ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ

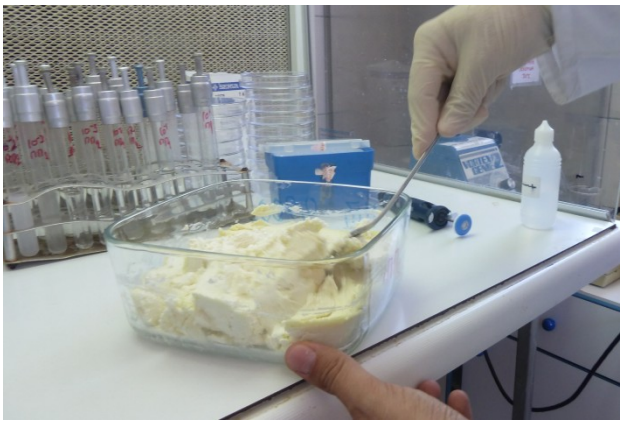
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ, ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΑΙΓΕΙΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ Τ. ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ,
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ Γ.Π.Α.



ΑΘΗΝΑ 2014

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ, ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΑΙΓΕΙΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ Τ. ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ,
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ Γ.Π.Α.

ΑΘΗΝΑ 2014

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ, ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΑΙΓΕΙΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ Τ. ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ,
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑΣ Γ.Π.Α.

- ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
- Καμιναρίδης Στέλιος. Καθηγητής Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
- Μασούρας Θεοφύλακτος, Α΄μέλος τριμελούς: Επίκουρος Καθηγητής Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
- Χαρισμιάδου Μαρία, Β΄μέλος τριμελούς: Επίκουρη Καθηγήτρια Εργαστηρίου Γενικής και Ειδικής Ζωοτεχνίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρασκευάστηκαν δυο τύποι μαλακών τυριών από αίγειο γάλα. Το πρώτο τυρί παρασκευάστηκε από πλήρες παστεριωμένο γάλα ενώ το δεύτερο από γάλα υψηλής παστερίωσης με μειωμένα λιπαρά και χρήση του μύκητα *Penicillium candidum*. Η μελέτη επικεντρώθηκε στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ενώ ο πρώτος τύπος τυριού, από πλήρες γάλα, αποτέλεσε τον μάρτυρα. Μελετήθηκαν η μικροβιακή χλωρίδα, τα αρωματικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αυτών των δυο μαλακών τυριών.

Η ολική μεσόφιλη μικροβιακή χλωρίδα κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των δύο τύπων τυριών κυμάνθηκε από 10^7 έως 10^9 / g τυριού. Η μέγιστη τιμή της παρατηρήθηκε την επομένη της παρασκευής των τυριών. Οι ζύμες και οι μύκητες κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των δύο τύπων τυριών κυμάνθηκαν από 10^6 έως 10^7 / g τυριού. Κολοβακτηρίδια δεν βρέθηκαν σε κανένα από τους δύο τύπους τυρίων.

Οι ρεολογικές δοκιμές που έγιναν στα τυριά δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) στη σκληρότητα και στη συνεκτικότητα, ενώ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) στη συνάφεια μεταξύ τυρομάζας και τυριών 14 ημερών με υψηλότερες τιμές στα τυριά 14 ημερών με αποτέλεσμα την αλειφώδη υφή τους.

Οι κύριες αρωματικές ομάδες που βρέθηκαν και στους δύο τύπους τυριών, ήταν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, οι κετόνες, οι εστέρες και οι αλκοόλες. Οι ουσίες με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση που βρέθηκαν και στα δύο τυριά ήταν το καπροϊκό οξύ, το καπρυλικό οξύ και το καπρικό οξύ. Το τυρί με τα πλήρη λιπαρά είχε γενικά πιο πλούσιο αρωματικό προφίλ από αυτό του τυριού με τα μειωμένα λιπαρά. Η οργανοληπτική εξέταση των τυριών ηλικίας 14 ημερών έδειξε υψηλή βαθμολογία και για τα δύο τυριά, τα οποία είχαν μαλακή υφή, καλή ικανότητα επάλειψης και πλούσιο άρωμα.

Λέξεις κλειδιά: αίγειο τυρί, μειωμένα λιπαρά, *Penicillium candidum*, αρωματικά χαρακτηριστικά, ρεολογικά χαρακτηριστικά, μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

SUMMARY

In this work we prepared two types of soft cheese from goat milk. The first cheese prepared from pasteurized full fat milk and the second prepared from high-temperature pasteurized reduced fat milk and using the fungus *Penicillium candidum*. The study focused on reduced-fat cheese and the first type of full fat cheese, was the witness. We studied the microbial flora, aromatic, rheological and organoleptic characteristics of these two soft cheeses.

Total mesophilic microflora during the ripening of the two types of cheeses ranged 10^7 έως 10^9 / g cheese. The maximum value observed on the first day of manufacture of cheeses. The yeasts and fungi during the ripening of the two types of cheeses ranged between 10^6 and 10^7 / g cheese. Coliforms were not at any of the two types of cheese.

The rheological tests of two types of cheeses showed no significant differences ($p > 0.05$) in hardness and consistency, while significant differences ($p < 0.05$) appeared between curd and 14-day ripening cheeses with higher prices in 14-day ripening cheeses resulting a spreadable texture.

The main aromatic groups found in both types of cheese were free fatty acids, ketones, esters and alcohols. The substances with the highest concentration found in both cheeses were caproic acid, caprylic acid and capric acid. The full fat cheese was generally more rich in flavor profile of reduced fat cheese. The organoleptic test of 14 days aged cheeses showed high scores for both cheeses which had soft texture, good spreadability and rich aroma.

Keywords: goat cheese, reduced fat, *Penicillium candidum*, aromatic characteristics, rheological characteristics, microbiological characteristics, organoleptic characteristics

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Στέλιο Καμιναρίδη, Καθηγητή του Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας του Γ.Π.Α., ο οποίος μου ανέθεσε το θέμα της παρούσας εργασίας και από την θέση του επιβλέποντα μου πρόσφερε την απαραίτητη καθοδήγηση και τις επιστημονικές του συμβουλές, συμβάλλοντας σημαντικά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης και για την κατανόηση που έδειξε στα περιορισμένα χρονικά περιθώρια που έπρεπε να τηρήσω. Επίσης ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή Γαλακτοκομίας κ. Θεοφύλακτο Μασούρα που με βοήθησε καθοριστικά στην ανάπτυξη της εργασίας μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Σωτηράκογλου Κυριακή για την υποστήριξή της κατά την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Χαρισμιάδου Μαρία για την ουσιαστική συμβολή της στη συγγραφή της παρούσας διατριβής. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Αικατερίνη Γεωργάλα, για την πολύτιμη βοήθεια της κατά την διάρκεια του πειράματος και για τις συμβουλές της, κατά την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής μελέτης. Δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τον Θοδωρή Πάσχο που με τα «χρυσά» του χέρια συνέβαλε καθοριστικά στην παρασκευή των τυριών της παρούσας διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, για την στήριξη που μου παρείχε, την υπομονή και την κατανόηση που επέδειξαν για όλο το διάστημα διεκπεραίωσης της εργασίας.

Περιεχόμενα

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 4

1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ 5

1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ 5

1.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ 10

2. ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΔΕΣ 16

2.1. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ 16

2.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ 18

2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ 21

2.4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΧΑΜΗΛΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΙΔΕΣ 23

3. ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ 24

3.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ 24

3.2. Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM ΣΤΗΝ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ. 27

3.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ 30

3.4. ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ 31

4. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ 34

4.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑ ΤΥΡΙΑ 35

4.1.1. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΛΑΚΤΟΖΗΣ 37

4.1.2. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ 40

4.1.3. ΠΡΩΤΕΟΛΥΣΗ 41

4.1.4. ΛΙΠΟΛΥΣΗ 45

4.1.5. ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΑΡΩΜΑ 49

4.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΥΡΙΩΝ 50

4.2. ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ ΜΑΖΩΝ 59

5. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ 61

5.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 61

5.2. Η ΥΦΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ 62

5.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΙΣ ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ 64

5.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ 65
5.5. TEXTURE PROFILE ANALYSIS 66

Β.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ
6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 68
6.1. ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 68
6.1.1. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΥΡΙΟΥ ΑΠΟ ΠΛΗΡΕΣ ΓΙΔΙΝΟ ΓΑΛΑ 69
6.1.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΔΙΝΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM CANDIDUM 71
6.2. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ 73
6.3. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 73
6.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ 75
6.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ 76
6.6. ΟΡΓΑΝΟΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ 77
6.7. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ 77

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 78
7.1. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 79
7.1.1. ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (ΟΜΧ) 79
7.1.2. ΖΥΜΕΣ - ΜΥΚΗΤΕΣ 80
7.1.3. ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ 80
7.2. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΙΤΚΑ 81
7.2.1. ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ 81
7.2.2. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ 82
7.2.3. ΣΥΝΑΦΕΙΑ 83
7.3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ 84
7.4. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ 86
7.4.1. ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ: 91
7.4.2. ΚΕΤΟΝΕΣ: 95
7.4.3. ΕΣΤΕΡΕΣ: 98
7.4.4. ΑΛΚΟΟΛΕΣ: 103
7.4.5. ΑΛΚΑΝΙΑ: 107
7.4.6. ΑΛΔΕΥΔΕΣ: 109
7.4.7. ΛΑΚΤΟΝΕΣ: 110
7.4.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ. 112
7.4.9. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΑΙΓΕΙΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM CANDIDUM 114
7.5. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ 116

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 118

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 119

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 124
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ 137

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα είναι μεταξύ των δέκα χωρών του κόσμου με τη μεγαλύτερη παραγωγή αίγειου γάλακτος και η δεύτερη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το αίγειο γάλα συγκεντρώνει πληθώρα πλεονεκτημάτων και αποτελεί πολύ θρεπτικό τρόφιμο. Κατά την τυροκόμηση δημιουργεί μαλακό πήγμα που το καθιστά πολύ εύπεπτο. Στη χώρα μας χρησιμοποιείται βασικά για την παρασκευή τυριών, αλλά σχεδόν πάντα σε μείγμα με πρόβειο γάλα. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μην αξιοποιούνται πλήρως τα ειδικά χαρακτηριστικά του κατσικίσιου γάλακτος. Επίσης, είναι γνωστό ότι η κατανάλωση τροφών πλούσιων σε λιπαρά συστατικά στις ανεπτυγμένες χώρες ενοχοποιείται για την εμφάνιση διαφόρων ασθενειών (καρδιαγγειακές παθήσεις, υψηλή πίεση, παχυσαρκία, βλάβες στους ιστούς, κάποιους τύπους καρκίνου κ.α.). Τελευταία υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση και συμμετοχή προϊόντων με μειωμένα λιπαρά και στο διαιτολόγιο πολλών ανθρώπων και ιδιαίτερα αυτών που πάσχουν από καρδιαγγειακά νοσήματα, οπότε έγινε προσπάθεια παρασκευής τυριού με μειωμένα λιπαρά.

Η σύσταση του αίγειου γάλακτος ως προς τα κυριότερα συστατικά, βρίσκεται μεταξύ του αγελαδινού και του πρόβειου. Το λίπος του είναι πιο πλούσιο σε καπρονικό, καπριλικό και καπρινικό οξύ (Jenness R, 1980), υπάρχουν δε και διαφορές ως προς την σύνθεση σε αμινοξέα των πρωτεϊνών του. Στοιχεία και χαρακτηριστικά του αίγειου γάλακτος αναφέρονται από τους Posati & Orr, 1976.

Το μικρό μέγεθος των λιποσφαιρίων (μέση διάμετρος 3,5 μm) σε συνδυασμό με την υψηλότερη θρεπτική αξία του, το κάνει πολύ χρήσιμο και μπορεί να χορηγηθεί και σε άτομα αλλεργικά προς τις πρωτεϊνες του αγελαδινού γάλακτος. (Haenlein, 2004).

Έτσι η παρασκευή τυριού με μειωμένα λιπαρά εξασφαλίζει τους παραπάνω δυο στόχους.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (FAO 2013), ο αριθμός των αιγών στην Ελλάδα ανέρχεται για το έτος 2013 σε 4.250.000 και καταλαμβάνει την πρώτη θέση ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης. Ο κλάδος της αιγοτροφίας όμως, σε εγχώριο επίπεδο, είναι ο λιγότερο εκσυγχρονισμένος. Οι ελληνικές ντόπιες φυλές απαριθμούν μικρό αριθμό ζώων και είναι γενετικά αβελτίωτες, ενώ η εισαγωγή φυλών από το εξωτερικό έχει αλλοιώσει το εγχώριο γενετικό δυναμικό. Η «εγχώρια αίγα» έχει μέση γαλακτοπαραγωγή 100Kg/έτος και πολυδιμία 1,1. Υπάρχουν βέβαια κάποιες ντόπιες φυλές αίγας, όπως η φυλή Σκοπέλου, με ικανοποιητικες αποδόσεις 328Kg/έτος και πολυδιμία 1,57.

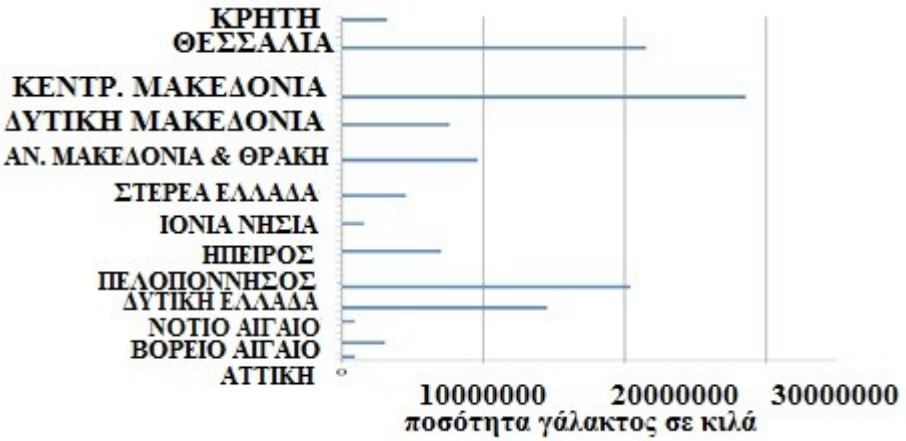
Κατά τα τελευταία χρόνια, από το 1990 ως το 2013, σε παγκόσμιο επίπεδο, υπήρξε μια αύξηση του αριθμού των αιγών κατά 69%, μεγαλύτερη συγκρινόμενη με αυτήν των αγελάδων (15%) και των προβάτων (μείωση κατά 3%). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπήρξε μια μείωση των αιγών κατά 13% και στην Ελλάδα υπήρξε μια μείωση τα τελευταία κυρίως χρόνια από το 2010 και μετά, κατά 21%. Το ζωικό κεφάλαιο της Ελλάδας σε αίγες αντιστοιχεί στο 34% της Ε.Ε. και στο 0,42% παγκοσμίως. (στοιχεία FAO 2013).

Ο μεγαλύτερος πληθυσμός των αιγών παγκοσμίως, βρίσκεται σε αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτά τα ποίμνια παρέχουν κρέας, γάλα, δέρματα και μαλλί για τους κατοίκους, καθιστώντας τα συστήματα βόσκησης αιγών οικονομικά βιώσιμα. Το γάλα, και πάνω απ' όλα το κρέας που προέρχεται από τις αίγες, πληροί τις διατροφικές ανάγκες του αγροτικού πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως σε περιοχές με ραγδαία αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Στις αναπτυγμένες χώρες, οι αίγες παρέχουν παραδοσιακά τρόφιμα για τον πληθυσμό των χωρών αυτών. Τα τελευταία χρόνια οι εκτροφείς αιγών έχουν αναπτύξει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων με εξαιρετικές θρεπτικές ιδιότητες που συνδέονται με φυσικά και βιώσιμα συστήματα. Εκτός αυτού, οι εκτροφείς αιγών διαδραματίζουν σημαντικό περιβαλλοντικό ρόλο (π.χ. έλεγχος των δασικών πυρκαγιών, έλεγχος των ζιζανίων), καθώς και κοινωνιολογικό ρόλο (π.χ. μονιμότητα του πληθυσμού). (Castel, et al., 2010).

Στην Ελλάδα η αιγοπροβατοτροφία αποτελεί παραδοσιακά έναν από τους δυναμικότερους κλάδους, συμβάλλοντας κατά 18% περίπου στο συνολικό αγροτικό εισόδημα. Η παραγωγική αυτή κατεύθυνση στηρίχθηκε στους άφθονους φυσικούς πόρους και προσαρμόστηκε στις ιδιαίτερες κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες της

πατρίδας μας. Το αίγειο και πρόβειο γάλα και κρέας είναι δύο βασικές κατηγορίες προϊόντων με μεγάλη οικονομική σημασία και αποτελούν τις κυριότερες πηγές του αγροτικού εισοδήματος των κατοίκων των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών. Στην Ε.Ε η εκτροφή προβάτων και αιγών γίνεται και για το κρέας τους ενώ στη χώρα μας γίνεται κυρίως για το γάλα τους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το 95% των ζώων στην Ελλάδα αρμέγεται. Σε πολύ μεγάλο ποσοστό στη χώρα μας εφαρμόζεται σύστημα ποιμενικής - εκτατικής εκτροφής, ένα σύστημα που χαρακτηρίζεται από χαμηλές εισροές και στηρίζεται στη μετακίνηση των ζώων για την εξεύρεση τροφής (βόσκηση). Η αιγοπροβατοτροφία ασκείται σε μεγάλο ποσοστό (85% των ζώων και 80 % των εκμεταλλεύσεων περίπου) στις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές της χώρας οι οποίες αποτελούν το 85% του συνόλου της επιφάνειάς της, αξιοποιώντας κατ' αυτόν τον τρόπο εκτάσεις που από τη φύση τους δεν προσφέρονται για εντατική εκμετάλλευση, όπως ορεινές, ημιορεινές, με έντονη κλίση, με φτωχή βλάστηση κ.λ.π. Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται, μια τάση για ανάπτυξη της συστηματικής - σταβλισμένης αιγοπροβατοτροφίας σε ορισμένες πεδινές περιοχές της χώρας. (ΥΠ.Α.Α.Τ., 2011).

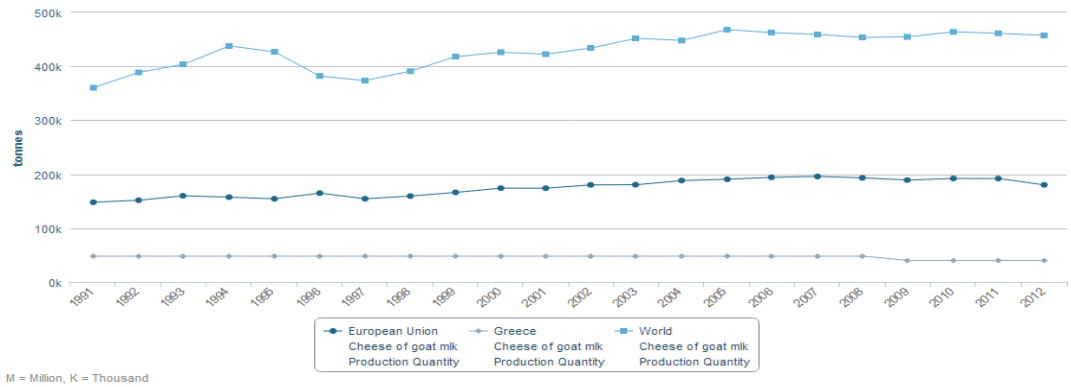
Ο αριθμός παραγωγών που ασχολούνται με την εκτροφή αιγών στην Ελλάδα είναι 14.271, οι οποίοι παρέδωσαν στις επιχειρήσεις γάλακτος 123,398 τόνους γάλακτος. (στοιχεία ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ για το έτος 2013 – επικαιροποίηση 27/6/2014). Ο μεγαλύτερος αριθμός δραστηριοποιείται στην Κεντρική Μακεδονία, Θεσσαλία και τη Πελλοπόνησο. (*Σχήμα 1*).



Σχήμα 1: *Ποσότητες γάλακτος ανά περιφέρεια που παράχθηκαν και παραδόθηκαν στις επιχειρήσεις γάλακτος το έτος 2013. (στοιχεία ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ για το έτος 2013 – επικαιροποίηση 27/6/2014).*

Σε μεταποιητικό επίπεδο, η Ελλάδα είναι δεύτερη στην Ε.Ε. και τρίτη παγκοσμίως σε παραγωγή τυριών από αίγειο γάλα. Η παραγωγή της ανέρχεται στους 40.000 τόνους και αντιστοιχεί στο 22% της παραγωγής κατσικίσιων τυριών στην Ε.Ε. και στο 9% παγκοσμίως.

