριών με πλήρη λιπαρά αυξάνεται με την πάροδο των 20 ημερών. Στα τυριά 5 ημερών ο μέσος όρος ήταν στο 4,25 ενώ στα τυριά 20 ημερών ήταν 4,30. Αυτά τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με το αποτέλεσμα της μελέτης από τους Hough et al. (1999), η οποία ανέφερε ακανόνιστες μεταβολές στο pH του τυριού Ricotta κατά την αποθήκευση σε διάφορες θερμοκρασίες. Ο λόγος για αύξηση του pH είναι ασαφής, θα μπορούσε να οφείλεται και στην μη-ορατή ανάπτυξη ζυμών που καταναλώνουν το γαλακτικό οξύ. Ωστόσο η μείωση των τιμών pH που παρατηρούνται κατά την αποθήκευση του τυριού κρέμας είναι μια φυσική διαδικασία που προκαλείται από τη συνεχή παραγωγή γαλακτικού οξέος και άλλων οργανικών οξέων.

Πίνακας 5.3. Αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για τις παραμέτρους (μεταβλητές) της φυσικοχημικής σύστασης των τυριών, εκφρασμένα ως πιθανότητες (P-values). Df: βαθμοί ελευθερίας.

Πηγή παραλλακτικότητας	Df	Πρωτε- ΐνη, %	Υγρασία %	Αλάτι %	Λίπος %	pH	Οξύτητα %
<i>Παράγοντες (Επεμβάσεις)</i>							
A:ομογενοποίηση	1	0,00	0,00	0,15	0,00	0,52	0,23
B:λιποπερ/τα	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C:θερμανση	3	0,00	0,00	0,46	0,00	0,35	0,17
D:διατήρηση	1	0,75	0,92	0,80	0,95	0,91	0,00
<i>Αλληλεπιδράσεις</i>							
AB	1	0,63	0,00	0,05	0,00	0,15	0,32
AC	3	0,00	0,00	0,36	0,00	0,79	0,83
AD	1	0,13	0,98	0,31	0,51	0,87	0,92
BC	3	0,74	0,41	0,73	0,41	0,94	0,86
BD	1	0,78	0,68	0,71	0,28	0,01	0,32
CD	3	0,94	0,80	0,42	0,47	0,85	0,53

Πίνακας 5.4. Μέσος όρος (mean), τυπικό σφάλμα (SE) και στατιστικά σημαντικές διαφορές (LSD, $P < 0,05$) των παραμέτρων (μεταβλητών) της φυσικοχημικής σύστασης των τυριών. *n*: πλήθος μεταβλητών. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα (επέμβασης).

Μεταβλητές ανά παράγοντα (επέμβαση)	N	Πρωτεΐνη	Υγρασία	Αλάτι	Λίπος	pH	Οξύτητα
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ	96	11,57	72,52	1,36	12,17	4,26	0,59
Ομογενοποίηση							
1 (+)	48	10,97 ^a	74,14 ^b	1,37 ^a	11,4 ^a	4,269 ^a	0,58 ^a
2 (-)	48	12,18 ^b	70,90 ^a	1,34 ^a	12,94 ^b	4,260 ^a	0,59 ^a
SE		0,07	0,12	0,01	0,83	0,009	0,007
LSD		0,205	0,363	0,044	0,236	0,027	0,022
Λιποπερ/τα							
1 (πλήρη)	48	10,31 ^a	71,96 ^a	1,26 ^a	13,95 ^b	4,28 ^b	0,56 ^a
2 (μειωμένα)	48	12,84 ^b	73,08 ^b	1,45 ^b	10,39 ^a	4,24 ^a	0,61 ^b
SE		0,07	0,12	0,01	0,08	0,009	0,007
LSD		0,205	0,363	0,044	0,236	0,027	0,022
Θερμική επεξ/σία							
2 (73°C/16s)	24	11,84 ^b	71,40 ^a	1,36 ^a	12,92 ^c	4,26 ^a	0,61 ^b
4 (85°C/16s)	24	11,62 ^{ab}	72,29 ^b	1,35 ^a	12,51 ^b	4,24 ^a	0,58 ^{ab}
5 (100°C/16s)	24	11,36 ^a	73,28 ^c	1,33 ^a	11,79 ^a	4,25 ^a	0,58 ^{ab}
6 (90°C/5min)	24	11,46 ^a	73,11 ^c	1,38 ^a	11,47 ^a	4,28 ^a	0,58 ^a
SE		0,10	0,18	0,02	0,11	0,01	0,01
LSD		0,290		0,063	0,333	0,039	0,031
Διατήρηση							
5	48	11,56 ^a	72,51 ^a	1,36 ^a	12,17 ^a	4,26 ^a	0,57 ^a
20	48	11,59 ^a	72,53 ^a	1,35 ^a	12,17 ^a	4,26 ^a	0,61 ^b
SE		0,07	0,12	0,01	0,08	0,009	0,007
LSD		0,205	0,363	0,044	0,236	0,027	0,022
Ομογ/ση × λιπ/τα							

1,1	24	9,72	74,08	1,30	12,78	4,28	0,55
1,2	24	12,21	74,21	1,44	10,01	4,25	0,61
2,1	24	10,89	69,84	1,23	15,11	4,29	0,57
2,2	24	13,47	71,95	1,45	10,78	4,22	0,61
SE		0,10	0,18	0,02	0,11	0,01	0,01
Ομογ/ση × θέρμανση							
1,2	12	11,04	73,40	1,37	11,93	4,28	0,61
1,4	12	10,88	74,28	1,34	11,54	4,25	0,57
1,5	12	10,72	75,06	1,35	10,93	4,26	0,58
1,6	12	11,21	73,82	1,42	11,18	4,27	0,57
2,2	12	12,64	69,39	1,36	13,90	4,25	0,61
2,4	12	12,37	70,30	1,36	13,48	4,24	0,60
2,5	12	12,01	71,50	1,31	12,65	4,25	0,58
2,6	12	11,71	72,40	1,33	11,76	4,28	0,59
SE		0,14	0,25	0,03	0,16	0,01	0,01
Ομογ/ση × διατήρηση							
1,5	24	10,87	74,14	1,36	11,35	4,26	0,56
1,20	24	11,06	74,15	1,38	11,44	4,27	0,60
2,5	24	12,24	70,89	1,35	12,98	4,26	0,57
2,20	24	12,12	70,91	1,33	12,91	4,26	0,61
SE		0,10	0,18	0,02	0,11	0,01	0,01
Λιποπερ/τητα × θέρμανση							
1,2	12	10,59	70,72	1,28	14,79	4,29	0,58
1,4	12	10,30	71,80	1,25	14,32	4,27	0,56
1,5	12	10,18	72,55	1,25	13,60	4,27	0,56
1,6	12	10,15	72,77	1,28	13,07	4,30	0,55
2,2	12	13,10	72,07	1,44	11,04	4,23	0,64
2,4	12	12,95	72,78	1,46	10,70	4,22	0,61
2,5	12	12,55	74,01	1,41	9,975	4,24	0,60
2,6	12	12,78	73,45	1,48	9,864	4,26	0,61
SE		0,14	0,25	0,03	0,16	0,01	0,01