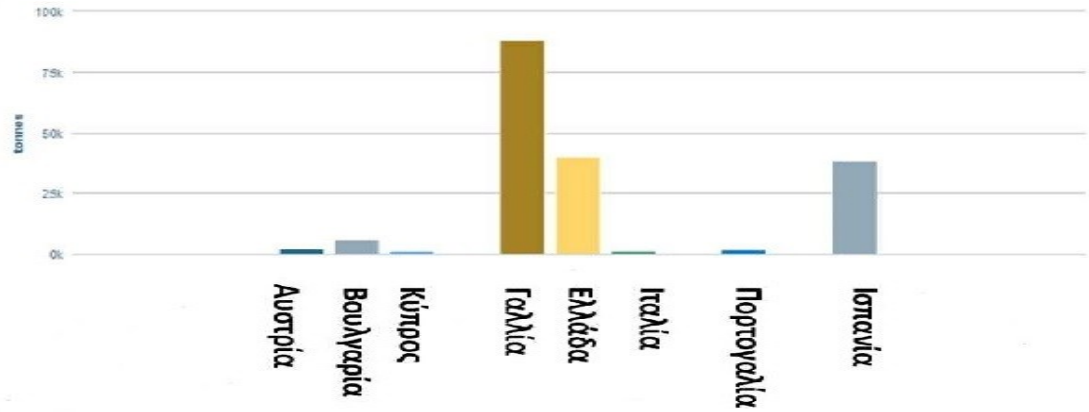
Παγκοσμίως παράγονται 457.401,15 τόνοι και σε επίπεδο Ε.Ε. 180.221 τόνοι, δηλαδή το 39% της παγκόσμιας παραγωγής. (FAO στοιχεία 2012)(*Σχήμα 2*).



Σχήμα 2: *Παραγωγή κατσικίσιου τυριού παγκοσμίως, σε επίπεδο Ε.Ε. και στην Ελλάδα από το 1990 ως το 2012. (FAO).*

Παγκοσμίως, πρώτο κατατάσσεται το Σουδάν (110.750 τόνους). στην Ε.Ε. πρώτη είναι η Γαλλία (88.290 τόνους) και τρίτη η Ισπανία (38.094 τόνους) *(*FAO, έτος 2012 *Σχήμα 3*).

Η Γαλλία έχει πρωτοπορήσει στην ανάπτυξη μιας πολύ καλά οργανωμένης βιομηχανίας παραγωγής αίγειου γάλακτος, μεταποίησης, εμπορίας, προώθησης και έρευνας, η οποία έχει δημιουργήσει ένα ισχυρό πελατολόγιο καταναλωτών, που δεν συγκρίνεται με καμία άλλη χώρα. Αξίζει να ληφθεί ως παράδειγμα και για άλλες χώρες σ' αυτόν τον τομέα, για το γενικό όφελος αφ' ενός στην ανθρώπινη διατροφή και αφ' ετέρου των παραγωγών αίγειου γάλακτος.



Σχήμα 3: *Παραγωγή κατσικίσιου τυριού στις χώρες της Ε.Ε. (FAO έτος 2012).*

Σε εθνικό επίπεδο οι στόχοι και οι πολιτικές που έχουν βασικό στόχο στην αύξηση της συμμετοχής του κτηνοτροφικού τομέα στο συνολικό γεωργικό προϊόν, βελτιώνοντας έτσι και το εμπορικό ισοζύγιο στο γεωργικό τομέα περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:

- Στροφή σε ένα σύγχρονο αναπτυξιακό μοντέλο βιώσιμης και πράσινης ανάπτυξης, που προσδίδει ταυτότητα και υψηλή διατροφική αξία στο προϊόν, διασφαλίζει την ποιότητα και

προβολή του και διαχειρίζεται με αειφορία τους φυσικούς πόρους.

- Προώθηση διαρθρωτικών αλλαγών και εκσυγχρονισμός της παραγωγικής διαδικασίας.
- Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας σε όλο το φάσμα της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Ανάδειξη και διαφύλαξη της προστιθέμενης αξίας των κτηνοτροφικών προϊόντων.
- Ενίσχυση της διαφάνειας της αγοράς με μέτρα όπως η συγκρότηση Μητρώου Εμπόρων
- Ενίσχυση των συλλογικών δομών (Οργανώσεις Παραγωγών -Διεπαγγελματικές Οργανώσεις) των γεωργών.
- Προώθηση της βιολογικής κτηνοτροφίας και της ολοκληρωμένης διαχείρισης, με στόχο την ανάδειξη πιστοποιημένων κτηνοτροφικών προϊόντων.
- Ανάπτυξη μεθόδων και στρατηγικών για την γενετική βελτίωση των αγροτικών ζώων στην Ελλάδα.
- Καθετοποίηση αγροτικών εκμεταλλεύσεων.
- Απλούστευση των διαδικασιών αδειοδότησης των κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων.
- Ενίσχυση ελεγκτικών μηχανισμών στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες, με βάση την έρευνα και την καινοτομία.
- Εφαρμογή προγραμμάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης των κτηνοτρόφων.
- Ανάληψη δράσεων και εφαρμογή προγραμμάτων προστασίας του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς, με την προώθηση παραγωγικών πρακτικών που προάγουν την αειφορία και τον χαρακτήρα της υπαίθρου.

Για τη στήριξη, προστασία και προώθηση της εθνικής παραγωγής κτηνοτροφικών προϊόντων και τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους, εκτός των ενισχύσεων που χορηγούνται για τη στήριξη του εισοδήματος των γεωργών (ενιαία ενίσχυση), σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενισχύονται και δράσεις για τη βελτίωση-εκσυγχρονισμό της πρωτογενούς παραγωγής και της μεταποίησης-εμπορίας, αντίστοιχα. Πρόσθετα μέτρα λαμβάνονται για τη βελτίωση και ανάπτυξη της κτηνοτροφίας, για τη μείωση του κόστους παραγωγής, τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και την προστασία τους από αθέμιτο ανταγωνισμό (εισαγωγές), καθώς και τη στήριξη του εισοδήματος των κτηνοτροφών των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών. (ΥΠ.Α.Α.Τ. 2011).

Όσον αφορά τα τυρία από αίγειο γάλα, λόγω των ασθενικών μηχανικών ιδιοτήτων του πήγματος που δημιουργείται από το αίγειο γάλα, περιορίζεται η ποικιλομορφία στους τύπους με τους οποίους μπορούν να παρασκευαστούν. Γενικά οι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν είναι κυρίως οι εξής:

1. Νωπά – ανώριμα τυριά με ξηρά ουσία συνήθως λιγότερο από 25%
2. Μαλακά τυριά με παραδοσιακό τρόπο παρασκευής, με μικρού μεγέθους κυλινδρικό η

πυραμιδοειδές σχήμα και γενικά με ανάπτυξη μυκήτων ή βακτηρίων στην επιφάνεια τους

3. Ημίσκληρα ή σκληρά τυριά, που κυρίως φτιάχνονται με πήξη με πυτιά, με μεγαλύτερο μέγεθος από αυτό των μαλακών τυριών με επίπεδο κυλινδρικό σχήμα και ξηρή επιφάνεια.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1), αναφέρονται κάποια αίγεια τυριά που παράγονται σε διάφορες χώρες του κόσμου.

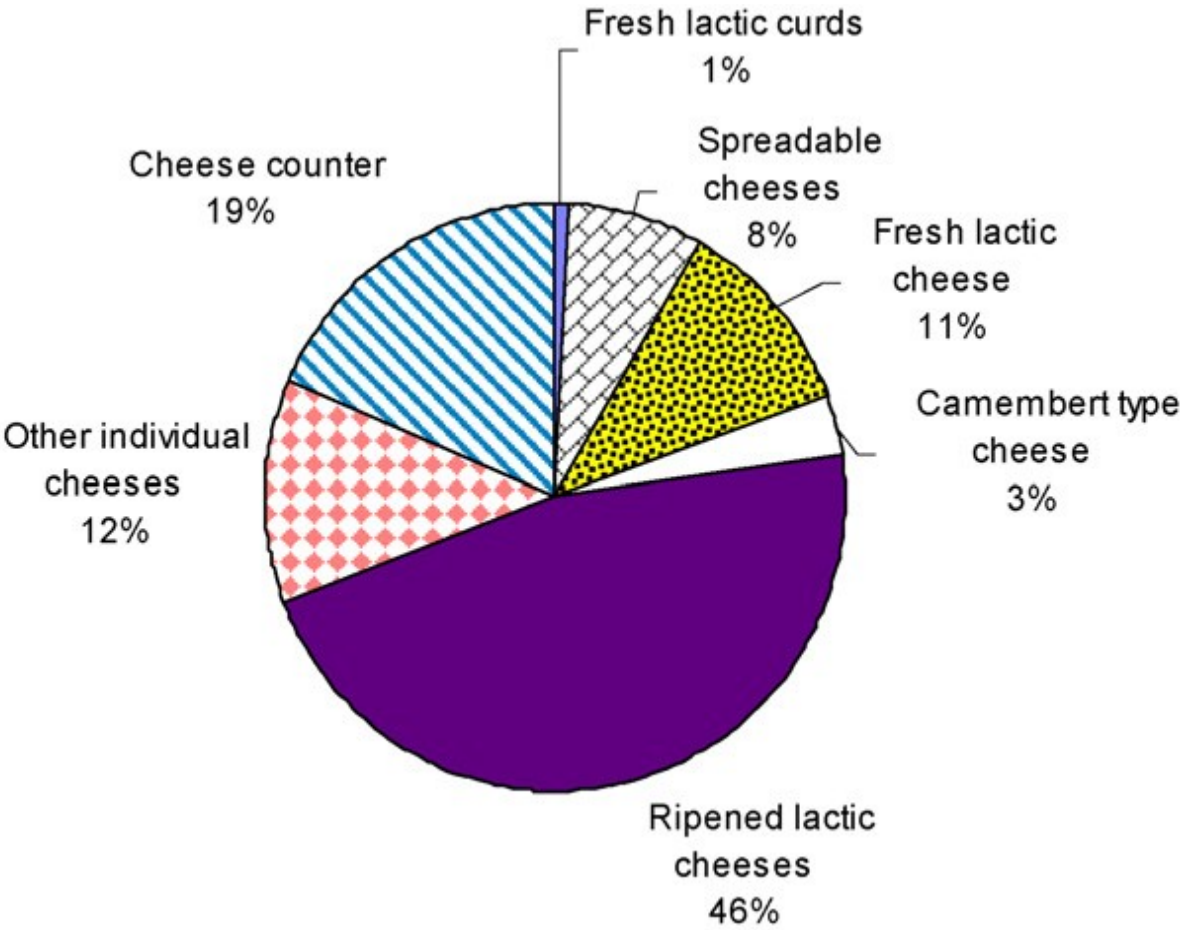
Πίνακας 1: *Πίνακας με μερικά παραδοσιακά αίγεια τυριά.*

Χώρα	***Είδος τυριου***	***Δομή***	***Λίπος επί ξηρού (% min)***	***Υγρασία (%)***	***Προέλευση γάλακτος***
Γαλλία	Crotin de Chavignol	Ημίσκληρο	45	53 max	αίγειο γάλα
	Chabichou	Μαλακό	45	50 max	αίγειο γάλα
	Le-Mothe St-	Μαλακό	45	55 max	αίγειο γάλα
	St-Maure	Μαλακό	45	55 max	Αίγειο γάλα
	Valencay	Μαλακό	45	55 max	Αίγειο γάλα
	Selles sur Cher	Μαλακό	45	41 max	Αίγειο γάλα
	Pouligny St	Μαλακό	45	40 max	Αίγειο γάλα
	Picodon de la	Μαλακό	45	—	Αίγειο γάλα
	Rocamadour		45	—	Αίγειο γάλα
Ελλάδα	Φέτα	Μαλακό	45	53	πρόβειο + 5-10% αίγειο γάλα
	Κασέρι	Ημίσκληρο	45	42 average	αίγειο + πρόβειο γάλα
	Γραβιέρα Κρήτης	Σκληρό	38	40 min	αίγειο + πρόβειο γάλα
	Κοπανιστή	Μαλακό	48	60 average	αγελαδινό/πρόβειο/αίγειο γάλα ή μείξη
	Γαλοτύρι	Μαλακό	47	71	Αίγειο και/ή πρόβειο γάλα
	Ανθότυρος	Μαλακό ή ξηρό	65, 65	70, 40	Πρόβειο και/ή αίγειο τυρόγαλα
	Μανούρι	Μαλακό	52	76	Πρόβειο και/ή αίγειο τυρόγαλα
	Μετσοβόνε	Σκληρό	44	42	Πρόβειο και/ή αίγειο γάλα
	Λαδοτύρι	Σκληρό	47	34	Πρόβειο και/ή αίγειο γάλα
	Φορμαέλλα	Σκληρό	50	33	Πρόβειο και/ή αίγειο γάλα
Ισραήλ	Goats' cheese	Μαλακό	45	66	Αίγειο γάλα
Νορβηγία	Gjetost	Ημι - μαλακό	38	13.4	Αίγειο γάλα και τυρόγαλα
	Gammelost		5		Αίγειο γάλα
Ισπανία	Valdeteja	Σκληρό			Αίγειο γάλα
	Cabrales	Μαλακό	31		Μείγμα από αγελαδινό/πρόβειο/αίγειο γάλα
	Iberico	Hard/oily			Μείγμα από αγελαδινό/πρόβειο/αίγειο γάλα
	Trochon	Semi-soft			Παραπροίόν της παραγωγής τυριου
	Majorero	Σκληρό	50		Αίγειο γάλα
Μεξικό	Anejo Enchilado	Σκληρό			Αίγειο γάλα

(Tziboula - Clarke., 2002)

Στη Γαλλία σύμφωνα με στοιχεία ως το 2011 (σχήμα 4), η κατανάλωση γίδινων τυριών από τα γαλλικά νοικοκυριά, τετραπλασιάστηκε κατά τα τελευταία είκοσι χρόνια. Η γαλλική αγορά γίδινων τυριών αντιπροσωπεύει το 7% της συνολικής αγοράς τυριών σε

ποσότητα και το 9% σε αξία. Οι πωλήσεις σε αίγειο τυρί έχουν επηρεαστεί από την μείωση της αγοραστικής δύναμης, με τους καταναλωτές να στρέφονται στα γίδινα τυριά, γιατί τα περισσότερα θεωρούνται φθηνότερα και ιδίως αυτά που δεν έχουν «δυνατά» εμπορικά σήματα λιανικής πώλησης ή δεν είναι προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης. (Raynal-Ljutovac, Le Pape, Gaborit, & Barrucand, 2011).



Σχήμα 4: *Τα κυριότερα τυριά από αίγειο γάλα που παράχθηκαν στη Γαλλία το 2010. Πηγή: FranceAgriMer, 2011 ((http://www.franceagrimer.fr)*, (Raynal-Ljutovac, Le Pape, Gaborit, & Barrucand, 2011).

1.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΓΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Το αίγειο γάλα έχει μοναδικά πλεονεκτήματα συγκρινόμενο με το αγελαδινό, που το καθιστούν τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας. Η μέση σύσταση των κύριων συστατικών του, φαίνεται στον πίνακα 2 από τον οποίο προκύπτει ότι οι αναλογίες στα κύρια συστατικά μοιάζουν με αυτές του αγελαδινού παρά με αυτές του πρόβειου γάλακτος.

Πίνακας 2: *Αναλογίες των κύριων συστατικών του γάλακτος αίγας, προβάτου, αγελάδας και ανθρώπου.*

Σύσταση	Αίγα	Πρόβατο[a]	Αγελάδα	Άνθρωπος
Λίπος (%)	3.8	7.9	3.6	4.0
ΣΥΑΛ (%)	8.9	12.0	9.0	8.9
Λακτόζη (%)	4.1	4.9	4.7	6.9
Πρωτεΐνη (%)	3.4	6.2	3.2	1.2
Καζεΐνη (%)	2.4	4.2	2.6	0.4
Αλβουμίνη, Γλοβουλίνη	0.6	1.0	0.6	0.7
Μη πρωτεϊνικό N (%)	0.4	0.8	0.2	0.5
Τέφρα (%)	0.8	0.9	0.7	0.3
Θερμίδες/100 ml	70	105	69	68

Στοιχεία από τους Posati and Orr (1976), Jenness (1980), Larson and Smith (1974) and Haenlein and Caccese (1984). [a] *Anifantakis et al. (1980).*

Το αίγειο γάλα διαφέρει από το αγελαδινό ή το ανθρώπινο γάλα έχοντας καλύτερη πεπτικότητα, αλκαλικότητα, ρυθμιστική ικανότητα καθώς και ορισμένες θεραπευτικές ιδιότητες στην ιατρική και την ανθρώπινη διατροφή. Οι δομές των μικελλών στο αίγειο γάλα διαφέρουν κατά μέσο όρο σε διάμετρο, ενυδάτωση, και ανόργανες ουσίες από εκείνες του αγελαδινού γάλακτος. Τα καζεϊνικά μικκύλια περιέχουν περισσότερο ασβέστιο και ανόργανο φώσφορο, είναι λιγότερο επιδιαλυτωμένα, είναι λιγότερο σταθερά στη θερμότητα, και χάνουν την β-καζείνη πιο εύκολα. Δημιουργείται αδύναμη συνοχή του πήγματος η οποία είναι ευεργετική στην ανθρώπινη πέψη, αλλά μειώνει την απόδοση του τυριού. Οι σχετικές αναλογίες των βασικών συστατικών της καζεΐνης του κατσικίσιου γάλακτος είναι εντελώς διαφορετικές από εκείνες του αγελαδινού. Επίσης υπάρχουν διαφορές στους γενετικούς πολυμορφισμούς και στις συχνότητές τους σε πληθυσμούς μεταξύ των αιγών. Το αίγειο γάλα περιέχει λιγότερη α_s-καζεΐνη, και συχνά έχει περισσότερη α_{s2} από ό,τι α_{s1}-καζεΐνη. Η τελευταία είναι παρούσα σε ιδιαίτερα μεταβλητές ποσότητες ανάλογα με την ατομικότητα των ζώων (Park et. al, 2007). Οι αναλογίες σε καζεΐνη και κυρίως στην β-καζεΐνη, είναι υψηλότερες σε σχέση με του αγελαδινού. Οι διαφορές στους γενετικούς τύπους των πρωτεϊνών οφείλονται σε υποκαταστάσεις αμινοξέων στην πρωτεϊνική αλυσίδα, οι οποίες με τη σειρά τους είναι υπεύθυνες για τις διαφορές στην πεπτικότητα, τις τυροκομικές ιδιότητες και τις γεύσεις των προϊόντων του αίγειου γάλακτος (Rystad et al., 1990).

Η σύνθεση της καζεΐνης του γάλακτος είναι ο κύριος παράγοντας που ευθύνεται για τους τεχνολογικούς περιορισμούς του και την δημιουργία αδύναμου πήγματος. Η μικρότερη ποσότητα σε α_s – καζεΐνη και ιδίως σε α_{s1} – καζεΐνη είναι το κύριο χαρακτηριστικό που παίζει ρόλο στην πηκτικότητα του γάλακτος. Οι A,B και C γενετικές

παραλλαγές σχετίζονται με υψηλά επίπεδα σύνθεσης α_{s1} – καζεΐνης, η Ε παραλλαγή με μεσαίου μεγέθους επίπεδα σύνθεσης, οι D και F με χαμηλά επίπεδα και η Ο παραλλαγή, με μηδενική σύνθεση α_{s1} – καζεΐνης. Επίσης τυριά που έχουν παρασκευαστεί από γάλα με την Α παραλλαγή, παρατηρήθηκε ότι είχαν πιο αδύναμο το χαρακτηριστικό «κατσικίσιο» άρωμα από τα τυριά που παρασκευάστηκαν από γάλατα με την Ε ή την F παραλλαγή, είτε λόγω χαμηλότερης παραγωγής αρωματικών ουσιών είτε λόγω της σταθερότερης υφής του πήγματος από την Α παραλλαγή, που είχε ως αποτέλεσμα την δυσχέρεια στην απελευθέρωση πτητικών ουσιών (Fox et. al., 2004).

Η μέση σύνθεση των αμινοξέων των πρωτεϊνών του αίγειου γάλακτος, όπως δημοσιεύεται σε επίσημους πίνακες του USDA, δείχνει υψηλότερα επίπεδα σε 6 από τα 10 απαραίτητα αμινοξέα: θρεονίνη, ισολευκίνη, λυσίνη, κυστίνη, τυροσίνη, βαλίνη (Posati and Orr, 1976). (Πινάκας 3).

Πίνακας 3: *Σύσταση των απαραίτητων και λοιπών αμινοξέων στις πρωτεΐνες γίδινου και αγελαδινού γάλακτος*

	Αίγειο γάλα	Αγελαδινό γάλα	Διαφορά (%) Για το αίγειο
Απαραίτητα αμινοξέα			
Τριπτοφάνη	0.044	0.046	
Θρεονίνη	**0.163**	**0.149**	**+9**
Ισολευκίνη	**0.207**	**0.199**	**+4**
Λευκίνη	0.314	0.322	
Λυσίνη	**0.290**	**0.261**	**+11**
Μεθιονίνη	0.080	0.083	
Κυστεϊνη	**0.046**	**0.030**	**+53**
Φαινυλαλανίνη	0.155	0.159	
Τυροσίνη	**0.179**	**0.159**	**+13**
Βαλίνη	**0.240**	**0.220**	**+9**
Μη απαραίτητα αμινοξέα			
Αργινίνη	0.119	0.119	
Ιστιδίνη	0.089	0.089	
Αλανίνη	0.118	0.113	
Ασπαρτικό οξυ	0.210	0.250	
Γλουταμινικό οξύ	0.626	0.689	
Γλυκίνη	0.050	0.070	
Προλίνη	0.368	0.319	
Σερίνη	0.181	0.179	

(Posati, et al., 1976.)