Λιποπερ/τητα × διατήρηση							
1,5	24	10,28	71,99	1,26	13,88	4,26	0,55
1,20	24	10,34	71,93	1,27	14,01	4,30	0,58
2,5	24	12,84	73,03	1,45	10,45	4,25	0,59
2,20	24	12,84	73,12	1,44	10,33	4,22	0,64
SE		0,10	0,18	0,02	0,11	0,01	0,01
Θέρμανση × διατήρηση							
2,5	12	11,85	71,38	1,39	12,78	4,26	0,59
2,20	12	11,84	71,41	1,33	13,05	4,27	0,62
4,5	12	11,61	72,14	1,36	12,64	4,24	0,56
4,20	12	11,64	72,44	1,34	12,38	4,25	0,61
5,5	12	11,30	73,34	1,32	11,78	4,26	0,55
5,20	12	11,43	73,22	1,34	11,79	4,25	0,61
6,5	12	11,47	73,18	1,36	11,46	4,29	0,57
6,20	12	11,45	73,04	1,40	11,47	4,27	0,59
SE		0,14	0,25	0,03	0,16	0,01	0,01

5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων στηρίζεται στη συμπίεση του δείγματος του τυριού με ένα έμβολο, σε δύο κύκλους (bites).

Η δύναμη που ασκείται από το έμβολο στο δείγμα προκαλεί το τυπικό διάγραμμα συμπίεσης (compression curve) της Εικόνας 4.3. Οι συνθήκες κατά την ανάλυση ήταν: θερμοκρασία δείγματος ~20°C, ταχύτητα κεφαλής 25mm/min, διάμετρος εμβόλου 6x6mm. Ο υπολογισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών του δείγματος έγινε με βάση την ανάλυση του διαγράμματος ως εξής.

1. **Σκληρότητα Hardness (H)** (η μέγιστη κορυφή κατά την πρώτη συμπίεση του δείγματος) (N)

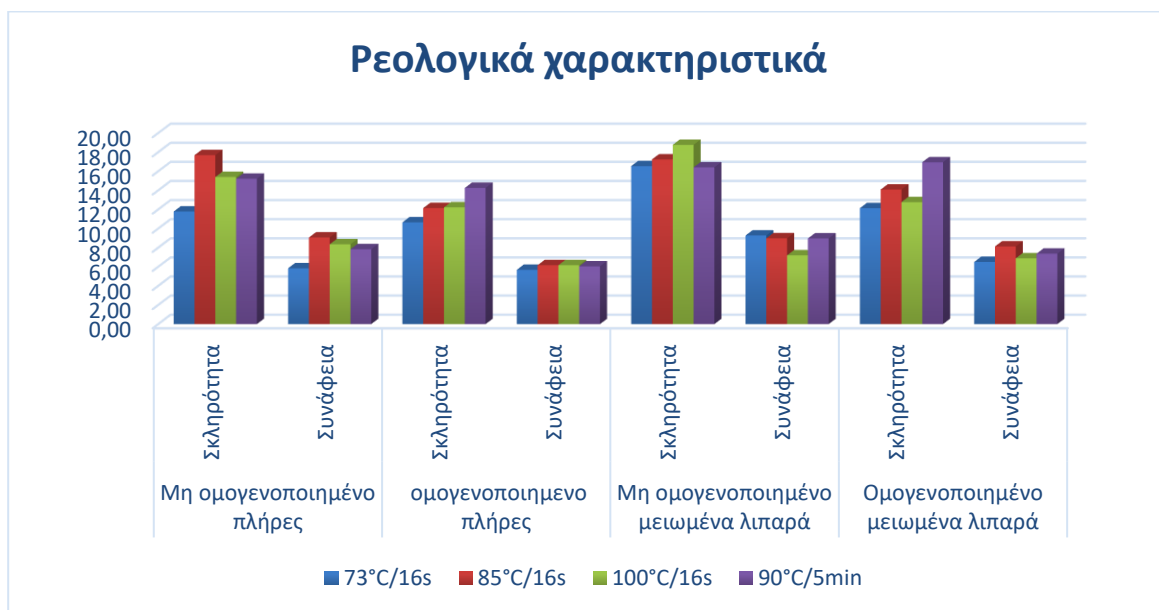
2. **Συνάφεια ή Προσκολλησιμότητα Adhesiveness (A₃)** (το εμβαδόν της πρώτης αποσυμπίεσης) (N·mm)

3. **Ελαστικότητα Elasticity (L₂/L₁)**

4. **Συνεκτικότητα Cohesiveness A₂/A₁** (ο λόγος του εμβαδού της δεύτερης συμπίεσης προς το εμβαδόν της πρώτης συμπίεσης)

5. **Πολτοποιητικότητα ή Κομμιόδους Gumminess = [H·(A₂/A₁)]** (το γινόμενο της σκληρότητας επί τη συνεκτικότητα) (N)

6. **Μασητικότητα Chewiness = H·(A₂/A₁)·(L₂/L₁)** (το γινόμενο του κομμιόδους επί την ελαστικότητα) (N).



Εικόνα 5.4 Σκληρότητα και συνάφεια των τυριών 5 ημερών

Στο πίνακα 5.5 φαίνεται ότι η σκληρότητα επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από όλες τις πειραματικές επεμβάσεις εκτός από την διατήρηση. Επίσης επηρεάστηκαν το κομμιώδες και η μασητικότητα επειδή συνδέονται με τη σκληρότητα. Επιπλέον, στατιστικά σημαντική ήταν η επίδραση της μείωσης της λιποπεριεκτικότητας στην συνάφεια και την συνεκτικότητα των τυριών οι οποίες επηρεάστηκαν επίσης, από την ομογενοποίηση και την θερμική επεξεργασία αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.6 τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα ήταν στατιστικά σημαντικά πιο μαλακά με χαμηλότερο κομμιώδες και μασητικότητα. Το ίδιο παρατηρήθηκε για τα τυριά με πλήρη λιποπεριεκτικότητα σε σχέση με τα μειωμένης λιποπεριεκτικότητας. Η ομογενοποίηση του λίπους έχει σαν αποτέλεσμα να ενσωματώνονται οι πρωτεΐνες (ορού και κυρίως οι καζεΐνες) στη νέα μεμβράνη των λιποσφαιρίων (Tomas et al., 1994, Cho et al., 1999, Sodini et al., 2004). Μετά την ομογενοποίηση η συγκέντρωση πρωτεΐνης αυξάνεται σημαντικά στη μεμβράνη των νέων λιποσφαιρίων (Walstra et al., 1999, Schulz-Collins and Senge, 2004) τα οποία ενσωματώνονται στο όξινο πήγμα (Lucey et al., 1998, Cho et al., 1999, Lee and Sherbon, 2002). Αυτά τα νέα λιποσφαίρια αυξάνουν τον αριθμό των αλληλεπιδράσεων που υπάρχουν στη δομή του τυριού κρέμα. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση τόσο του ομογενοποιημένου λίπους όσο και των ολικών στερεών σε τυρί κρέμα με πλήρη λιπαρά είναι πιθανόν υπεύθυνη για το μεγαλύτερο βαθμό συνεκτικότητας σε σύγκριση με τα τυριά Neufchatel και τυριά με χαμηλά λιπαρά (Kealy, 2006), παρόλο που το τυρί με πλήρη λιπαρά έχει λιγότερες πρωτεΐνες.

Επίσης στατιστικά σημαντικά υψηλότερη ήταν η συνάφεια στα τυριά που δεν είχαν υποστεί ομογενοποίηση και η λιποπεριεκτικότητα τους ήταν μειωμένη. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η ασυνεχής θερμική επεξεργασία αύξησε και αυτή στατιστικά σημαντικά την συνάφεια σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμικές επεξεργασίες, ιδιαίτερα της παστερίωσης. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, τα τυριά που παράγονται από μη ομογενοποιημένο γάλα, και έχουν μειωμένη λιποπεριεκτικότητα έχουν την τάση να αυξάνουν την πρωτεϊνοπεριεκτικότητά τους και συνεπώς παρουσιάζουν αυξημένες τιμές συνάφειας και σταθερότητας (Bryant et al., 1995, Ustunol et al., 1995, Guinee and McSweeney, 2003).

Στην περίπτωση της, σκληρότητας στατιστικά σημαντική χαρακτηρίστηκε η αλληλεπίδραση της ομογενοποίησης με τη θερμική επεξεργασία η οποία, όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.6, αφορά στην ομογενοποίηση. Στα ομογενοποιημένα τυριά, συγκεκριμένα φαίνεται ότι ο συνδυασμός της ομογενοποίησης με την υψηλή ασυνεχή θερμική επεξεργασία 6

σκληραίνει το πήγμα των τυριών. Όπως αναφέραμε, η ομογενοποίηση αυξάνει την συγκέντρωση της πρωτεΐνης σημαντικά (Walstra et al., 1999, Schulz-Collins and Senge, 2004). Συνεπώς η αυξημένη σκληρότητα οφείλεται ίσως στο αυξημένο ποσοστό ενσωμάτωσης των πρωτεϊνών του ορού στην καζεϊνική μήτρα. Με την αυξημένη θερμική επεξεργασία του γάλακτος (>80 °C) η λακτογλοβουλίνη με την κ-καζεΐνη δημιουργούν σύμπλοκα (Kaminarides et al., 2015, Skordombeki et al., 2015) που αυξάνουν την πυκνότητα της καζεϊνικής μήτρας και έτσι η δομή γίνεται πιο ισχυρή και σταθερή και το τυρί πιο «σκληρό» (Gunasekaran ,et al., 2003).

Πίνακας 5.5. Αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για τις παραμέτρους (μεταβλητές) των ρεολογικών χαρακτηριστικών των τυριών, εκφρασμένα ως πιθανότητες (P-values). Df: βαθμοί ελευθερίας.

Πηγή παραλλακτικότητας	Df	Σκληρότητα	Σνάφεια	Ελαστικότητα	Συνεκτικότητα	Κομμιώδες	Μασητικότητα
<i>Παράγοντες (Επεμβάσεις)</i>							
A:ομογενοποίηση	1	0,00	0,00	0,28	0,22	0,00	0,00
B:λιποπερ/τα	1	0,00	0,00	0,38	0,04	0,00	0,00
C:θερμική επεξεργασία	3	0,03	0,13	0,10	0,03	0,17	0,04
D:διατήρηση	1	0,55	0,47	0,93	0,05	0,65	0,65
<i>Αλληλεπιδράσεις</i>							
AB	1	0,14	0,55	0,37	0,46	0,07	0,19
AC	3	0,00	0,85	0,28	0,07	0,31	0,12
AD	1	0,57	0,59	0,09	0,48	0,83	0,37
BC	3	0,68	0,82	0,84	0,87	0,79	0,74
BD	1	0,61	0,87	0,05	0,48	0,99	0,44
CD	3	0,14	0,91	0,23	0,83	0,20	0,09

Πίνακας 5.6. Μέσος όρος (mean), τυπικό σφάλμα (SE) και στατιστικά σημαντικές διαφορές (LSD, $P < 0,05$) των παραμέτρων (μεταβλητών) των ρεολογικών χαρακτηριστικών των τυριών. *n*: πλήθος μεταβλητών. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα (επέμβασης).

Μεταβλητές ανά παράγοντα (επέμβαση)		Σκληρό- τητα	Συνάφεια	Ελαστικό- τητα	Συνεκτι- κότητα	Κομμιώ- δες	Μασητι- κότητα
	<i>n</i>						
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ	96	14,79	7,28	1,01	0,50	7,43	7,56
Ομογενοποίηση							
1	48	13,16 ^a	6,40 ^a	1,02 ^a	0,5	6,52 ^a	6,70 ^a
2	48	16,41 ^b	8,15 ^b	1,00 ^a	0,51	8,34 ^b	8,42 ^b
SE		0,34	0,24	0,009	0,007	0,17	0,19
LSD		0,984	0,69	0,026	0,02	0,495	0,536
Λιποπερ/τητα							
1	48	13,69 ^a	6,80 ^a	1,01 ^a	0,51 ^b	7,01 ^a	7,11 ^a
2	48	15,88 ^b	7,76 ^b	1,02 ^a	0,49 ^a	7,84 ^b	8,01 ^b
SE		0,34	0,24	0,008	0,007	0,17	0,19
LSD		0,984	0,69	0,026	0,02	0,495	0,536
Θερμική επεξεργασία							
2 (73°C/16s)	24	13,84 ^a	6,66 ^a	0,99 ^a	0,50 ^{ab}	6,95 ^a	6,90 ^a
4 (85°C/16s)	24	14,86 ^{ab}	7,81 ^b	1,03 ^b	0,51 ^a	7,55 ^a	7,84 ^b
5 (100°C/16s)	24	14,53 ^{ab}	7,24 ^{ab}	1,01 ^{ab}	0,52 ^a	7,57 ^a	7,67 ^b
6 (90°C/5min)	24	15,91 ^b	7,41 ^{ab}	1,02 ^b	0,48 ^b	7,64 ^a	7,83 ^b
SE		0,49	0,34	0,01	0,01	0,24	0,26
LSD		1,39	0,97	0,037	0,02	0,7	0,758
Διατήρηση							
5	48	14,64 ^a	7,41	1,01 ^a	0,52	7,48 ^a	7,62 ^a
20	48	14,93 ^a	7,15	1,01 ^a	0,50	7,37 ^a	7,50 ^a
SE		0,34	0,24	0,009	0,07	0,17	0,19
LSD		0,984	0,69	0,026	0,02	0,495	0,536