Η αλλεργία στο αγελαδινό γάλα θεωρείται μια κοινή ασθένεια με επιπολασμό 2,5% σε παιδιά κάτω των τριών ετών ενώ εντοπίζεται στο 12-30% των βρεφών κάτω των 3 μηνών. Η θεραπεία με αίγειο γάλα επιλύει το πρόβλημα στο 30 με 40% των περιπτώσεων (Haenlein, 2004).

Σχετικά με το γλυκομακροπεπτίδιο (CMP), οι κύριες μορφές του στις αίγες, είναι μια καλή πηγή αντιθρομβωτικών πεπτιδίων. Οι πρωτεΐνες του αίγειου γάλακτος είναι επίσης

σημαντικές πηγές παρεμποδιστών της δράσης του ενζύμου μετατροπής της αγγειοτασίνης (ACE) το οποίο σχετίζεται άμεσα με την περιφερειακή πίεση του αίματος. (Park et. al., 2007).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα καθώς και τα χαρακτηριστικά των λιποσφαιρίων στο αίγειο γάλα, έχει φανεί ότι το μέσο μέγεθος των λιποσφαιρίων είναι μικρότερο του αγελαδινού. Το κατσικίσιο γάλα έχει χαμηλότερες τιμές ιωδίου, που αντανακλούν στο μεγαλύτερο ποσό σε μικρότερου MB και ακόρεστα λιπαρά οξέα. Το κατσικίσιο γάλα επίσης έχει χαμηλότερες Reichert Meissl και υψηλότερες Polenske τιμές από το αγελαδινό γάλα, γεγονός που υποδηλώνει ότι το λίπος του περιέχει λιγότερα διαλυτά και περισσότερα αδιάλυτα πτητικά λιπαρά οξέα (Park et. al., 2006α).

Τα λιποσφαίρια του αίγειου γάλακτος στερούνται αγλουτινίνης με αποτέλεσμα να μην συνενώνονται κατά την ψύξη (Jenness, 1980).

Ο μέσος όρος λίπους στο κατσικίσιο γάλα διαφέρει σημαντικά σε περιεχόμενο λιπαρών οξέων από τη μέση σύσταση του λίπους του αγελαδινού γάλακτος (Jenness, 1980). Έχει φανεί ότι είναι πολύ υψηλότερο σε βουτυρικό (C4: 0), καπροϊκό (C6: 0), καπρυλικό (C8: 0), καπρικό (C10: 0), λαυρικό (C12: 0), μυριστικό (C14: 0), παλμιτικό (C16: 0), λινελαϊκό (C18: 2), και χαμηλότερο σε στεατικό (C18: 0), και ελαϊκό οξύ (C18: 1) (Πίνακας 5). Τρία από τα μεσαίας αλύσου τριγλυκερίδια MCT (C6-C14) έχουν πράγματι λάβει την ονομασία τους από τις αίγες, αφού κυριαρχούν στο αίγειο γάλα. Το καπρικό, το καπρυλικό οξύ και τα MCT έχουν καθιερωθεί σε ιατρικές θεραπείες για μια σειρά κλινικών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένων του συνδρόμου της δυσαπορρόφησης, της στεατόρροιας, της υπερλιποπρωτεϊναιμίας, της εντερικής εκτομής, της πρόωρης διατροφής βρεφών κ.α.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4), αναφέρονται τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αίγειου γάλακτος σε σχέση με το πρόβειο και το αγελαδινό.

Πίνακας 4: *Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αίγειου, πρόβειου και αγελαδινού γάλακτος.*

Ιδιότητες	Αίγειο γάλα[a]	Πρόβειο γάλα[b]	Αγελαδινό γάλα[c]
Ειδικό βάρος	1.029-1.039	1.0347-1.0384	1.0231-1.0398
Ίξώδες, *Cp*	2.12	2.86-3.93	2.0
Επιφανειακή τάση	52.0	44.94-48.70	42.3-52.1
Αγωγιμότητα (^$^{-1}$ cm^{-1})	0.0043-0.0139	0.0038	0.0040-0.0055
Δείκτης διάθλασης	1.450 ± 0.39	1.3492-1.3497	1.451 ± 0.35
Σημείο πήξης (-°C)	0.540-0.573	0.570	0.530-0.570
Οξύτητα (γαλακτικό οξύ	0.14-0.23	0.22-0.25	0.15-0.18
pH	6.50-6.80	6.51-6.85	6.65-6.71

a Juarez and Ramos (1986), b Kurkdjian and Gabrielian (1962) and Haenlein and Wendorff (2006), c Jenness et al. (1974).

Τα λιπαρά οξέα του αίγειου γάλακτος εμφανίζουν την μοναδική μεταβολική ικανότητα να παρέχουν άμεση ενέργεια αντί να εναποτίθενται σε λιπώδεις ιστούς και να μειώνουν την χοληστερόλη του ορού, με την παρεμπόδιση και τον περιορισμό εναπόθεσης χοληστερόλης. Το

αίγειο γάλα υπερβαίνει το αγελαδινό γάλα σε μονοακόρεστα (MUFA), πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), και μεσαίας αλύσου τριγλυκερίδια (MCT), τα οποία όλα είναι γνωστό ότι είναι ευεργετικά για την ανθρώπινη υγεία, ειδικά σε καρδιαγγειακές συνθήκες (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: *Σύσταση σε λιπαρά οξέα, γίδινου και αγελαδινού γάλακτος.(g/100g γάλακτος)*

	Αιγειο γάλα	Αγελαδινό γάλα	Διαφορά (%) Για το γίδινο
C4:0 βουτυρικό	0.13	0.11	
C6:0 καπροϊκό	0.09	0.06	
C8:0 καπριλικό	0.10	0.04	
C10:0 καπρικό	0.26	0.08	
C12:0 λαυρικό	0.12	0.09	
C14:0 μυριστικό	0.32	0.34	
C16:0 παλμιτικό	0.91	0.88	
C18:0 στεατικό	0.44	0.40	
C6-14 συνολικο MCT	**0.89**	**0.61**	**+46**
C4-18 συνολικό SAFA	**2.67**	**2.08**	**+28**
C16:1 παλμιτελαικό	0.08	0.08	
C18:1 ελαικό	0.98	0.84	
C16:1-22:1	**1.11**	**0.96**	**+16**
C18:2 λινολεϊκο	0.11	0.08	
C18:3 λινολενικό	0.04	0.05	
C18:2-18:3 συνολικό PUFA	**0.15**	**0.12**	**+25**

[a] MCT: μεσαίας αλύσου τριγλυκερίδια; SAFA: κορεσμένα λιπαρά οξέα

MUFA: μονοακόρεστα λιπαρά οξέα; PUFA: πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. *(Posati, et. al., 1976.)*

Όλα αυτά δικαιολογούν την μοναδικότητα του αίγειου γάλακτος στην ανθρώπινη διατροφή και την ιατρική για τη θεραπεία των διαφόρων γαστρεντερικών διαταραχών και νόσων, καθώς και την αντιμετώπιση των αλλεργιών. Η σύσταση των λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος μπορεί να αλλάξει ακόμη περισσότερο προς την κατεύθυνση των ευεργετικών λιπαρών οξέων, με ειδικούς χειρισμούς στα συμπληρώματα ζωοτροφών (Haenlein, 2004).

Το αίγειο και το ανθρώπινο γάλα περιέχουν υψηλά επίπεδα σε Se. Το αίγειο γάλα έχει υψηλότερες ποσότητες σε βιταμίνη Έ. Επειδή οι κατσίκες μετατρέπουν το σύνολο του β-καροτένιου σε βιταμίνη Α στο γάλα, το γάλα των αιγών είναι πιο λευκό από το αγελαδινό. Το κατσικίσιο γάλα προμηθεύει τον οργανισμό του ανθρώπινου βρέφους με επαρκείς ποσότητες βιταμίνης Α και νιασίνης και με υπερβολικές ποσότητες σε θειαμίνη, ριβοφλαβίνη και παντοθενικό οξύ. Εάν ένα ανθρώπινο βρέφος τρεφόταν αποκλειστικά με κατσικίσιο γάλα, ο οργανισμός του θα είχε υπερπροσφορά σε πρωτεΐνη, Ca, P, βιταμίνη Α, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη και παντοθενικό οξύ σε σχέση με τις απαιτήσεις σύμφωνα με τον FAO-WHO (Jenness, 1980). Σε σύγκριση με το αγελαδινό, το κατσικίσιο γάλα έχει σημαντικές ελλείψεις

σε φυλλικό οξύ και βιταμίνη B_{12}, Το φυλλικό οξύ είναι απαραίτητο για την σύνθεση της αιμοσφαιρίνης. (Park, et.al., 2007).

Πίνακας 6: *Ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες (στα 100g) στο αίγειο, πρόβειο αγελαδινό και ανθρώπινο γάλα.*

Συστατικά	Αίγειο	Πρόβειο	Αγελαδινό	Ανθρώπου
Ανόργανα στοιχεία				
Ca (mg)	134	193	122	33
P (mg)	121	158	119	43
Mg (mg)	16	18	12	4
K (mg)	181	136	152	55
Na (mg)	41	44	58	15
Cl (mg)	150	160	100	60
S (mg)	28	29	32	14
Fe (mg)	0.07	0.08	0.08	0.20
Cu (mg)	0.05	0.04	0.06	0.06
Mn (mg)	0.032	0.007	0.02	0.07
Zn (mg)	0.56	0.57	0.53	0.38
I (mg)	0.022	0.020	0.021	0.007
Se (^g)	1.33	1.00	0.96	1.52
Al (mg)	n.a.	0.05-0.18	n.a.	0.06
Βιταμίνες				
Βιταμίνη A (IU)	185	146	126	190
Βιταμίνη D (IU)	2.3	0.18 ^g	2.0	1.4
Θειαμίνη (mg)	0.068	0.08	0.045	0.017
Ριβοφλαβίνη (mg)	0.21	0.376	0.16	0.02
Νιασίνη (mg)	0.27	0.416	0.08	0.17
Παντοθενικό οξύ (mg)	0.31	0.408	0.32	0.20
Βιταμίνη B6 (mg)	0.046	0.08	0.042	0.011
Φολικό οξύ (^g)	1.0	5.0	5.0	5.5
Βιοτίνη (^g)	1.5	0.93	2.0	0.4
Βιταμίνη B12 (^g)	0.065	0.712	0.357	0.03
Βιταμίνη C (mg)	1.29	4.16	0.94	5.00

Στοιχεία από τους Posati and Orr (1976), Park and Chukwu (1988,1989), Jenness (1980), Haenlein and Caccese (1984), Debski et al. (1987), Coni et al. (1999), Gebhardt and Matthews (1991) and Park (2006a).

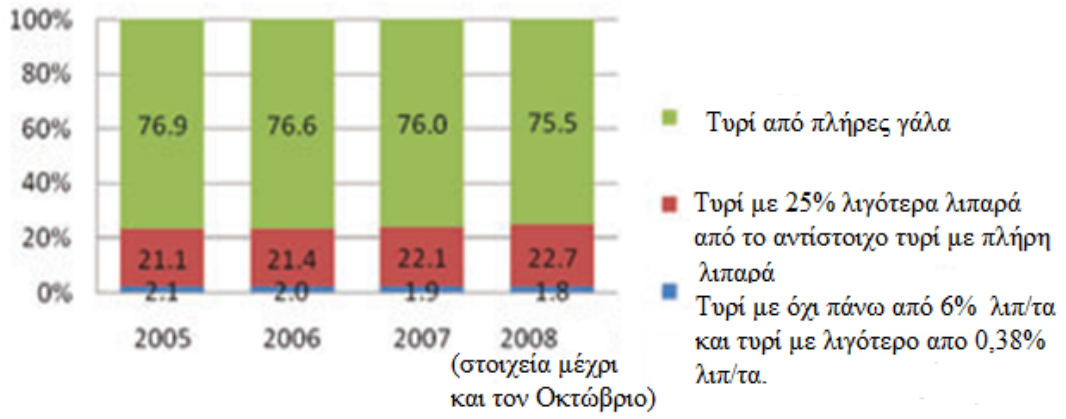
2. ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΔΕΣ

2.1. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

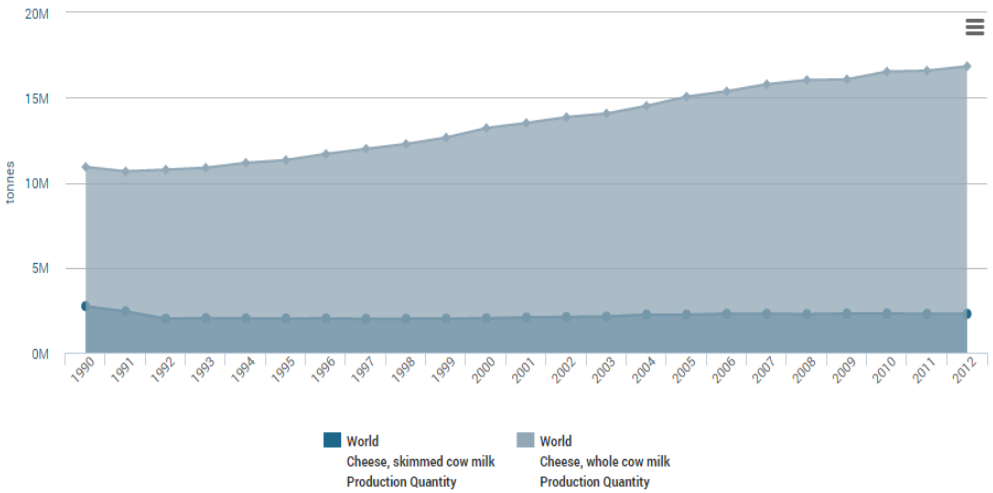
Υπάρχει η γενική πεποίθηση ότι η πρόσληψη γαλακτοκομικών προϊόντων σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων λόγω της περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Οι διατροφικές συστάσεις προτείνουν την περιορισμένη πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών ή την πρόσληψη γαλακτοκομικών προϊόντων με μειωμένα λιπαρά, στοχεύοντας σε δίαιτες χαμηλών λιπαρών λόγω του ότι υπάρχει θετική γραμμική συσχέτιση των κορεσμένων λιπαρών, της «κακής» χοληστερόλης (LDL) στη διατροφή και του κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις. (Hu et al., 2002). Στις ανεπτυγμένες χώρες, ο αριθμός των ασθενών που έχουν προσβληθεί από ασθένειες που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η υπέρταση, η αθηροσκλήρωση και η υπερλιπιδαιμία, είναι σε άνοδο και οφείλονται σε αλλαγές του τρόπου ζωής συμπεριλαμβανομένης της άσκησης και της διατροφής. Στις χώρες αυτές ο αριθμός των θανάτων που σχετίζεται με καρδιαγγειακά προβλήματα, αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο των συνολικών θανάτων (Flier, 2004). Η Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία του ΟΟΣΑ (OECD, 2014) είναι πρώτη στην λίστα των υπέρβαρων και παχύσαρκων παιδιών όπου το 44% των αγοριών και το 38% των κοριτσιών ηλικίας 5-17 ετών είναι υπέρβαρα και παχύσαρκα. Το «μεταβολικό σύνδρομο», που περιλαμβάνει ένα σύνολο συμπτωμάτων όπως η υπέρταση, η υπερλιπιδαιμία και η δυσανεξία στη γλυκόζη, έχει την προέλευσή του στην συσσώρευση κοιλιακού λιπωδους ιστού στον άνθρωπο και έτσι ο σωστός προσανατολισμός πρέπει να είναι προς την αναστολή της συσσώρευσης κοιλιακού λίπους, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος εμφάνισης του μεταβολικού συνδρόμου και των καρδιαγγειακών παθήσεων (Eckel, et. al., 2005) (Ford, et. al., 2002). Ωστόσο, ένας αριθμός μελετών για την συσχέτιση πρόσληψης γάλακτος ή γαλακτοκομικών προϊόντων με πλήρη λιπαρά ή χαμηλά λιπαρά και στεφανιαίας νόσου καθώς και εγκεφαλικού επεισοδίου δεν έδειξαν κάποια σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους. Καθολικά συμπεράσματα βέβαια δεν μπορούν να εξαχθούν λόγω του περιορισμένου αριθμού αυτών των μελετών (Dalmeijer, et al., 2013).

Τη δεκαετία του 1990 υπήρξε μια αύξηση της αγοράς γαλακτοκομικών προϊόντων με χαμηλά λιπαρά, η οποία ήταν μεγαλύτερη στις Η.Π.Α και μικρότερη στην Ευρώπη. Η αυξηση αυτή εφτασε σε ένα όριο γιατί οι καταναλωτές αν και επιζητούν προϊόντα με επωφελή χαρακτηριστικά για την υγεία, έχουν όμως και απαιτήσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών προϊόντων και τα προϊόντα με χαμηλά λιπαρά δεν φαίνεται να ικανοποιούν πλήρως αυτές τις απαιτήσεις. Δεδομένα από τον IRI (IRI : εταιρία έρευνας αγοράς

με έδρα τις Η.Π.Α. , με στοιχεία μεταξύ άλλων , για το λιανικό εμπόριο σε παγκόσμιο επίπεδο) μέχρι το 2008 (σχήμα 5), δείχνουν το μερίδιο αγοράς στο λιανικό εμπόριο των τυριών με χαμηλά λιπαρά, όπου φαίνεται ότι αυτά καταλαμβάνουν το 25% της ολικής αγοράς τυριών. Κάτι αντίστοιχο προκύπτει και από τα δεδομένα του FAO για την περίοδο 1990 ως 2012 και για την παραγωγή τυριών από αποβουτυρωμένο αγελαδινό γάλα σε σχέση με τα τυριά από πλήρες αγελαδινό γάλα (σχήμα 6). Φαίνεται ότι η παραγωγή των προϊόντων αυτών έχει σταθεροποιηθεί και δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες αυξητικές τάσεις.



Σχήμα 5: *Δεδομένα από την εταιρία IRI (4 Δεκεμβρίου 2008) όπως έχουν δημοσιευτεί από τον Johnson, et al., 2009.*

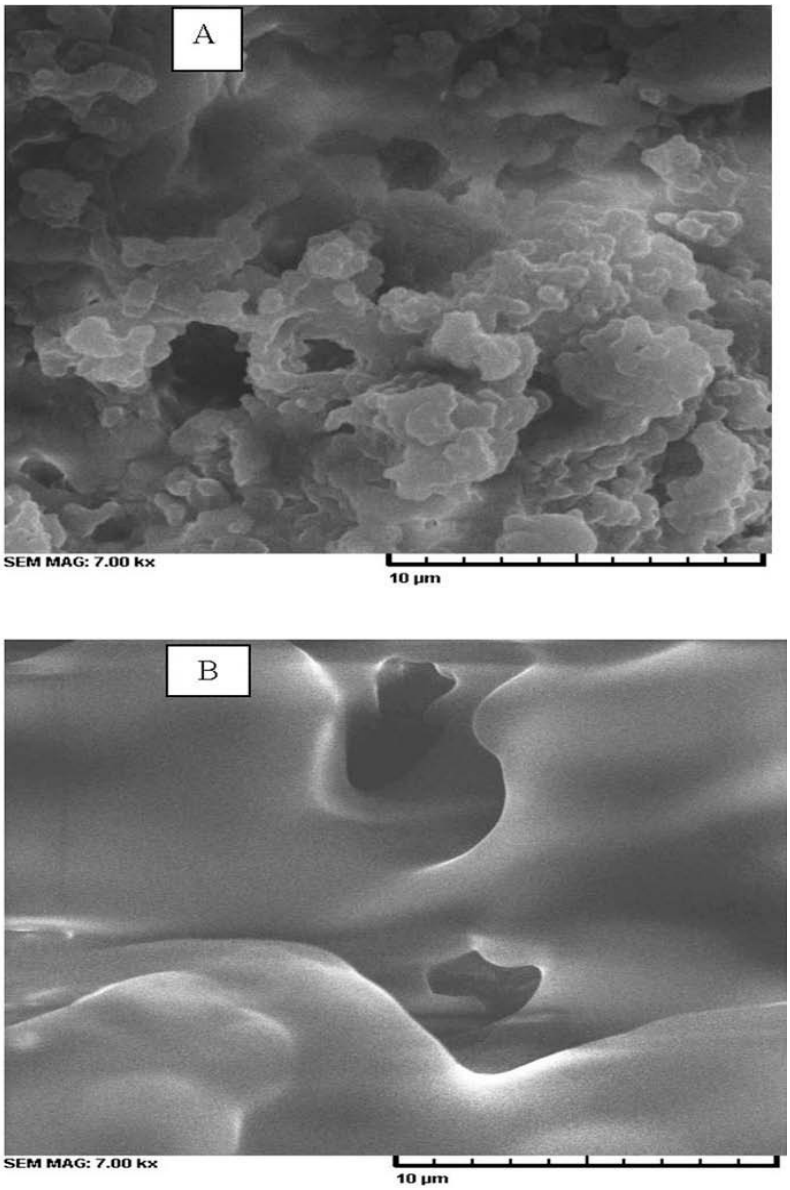


Σχήμα 6: *Στοιχεία του FAO για την παγκόσμια παραγωγή τυριών από αποβουτυρωμένο αγελαδινό γάλα σε σχέση με τα τυριά από πλήρες αγελαδινό γάλα την περίοδο 1990-2012.*

2.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ

Τα τυριά με χαμηλά λιπαρά εμφανίζουν χαμηλότερης ποιότητας οργανοληπτικά χαρακτηριστικα από τα αντίστοιχα πλήρη. Έχουν φτωχότερη και ασυνήθιστη γεύση και άρωμα, καθώς και υφή σκληρότερη, ελαστικότερη και κολλώδη. Στα χαμηλής λιποπεριεκτικότητας τυριά, υπάρχει σημαντική αλλαγή στην αναλογία και την ισορροπία των διαφόρων συστατικών μεταξύ τους. Όσο η περιεκτικότητα του τυριού σε λιπαρά μειώνεται, τόσο αυξάνεται η υγρασία και το ποσοστό των πρωτεϊνών παίζει μεγαλύτερο ρόλο στην ανάπτυξη των χαρακτηριστικών του τυριού. Η απόδοση, βέβαια, σε τυρί δεν είναι η ίδια αλλά χαμηλότερη, γιατί το ποσό της υγρασίας που αυξάνεται δεν είναι ανάλογο του ποσού του λίπους που αφαιρείται, αλλά μικρότερο. Επειδή η αναλογία σε υγρασία είναι μεγαλύτερη, η περιεκτικότητα του αλατιού στην υγρή φάση είναι μικρότερη. Όσο μεγαλύτερη είναι η μείωση του λίπους, τόσο μεγαλύτερες είναι οι αλλαγές αυτές. Σε μελέτη τους οι Drake και Swanson (1995), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η παρασκευή αποδεκτών τυριών από τους καταναλωτές με καλή γέυση και υφή είναι εμπορικά εφικτή με μια μείωση του λίπους μέχρι 33%, χωρίς να χρειάζεται προσθήκη υποκατάστατων λίπους. Παρακάτω αναλύονται ξεχωριστά η υφή, η γεύση - άρωμα και το χρώμα των τυριών με μειωμένα λιπαρά.

α) Υφή: Η υφή του τυριού οφείλεται κυρίως στην αποδόμηση της as1-καζεΐνης κατά την διάρκεια της ωρίμανσης. Επιπλέον η παρουσία του λίπους του γάλακτος στο πήγμα κατά την ωρίμανση παίζει ρόλο στην τελική δομή του ώριμου τυριού. Το λίπος, είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο μέσα στην μήτρα που σχηματίζει η καζεΐνη. Όταν το λίπος απομακρύνεται, η αποδόμηση της καζεΐνης είναι μικρότερη και έτσι το τυρί εμφανίζει πιο σταθερή δομή. Η έκταση της υδρόλυσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία και σε αλάτι. Η τεχνολογία παρασκευής χαμηλής λιποπεριεκτικότητας τυριών γίνεται



Εικόνα 1: *Εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης της μικροδομής ενός ιρανικού λευκού τυριού, όπου φαίνεται ότι η δομή του τυριού με χαμηλά λιπαρά είναι πιο συμπαγής. Α: Το τυρί με πλήρη λιπαρά και κανονική ποσότητα πυτιάς, Β: Το τυρί με χαμηλά λιπαρά και κανονική ποσότητα πυτιάς. (Madadlou, et. al., 2005).*

συνήθως με χρησιμοποίηση χαμηλότερων θερμοκρασίων και υψηλότερου pH τυρογάλακτος που αποστραγγίζεται και αυτό έχει ως συνέπεια την μικρότερη κατακράτηση χυμοσίνης στο τυρί και μικρότερη ενεργότητα της πλασμίνης. Αυτός, επίσης, είναι ένας λόγος της μικρότερης αποδόμησης της πρωτεΐνης. Αποτέλεσμα όλων αυτών, είναι η μεγαλύτερη κατακράτηση ασβεστίου που και αυτό με τη σειρά του προσδίδει σταθερότητα στο τυρί. (Mistry, 2001). Με την απομάκρυνση του λίπους η πρωτεϊνική μήτρα γίνεται πιο συμπαγής ακόμα και αν η

υγρασία του τυριού είναι αρκετά υψηλότερη. Αυτό εξηγεί γιατί αυτά τα τυριά είναι πιο σκληρά.

β) Γεύση και άρωμα: Η ανάπτυξη της γεύσης και του αρώματος στα τυριά, είναι ένας συνδυασμός μικροβιακής και βιοχημικής δραστηριότητας, που οδηγεί στον σχηματισμό ενός ετερογενούς μείγματος πτητικών και μη πτητικών ενώσεων. Τα τυριά με μειωμένα λιπαρά έχουν φτωχή γεύση και άρωμα. Φαίνεται ότι τα συστατικά του αρώματος και της γεύσης μεταφέρονται στην υγρή φάση του τυριού, αλλά και το λίπος συμβάλλει σημαντικά στην διαμόρφωση γεύσης και αρώματος, αφού και αυτό είναι φορέας συστατικών που προσδίδουν στο τυρί γεύσεις χαρακτηριστικές του βουτύρου, του διακετύλιου, της λακτόνης καθώς και γεύσεις ταγγές. Το λίπος είναι, επίσης, υπεύθυνο για την πλούσια αίσθηση στο στόμα πράγμα το οποίο στο τυρί με χαμηλά λιπαρά αυτό ως ένα βαθμό λείπει . Η μείωση της λιπαρής φάσης του τυριού, όχι μόνο μειώνει τις λιπαρές ουσίες που προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, αλλά έχει ως αποτέλεσμα και την μείωση ουσιών που παράγονται από την αλληλεπίδραση των προϊόντων της λιπόλυσης και της πρωτεόλυσης. Η διαφορά στο ρυθμό απελευθέρωσης αρωματικών ουσιών στο τυρί κατά τη διάρκεια της μάσησης, είναι και αυτή με τη σειρά της, καθοριστική στην διαμόρφωση της αντίληψης της οσμής και της γεύσης.

Η 2- βουτανόνη και η 2- επτανόνη απελευθερώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό κατά τη μάσηση σε τυριά μειωμένων λιπαρών με αποτέλεσμα διαφοροποίηση στην συνολική αντίληψη της γεύσης (Delahunty, Piggot, Conner & Paterson, 1996). Επίσης η πικρή γεύση εμφανίζεται στα τυριά με χαμηλά λιπαρά γιατί λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία και χαμηλής σε αλάτι προκαλείται υπερβολική ανάπτυξη των μικροοργανισμών – εκκινητών, που παράγουν υδροφοβικές πικρές ενώσεις πολύ νωρίς κατά την ωρίμανση του τυριού. Οι ουσίες αυτές ενώ προσροφώνται στη λιπαρή φάση του τυριού και δεν γίνονται αντιληπτές στα τυριά με πλήρη λιπαρά, αυτό δεν συμβαίνει στα χαμηλής λιποπεριεκτικότητας. (Mistry, 2001).

γ) Χρώμα: Με τη μειωμένη λιποπεριεκτικότητα του τυριού, ο αριθμός των κέντρων σκέδασης του φωτός μειώνεται, με αποτέλεσμα το τυρί να καθίσταται περισσότερο σκοτεινό. Αυτό γίνεται εμφανές ιδίως όταν το λίπος έχει μειωθεί περισσότερο από 50%. Εκτός από την μείωση του λίπους, άλλες αλλαγές στην σύνθεση, όπως η μείωση στην αναλογία ασβεστίου προς πρωτεΐνη κατά την τεχνολογία παρασκευής τυρίου για να καταστεί αυτό πιο μαλακό και να κρατάει περισσότερη υγρασία, συμβάλλει στην αύξηση του ίδιου φαινομένου. Όταν οι πρωτεϊνες είναι ενυδατωμένες, μειώνονται πάλι τα κέντρα σκέδασης του φωτός (Johnson, Kapoor & Narasimmon, 2009).

2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ

Οι συχνότερες και αποτελεσματικότερες πρακτικές για την παρασκευή τυριών μειωμένης λιποπεριεκτικότητας , όπως αναλύονται και στην εργασία του Mistry (2001), διακρίνονται σε αυτές που σχετίζονται α) με τις τεχνικές επεξεργασίας, β) με την επιλογή καλλιεργειών - εκκινητών και γ) με την προσθήκη σταθεροποιητών και υλικών αντικατάστασης του αφαιρούμενου λίπους.

α) Τεχνικές επεξεργασίας: Εφαρμόζεται η χρησιμοποίηση χαμηλής θερμοκρασίας κατά την παρασκευή του πήγματος και το υψηλό pH κατά την στράγγιση (για την αποφυγή υπεροξείδωσης από πιθανή αύξηση της ζύμωσης της λακτόζης), τα οποία βοηθούν στην μεγαλύτερη συγκράτηση υγρασίας στο τυρόπηγμα, με αποτέλεσμα καλύτερη δομή στο τυρί και αύξηση της απόδοσης.

Το γάλα που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης του λίπους στο επιθυμητό ποσοστό στο τυρί, είναι πλήρες γάλα σε ανάμειξη με άπαχη σκόνη γάλακτος, ή γάλα με λιποπεριεκτικότητα 1,8% που προέρχεται είτε απευθείας με υπερδιήθηση, είτε είναι εμπλουτισμένο με σκόνη παρακρατήματος υπερδιηθημένου ή μικροφιλτραρισμένου γάλακτος. Σε ημίσκληρα τυριά μειωμένης λιποπεριεκτικότητας που χρησιμοποιήθηκε μικροδιηθημένο γάλα, παρατηρήθηκαν οργανοληπτικές ιδιότητες παρόμοιες με των αντίστοιχων τυριών με πλήρη λιπαρά, λόγω της μειωμένης παρουσίας πρωτεϊνών ορού, οι οποίες παρακρατήθηκαν κατά το μικροφιλτράρισμα (Rodriguez et. al., 1999).

Η αναλογία καζεΐνης προς λίπος στο γάλα, επίσης λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της τελικής λιποπεριεκτικότητας στο τυρί.

Η τεχνική ξεπλύματος του πήγματος με νερό, για την αύξηση του ποσοστού υγρασίας στο τυρί, την απομάκρυνση της περίσσειας λακτόζης και του διαλυτούτου ασβεστίου, που βοηθά στην καλύτερη δομή του παραγόμενου τυριού, έχει μειονέκτημα, διότι οδηγεί σε προϊόν με φτωχή γεύση και άρωμα.

Η μείωση του pH του γάλακτος της τυροκόμησης για την διαλυτοποίηση του Ca, μπορεί να επιτευχθεί με χρησιμοποίηση άπαχου γάλακτος στο οποίο έχουν προστεθεί καλλιέργειες που του προκαλούν μείωση του pH, το οποίο μετατρέπει το κολλοειδές ασβέστιο στην διαλυτή του μορφή, η οποία μετά απομακρύνεται από το πήγμα κατά την στράγγιση.

Άλλες μέθοδοι αύξησης της υγρασίας, είναι η χρησιμοποίηση μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού που αυξάνουν παράλληλα και την απόδοση σε τυρί, ή η χρησιμοποίηση βουτυρογάλακτος που συμπυκνώθηκε με υπερδιήθηση. Το τελευταίο βελτίωσε τη δομή των τυριών καθώς και τις ιδιότητές τους κατά το λιώσιμο, σε όσα τυριά ενδιαφέρει αυτή η ιδιότητα,

επειδή περιέχει τις μεμβράνες των λιποσφαιρίων, που προστίθενται στο πήγμα και δεν αφήνουν να δημιουργηθεί ελεύθερο έλαιο κατά το λιώσιμο.

β) Επιλογή καλλιεργειών – εκκινητών: Όσον αφορά τις καλλιέργειες εκκινητές, αυτές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των τυριών, λόγω της συμβολής τους στην πρωτεόλυση και ως εκ τούτου στην δημιουργία της υφής, της γεύσης και του αρώματος. Στα τυριά με χαμηλά λιπαρά, λόγω της τροποποίησης της σύστασής τους, προκαλούνται αλλαγές στον μικροβιακό μεταβολισμό με αποτέλεσμα την αλλαγή στα χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανονικές καλλιέργειες – εκκινητές, όπως μεσόφιλοι λακτόκοκκοι και θερμόφιλοι μικροοργανισμοί – εκκινητές, με προϋπόθεση τον έλεγχο της παραγωγής γαλακτικού οξέος και της πρωτεολυτικής τους δραστηριότητας. Η μείωση της θερμοκρασίας παρασκευής του τυροπήγματος αυξάνει την δραστηριότητα των μεσόφιλων καλλιεργειών, με αποτέλεσμα την μικρή αυτόλυση και την παραγωγή περισσότερης ποσότητας πρωτεασών. Η υψηλή υγρασία του πήγματος οδηγεί σε μικρότερο ποσοστό άλατος, με αποτέλεσμα την αυξημένη βακτηριακή δραστηριότητα που οδηγεί σε ταχεία παραγωγή πικρών πεπτιδίων. Οι μικροοργανισμοί που επιλέγονται πρέπει να μπορούν να υποβάλλονται σε αυτόλυση στις χαμηλές θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή του πήγματος και στην υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Είναι επίσης επιθυμητό να επιλέγονται μικροοργανισμοί με μικρή πρωτεολυτική και μεγάλη πεπτιδολυτική ικανότητα. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την ωρίμανση έχει ως αποτέλεσμα στα τυριά με μειωμένα λιπαρά, την γρήγορη ανάπτυξη οξυγαλακτικών βακτηρίων μη εκκινητών. Με τη χρησιμοποίηση βακτηριοσινών που παράγονται από κάποια στελέχη οξυγαλακτικών βακτηρίων -εκκινητών, μπορεί να ελεγχθεί αυτό το φαινόμενο, να αποτραπεί η ανάπτυξη ανεπιθύμητων στελεχών και να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η χρησιμοποίηση στελεχών μικροοργανισμών – εκκινητών που παράγουν εξωπολυσακχαρίτες για την αύξηση της ποιότητας των παραγόμενων τυριών, είναι άλλη μια πρακτική. Οι εξωπολυσακχαρίτες αυξάνουν την υγρασία στο πήγμα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι πολυσακχαρίτες παραμένουν γύρω από το βακτηριακά κύτταρα δημιουργώντας μια κάψουλα, αυξάνουν την διάμετρο των βακτηριακών κυττάρων και βοηθούν έτσι στην διάσπαση της πρωτεϊνικής μήτρας.

Εξασθενημένα βακτηριακά κύτταρα που απελευθερώνουν εύκολα ένζυμα για την ανάπτυξη της γεύσης και του αρώματος στα τυριά, μπορούν επίσης να προστεθούν. Στους εξασθενημένους μικροοργανισμούς, η παραγωγή γαλακτικού οξέος είναι μειωμένη αλλά η

πρωτεολυτική τους δραστηριότητα συνεχίζεται. Υπάρχει το ενδεχόμενο βέβαια να αναπτυχθούν πικρές γεύσεις λόγω της απουσίας ενδοκυτταρικών αμινοπεπτιδασών.

Συμπληρωματικές καλλιέργειες – μη εκκινητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της γεύσης και του αρώματος καθώς και την ανάπτυξη λειτουργικών ιδιοτήτων στα τυριά μειωμένων λιπαρών. Η χρησιμοποίηση ενζύμων αντί βακτηρίων, για την βελτίωση της υφής της γεύσης και του αρώματος έχει και αυτή αποδειχθεί επιτυχής.

γ) Προσθήκη σταθεροποιητών και υλικών αντικατάστασης του αφαιρούμενου λίπους: Αυτή περιλαμβάνει την αντικατάσταση του κενού που μένει, με χρησιμοποίηση συστατικών, όπως διάφορα κόμμεα, καραγεννάνη, κυτταρίνες ζελατίνη, προϊόντα με βάση το άμυλο και πρωτεΐνες προερχόμενες από το γάλα ή το αυγό.

2.4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΧΑΜΗΛΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΙΔΕΣ

Ο κανονισμός (ΕΚ) 1924/2006, σχετικά με τους ισχυρισμούς διατροφής και υγείας που διατυπώνονται στα τρόφιμα, περιέχει τη φράση τρόφιμο με «ΧΑΜΗΛΑ ΛΙΠΑΡΑ». Ο ισχυρισμός αυτός συμφωνα με τον οποίο το τρόφιμο έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά καθώς και κάθε ισχυρισμός που ενδέχεται να έχει το ίδιο νόημα για τον καταναλωτή και μπορεί να χρησιμοποιείται μόνον όταν το προϊόν δεν περιέχει περισσότερα από 3 g λιπαρών ανά 100 g για στερεές τροφές ή 1,5 g λιπαρών ανά 100 ml για υγρές τροφές (1,8 g λιπαρών ανά 100 ml για το ημιαποβουτυρωμένο γάλα). Επίσης ο ισχυρισμός «ΜΕΙΩΜΕΝΩΝ ΘΕΡΜΙΔΩΝ (LIGHT/LITE)» είναι ο ισχυρισμός συμφωνα με τον οποίο το προϊόν είναι μειωμένων θερμίδων, και κάθε ισχυρισμός που ενδέχεται να έχει το ίδιο νόημα για τον καταναλωτή και πρέπει να πληροί τις ίδιες προϋποθέσεις με αυτές που καθορίζονται για τον όρο «μειωμένο»· ο ισχυρισμός πρέπει επίσης να συνοδεύεται από ένδειξη του ή των χαρακτηριστικών που καθιστούν το προϊόν «μειωμένων θερμίδων» («light» ή «lite»). Σύμφωνα με τον ανωτέρω κανονισμό «ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ» (ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ): Είναι ο ισχυρισμός σύμφωνα με τον οποίο έχει μειωθεί η περιεκτικότητα μιας ή περισσοτέρων θρεπτικών ουσιών, και κάθε ισχυρισμός που ενδέχεται να έχει το ίδιο νόημα για τον καταναλωτή και μπορεί να χρησιμοποιείται μόνον όταν η περιεκτικότητα έχει μειωθεί τουλάχιστον κατά 30 % σε σύγκριση με παρόμοιο προϊόν, εκτός από την περίπτωση ιχνοστοιχείων όπου επιτρέπεται διαφορά της τάξης του 10 % ως προς τις τιμές αναφοράς που ορίζονται με την οδηγία 90/496/ΕΟΚ, και του νατρίου, ή της ισοδύναμης τιμής νατρίου, όπου επιτρέπεται διαφορά της τάξης του 25 %.

3. ΤΥΡΙΑ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ

3.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ

Τα τυριά με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων έχουν χαρακτηριστική εμφάνιση με μια λευκή στρώση μυκηλιακών υφών του μύκητα *Penicillium camemberti* να απλώνεται σαν χαλί στην επιφάνεια τους. Επίσης έχουν το τυπικό άρωμα και τη γεύση του είδους τους λόγω των διαφοροποιήσεων τους σε σχέση με τα υπόλοιπα τυριά ως προς στην απελευθέρωση ουσιών κατά την ωρίμανση. Τα τυριά αυτά αν και κατέχουν μικρό μερίδιο στην αγορά γαλακτοκομικών προϊόντων. Αυτά γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή ενώ οι απαιτήσεις της αγοράς για αυτά τα προϊόντα συνεχώς αυξάνεται. Τυπικά παραδείγματα τυριών με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων, είναι το Camembert και το Brie (εικόνες 2,3).

Το Camembert είναι ένα γαλλικό μαλακό τυρί, που έχει προέλευση από την Νορμανδία, βόρεια της Γαλλίας. Είναι μικρό επίπεδο και κυλινδρικό με περίπου 10cm διάμετρο, 5cm πλάτος και ζυγίζει περίπου 250g. Έχει υγρασία 46-47% και λίπος επί ξηρού τουλάχιστον 40%. Παραδοσιακά για την παρασκευή του χρησιμοποιείται νωπό γάλα αλλά σε βιομηχανικό επίπεδο χρησιμοποιείται παστεριωμένο αγελαδινό γάλα. Έχει μαλακιά υφή και συχνά μπορεί να γίνει και αλοιφώδες ανάλογα με τον βαθμό ωρίμανσης. Έχει ήπια αρωματική και πικάντικη γεύση. Η ονομασία Camembert από μόνη της δεν κατοχυρώθηκε ως προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (Π.Ο.Π.), αλλά ως Π.Ο.Π. κατοχυρώθηκε και κυκλοφορεί το *Camembert de Normandie.*

Το Brie είναι κι αυτό επίπεδο κυλινδρικό μαλακό τυρί με μεγαλύτερη διάμετρο από το Camembert που έχει την χαρακτηριστική δομή και άρωμα των τυριών αυτού του είδους.