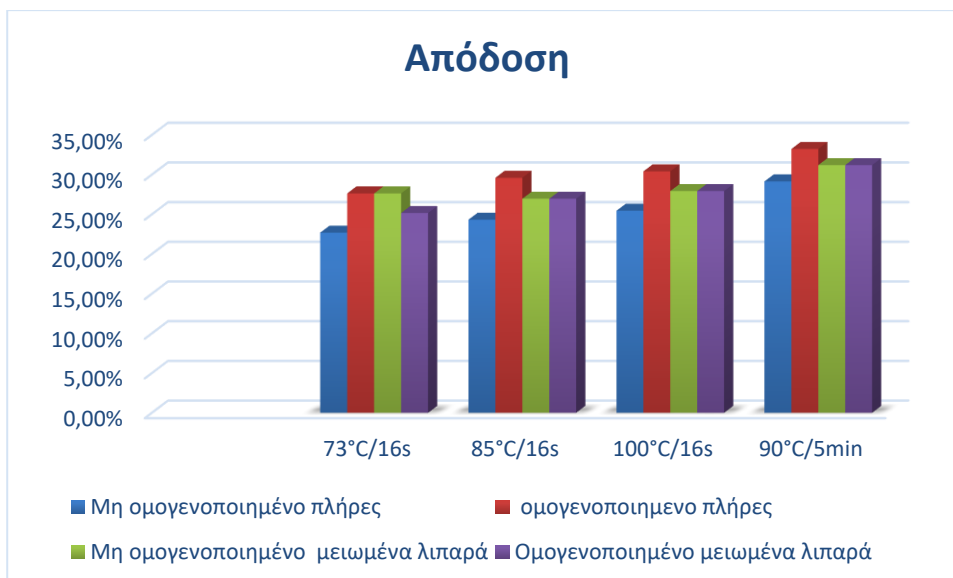
Ομογ/ση × λιπ/τα							
1,1	24	12,43	5,82	1,01	0,51	6,33	6,42
1,2	24	13,89	6,99	1,03	0,48	6,71	6,97
2,1	24	14,96	7,78	1,00	0,51	7,70	7,79
2,2	24	17,87	8,53	1,00	0,50	8,97	9,05
SE		0,49	0,34	0,01	0,01	0,24	0,26
Ομογ/ση × θέρμανση							
1,2	12	11,61	5,86	0,98	0,51	5,91	5,85
1,4	12	12,77	6,95	1,03	0,51	6,54	6,81
1,5	12	12,47	6,11	1,01	0,52	6,49	6,60
1,6	12	15,79	6,70	1,05	0,45	7,14	7,53
2,2	12	16,08	7,46	0,99	0,50	7,99	7,95
2,4	12	16,96	8,67	1,03	0,50	8,55	8,87
2,5	12	16,59	8,36	1,01	0,52	8,66	8,74
2,6	12	16,03	8,12	0,99	0,51	8,14	8,13
SE		0,69	0,49	0,01	0,01	0,35	0,38
Ομογ/ση × διατήρηση							
1,5	24	13,15	6,62	1,01	0,50	6,55	6,64
1,20	24	13,17	6,19	1,03	0,49	6,49	6,76
2,5	24	16,13	8,19	1,02	0,52	8,42	8,60
2,20	24	16,70	8,12	0,99	0,49	8,25	8,24
SE		0,49	0,34	0,01	0,01	0,24	0,26
Λιποπερ/τητα × θέρμανση							
1,2	12	12,24	6,01	0,98	0,52	6,33	6,22
1,4	12	14,02	7,48	1,02	0,52	7,25	7,48
1,5	12	13,63	6,94	1,01	0,53	7,25	7,39
1,6	12	14,88	6,77	1,02	0,48	7,22	7,35
2,2	12	15,45	7,30	1,0	0,49	7,57	7,58
2,4	12	15,71	8,15	1,04	0,50	7,84	8,20
2,5	12	15,43	7,53	1,01	0,51	7,90	7,95
2,6	12	16,94	8,05	1,03	0,47	8,06	8,31

SE		0,69	0,49	0,01	0,01	0,35	0,38
Λιποπερ/τητα × διατήρηση							
1,5	24	13,67	6,90	1,02	0,52	7,07	7,27
1,20	24	13,71	6,70	0,99	0,51	6,96	6,94
2,5	24	15,61	7,91	1,00	0,50	7,90	7,97
2,20	24	16,16	7,60	1,03	0,48	7,78	8,05
SE		0,49	0,34	0,01	0,01	0,24	0,26
Θέρμανση × διατήρηση							
2,5	12	12,78	6,83	0,99	0,52	6,61	6,57
2,20	12	14,91	6,49	0,98	0,49	7,29	7,22
4,5	12	15,28	8,08	1,05	0,52	7,93	8,41
4,20	12	14,44	7,54	1,01	0,49	7,16	7,27
5,5	12	14,79	7,15	1,01	0,53	7,77	7,85
5,20	12	14,26	7,31	1,01	0,51	7,38	7,48
6,5	12	15,70	7,56	1,00	0,48	7,63	7,64
6,20	12	16,12	7,26	1,05	0,47	7,65	8,02
SE		0,69	0,49	0,01	0,01	0,35	0,38

5.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΤΥΡΙ

Στους πίνακες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης σχετικά με τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την υγρασία και το αλάτι των τυριών εφαρμόζοντας τις μεθόδους αναφοράς. Η ανάλυση παραλλακτικότητας κατέληξε ουσιαστικά στα ίδια συμπεράσματα για αυτές τις παραμέτρους, τα οποία συζητήθηκαν προηγουμένως σχετικά με τους πίνακες 5.3 και 5.4.

Η απόδοση σε τυρί υπολογισμένη ως προς το βάρος του γάλακτος επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από όλες τις επεμβάσεις που έγιναν κατά τις τυροκομήσεις (Πίνακας 5.7). Συγκεκριμένα όπως αναμενόταν η μείωση του λίπους του γάλακτος μείωσε στατιστικά σημαντικά και την απόδοση σε τυρί (Πίνακας 5.8). Οι Rudan et al. (1999) ανέφεραν ότι η απόδοση σε τυρί *Mozzarella* με λιποπεριεκτικότητα 5% ήταν κατά 30% χαμηλότερη από την απόδοση του ίδιου τυριού με λιποπεριεκτικότητα 25%. Η ομογενοποίηση του γάλακτος αύξησε στατιστικά σημαντικά την απόδοση σε τυρί κατά μέσο όρο 12%. Οι Madadlou et al. (2007) σε μελέτη τους παρατήρησαν πως η ομογενοποίηση επηρεάζοντας το λίπος, τις πρωτεΐνες και την υγρασία ενός λευκού τυριού με χαμηλά λιπαρά αύξησε και την απόδοση του σε σχέση με το μη ομογενοποιημένο. Το ίδιο παρατηρήθηκε και σε τυρί Cheddar στο οποίο η ομογενοποίηση βελτίωσε την υφή, αύξησε τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών και του λίπους και συνεπώς και την απόδοση του (Nair et al., 1999). Κάθε μια από τις θερμικές επεξεργασίες που εφαρμόστηκαν προκαλούσε επιπλέον στατιστικά σημαντική αύξηση της απόδοσης σε τυρί (Πίνακας 5.8). Θεωρώντας την κλασική παστερίωση (επεξεργασία 2) ως βάση, οι επεξεργασίες 4, 5 και 6 αύξησαν την απόδοση κατά μέσο όρο κατά 8%, 13% και 30% αντίστοιχα. Οι Frau et al. (2014) παρατήρησαν ότι η θερμική επεξεργασία του γάλακτος πάνω από τους 65°C προκαλεί μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού και συνεπώς την αυξάνει την υγρασία και κατ'επέκταση την απόδοση αίγειου αλειφόμενου τυριού.



Εικόνα 5.5 Απόδοση τυριών

Πίνακας 5.7. Αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA), εκφρασμένα ως πιθανότητες (P-values) για την απόδοση σε τυρί (βάρος τυριού/βάρος γάλακτος), και την υγρασία(%) και αλάτι (%) των τυριών προσδιορισμένα με τη μέθοδο αναφοράς. Df: βαθμοί ελευθερίας

Πηγή παραλλακτικότητας	Df	Απόδοση	Υγρασία	Αλάτι
<i>Παράγοντες (Επεμβάσεις)</i>				
A:ομογενοποίηση	1	0,00	0,00	0,18
B:λιποπερ/τα	1	0,00	0,00	0,40
C:θερμανση	3	0,00	0,00	0,98
<i>Αλληλεπιδράσεις</i>				
AB	1	0,11	0,03	0,83
AC	3	0,12	0,00	0,42
BC	3	0,05	0,25	0,62

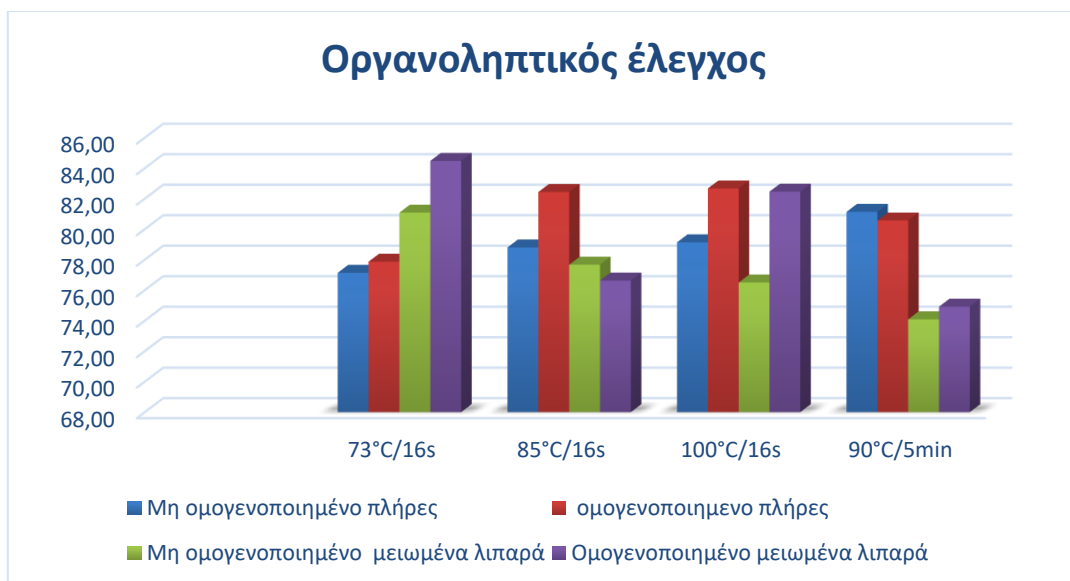
Πίνακας 5.8. Μέσος όρος (mean), τυπικό σφάλμα (SE) και στατιστικά σημαντικές διαφορές (LSD, $P < 0,05$ για την απόδοση σε τυρί (βάρος τυριού/βάρος γάλακτος), και την υγρασία(%) και αλάτι (%) των τυριών προσδιορισμένα με τη μέθοδο αναφοράς. *n*: πλήθος μεταβλητών. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0.05$) μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα (επέμβασης).

Μεταβλητές ανά παράγοντα (επέμβαση)		Απόδοση	Υγρασία	Αλάτι
	<i>n</i>	Μέσος	Μέσος	Μέσος
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ	48	0,26	72,17	1,61
Ομογενοποίηση				
1	24	0,27 ^b	73,5 ^b	1,57 ^a
2	24	0,24 ^a	70,85 ^a	1,66 ^a
SE		0,003	0,18	0,04
LSD		0,008	0,526	0,139
Λιποπερ/τητα				
1	24	0,28 ^b	71,24 ^a	1,64 ^a
2	24	0,24 ^a	73,10 ^b	1,58 ^a
SE		0,003	0,18	0,04
LSD		0,008	0,526	0,139
Θερμική επεξεργασία				
2 (73°C/16s)	12	0,23 ^a	71,27 ^a	1,59 ^a
4 (85°C/16s)	12	0,25 ^b	72,40 ^b	1,61 ^a
5 (100°C/16s)	12	0,26 ^c	72,40 ^b	1,62 ^a
6 (90°C/5min)	12	0,30 ^d	72,62 ^b	1,63 ^a
SE		0,004	0,25	0,06
LSD		0,012	0,744	0,197
Ομογ/ση × λιπ/τα				
1,1	12	0,30	72,85	1,59
1,2	12	0,25	74,14	1,54
2,1	12	0,26	69,64	1,69
2,2	12	0,23	72,07	1,62

SE		0,004	0,25	0,06
Ομογ/ση × θέρμανση				
1,2	6	0,25	72,94	1,47
1,4	6	0,26	74,16	1,56
1,5	6	0,28	73,76	1,57
1,6	6	0,30	73,11	1,67
2,2	6	0,21	69,60	1,71
2,4	6	0,23	70,64	1,65
2,5	6	0,24	71,03	1,68
2,6	6	0,29	72,13	1,59
SE		0,006	0,25	0,09
Λιποπερ/τητα × θέρμανση				
1,2	6	0,25	70,23	1,61
1,4	6	0,26	71,08	1,57
1,5	6	0,27	71,73	1,71
1,6	6	0,33	71,93	1,67
2,2	6	0,21	72,31	1,57
2,4	6	0,23	73,72	1,65
2,5	6	0,24	73,07	1,54
2,6	6	0,26	73,32	1,58
SE		0,06	0,36	0,09

5.4 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, οι βαθμολογίες για τις παραμέτρους «εμφάνιση-χρώμα», «υφή-δομή» και «γεύση-άρωμα» πολλαπλασιάστηκαν με τους συντελεστές 1, 4 και 5 αντίστοιχα, σύμφωνα με τους Zoidou et al. (2015). Από τον πίνακα 5.9 προκύπτει ότι κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση εντοπίστηκε μια μόνο στατιστικά σημαντική επίδραση και αυτή αφορούσε στην επίδραση της λιποπεριεκτικότητας στην εμφάνιση-χρώμα των τυριών. Συγκεκριμένα τα τυριά μειωμένων λιπαρών βαθμολογήθηκαν υψηλότερα ως προς αυτή την ιδιότητα.