Άλλα τυριά είναι το Carre΄ de l’Est, το Neufchaˆ tel, το Tomme de St. Marcellin, και το Coulommier. Τα περισσότερα τυριά παράγονται στη Γαλλία αλλά και άλλες χώρες, κυρίως Ευρωπαϊκές, ακολουθούν με μικρότερες όμως ποσότητες, όπως η Γερμανία η Δανία καθώς και εκτός Ευρώπης οι Η.Π.Α. η Αυστραλία, η Αργεντινή και η Νέα Ζηλανδία.

Υπάρχουν και είδη τυριών στα οποία εκτός από την επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων υπάρχει και ανάπτυξη μυκήτων στο εσωτερικό του τυριού (όπως τα μπλέ τυριά). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το τυρί Cambazola.

Το ελληνικό τυρί κοπανιστή (εικόνα 4) είναι ένα εξαιρετικής ποιότητας μαλακό αλοιφώδες τυρί Π.Ο.Π. το οποίο σύμφωνα με τις προδιαγραφές παρασκευής του, κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, διατηρείται χωρίς καμία επέμβαση, μέχρι να αναπτυχθεί στην επιφάνειά του άφθονη μικροβιακή ανάπτυξη. Όταν συμβεί αυτό, η μάζα του τυριού ζυμώνεται

κατά τρόπο ώστε η μικροβιακή ανάπτυξη να διασκορπιστεί ομοιόμορφα στο τυρί και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 2-4 φορές μέχρι να ωριμάσει το τυρί. Αυτό διαρκεί συνήθως 30-40 ημέρες. Για να ελεγχθεί η ωρίμανση συχνά το φρέσκο τυρόπηγμα αναμειγνύεται με καλής ποιότητας παλαιά κοπανιστή σε αναλογία που μπορεί να φτάσει και το 10%. Το αποτέλεσμα η πικάντική γεύση και το πλούσιο άρωμα.

Υπάρχουν και κάποιες ποικιλίες τυριών από κατσικίσιο γάλα οι οποίες αναπτύσσουν επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, αλλά η μικροχλωρίδα τους είναι συνήθως ανεξέλεγκτη και η γεύση των τυριών είναι ισχυρή. Αυτό οφείλεται στην παρουσία μικρής αλύσου λιπαρών οξέων. Επίσης ο φλοιός των τυρίων αυτών είναι χρωματισμένος, ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης βακτηρίων.

Εικόνα 2: *Camembert de Normandie (http://fr.wikipedia.org/wiki/Camembert_de_Normandie)*

Εικόνα 3: *Brie de Meaux (http://fr.wikipedia.org/wiki/Brie_(fromage))*

Εικόνα 4: *Κοπανιστή (http://fr.wikipedia.org/wiki/Brie_(fromage))*

3.2. Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM ΣΤΗΝ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ.

Στην τυροκόμηση και ιδιαίτερα στην παραγωγή τυριών με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων, ο μύκητας που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ο *Penicillium camemberti* ο οποίος αναφέρεται και ως *P. candidum, P. caseicolum, P. caseicola,* and *P. album*. Όσον αφορά την συστηματική ταξινόμησή του, αυτός ανήκει στο βασίλειο των μυκήτων, φύλο Ascomycota, υποσυνομοταξία Pezizomycotina, κλάση Eurotiomycetes, υποκλάση Eurotiomycetidae, τάξη Eurotiales, οικογένεια Trichocomaceae και γένος Penicillium (MycoBank International Mycological Association).

Ο *Penicillium camemberti* παράγει λευκές αποικίες που γίνονται ανοικτές γκρί – πράσινες με το πέρασμα του χρόνου. Τα κονίδια που παράγει είναι λευκά ή γκρίζα, μεγάλα και σφαιρικά. Η ανάπτυξή του λαμβάνει χώρα στους 5°C. Στους 37°C δεν αναπτύσσεται. Η περιοχή pH ανάπτυξής του είναι από 3,5 ως 8,5. Στις συνθήκες που επικρατούν στα τυριά, δηλαδή pH 4,7–4,9 και αλατοπεριεκτικότητα 2-4%, ο μύκητας αναπτύσσεται αργά. Αναπτύσσει επιφανειακά στο τυρί ένα σώμα από λεπτές λευκές μυκηλιακές υφές που απλώνονται σαν «χαλί». Από τις υφές του μυκηλίου και από τα κονιδιοσπόρια, παράγονται λιπάσες και πρωτεάσες που έχουν μεγάλη σημασία στην ανάπτυξη χαρακτηριστικών γεύσεων και αρωμάτων στα τυριά.

Η παραγωγή των σπορίων του μύκητα για εμπορική χρήση γίνεται με δύο ειδών μεθόδους, ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται υγρό ή στερεό υπόστρωμα.

Η μέθοδος χρησιμοποίησης υγρού υποστρώματος είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για μεγάλης κλίμακας παραγωγή προϊόντων. Τα σπόρια καλλιεργούνται σε αυστηρά ελεγχόμενες ασηπτικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας υγρό μέσο ανάπτυξης, στο οποίο τα παραγόμενα σπόρια κατόπιν συμπυκνώνονται σε έναν μικρό όγκο. Η επιλογή του μέσου ανάπτυξης γίνεται βάσει του κόστους, της ικανότητας να παράγεται μεγάλη πυκνότητα σπορίων καθώς και της ικανότητας εύκολης συλλογής των παραγόμενων σπορίων. Μετά τον εμβολιασμό, η επώαση συνήθως γίνεται στους 20- 25°C για 10 – 20 ημέρες και κατόπιν η προκύπτουσα βιομάζα με τα σπόρια συμπυκνώνεται με φυγοκέντρηση. Η ανάπτυξη του μύκητα αναστέλλεται με αποστειρωμένο νερό χρησιμοποιώντας παράλληλα έναν επιφανειακά δραστικό παράγοντα όπως το Tween 80 και αναδεύεται για να αποσπαστούν τα σπόρια τα οποία διαχωρίζονται από το μύκητα με διήθηση. Στη συνέχεια το υδατικό εναιώρημα σπορίων συμπυκνώνεται με φυγοκέντρηση και κατόπιν μορφοποιείται σε σβώλους

ή λυοφιλιώνεται ή συντηρείται μέσω βαθειάς κατάψυξης ή γίνεται ξήρανση με χρησιμοποίηση ρευστοποιημένης κλίνης.

Κατά την χρησιμοποίηση στερεού υποστρώματος, ο μύκητας ή τα σπόριά του, εμβολιάζονται σε ειδικά στερεά υποστρώματα τα οποία είναι εμποτισμένα με εξειδικευμένες ουσίες αύξησης όπως το czapek, επωάζονται στους 20- 25°C για 10 – 20 μέρες. Κατόπιν διηθούνται για την παραλαβή των σπορίων ή όλο το υπόστρωμα με τα σπόρια ξηραίνεται και κονιοποιείται. Άλλος τρόπος είναι η ανάπτυξη του μύκητα σε τρυβλία Petri ή κεκλιμένο άγαρ που περιέχει κατάλληλο μέσο ανάπτυξης, και τα τρυβλία μετά την παραγωγή των σπορίων, ξεπλένονται με αποστειρωμένο νερό και τα προκύπτοντα εναιωρήματα σπορίων συλλέγονται καθαρίζονται (πλύση, φυγοκέντρηση) και συμπυκνώνονται.

Η προσθήκη του μύκητα στο τυρί γίνεται είτε στο γάλα της τυροκόμησης, ή συνήθως στο φρέσκο τυρόπηγμα πριν ή μετά την αποστράγγιση. Όταν γίνεται μετά την αποστράγγιση, εφαρμόζεται ψεκασμός του μύκητα επιφανειακά με περιστροφή του τυροπήγματος. Άλλος συχνός τρόπος είναι η εμβάπτιση του τυροπήγματος μέσα σε δεξαμενές που περιέχουν αιώρημα των σπορίων. Η συγκέντρωσή τους συνίσταται σε 10^9 σπόρια ανά 1000l γάλακτος ή 1 l εναιωρήματος ψεκασμού ή υγρού εμβάπτισης των τυροπηγμάτων.

Η κύρια δράση του *Penicillium* κατά την ωρίμανση των τυριών, είναι η παραγωγή υδρολυτκών ενζύμων, κυρίως πρωτεολυτικών και λιπολυτικών τα οποία συμμετέχουν σε αντιδράσεις παραγωγής ουσιών που προσδίδουν χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση στα τυριά και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην υφή τους.

Τα πρωτεολυτικά ένζυμα είναι εξωκυτταρικές ενδοπεπτιδάσες και εξωπεπτιδάσες. Στον *Penicillium camemberti* το εξωκυτταρικό πρωτεολυτικό σύστημα περιλαμβάνει δύο ενδοπετιδάσες και δυο εξωπεπτιδάσες και είναι σημαντικότερο από την πρωτεολυτική δραστηριότητα των οξυγαλακτικών βακτηρίων στα τυριά. Η κύρια ενδοπεπτιδάση είναι μια μεταλλοπρωτεϊνάση η οποία παράγεται κατά την διάρκεια ανάπτυξης του μύκητα σε pH 6,5 αλλά είναι σταθερή σε ένα εύρος pH από 4,5 εως 8,5 με βέλτιστη δραστηριότητα σε καζεϊνικό υπόστρωμα με pH 5,5 με 6. Η ενζυμική υδρόλυση κατευθύνεται κυρίως στην αs1 – καζεΐνη παρά στην β ή στην κ – καζεΐνη. Η άλλη ενδοπεπτιδάση είναι μια όξινη πεπτιδάση που αλλιώς αναφέρεται και ως ασπαρτική πρωτεϊνάση. Παράγεται σε ανάπτυξη του μύκητα σε pH 4 και είναι σταθερή σε pH 3,5 εως 5,5 με μεγαλύτερη ενεργότητα σε pH 5. Υδρολύει περισσότερο την αs1 καζεΐνη καθώς και την β και την κ – καζεΐνη. Αυτά τα ενζυμα έχουν ευρεία εξειδίκευση και αυξάνουν το διαλυτό και το μη πρωτεϊνικό άζωτο. Υδρολύουν ελάχιστα τα πεπτίδια βραχείας αλυσίδας και δεν ελευθερώνουν καθόλου αμινοξέα. Οι εξωπεπτιδάσες περιλαμβάνουν μια αλκαλική αμινοπεπτιδάση και μια όξινη καρβοξιπεπτιδάση με μέγιστες

ενεργότητες σε pH 8 -8,5 και 3,5-5,5 αντίστοιχα. Η καρβοξυπεπτιδάση έχει ιδιότητες παρόμοιες με αυτές της καρβοξυπεπτιδάσης της σερίνης και έχει αναφερθεί ότι μειώνει την πικρή γεύση με την υδρόλυση των πικρών πεπτιδίων.

Όσον αφορά τη λιπόλυση, αυτή είναι ισχυρότερη από τα ένζυμα του *Penicillium* στο τυρί παρά από τα ενδογενή ένζυμα του γάλακτος ή από τα ένζυμα των μικροοργανισμών – εκκινητών. Η λιπολυτική δραστηριότητα είναι πιο μεγάλη στην επιφάνεια των τυριών όπου αναπτύσσεται και ο μύκητας. Η λιπάση του *Penicilliun camemberti* έχει βέλτιστη ενεργότητα σε pH 8,5- 9,5 στους 35°C. Ο βαθμός της λιπόλυσης αυξάνει σε πολύ μεγάλο βαθμό μετά από 6-10 μέρες ωρίμανσης που συμπίπτει με την έναρξη ανάπτυξης του μύκητα. Η δραστηριότητα αυξάνει παράλληλα με την ανάπτυξη και την λύση των κυττάρων του μύκητα. Με την υδρόλυση του λίπους του γάλακτος απελευθερώνονται ελεύθερα λιπαρά οξέα που συμβάλλουν άμεσα στην γεύση και το άρωμα των τυριών. Έμμεσα πολλά λιπαρά οξέα οξειδώνονται προς καρβονυλικές ενώσεις και ακόμα παραπέρα σε δευτεροταγείς αλκοόλες. Επίσης μπορεί να συντεθούν και εστέρες, αλδεΰδες και λακτόνες. Η παραγωγή μεθυλοκετονών μέσω β-οξείδωσης γίνεται σε βέλτιστο pH 5-7(Blank, 1999).

Στην εικόνα 5 φαίνεται η ανάπτυξη του *Penicillium candidum*στο τυρί της παρούσας εργασίας.

Εικόνα 5: *Επιφανειακή ανάπτυξη του μύκητα Penicillium candidum στο τυρί από αίγειο γάλα της παρούσας εργασίας.*

3.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ

Η τεχνολογία παρασκευής των τυριών με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων ξεκινά με την επιλογή του γάλακτος προς τυροκόμηση. Αυτό πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας χημικά και μικροβιολογικά. Κατά το βιομηχανοποιημένο τρόπο παρασκευής των τυριών, το γάλα αρχικά παστεριώνεται ή υφίσταται κάποιου είδους θερμική επεξεργασία ενώ με τον παραδοσιακό τρόπο παρασκευής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και νωπό γάλα. Με την θερμική επεξεργασία του γάλακτος, είναι πιο ελεγχόμενες οι βιοχημικές και μικροβιολογικές μεταβολές που θα ακολουθήσουν, αφού καταστρέφονται τυχόν παθογόνα που υπάρχουν στο γάλα και αδρανοποιείται το μεγαλύτερο μέρος των ενδογενών ενζύμων. Κατόπιν προστίθενται στο γάλα οι καλλιέργειες – εκκινητές, σε ποσότητα 0,1%, οι οποίες αποτελούνται συνήθως από ομοζυμωτικά μεσόφιλα οξυγαλακτικά βακτήρια όπως είναι οι *Lactococcus lactis ssp. lactis* και *Lc. lactis ssp. cremoris*, οι οποίες παράγουν γαλακτικό οξύ και ρίχνουν το pH του τυροπήγματος. Ταυτόχρονα προστίθενται η πυτιά και το $CaCl_2$ (0,02%) για να ξεκινήσει η πήξη. Σε βιομηχανικό επίπεδο, συνήθως στο γάλα της τυροκόμησης, ρίχνουν και την καλλιέργεια που κατόπιν θα αναπτυχθεί επιφανειακά στο τυρί όπως είναι ο μύκητας *Penicillium camemberti.* Σε άλλη περίπτωση, αυτή προστίθεται στο φρέσκο τυρόπηγμα επιφανειακά με ψεκασμό. Κατά το στάδιο της στράγγισης το πήγμα κόβεται σε μεγάλους κύβους και αναδεύεται ελαφρά, ώστε να αποφευχθεί η συναίρεση, γιατί τα τυριά αυτού του είδους έχουν μεγάλη σχετική υγρασία (45-55%). Κατόπιν το πήγμα τοποθετείται σε ειδικά καλούπια που αναστρέφονται ανά τακτά διαστήματα (συνήθως ανά 3 ώρες) με ταυτόχρονη άσκηση πίεσης, ίσης με το βάρος του πήγματος. Αφού πέσει το pH στο 4,6- 4,9 το τυρόπηγμα αλατίζεται με 1,5 – 2,5 % αλάτι το οποίο σταματάει ως ένα βαθμό την παραπέρα πτώση του pH. Κατά την παραμονή του πήγματος σε συνθήκες 10-12°C, σχετικής υγρασίας 85-95% για 10 έως 12 μέρες, ο μύκητας που προστέθηκε, αναπτύσσεται σε μια λευκή στρώση επιφανειακά των τυριών και δίνει μια χαρακτηριστική εμφάνιση των τυριών αυτού του είδους. Μετά το πέρας των 10- 12 ημερών, τα τυριά πακετάρονται στην τελική τους συσκευασία και διατηρούνται σε θερμοκρασία 4 ^{o}C για άλλες 7-10 ημέρες περίπου. Οι διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά μεταξύ των τυριών με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων, οφείλονται σε λεπτομέρειες που αλλάζουν κατά την παρασκευή τους, από την παραπάνω διαδικασία που περιγράφηκε (Sousa, 2003).

3.4. ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΥΚΗΤΩΝ

Κατά την ωρίμανση των τυριών, τρία είναι τα κυριότερα βιοχημικά μονοπάτια που ακολουθούνται:

α) Η ζύμωση της λακτόζης με παραγωγή κυρίως γαλακτικού οξέος

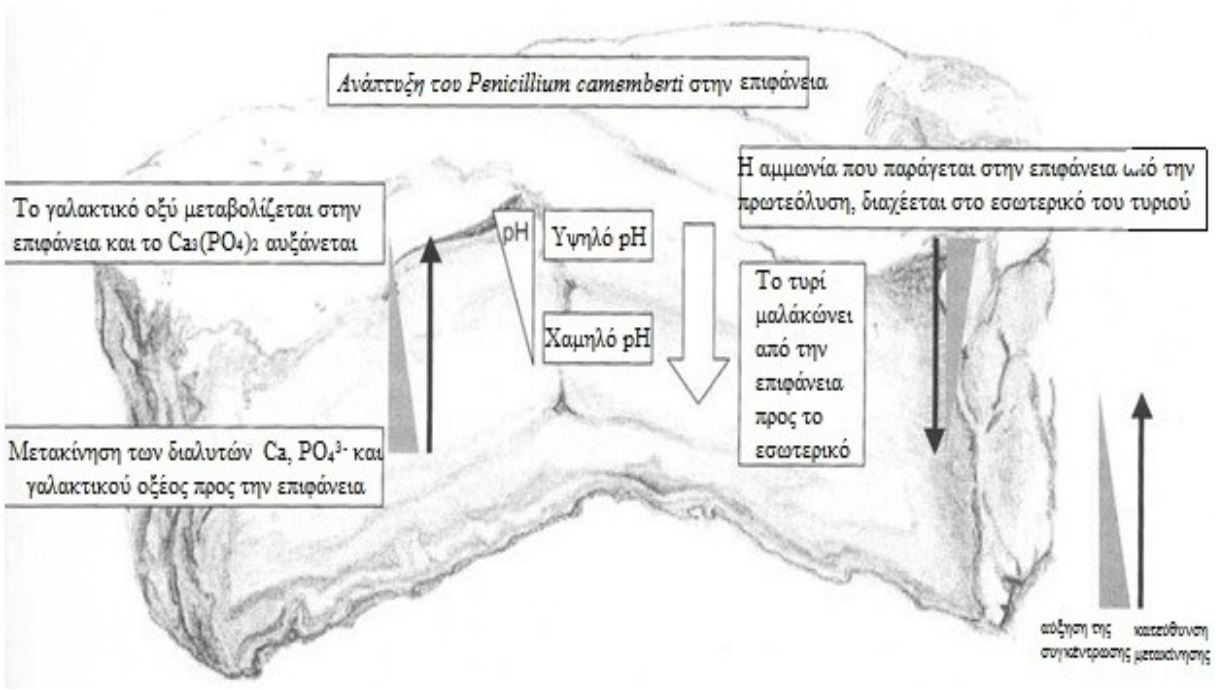
β) η λιπόλυση

γ) η πρωτεόλυση.

Παρακάτω αναλύονται με τη σειρά που αναφέρθηκαν τα τρία μεταβολικά βήματα.