Εικόνα 5.6 Συνολική βαθμολογία οργανοληπτικού ελέγχου

Πίνακας 5.9. Αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για τις παραμέτρους (μεταβλητές) του οργανοληπτικού ελέγχου των τυριών, εκφρασμένα ως πιθανότητες (P-values). Df: βαθμοί ελευθερίας

Πηγή παραλλακτικότητας	Df	Εμφάνιση/Χρώμα	Υφή-Δομή	Γεύση-Οσμή	Συνολική βαθμολογία
<i>Παράγοντες (Επεμβάσεις)</i>					
A:ομογενοποίηση	1	0,59	0,63	0,74	0,90
B:λιποπερ/τα	1	0,00	0,71	0,34	0,40
C:θερμανση	3	0,91	0,94	0,36	0,76
<i>Αλληλεπιδράσεις</i>					
AB	3	0,57	0,24	0,44	0,62
AC	3	0,88	0,98	0,77	0,99
BC	38	0,18	0,95	0,90	0,98

Πίνακας 5.10. Μέσος όρος (mean), τυπικό σφάλμα (SE) και στατιστικά σημαντικές διαφορές (LSD, $P < 0,05$) των παραμέτρων (μεταβλητών) της φυσικοχημικής σύστασης του γάλακτος. *n*: πλήθος μεταβλητών. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα (επέμβασης).

Μεταβλητές ανά παράγοντα (επέμβαση)		Εμφάνιση/Χρώμα	Υφή-Δομή	Γεύση-Οσμή	Συνολική βαθμολογία
	<i>n</i>				
ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ	51	9,01	32,91	39,21	78,16
Ομογενοποίηση					
1	27	9,04 ^a	32,73	39,47 ^a	77,94 ^a
2	24	8,98 ^a	33,08	38,96 ^a	78,37 ^a
SE		0,07	0,50	1,06	2,41
LSD		0,21	1,45	3,02	6,90
Λιποπερ/τητα					
1	27	8,84 ^a	32,78	38,50 ^a	79,60 ^a
2	24	9,18 ^b	33,04	39,93 ^a	76,71 ^a
SE		0,07	0,50	1,06	2,41
LSD		0,21	1,45	3,02	6,9
Θερμική επεξεργασία					
2 (73°C/16s)	15	9,00 ^a	33,0311	37,14 ^a	75,23
4 (85°C/16s)	12	8,95 ^a	32,555	40,00 ^a	79,87
5 (100°C/5min)	12	9,02 ^a	33,1642	39,07 ^a	78,31
6 (90°C/16s)	12	9,06 ^a	32,8967	40,65 ^a	79,22
SE		0,10	0,70	1,46	3,34
LSD		0,29	2,01	4,27	9,50
Ομογ/ση × Λιποπερ/τητα					
1,1	15	8,90	33,03	39,33	80,22
1,2	12	9,18	32,44	39,60	75,66
2,1	12	8,78	32,53	37,67	78,98

2,2	12	9,18	33,63	40,26	77,76
		0,10	0,70	1,46	3,45
Ομογ/ση × Θέρμανση					
1,2	9	9,00	32,81	36,97	74,43
1,4	6	8,98	32,15	41,51	79,36
1,5	6	9,02	33,19	38,44	78,36
1,6	6	9,16	32,78	40,95	79,62
2,2	6	9,01	33,24	37,31	76,03
2,4	6	8,93	32,95	38,49	80,38
2,5	6	9,03	33,13	39,70	78,27
2,6	6	8,96	33,00	40,36	78,82
SE		0,14	0,95	1,99	4,50
Λιποπερ/τητα × θέρμανση					
1,2	9	8,95	32,72	36,74	76,35
1,4	6	8,62	32,66	39,17	80,45
1,5	6	8,97	32,8	39,00	80,77
1,6	6	8,83	32,93	39,08	80,85
2,2	6	9,06	33,33	37,54	74,11
2,4	6	9,29	32,44	40,84	79,29
2,5	6	9,08	33,52	39,13	75,86
2,6	6	9,29	32,86	42,23	77,59
SE		0,14	0,95	1,83-2,15	4,18-4,91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το γάλα μειωμένων λιπαρών είχε μειωμένα ολικά στερεά και αυξημένη πρωτεϊνοπεριεκτικότητα.
- Η ομογενοποίηση αύξησε την οξύτητα του γάλακτος ενώ δεν επηρέασε το pH τους.
- Η ανοιχτού τύπου θερμική επεξεργασία μετουσίωσε πλήρως τη β-λακτογλοβουλίνη και περίπου το 80% της α-λακτοαλβουμίνης, ενώ μετά από την συνεχή επεξεργασία 100°C για 16s μετουσιώθηκε το 80% της β-γαλακτογλοβουλίνης και το 20% της α-γαλακτοαλβουμίνης.
- Η ομογενοποίηση του γάλακτος αύξησε το ποσοστό της υγρασίας των τυριών. Συγκεκριμένα, τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα είχαν κατά μέσο όρο 3,20% υψηλότερη υγρασία σε σχέση με τα μη ομογενοποιημένα.
- Τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα είχαν αυξημένο λίπος και πρωτεΐνη επί ξηρού.
- Η αύξηση της έντασης της θερμικής επεξεργασίας προκάλεσε σημαντική αύξηση της υγρασίας των τυριών. Μεταξύ όμως των επεξεργασιών 90°C/5 min και 100 °C/16 s δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Η ομογενοποίηση αλληλοεπίδρασε με τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος και η αλληλεπίδραση αυτή επηρέασε την υγρασία το %λίπος και την % πρωτεΐνη.
- Η διατήρηση των τυριών στους 4°C για 20 ημέρες αύξησε την οξύτητα τους.
- Τα τυριά από ομογενοποιημένο γάλα ήταν πιο μαλακά με χαμηλότερο κομμώδες και μασητικότητα. Το ίδιο παρατηρήθηκε για τα τυριά με πλήρη λιποπεριεκτικότητα σε σχέση με τα μειωμένης λιποπεριεκτικότητα. Η συνάφεια ήταν αυξημένη στα ομογενοποιημένα τυριά και σε αυτά που είχαν δεχθεί ασυνεχή θερμική επεξεργασία.
- Η μείωση του λίπους του γάλακτος μείωσε και την απόδοση σε τυρί κατά 14%, ενώ η ομογενοποίηση του γάλακτος την αύξησε κατά μέσο όρο 12%.
- Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος προκάλεσε διαφορές στην απόδοση των τυριών που παρασκευάστηκαν. Υψηλότερες αποδόσεις είχαν τα τυριά που παρασκευάστηκαν από γάλα με υψηλότερη θερμική επεξεργασία.
- Γενικά, η οργανοληπτική βαθμολογία των τυριών μειωμένων λιπαρών ήταν υψηλή και επηρεάστηκε θετικά από την ομογενοποίηση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amarita F, Requena T, Taborda G, Amigo L, Pelaez C (2001). *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum* initiate catabolism of methionine by transamination. *J. Appl. Microbiol.* 90: 971–978.
- Anema, S.G., 2001. Kinetics of the irreversible thermal denaturation and disulfide aggregation of α -lactalbumin in milk samples of various concentrations. *Journal of Food Science* 66, 2–9.
- Anema, S.G., 2000. Effect of milk concentration on the irreversible thermal denaturation and disulfide aggregation of β -lactoglobulin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 4168–4175.
- Brans, G., Schroeën, C. G. P. H., van der Sman, R. G. M., & Boom, R. M. (2004). Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*, 243, 263–272.
- Bryant, A., Z. Ustunol, and J. Steffe. 1995. Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J. Food Sci.* 60:1216–1219, 1236.
- Burns, P., F. Patrignani, D. Serrazanetti, G. C. Vinderola, J. A. Reinheimer, R. Lanciotti, and M. E. Guerzoni. 2008. Probiotic Crescenza cheese containing *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* manufactured with high-pressure homogenized milk. *J. Dairy Sci.* 91:500–512.
- Cho, Y. H., J. A. Lucey, and H. Singh. 1999. Rheological properties of acid milk gels as affected by the nature of the fat globule surface material and heat treatment of milk. *Int. Dairy J.* 9:537–545.
- Dairy Processing Handbook, 2nd edn. Tetra Pak Processing Systems AB (1995). Teknotext AB. Lund, Sweden.
- Dorner W., and Widmer, A. 1931. RANCISSEMENT DU LAIT PAR L'HOMOGENÉISATION. *Lait* 11; [545]-564, illus.
- Elliott, A. J., Datta, N., Amenu, B., & Deeth, H. C. (2005). Heat-induced and other chemical changes in commercial UHT milks. *Journal of Dairy Research*, 72, 442–446.
- Escobar, D., Clark, S., Ganesan, V., Repiso, L., Waller, J., & Harte, F. (2011). High-pressure homogenization of raw and pasteurized milk modifies the yield, composition, and texture of queso fresco cheese. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1201–1210.