α) Η ζύμωση της λακτόζης:

Η ζύμωση της λακτόζης γίνεται κυρίως από τις καλλιέργειες-εκκινητές, με παραγωγή L-γαλακτικού οξέος. Αυτό κατόπιν καταβολίζεται από τους μύκητες που αναπτύχθηκαν επιφανειακά στο τυρί προς CO_2 και H_2O, με αποτέλεσμα την μείωση της οξύτητας του τυριού. Το pH αυξάνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην επιφάνεια του τυριού κυρίως κατά την έκτη με έβδομη ημέρα τότε που αναπτύσσεται και ο μύκητας. Το pH βαθμιαία αυξάνεται από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του τυροπήγματος, προκαλώντας την μετακίνηση του γαλακτικού οξέος προς την επιφάνεια. Τα ιόντα Ca^{2+} στην επιφάνεια μετατρέπονται σε $Ca_3(PO_4)_2$ λόγω της αύξησης του pH, προκαλώντας μια παραπέρα μετακίνηση του Ca^{2+} προς την επιφάνεια και μια βαθμιαία μείωση της συγκέντρωσής του στο εσωτερικό, προκαλώντας σημαντική αλλαγή στην υφή του τυριού που γίνεται αισθητά πιο μαλακό, αφού το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την διατήρηση της δομής του τυροπήγματος. Μετά τον καταβολισμό του γαλακτικού οξέος, ο μύκητας καταβολίζει τα αμινοξέα που ελευθερώνονται από τις καζεΐνες με παραγωγή αμμωνίας που προκαλεί επιπλέον αύξηση του pH στο εσωτερικό. Αυτή η μείωση της οξύτητας παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του βακτηρίου *Brevibacterium linens* που εμφανίζεται μετά την ανάπτυξη του μύκητα *Penicillium camemberti* , στην αύξηση της ενεργότητας της πλασμίνης και στην διαδικασία της πήξης (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: *Σχηματική αναπαράσταση των αλλαγών που συμβαίνουν στα τυριά τύπου Camembert κατά την διάρκεια της ωρίμανσης ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης του μύκητα Penicillium camemberti στην επιφάνεια (Fox et. al., 2004).*

β) Λιπόλυση

Οι λιπάσες και οι εστεράσες που υπάρχουν στο τυρί γενικά προέρχονται από το γάλα, την πυτιά, τις καλλιέργειες εκκινητές και δευτερευόντως από τα βακτήρια που αναπτύσσονται μετά και τις επιφανειακές καλλιέργειες μυκήτων όπως ο *Penicillium camemberti.* Η λιπολυτική ικανότητα των ενδογενών ενζύμων του γάλακτος και των καλλιεργειών εκκινητών είναι φτωχή. Η λιπόλυση που συμβαίνει επιφανειακά στο τυρί από τις επιφανειακές καλλιέργειες μυκήτων είναι σημαντική και φτάνει περίπου στο 6-20% των συνολικών λιπαρών οξέων. Ο *Penicillium camemberti* παράγει εξωκυτταρική λιπάση με μεγαλύτερη ενεργότητα σε pH 9 και θερμοκρασία στους 35°C. Καθώς αναπτύσσεται ο μύκητας επιφανειακά και αυξάνεται το pH η λιπολυτική του δράση αυξάνεται παράγοντας κυρίως ελέυθερα λιπαρά οξέα με αριθμό ατόμων άνθρακα από 4 εως 20. Ακολουθεί μια σειρά καταβολικών αντιδράσεων που οδηγούν στην παραγωγή και άλλων ουσιών στο τυρί που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην οσμή και τη γεύση του. Οι μύκητες παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή μεθυλοκετονών καθώς και την ακολουθούμενη παραγωγή δευτεροταγών αλκοολών μέσω της β-οξείδωσης. Η λιπόλυση πάντως δεν συνοδεύεται από ταγγή γεύση του τυριού πιθανώς λόγω της εξουδετέρωσης των λιπαρών οξέων που παράγονται από την μείωση της οξύτητας.

γ) Πρωτεόλυση

Αρχικά η καζεΐνη του τυροπήγματος διασπάται κυρίως σε πεπτίδια μακράς και μεσαίας αλύσου από τις πρωτεάσες της πυτιάς, την πλασμίνη και την καθεψίνη D που προέρχεται από τα σωματικά κύττταρα του γάλακτος της τυροκόμησης. Αυτά τα πεπτίδια αποδομούντα ακόμα περισσότερο προς πεπτίδια μικρής αλύσου και αμινοξέα από πρωτεϊνάσες και πεπτιδάσες των καλλιεργειών – εκκινητών, της δευτερεύουσας μικροχλωρίδας και των επιφανειακών μυκήτων που χρησιμοποιούνται. Επειδή η πλασμίνη δεν απενεργοποιείται με την παστερίωση του γάλακτος και επειδή έχει μεγάλη ενεργότητα σε υψηλό pH είναι ιδιαίτερα ενεργή στην επιφάνεια των τυριών αυτού του τύπου. Η αύξηση του pH αυξάνει επίσης την πρωτεολυτική ικανότητα και των δευτερευόντων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται (Sousa, 2003).

4. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ

Ο όρος «flavor» που χρησιμοποιείται στην αγγλική γλώσσα μπορεί να οριστεί ως ο συνδυασμός της γεύσης, της οσμής, της αίσθησης του πόνου, του καυτού, του κρύου και της αίσθησης της αφής. Στην ελληνική ορολογία δεν υπάρχει όρος που να περιγράφει ακριβώς την αγγλική ορολογία.

Ο όρος «flavor» σημαίνει επίσης, τον εντοπισμό των α) πτητικών ενώσεων, οι οποίες ανιχνεύονται με τη μύτη μέσω των οσφραντικών υποδοχέων της μύτης (διαμέσου της εισπνοής-orthonasal detection ή διαμέσου της στοματικής κοιλότητας μετά την απελευθέρωσή τους κατά τη μάσηση -retronasal detection), β) των μη πτητικών ενώσεων που ανιχνεύονται στη γλώσσα και γ) των ενώσεων που γίνονται αντιληπτές μέσω της αίσθησης που αφήνουν στο στόμα λόγω της υφής τους.

Το πιο έγκυρο μέσο μέτρησης της ιδιότητας που χαρακτηρίζεται ως «flavor» είναι η οργανοληπτική αξιολόγηση από ομάδα δοκιμαστών. Κατά την μέτρηση της ιδιότητας αυτής με χρησιμοποίηση οργάνων, μετρούνται κυρίως τα πτητικά συστατικά. Ο κύριος λόγος είναι ότι το άρωμα έχει σπουδαίο ρόλο στην συνολική αντίληψη αυτού που ονομάζεται «flavor». Επίσης τα πτητικά συστατικά είναι πιο επιδεκτικά συμβατικής ενόργανης ανάλυσης από τις μη-πτητικές ενώσεις. Οι περισσότερες μελέτες σχετίζονται με την ταυτοποίηση των ενώσεων του αρώματος των τροφίμων. Μόνο πρόσφατα, έχουν γίνει κάποιες σημαντικές προσπάθειες για την ανάπτυξη ενόργανων διαδικασιών για τον χαρακτηρισμό μη πτητικών συστατικών στο τυρί που είναι υπεύθυνες για το «flavor».

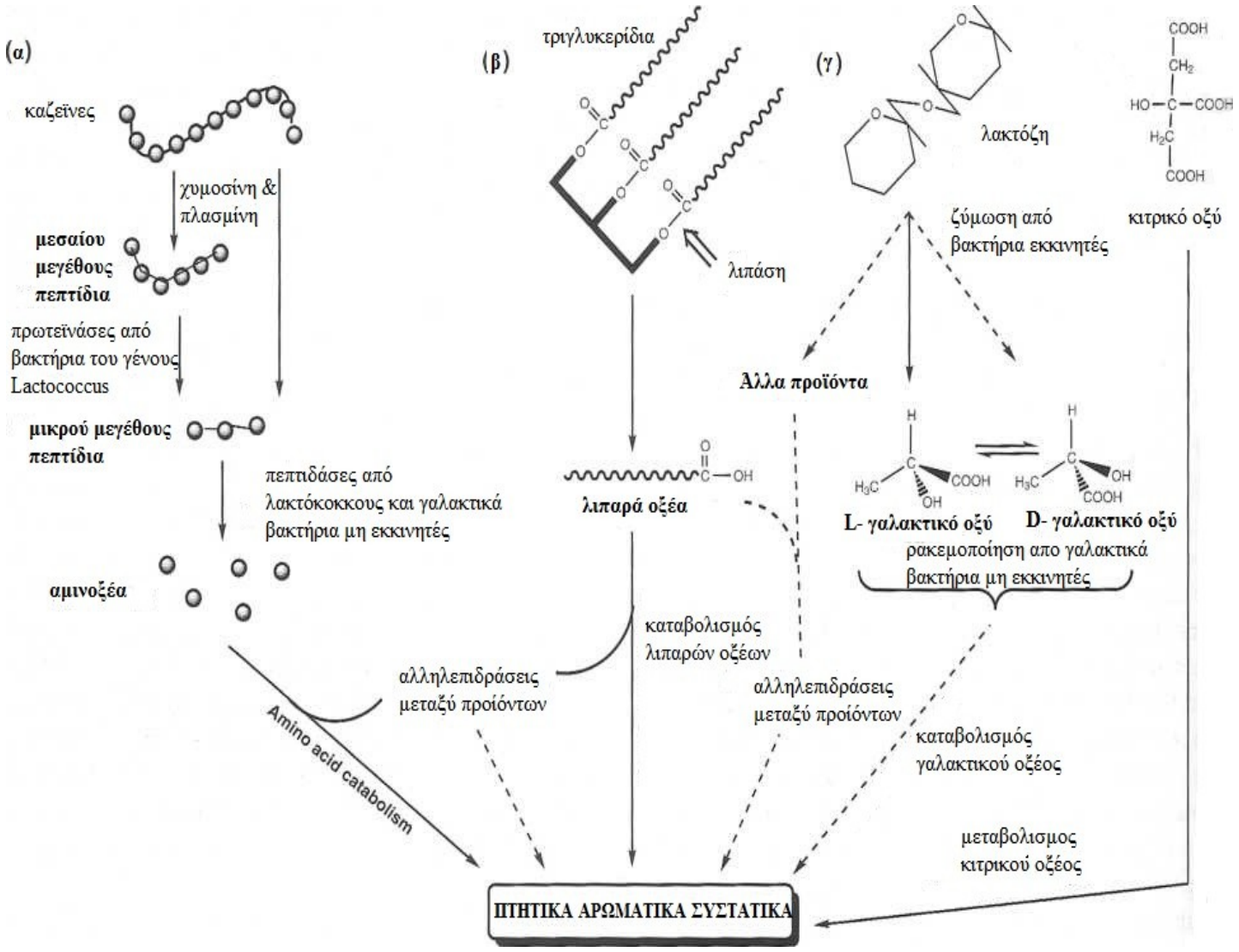
Στα τυριά οι αρωματικές ενώσεις που παράγονται είναι κυρίως υδρόφοβες ή λιπόφιλες και τείνουν να συγκεντρώνονται στο λίπος του τυριού. Δεν υπάρχει μια ενιαία μέθοδος που να αποδίδει την πραγματική εικόνα στο άρωμα των τυριών. Το ολικό πτητικό περιεχόμενο είναι πολύ δύσκολο να συσχετιστεί με το αρωματικό προφίλ που λαμβάνεται από την οργανοληπτκή αξιολόγηση από δοκιμαστές. Για το λόγο αυτό, οι προσπάθειες επικεντρώνονται στον εντοπισμό των ενώσεων εκείνων που είναι πραγματικά σχετικές με τη γεύση και το άρωμα. Πρέπει η μέθοδος απομόνωσης των πτητικών ουσιών να προσανατολίζεται στην απομόνωση των ουσιών αυτών που πραγματικά αντιπροσωπεύουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού. Μετά την εξαγωγή των πτητικών ουσιών από το δείγμα του τυριού που μελετάται, το επόμενο βήμα είναι η χρησιμοποίηση οργανολογίας για την μέτρηση και ταυτοποίηση των ουσιών αυτών. Κύριο ρόλο έχει η αέρια χρωματογραφία – ολφακτομετρία (GC-O) για τον καθορισμό των βασικών πτητικών ενώσεων που συμβάλλουν σημαντικά στο «flavor» του τροφίμου, καθώς και η αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας(GC-MS), η οποία είναι

απαραίτητη για την ταυτοποίηση των βασικών συστατικών που διαμορφώνουν το αρωματικό προφίλ του προϊόντος. Στην GC – O, τα αποτελέσματα που εξάγονται από την υψηλής απόδοσης αέρια χρωματογραφία οδηγούνται σε έναν ειδικό ανιχνευτή. Η επιλεκτικότητα αυτού του ειδικού ανιχνευτή βασίζεται μόνο στην ιδιότητα της οσμής των μεμονωμένων ενώσεων που χωρίζονται από την αέρια χρωματογραφία. Δεδομένου ότι τα πιο άφθονα πτητικά συστατικά μπορεί να έχουν μικρή έως καθόλου επίδραση στην οσμή του τροφίμου, η GC-O είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο για την ταυτοποίηση ενώσεων-στόχων που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της τεχνικής, είναι να διακρίνει τις ενώσεις που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην οσμή του τυριού από αυτές που δημιουργούν ένα « φόντο» στην οσμή. Ένας άλλος στόχος της GC-O είναι η ποσοτική προσέγγιση, με βάση τα όρια ανίχνευσης οσμών ή την ένταση της οσμής που αναπτύσσουν.

Τα υδατοδιαλυτά συστατικά δεν είναι πτητικά, και είναι δύσκολο να προσδιοριστούν ως προς την συνεισφορά τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού. Αυτά αποτελούν ένα περίπλοκο σύμπλεγμα που περιλαμβάνει κυρίως μεταλλικά άλατα, γαλακτικό οξύ, λακτόζη, αμινοξέα και τα πεπτίδια. Εκτός από τη πικρή γεύση κάποιων πεπτιδίων, δεν υπάρχει σαφής εικόνα από διάφορες μελέτες για κάποια άλλη γεύση που μπορεί να προσδίδουν. Ένας επιπρόσθετος λόγος είναι ότι οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται για τη απομόνωση των συστατικών αυτών, δεν είναι βρώσιμοι και έτσι είναι δύσκολος ο συσχετισμός τους με οργανολητική αξιολόγηση από δοκιμαστές. Η οργανολογία που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό τους, είναι η χρωματογραφία διέλευσης μέσω πηκτής (GPC) ή η υψηλής απόδοσης υγρή χρωματογραφία (HPLC). Η τελική ταυτοποίηση περιλαμβάνει γενικά φασματομετρία μάζας (MS) και διαδοχική φασματομετρία μάζας (MS / MS) των αζωτούχων ενώσεων που απομονώνονται χρησιμοποιώντας HPLC.

4.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑ ΤΥΡΙΑ

Κατά την διάρκεια ωρίμανσης των τυριών συμβαίνουν αλλαγές κυρίως στην υφή, το άρωμα και την γεύση τους. Οι αλλαγές αυτές είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων βιοχημικών φαινομένων που συμβαίνουν λόγω του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, του λίπους, της λακτόζης καθώς και σε μερικές περιπτώσεις του κιτρικού οξέος, από τα ένζυμα και τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στο εσωτερικό τους, σε συνδυασμό με τις συνθήκες του περιβάλλοντος στις οποίες ωριμάζουν (σχήμα 8).



Σχήμα 8: *Γενική εικόνα των βιοχημικών μονοπατιών που ακολουθούνται κατά την διάρκεια ωρίμανσης των τυριών.*

Τα τυριά αμέσως μετά την παρασκευή τους είναι συνεκτικά και στερούνται γεύσης. Περιλαμβάνουν όλα τα συστατικά του γάλακτος σε διαφορετική όμως σχέση καθώς μέρος τους μεταφέρεται στο τυρόγαλα. Το γάλα της τυροκόμησης περιέχει ένα μεγάλο αριθμό ενζύμων, τα οποία όμως με την παστερίωση καταστρέφονται, εκτός από την πλασμίνη, την όξινη φωσφατάση και την υπεροξειδάση και για το λόγο αυτό η συμβολή τους στην ωρίμανση των τυριών δεν είναι αξιόλογη, εκτός αν τα τυριά παρασκευάζονται από νωπό γάλα.

Τα ένζυμα της πυτιάς εκτός από τον ρόλο τους στην πήξη, συμμετέχουν και στην ωρίμανση των τυριών με τον πρωτεολυτικό τους χαρακτήρα καθώς μέρος τους μεταφέρεται στο τυρί. Όσο χαμηλότερο είναι το pH το τυριού, τόσο μεγαλύτερη αναλογία της πυτιάς

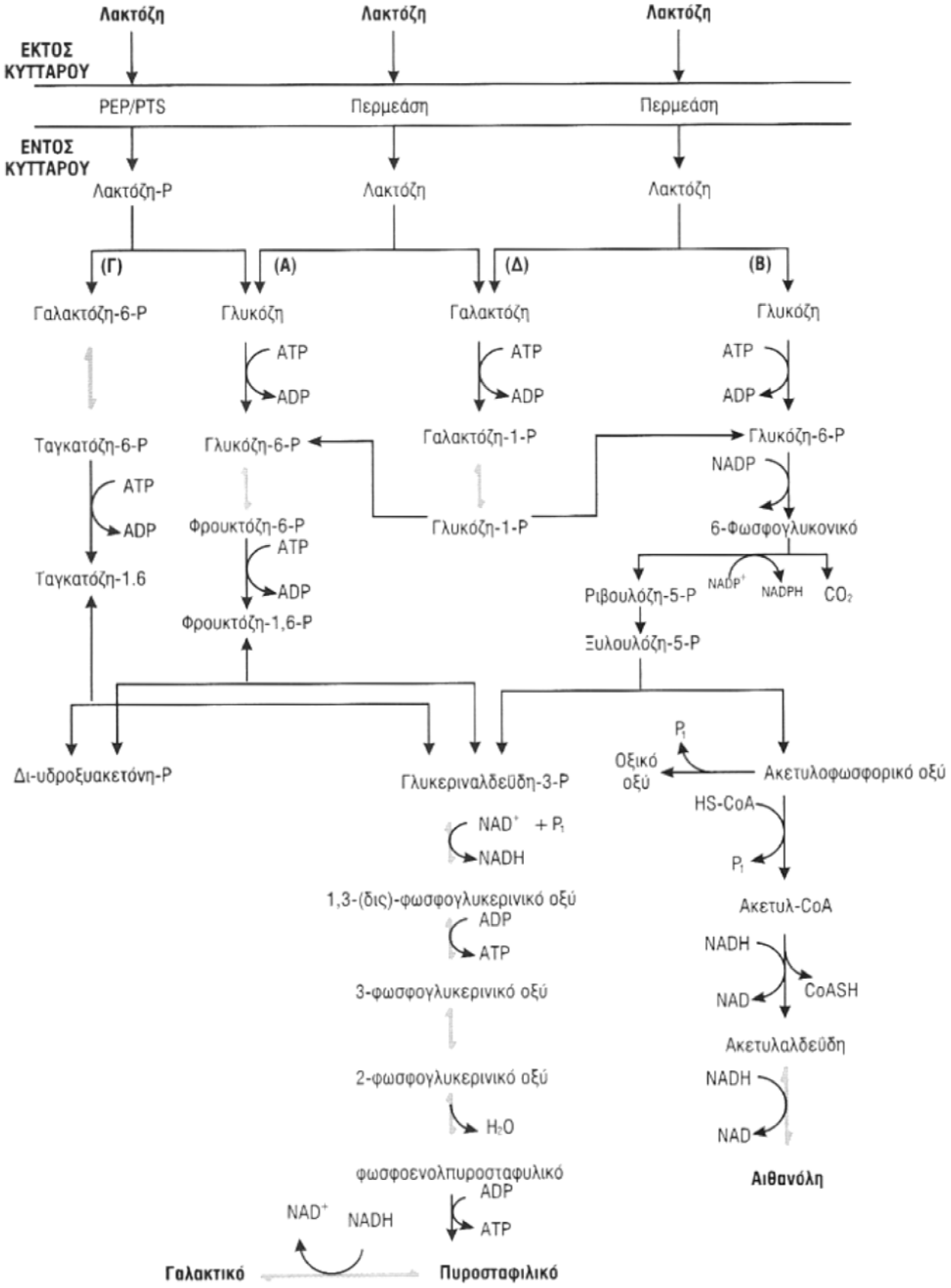
μεταφέρεται στο τυρί. Σε χειρισμούς υψηλών θερμοκρασιών- 54-56°C – η πυτιά καταστρέφεται μερικώς ή ολικώς. Κάποια παρασκευάσματα πυτιάς περιέχουν και λιπάσες οι οποίες συμβάλλουν στην ανάπτυξη αρώματος και γεύσης στο τελικό προϊόν.

Η χρησιμοποίηση οξυγαλακτικών βακτηρίων βοηθάει στον έλεγχο των αποτελεσμάτων της τυροκόμησης. Αναπτύσσονται ταχύτατα και αποκτούν ένα μέγιστο αριθμό προς το τέλος της τυροκόμησης ή λίγο μετά από αυτήν ο οποίος και διατηρείται για κάποιο διάστημα και στην συνέχεια αρχίζει η μείωσή τους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί συμβάλλουν είτε με τα εξωένζυμά τους, είτε κατά κύριο λόγο με τα ενδοένζυμά τους, που απελευθερώνονται και δρουν μετά την αυτόλυσή τους. Σε μερικά είδη τυριών, χρησιμοποιούνται εκτός από τις οξυγαλακτικές καλλιέργειες και μύκητες, όπως ο *Penicillium camemberti* ή ο *Penicillium roqueforti,* οι οποίοι διαθέτουν πολύπλοκο και ισχυρό εξωκυτταρικό ενζυμικό σύστημα που συμβάλλει σημαντικά στην ωρίμανσή τους. Τα βακτήρια και οι ζύμες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των τυριών παράγουν επίσης πρωτεάσες και πεπτιδάσες που συμβάλλουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στην ωρίμανση.