- Fox, P. F., and McSweeney, P. L. H. (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*, 1st edn. London, UK: Blackie Academic and Professional, pp. 265-291, 317-345, 347-377.
- Fox, P.F. et al., 2000. *Fundamentals of Cheese Science* 1st ed., Gaithersburg: Aspen Publishers Inc.
- Frau, F., Graciela, FontdeValdez., and Nora, Pece. (2014). Effect Pasteurization Temperature, Starter Culture, and Incubation Temperature on the Physicochemical Properties, Yield, Rheology, and Sensory Characteristics of Spreadable Goat Cheese. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Food Processing* Volume 2014. Article ID 705746, 8 pages.
- Zalazar, C. S., Bernal, S., & Zalazar, C. (1998). Quesos reducidos en materia grasa: Revisión del estado actual de conocimientos y tecnologías. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 16, 135–142.
- Guerzoni, M. E., L. Vannini, C. Chaves Lopez, R. Lanciotti, G. Suzzi, and A. Gianotti. 1999. Effect of high pressure homogenization on microbial and chemico-physical characteristics of goat cheeses. *J. Dairy Sci.* 82:851-862.
- Guinee, T. P., & McSweeney, P.L.H. (2006). Significance of milk fat in cheese. In P. F. Fox, ed. *Advanced Dairy Chemistry*. New York: Springer, pp. 377–440.
- Guinee, T. P. (2003). Role of protein in cheese and cheese products. In P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced dairy chemistry*, Vol. 1, proteins, Part B (3rd ed.) (pp. 1083–1174). New York, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Gunasekaran, S., Mehmet, Ak. M. (2003). “Cheese Rheology and Texture”. CRC Press, New York, pp 300, 303 304, 312 313, 399.
- Halloran, C. P., Trout, G. M. 1932. Effect of viscolization on some of the physical properties of milk. *Amer. Dairy Sei. Assoc. Abstracts Proc. Ann. Meeting* 27: 17.
- Harland, H.A., Ashworth, U.S., 1945. The preparation and effect of heat treatment on the whey proteins of milk. *Journal of Dairy Science* 28, 879–886.
- Hill C, Ross P (1998). *Genetic Modification in Food Industry*. Blackie Acad. Professional imprint Thomson Sci. pp. 174-175.
- Hough G, Puglieso ML, Sanchez R, Da Silva OM (1999). Sensory and microbiological shelf-life of a commercial ricotta cheese. *J. Dairy Sci.* 82: 454-459.
- Huppertz, T. (2011). Homogenization of Milk | High-Pressure Homogenizers. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 755–760.

- Jeanson S., Dupont D., Grattard N., Rolet-Repecaud O., 1999. "Characterization of the Heat Treatment Undergone by Milk Using Two Inhibition ELISAs for Quantification of Native and Heat Denatured α -Lactalbumin". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 2249-2254
- ME Johnson, (2016). *Cheese: Low-Fat and Reduced-Fat Cheese* Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI, USA
- Joshi VK, Sharma S (2009). Lactic acid fermentation of Radish for shelf stability and pickling. *Nat. Prod. Rad.* 8: 19-24.
- Kaminarides, S., Ilias Dimopoulos, E., Zoidou, E., Moatsou, G. (2015). The effect of addition of skimmed milk on the characteristics of Myzithra cheeses. *Food Chemistry*, 180, 164-170.
- Kealy, T. 2006. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. *Food Res. Int.* 39:265–276.
- Lanciotti, R., C. Chaves-López, F. Patrignani, A. Paparella, M. E. Guerzoni, A. Serio, and G. Suzzi. 2004. Effects of milk treatment with dynamic high pressure on microbial populations, and lipolytic and proteolytic profiles of Crescenza cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 57:19–25.
- Lanciotti, R., L. Vannini, F. Patrignani, L. Iucci, M. Vallicelli, M. Ndagijimana, and M. Elisabetta Guerzoni. 2006. Effect of high pressure homogenisation of milk on cheese yield and microbiology, lipolysis and proteolysis during ripening of Caciotta cheese. *J. Dairy Res.* 73:216–226.
- Law, A.J.R., Leaver, J., 2000. Effect of pH on the thermal denaturation of whey proteins in milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 672–679.
- Lee, S. J., and J. W. Sherbon. 2002. Chemical changes in bovine milk fat globule membrane caused by heat treatment and homogenization of whole milk. *J. Dairy Res.* 69:555-567.
- Long, J.E., Gould, I.A., van Winkle, Q., 1963. Heat-induced interaction between crude κ -casein and β -lactoglobulin. *Journal of Dairy Science* 46, 1329–1334.
- Lucey, J.A., Singh, H., 1998. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Research International* 30, 529–542.
- Lucey, J.A., Tamehana, M., Singh, H., Munro, P.A., 1998. Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels. *Journal of Dairy Research* 65, 555–567.