Οι κύριες βιοχημικές μεταβολές που συμβαίνουν προς παραγωγή αρωματικών συστατικών είναι ο μεταβολισμός της λακτόζης, η πρωτεόλυση και η λιπόλυση οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

4.1.1. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΛΑΚΤΟΖΗΣ

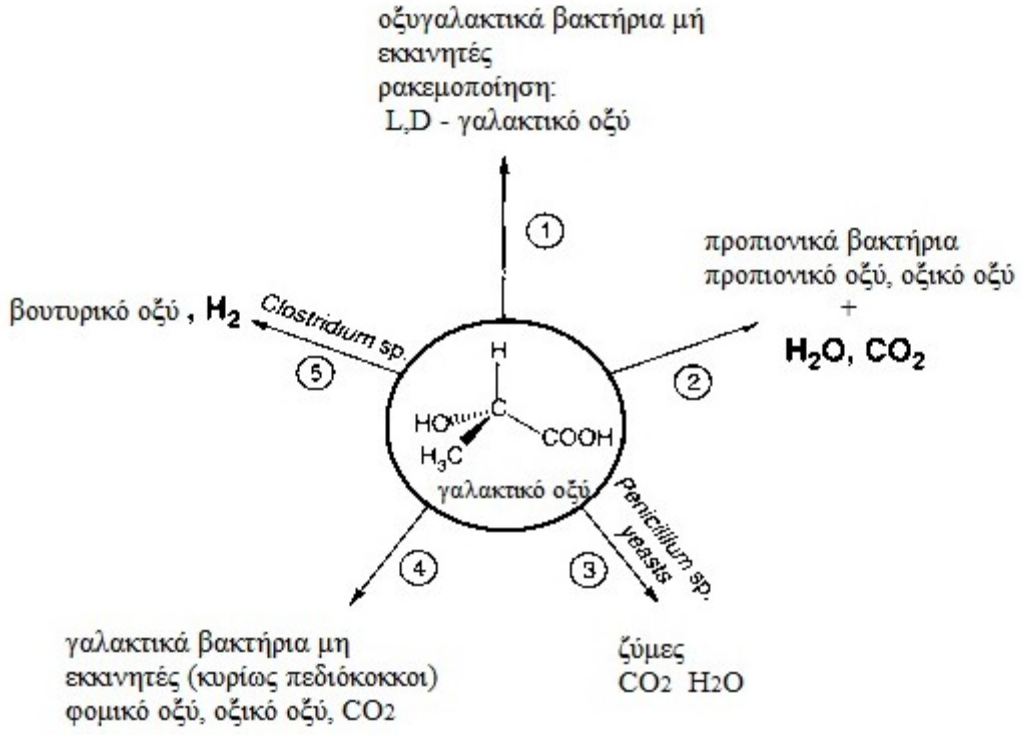
Τα τυριά αμέσως μετά την παρασκευή τους περιέχουν 0,7-1,5% λακτόζη ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους. Η λακτόζη αποτελεί πηγή ενέργειας διαφόρων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στα τυριά και παράγουν μεταβολικά προϊόντα, συμβάλλοντας σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τυριών. Η μετατροπή της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ (γαλακτική ζύμωση) επιτυγχάνεται μέσω πολύπλοκων βιοχημικών αντιδράσεων όπως φαίνεται στην εικόνα.



Σχήμα 9: *Η ζύμωση της λακτόζης από τα οξυγαλακτικά βακτήρια. .(Ανυφαντάκης 2004)*

Η γαλακτική ζύμωση μπορεί να είναι ομοιοζυμωτική ή ετεροζυμωτική. Στην ομοιοζυμωτική ζύμωση τα οξυγαλακτικά βακτήρια διαθέτουν το ένζυμο αλδολάση και παράγουν ως τελικό προϊόν ζύμωσης το γαλακτικό οξύ σε ποσοστό >85%. Τα είδη του γένους Lactococcus παράγουν από ένα μόριο λακτόζης και 4 μόρια γαλακτικού οξέος ενώ τα είδη των οξυγαλακτικών βακτηρίων Streptococcus thermophylus και Lactobacillus delbrueckii ssp, bulgaricus παράγουν από ένα μόριο λακτόζης και 2 μόρια γαλακτικού οξέος. Στην ετεροζυμωτική ζύμωση της λακτόζης τα βακτήρια διαθέτουν το ένζυμο φωσφοκετολάση και παράγουν εκτός από γαλακτικό οξύ και άλλους μεταβολίτες όπως αιθανόλη ή οξικό οξύ και CO_2. Μια άλλη παραλλαγή της ετεροζυμωτικής ζύμωσης είναι αυτή που ακολουθούν τα είδη του γένους Bifitobacterium στην οποία από ένα μόριο γλυκόζης παράγεται 1,5 mol οξικού οξέος και 1mol γαλακτικού οξέος. Εκτός από την γαλακτική ζύμωση η διάσπαση της λακτόζης πραγματοποιείται μέσω της αλκοολικής ζύμωσης που προκαλείται κυρίως από τις ζύμες σε οξυγάλατα προϊόντα κατά την οποία παράγεται αιθανόλη, της προπιονικής ζύμωσης από προπιονοβακτήρια κατά την οποία παράγεται προπιονικό οξύ, οξικό οξύ και CO_2 δημιουργώντας οπές σε διάφορα είδη τυριών. Μύκητες όπως ο Penicillioum camemberti μεταβολίζουν στην επιφάνεια των τυριών το γαλακτικό οξύ προς CO_2 και H_2O συμβάλλοντας στην ιδιαίτερη υφή τω τυριών. Πολλά βακτήρια μη εκκινητές ρακεμοποιούν το D-γαλακτικό οξύ σε L – γαλακτικό οξύ. Κατά την ζύμωση της λακτόζης από τις καλλιέργειες εκκινητές και σε χαμηλή αναλογία αλατιού προς υγρασία στο τυρί, παράγεται κυρίως L – γαλακτικό οξύ. Αν ο πληθυσμός των καλλιεργειών-εκκινητών είναι μικρός και υπάρξει μεγάλη ανάπτυξη μικροοργανισμών μη εκκινητών καθώς και συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, παράγεται μεγάλη ποσότητα D-γαλακτικού οξέος λόγω μεταβολισμού της λακτόζης από αυτούς τους μικροοργανισμούς ή λόγω ισομερείωσης του L – γαλακτικού οξέος. Η βουτυρική ζύμωση πραγματοποιείται κυρίως από βακτήρια του γένους Clostridium παράγοντας βουτυρικό οξύ. Επίσης, απαντάται η ζύμωση τύπου Escherischia coli κατά την οποία παράγονται ανεπιθύμητα αέρια CO_2, H_2 σε ίσες ποσότητες, διάφορα οργανικά οξέα (γαλακτικό οξικό, μυρμηκικό, ηλεκτρικό) και αιθανόλη. Οι δύο τελευταίες ζυμώσεις είναι γενικά ανεπιθύμητες.

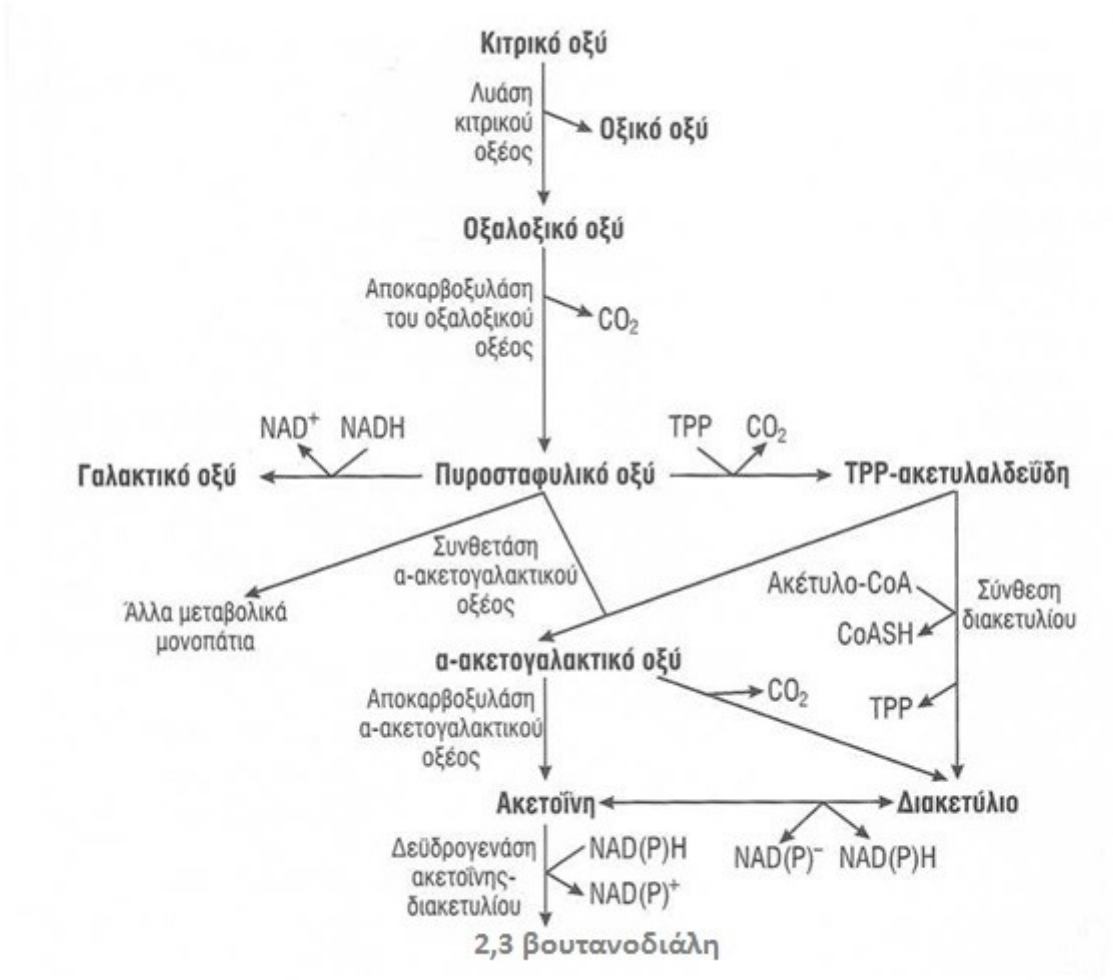
Στο σχήμα 10 παρουσιάζονται τα μονοπάτια μεταβολισμού του γαλακτικού οξέος κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών.



Σχήμα 10: *Μονοπάτια μεταβολισμού του γαλακτικού οξέος κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών.(Fox et.al. 20004).*

4.1.2. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

Το κιτρικό οξύ υπάρχει σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο τυρί και μεταβολίζεται από ορισμένα μεσόφιλα οξυγαλακτικά βακτήρια (Cit^+ *L. lactis* subsp. *lactis* και *Leuconostoc sp*.) παράγοντας αρωματικά συστατικά. Παράγεται κυρίως CO_2, διακετύλιο, οξικό οξύ, ακετοϊνη και 2,3 – βουτανεδιόλη. (σχήμα 11). Το κιτρικό οξύ δεν μεταβολίζεται από τους μικροοργανισμούς για παραγωγή ενέργειας αλλά μεταβολίζεται παρουσία άλλου σακχάρου που χρησιμοποιούν οι ανωτέρω μικροοργανισμοί για παραγωγή ενέργειας.

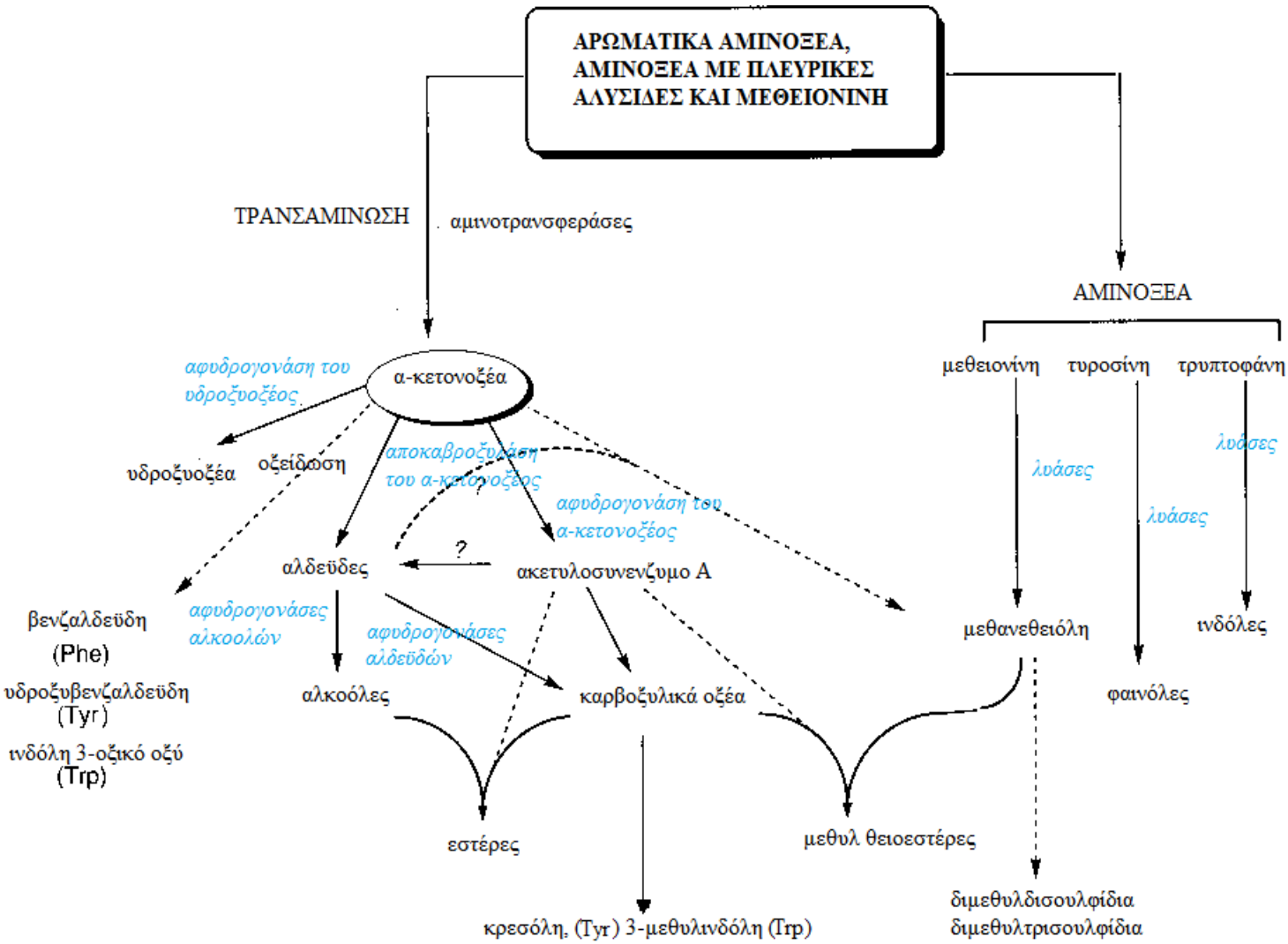


Σχήμα 11: *Μεταβολισμός του κιτρικού οξέος από τα Cit+ Lactococcus και Leuconostoc sp.(Ανυφαντάκης 2004).*

4.1.3. ΠΡΩΤΕΟΛΥΣΗ

Από τη στιγμή που θα δημιουργηθεί το καζεϊνικό πήγμα, αρχίζει η προοδευτική διάσπαση των καζεϊνών σε απλούστερες ουσίες. Αρχικά με τη διάσπαση των καζεϊνών δημιουργούνται μεγάλα πεπτίδια τα οποία στη συνέχεια διασπώνται σε μικρά πεπτίδια και αμινοξέα. Η διάσπαση των καζεϊνών σε μεγάλα πεπτίδια γίνεται κυρίως από τα ένζυμα της πυτιάς και σε μικρότερο βαθμό από την πλασμίνη, την καθεψίνη D των σωματικών κυττάρων του γάλακτος και τις πρωτεϊνάσες που ελευθερώνονται από τα μικροβιακά κύτταρα που αυτολύονται. Αντίθετα, η διάσπαση των μεγάλων πολυπεπτιδίων σε μικρά πεπτίδια και αμινοξέα γίνεται σχεδόν αποκλειστικά από μικροβιακά ένζυμα. Οι αλλαγές που γίνονται στην αρχή της ωρίμανσης επηρεάζουν περισσότερο τη δομή των πρωτεϊνών ενώ οι αρωματικές ουσίες παράγονται προς το τέλος της. Τα διάφορα αμινοξέα που παράγονται κατά την

πρωτεόλυση, υπό την επίδραση των ενζύμων μετατρέπονται σε ουσίες με σημαντική συμβολή στο άρωμα των τυριών. Τα ένζυμα που εμπλέκονται κατά κύριο λόγο σε αυτήν την διεργασία είναι αποκαρβοξυλάσες, τρανσαμινάσες και απαμινάσες (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: *Καταβολισμός των ελεύθερων αμινοξέων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών (Yvon and Rijnen, 2001).*

Μέτρια και μικρά πεπτίδια συμβάλλουν σε μια καλή γεύση σε πολλές ποικιλίες τυριών. Μερικά μικρής αλύσου υδρόφοβα πεπτίδια δίνουν πικρή γεύση. Τα αμινοξέα συμβάλλουν άμεσα στη γεύση του τυριού, δίνοντας γλυκιά γεύση (π.χ γλυκίνη, σερίνη, θρεονίνη αλανίνη και προλίνη), ξινή γεύση (π.χ. ιστιδίνη, γλουταμίνη, ασπαρτικό οξύ) ή πικρή γεύση (π.χ. αργινίνη, μεθειονίνη, βαλίνη, λευκίνη, φαινυλαλανίνη, τυροσίνη, τρυπτοφάνη). Ωστόσο, οι έρευνες των τελευταίων χρόνων έδειξαν ότι επιτάχυνση της πρωτεόλυσης δεν ακολουθείται από επιτάχυνση της ανάπτυξης της γεύσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι η παραγωγή

αμινοξέων δεν είναι από μόνη το τελευταίο στάδιο ανάπτυξης αρωματικών χαρακτηριστικών στο τυρί. Πλέον είναι γενικά αποδεκτό ότι ο κυρίαρχος ρόλος της πρωτεόλυσης είναι η απελευθέρωση αμινοξέων τα οποία δρουν ως πρόδρομες ουσίες για την παραγωγή ενός πολύπλοκου συμπλέγματος καταβολικών αντιδράσεων με αποτέλεσμα την παραγωγή πολύ σημαντικών πτητικών αρωματικών ουσιών στο τυρί.

Οι οδοί καταβολισμού των αμινοξέων δεν έχουν μέχρι σήμερα αποσαφηνιστεί πλήρως αν και έχουν προσδιοριστεί σε μεγάλο βαθμό. Φαίνεται ότι υπάρχουν δύο κύριες οδοί καταβολισμού των αμινοξέων κατά τις οποίες παράγονται πτητικές αρωματικές ουσίες που συμβάλουν σημαντικά στην γεύση του τυριού. Στην πρώτη περίπτωση, η πρώτη σειρά αντιδράσεων αφορά τη δράση μιας αμινοτρανσφεράσης η οποία μεταφέρει μια αμινομάδα από ένα αμινοξύ Α σε ένα α– κετοξύ Β (συνήθως το α-κετογλουταρικό οξύ) και έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή α-κετονοξέος που αντιστοιχεί στο αμινοξύ Α και ενός νέου αμινοξέος που αντιστοιχεί στο α-κετοξύ Β (συνήθως γλουταμινικό οξύ). Τα α-κετονοξέα που παράγονται από την τρανσαμίνωση των αρωματικών αμινοξέων, των αμινοξέων με διακλαδισμένη αλυσίδα και της μεθειονίνης αποικοδομούνται περαιτέρω σε άλλες ενώσεις με κατάλυση από υπάρχοντα ένζυμα ή με χημικές αλληλεπιδράσεις (Σχήμα 12).

Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή στην οποία ο καταβολισμός των αμινοξέων γίνεται με την δράση των λυασών των αμινοξέων, που διασπούν τις πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων (Σχήμα 12).

Άλλες οδοί με τις οποίες καταβολίζονται τα αμινοξέα, περιλαμβάνουν την παραγωγή αμινών από αποκαρβοξυλάσες και την παραγωγή αμμωνίας από απαμινάσες. Υπάρχουν επίσης οδοί μεταβολισμού της θρεονίνης, του ασπαρτικού οξέος, του γλουταμινικού οξέος και της αργινίνης.