- Madadlou Ashkan, Mohammad Ebrahimzadeh Mousavi, Asghar Khosrowshahi asl, Zahra Emam-Djome, Mahtab Zargaran., 2006. Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese *International Dairy Journal* 17 (2007) 547-554
- Meinardi, C. A. Zalazar, E. R. Hynes, and M. C. Candiotti, "Incremento del rendimiento del queso cremoso argentino por tratamiento de la leche a temperaturas y tiempos superiores a los de pasteurización," *Revista Argentina de Lactología*, vol. 22, pp. 45-54, 2003.
- McSweeney, P.L.H., Ottogalli, G. & Fox, P.F., 2004. Diversity of Cheese Varieties : An Overview. In P. F. Fox et al., eds. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. London: Elsevier Ltd, pp. 1-23.
- Morales, F. J., Romero, C., & Jimenez-Perez, S. (2000). Characterization of industrial processed milk by analysis of heat-induced changes. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 193-200.
- Nair M.G., Mistry V.V., Oommen B.S., Yield and functionality of Cheddar cheese as influenced by homogenization of cream, *J. Dairy Sci.* 82 (1999) (Suppl. 1) 18 (abstr.).
- Perveen Kahkashan Alabdulkarim Badriah and Arzoo Shaista., 2011. Effect of temperature on shelf life, chemical and microbial properties of cream cheese, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(74), pp. 16929-16936.
- Rowland, S. J. 1933. The heat denaturation of albumin and globulin in milk. *J. Dairy Res.* 5:46.
- Ruegg M, Moor U, Blanc B. 1977. Calorimetric study of thermal-denaturation of whey proteins in simulated milk ultrafiltrate. *J Dairy Res* 44(3):509-20.
- Rudan, M. A., Barbano, D. M., Yun, J. J., & Kindstedt, P. S. (1999). Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 82, 661-672.
- Rynne Nuala M., Beresford T P, Kelly A,L, . Guinea T P,,. Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese., *International Dairy Journal* 14 (2004) 989-1001.
- Rysstad, G., and Kolstad, J. (2006). Extended shelf life milk-advances in technology. *International Journal of Dairy Technology*, 85-96.

- Sakkas, L., Moutafi, A., Moschopoulou, E., & Moatsou, G. (2014). Assessment of heat treatment of various types of milk. *Food Chemistry*, 159, 293–301. doi:10.1016/j.foodchem.2014.03.020.
- Sawyer, W.H., Coulter, S.T., Jenness, R., 1963. Role of sulfhydryl groups in the interaction of k-casein and b-lactoglobulin. *Journal of Dairy Science* 46, 564–565.
- Schulz-Collins, D., and B. Senge. 2004. Acid and acid/rennet-curd cheeses. Part A: Quark, cream cheese and related varieties. Pages 301 -328 in *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2: Major Cheese Groups. 3rd ed. Elsevier Science & Technology, London,UK.
- Singh H, Waungana A,. Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *International Dairy Journal* 11 (2001) 543-551
- Skordobeki Anastasia, Zoidou Evangelia, Moatsou Golfo and Kaminarides Stelios. (2015). Physicochemical characteristics of a new reduced-fat mold ripened cheese from goat milk. 7thIDF International Symposium on sheep, goat and other non-cow milk, Limassol, Cyprus, 23-25 March.
- Sodini, I., F. Remeuf, S. Haddad, and G. Corrieu. 2004. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44:113-137.
- Tomas, A., D. Paquet, J.-L. Courthaudon, and D. Lorient. 1994. Effect of fat and protein contents on droplet size and surface protein coverage in dairy emulsions. *J. Dairy Sci.* 77:413-417.
- Ulberth, F. (2003). Testing the authenticity of milk and milk products. In *Dairy Processing: Improving quality*. Smit, G., ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, pp. 208-223.
- Ustunol, Z., K. Kawachi, and J. Steffe. 1995. Rheological properties of Cheddar cheese as influenced by fat reduction and ripening time. *J. Food Sci.* 60:1208-1210.
- Vannini, L., F. Patrignani, L. Iucci, M. Ndagijimana, M. Vallicelli, R. Lanciotti, and M. E. Guerzoni. 2008. Effect of a pre-treatment of milk with high pressure homogenization on yield as well as on microbiological, lipolytic and proteolytic patterns of “Pecorino” cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 128:329-335.
- Villamiel, M., Lopez-Fandino, R., Corzo, N., & Olano, A. (1997). Denaturation of lactoglobulin and native enzymes in the plate exchanger and holding tube section during continuous flow pasteurization of milk. *Food Chemistry*, 58, 49-52.

- Walstra, P., Wouters, J.T.M. & Geurts, T.J., 2006. *Dairy Science and Technology* 2nd ed., Boca Raton: CRC Press.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., 1999. *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker, New York.
- Zamora A., Ferragut V., Jaramillo P.D., Guamis B., Trujillo A.J., Effects of ultrahigh pressure homogenization on the cheese-making properties of milk, *J. Dairy Sci.* 90 (2007) 13–23.
- Zittle, C.A., Custer, J.H., Cerbulis, J., Thompson, M.P., 1962. k-Casein–b-lactoglobulin interaction in solution when heated. *Journal of Dairy Science* 45, 807–810.
- Ανώνυμος, 2009. *Κώδικας Τροφίμων και Ποτών*, Αθήνα: Ανώτατο Χημικό Συμβούλιο.
- Καμιναρίδης, Σ. & Μοάτσου, Γ., 2009. *Γαλακτοκομία* 1st ed., Αθήνα: Έμβρυο
- Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης
- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1662/2006 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 6ης Νοεμβρίου 2006 για τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής.
- Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1924/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 20 Δεκεμβρίου 2006 σχετικά με τους ισχυρισμούς διατροφής και υγείας που διατυπώνονται στα τρόφιμα. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 30.12.2006, L404, 9-25.
- Κουκλίδης Δ (2017). Μεταπτυχιακή μελέτη. Επίδραση των συνθηκών αλατίσματος και ωρίμασης στα χαρακτηριστικά ημισκληρού τυριού με μειωμένα λιπαρά,. ΔΠΜΣ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μάντης, Α. (2015): Υγιεινή και Τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του. (Εκδόσεις Κυριακίδη).