Οι αντιδράσεις τρανσαμίνωσης δεν σταματούν με την παραγωγή του α –κετονοξέος αλλά συνεχίζονται:

a) τα α – κετονοξέα μπορεί να μειωθούν προς παραγωγή υδροξυοξέος με την δράση του ενζύμου αφυδρογονάση του 2- υδροξυοξέος, η οποία έχει βρεθεί στα οξυγαλακτικά βακτήρια. Αν και τα υδροξυοξέα δεν είναι σημαντικά στην ανάπτυξη αρώματος στα τυριά, η παραγωγή τους μειώνει τα επίπεδα α- κετονοξέων που είναι διαθέσιμα για άλλες αντιδράσεις παραγωγής αρωματικών συστατικών.
b) τα α-κετονοξέα που προέρχονται από τα αρωματικά αμινοξέα από τα αμινοξέα με διακλάδωση και από την μεθειονίνη, μπορούν να αποκαρβοξυλιωθούν και να σχηματίσουν αντίστοιχες αλδεΰδες, αν και αυτή η οδός δεν είναι τόσο σημαντική για τα περισσότερα οξυγαλακτικά βακτήρια. Οι παραγόμενες αλδεΰδες οξειδώνονται

παραπέρα στα αντίστοιχα καρβοξυλικά οξέα ή ανάγονται σε αλκοόλες. Αλδεΰδες μπορούν να παραχθούν και χημικά μέσω της αντίδρασης Strecker, όταν τα αμινοξέα αντιδρούν με δικαρβονιλικές ενώσεις που παράγονται στις αντιδράσεις Maillard. Οι αλδεΰδες που παράγονται μέσω της αντίδρασης Strecker, είναι παρόμοιες με αυτές που παράγονται ενζυματικά μέσω τρανσαμίνωσης και έτσι είναι δύσκολο να διευκρινιστεί από πού ακριβώς προέρχονται όταν εντοπιστούν στο τυρί.

c) τα α- κετονοξέα μπορεί επίσης να μετατραπούν στα αντίστοιχα καρβοξυλικά οξέα ενζυμικά από την αφυδρογονάση του α-κετονοξέος, δημιουργώντας ακετυλοσυνένζυμο Α που υδρολύεται απελευθερώνοντας καρβοξυλικά οξέα. Αυτή η οδός δεν φαίνεται να είναι κοινή για όλους τους μικροοργάνισμούς που υπάρχουν στα τυριά.

d) τα α- κετονοξέα μπορούν να υποβαθμιστούν χημικά σε φαινυλ- πυροσταφυλικό οξύ και υδροξυφαινυλπυροσταφυλικό οξύ (που παράγονται από την φαινυλαλανίνη και την τυροσίνη αντίστοιχα) τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να μετατραπούν σε βενζαλδεΰδη και υδοξυβενζαλδεΰδη αντίστοιχα. Επίσης με παρόμοιο τρόπο σχηματίζονται ινδόλες. Επίσης έχει αναφερθεί η μη ενζυματική παραγωγή διμεθυλσουλφιδίων από μεθανεθειόλη, που αποτελεί παράγωγο της μεθειονίνης μέσω λυασών (Σχήμα 12).

Κατά την παραγωγή αρωματικών ενώσεων που περιέχουν θείο, από τον καταβολισμό των αμινοξέων, οι θειούχες ενώσεις στο τυρί προφανώς προέρχονται από την μεθειονίνη, δεδομένου ότι η μεθειονίνη βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στις καζεΐνες από ό,τι η κυστεΐνη. Ουσίες που παράγονται είναι η μεθανεθειόλη, η μεθειονάλη, η διμεθυλσουλφίδη, η διμεθυλδισουλφίδη η διμεθυλτρισουλφίδη, η διμεθυλδισουλφιδεμεθανεθιόλη κ.α. Η διμεθυδισουλφίδη δεν συμβάλλει στο άρωμα. Η μεθανεθειόλη σε μικρές συγκεντρώσεις συμβάλλει στο χαρακτηριστικό άρωμα των τυριών που υπάρχουν. Επίσης είναι πρόδρομη ουσία άλλων πτητικών ενώσεων θείου που δίνουν χαρακτηριστικό άρωμα σκόρδου όπου υπάρχουν.

Στον καταβολισμό άλλων αμινοξέων που δεν προέρχονται από τις πρωτεΐνες, κύριο συστατικό είναι το γ-αμινοβουτυρικό οξύ το οποίο προέρχεται από την αποκαρβοξυλίωση του γλουταμινικού οξέος (Kaminarides, Anifantakis, & Alichanidis, 1990) και η ορνιθίνη από την επίδραση της αργινάσης στην αργινίνη. Το γ-αμινοβουτυρικό οξύ βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα τυριά με ανάπτυξη μυκήτων. Στην κοπανιστή το συγκεκριμένο οξύ αυξάνεται 120 φορές κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, με παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης του γλουταμινικού οξέος.

4.1.4. ΛΙΠΟΛΥΣΗ

Περισσότερο από 98% των λιπιδίων του γάλακτος αποτελούν τα τριγλυκερίδια. Το υπόλοιπο 1% αποτελείται από φωσφολιπίδια, μικρή ποσότητα διγλυκεριδίων, μονογλυκεριδίων και ελεύθερων λιπαρών οξέων ενώ το άλλο 1% αποτελείται από μη σαπωνοποιήσιμα λιπίδια (στερόλες, λιποδιαλυτες βιταμίνες, καροτενοειδή κ.α.). Η κατανομή των λιπαρών οξέων στο μόριο του τριγλυκεριδίου δεν είναι τυχαία αλλά ακολουθεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο, π.χ. στη θέση 1 βρίσκονται κυρίως τα μεγάλου μοριακού βάρους λιπαρά οξέα όπως στεατικό οξύ ενώ στη θέση 3 βρίσκονται συνήθως μικρού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα. Το 97% του βουτυρικού οξέος και το 84% του καπροϊκού οξέος βρίσκονται στη θέση 3.

Το λίπος των τυριών υδρολύεται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό από τα λιπολυτικά ένζυμα (λιπάσες – εστεράσες) που βρίσκονται στο τυρί. Η προέλευσή τους μπορεί να είναι από το γάλα της τυροκόμησης (λιποπρωτεϊνική λιπάση), από την πυτιά, από τις καλλιέργειες εκκινητές, από δευτερεύουσα μικροχλωρίδα, από γαλακτικά βακτήρια μη εκκινητές καθώς και από λιπάσες που προστίθενται εξωγενώς. Η λιποπρωτεϊνική λιπάση συνήθως αδρανοποιείται με την παστερίωση του γάλακτος. Οι μικροβιακές λιπάσες είναι συνήθως ενδοκυτταρικές και για να δράσουν πρέπει πρώτα να υπάρξει λύση των κυττάρων. Εξωκυτταρικές λιπάσες παράγουν οι μύκητες. Τα γαλακτικά βακτήρια έχουν μέτρια λιπολυτική δράση ενώ οι μύκητες διαθέτουν ισχυρό λιπολυτικό σύστημα.

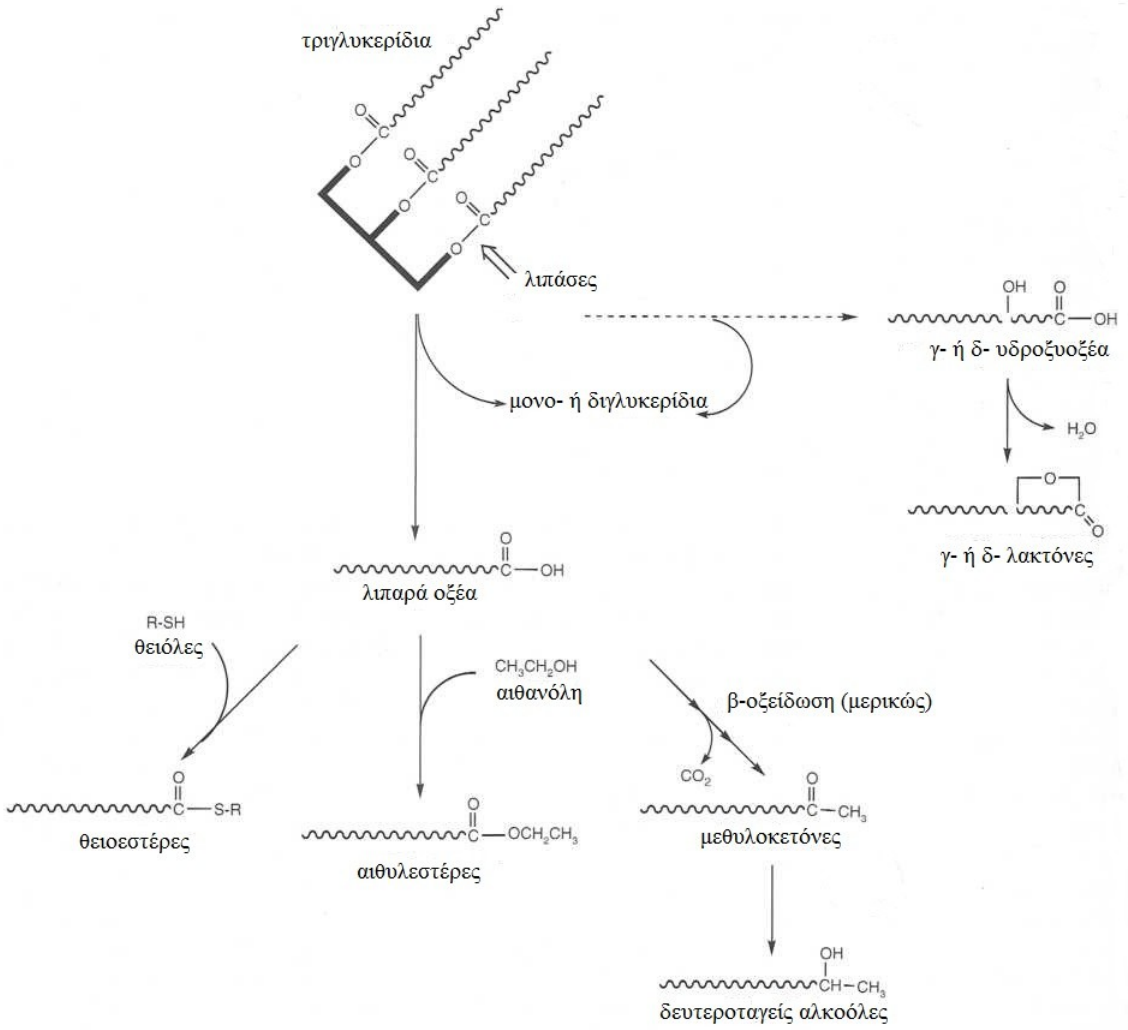
Αρχικά από τα τριγλυκερίδια που βρίσκονται στο τυρί, υδρολύονται οι εξωτερικοί εστερικοί δεσμοί sn-1 και sn-3 παράγοντας 1,2 και 2,3, διγλυκερίδια και κατόπιν πάλι με υδρόλυση των εξωτερικών εστερικών δεσμών παράγονται 2- μονογλυκερίδια. Γενικά από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων παράγονται ελεύθερα λιπαρά οξέα, διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια και πιθανώς γλυκερόλη. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα προσδίδουν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στα τυριά αλλά είναι και πρόδρομες ουσίες πολλών πτητικών αρωματικών ουσιών όπως οι μεθυλοκετόνες, οι λακτόνες, οι εστέρες, τα αλκάνια και οι δευτεροταγείς αλκοόλες. (σχήμα 13).

Η έκταση της λιπόλυσης κυμαίνεται από μέτρια (Cheddar) έως υψηλή (τυρία με μύκητες, σκληρά ιταλικά τυριά, τυριά με επιφανειακή ανάπτυξη βακτηριών).

Οι μεθυλοκετόνες (alkan- 2- ones) είναι το πιο σημαντικό αρωματικό συστατικό στα μπλε τυριά και είναι παρούσες σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτές παράγονται από την β-οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Η επταν-2-όνη και η εννεα-2-όνη είναι οι επικρατέστερες μεθυλοκετόνες σε αυτά τα τυριά. Στα μπλέ τυριά οι μεθυλοκετόνες παράγονται από την δράση του *Penicillium roqueforti.* Και οι μύκητες *Penicillium camemberti* και *G. candidum* επίσης μπορούν να παράξουν μεθυλοκετόνες. Οι μεθυλοκετόνες με περιττό αριθμό

ατόμων άνθρακα παράγονται με ειδικό μηχανισμό από τον *Penicillium spp*. (σχήμα 14). Τα υψηλότερα ποσοστά έχουν βρεθεί στα τυριά με ανάπτυξη μυκήτων. Το τυρί Camembert το 5-10% των τριγλυκεριδίων έχει υδρολυθεί και στα μπλέ τυριά πάνω από το 25%. Στα τυριά με ανάπτυξη μυκήτων, λόγω του υψηλού pH η υψηλή λιπόλυση δεν συνοδεύεται από ταγγή γεύση λόγω εξουδετέρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων.

Οι μεθυλοκετόνες εκτός από την παραγωγή τους από τα ελεύθερα λιπαρά οξέα μπορούν επίσης να παραχθούν από τα κετονοξέα που υπάρχουν φυσικά σε μικρές συγκεντρώσεις στο λίπος του γάλακτος, ή από την οξείδωση μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Το μέγεθος της παραγωγής των μεθυλοκετονών εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το pH το φυσιολογικό στάδιο στο οποίο



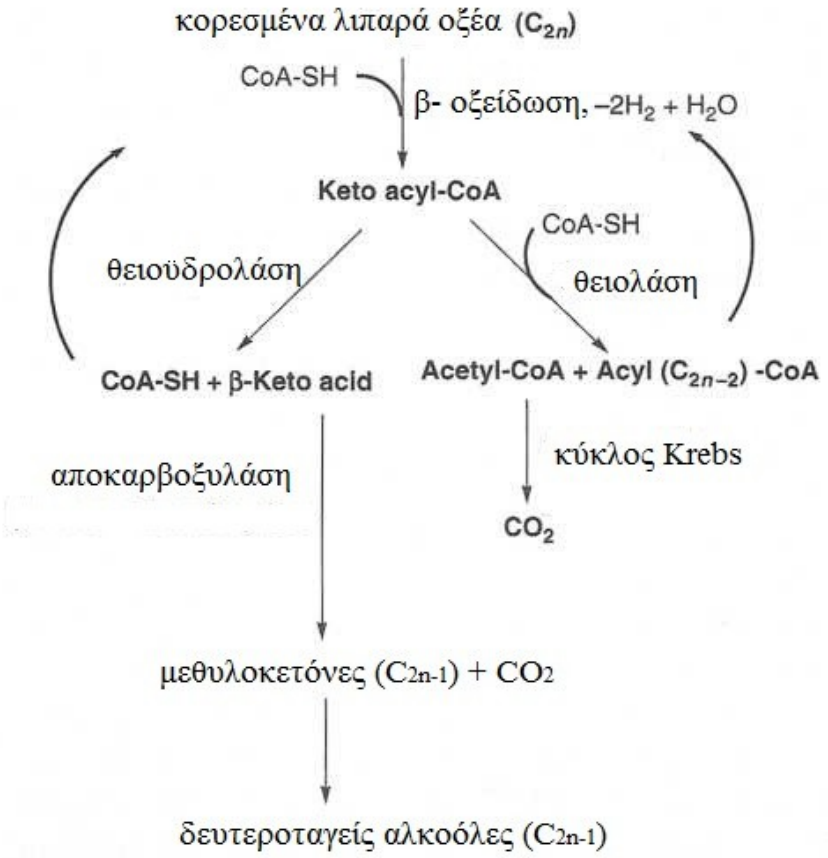
Σχήμα 13: *Μονοπάτια παραγωγής αρωματικών ουσιών από τα λιπαρά οξέα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών (Fox 2004).*

βρίσκονται οι μύκητες και από την συγκέντρωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο τυρί. Οι μεθυλοκετόνες με ζυγό αριθμό ατόμων άνθρακα εμφανίζονται κυρίως στα τέλη της ωρίμανσης σε πολύ μικρές ποσότητες.

Οι δευτεροταγείς αλκοόλες παράγονται από τις μεθυλοκετόνες ενζυματικά.

Οι εστέρες παράγονται κυρίως από εστεροποίηση των ελέυθερων λιπαρών οξέων με τις αλκοόλες. Υπάρχουν μεθυλεστέρες, αιθυλεστέρες, προπυλεστέρες και βουτυλεστέρες αλλά οι αιθυλεστέρες φαίνεται να κυριαρχούν. Οι αιθυλεστέρες παράγονται από την αλληλεπίδραση των λιπαρών οξέων μικρής και μεσαίας αλύσου, με την αιθανόλη που παράγεται από την γαλακτική ζύμωση ή τον καταβολισμό των αμινοξέων. Ο αιθυλεστέρας του οξικού οξέος μπορεί να προέρχεται από την εστεροποίηση της αιθανόλης με το ακετυλοσυνένζυμο Α. Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας των εστέρων είναι η δημιουργία τους από την μετεστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων από τα ολιγογλυκερίδια με την αιθανόλη.

Οι θειοεστέρες παράγονται όταν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα αλληλεπιδρούν με σουλφιδριλικά συστατικά με τη δράση μεγάλου εύρους μικροοργανισμών.



Σχήμα 14: *Μονοπάτια καταβολισμού λιπαρών οξέων από τον Penicillium spp. (Fox et. al., 2004).*

Οι λακτόνες είναι κυκλικές ενώσεις που δημιουργούνται από την ενδομοριακή εστεροποίηση των υδροξυ – λιπαρών οξέων με την απώλεια νερού που οδηγεί στην δημιουργία δακτυλίου και μπορεί να παράγεται από την θέρμανση πρόδρομων υδροξυοξέων. Οι α- και β- λακτόνες είναι πάρα πολύ ασταθείς αλλά οι γ- και δ- λακτόνες είναι σταθερές και συναντώνται στα τυριά. Έχει αναφερθεί ότι στο μαστό των μηρυκαστικών υπάρχει ένα σύστημα δ- οξείδωσης για τον καταβολισμό των λιπαρών οξέων που μπορεί να παράγει τις πρόδρομες ενώσεις υδροξυοξέων από τις οποίες παράγονται οι λακτόνες . Αυτές μπορεί να παράγονται και από τα κετοξέα μετά την μετατροπή τους σε υδροξυοξέα. Οι πρόδρομες ουσίες των λακτονών (υδροξυ- λιπαρά οξέα) μπορεί να παράγονται και από την δράση της λιποξυγενάσης και άλλων ενζύμων που είναι παρόντα στην μικροχλωρίδα των μηρυκαστικών. Γενικά, η παρουσία τους στο τυρί συνδέεται και με τον τρόπο διατροφής των ζώων. Η δ-δωδεκαλακτόνη και η δ-τετραδεκαλακτόνη είναι οι κυριότερες λακτόνες στα μπλέ τυριά. Λακτόνες έχουν βρεθεί και στα τυριά Cheddar, Parmigiano – Regiano και Camembert.

Οι αλδεΰδες αν και παράγονται από τον καταβολισμό των αμινοξέων ή από την αντίδραση Strecker, κάποιες αλδεΰδες με ευθεία αλυσίδα (βουτανάλη, επτανάλη, εννεαναλή) μπορούν να παραχθούν και μέσω της β-οξείδωσης από ακόρεστα λιπαρά οξέα. Οι αλδεΰδες αυτές δίνουν ένα άρωμα που ομοιάζει με αυτό του γρασιδιού.

Τα τυριά με μειωμένα λιπαρά είναι γενικά φτωχότερα σε γεύση και άρωμα λόγω της μειωμένης ποσότητας σε λιπαρά οξέα. Αυτό δείχνει και την σημασία των λιπαρών οξέων στην διαμόρφωση των τελικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα τυριά.

Τα λιπαρά οξέα με μεγάλη αλυσίδα (>12 άτομα άνθρακα) φαίνεται ότι παίζουν μικρό ρόλο στην διαμόρφωση του αρώματος επειδή έχουν υψηλό κατώφλι αντίληψης της γεύσης και του αρώματός τους. Τα λιπαρά οξέα μικρής και μεσαίας αλύσου (C_4-C_{20}) έχουν σημαντικά κατώτερο κατώφλι αντίληψης και έτσι δίνουν χαρακτηριστική γεύση και άρωμα στα τυριά.

Το βουτανικό οξύ συμβάλλει στην «ταγγή» και γεύση τυριού. Το εξανικό οξύ έχει μια «πικάντικη» γεύση και δίνει νότα «μπλε τυριού» ενώ το οκτανικό οξύ έχει μια υποτιθέμενη γεύση «κεριού», «σαπουνιού» ή «κατσίκας», «ταγγή» και «φρουτώδη». Ανάλογα με τα κατώτατα όρια συγκέντρωσης και αντίληψης, τα πτητικά λιπαρά οξέα μπορούν είτε να συμβάλουν θετικά στο άρωμα στο τυρί ή σε ένα ελάττωμα ταγγής γεύσης. Η επίδραση στη γεύση των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο τυρί επηρεάζεται από το pH. Στα τυριά με ένα υψηλό pH η επίδραση στη γεύση και το άρωμα των λιπαρών οξέων μπορεί να επηρεάζεται λόγω της εξουδετέρωσής τους.

Σε γενικές γραμμές το κατώφλι αντίληψης των μεθυλοκετονών είναι πολύ χαμηλό. Οι κετόνες οκταν-2-όνη, εννεαν-2-όνη, δεκαν-2-όνη, ενδεκαν-2-όνη και η δεκατριαν-2-όνη

περιγράφεται ότι έχουν άρωμα «φρουτώδες», «λουλουδιών» και «κλεισούρας», ενώ η επταν-2-όνη έχει μια νότα «μπλε τυριού». Το άρωμα μανιταριού και μούχλας που δημιουργούν οι μεθυλοκετόνες, είναι σημαντικοί παράγοντες για την γεύση του τυριού Camembert.

Οι λακτόνες έχουν μια ισχυρή γεύση, αν και τα αρώματα των λακτονών δεν παραπέμπουν στα κλασικά αρώματα τυριού, μπορούν όμως να συμβάλλουν στη συνολική γεύση των τυριών. Έχει αναφερθεί ότι συμβάλουν στο βουτυρώδες άρωμα των τυριών. Οι δ-λακτόνες έχουν γενικά χαμηλό κατώφλι αντίληψης σε σχέση με τα υπόλοιπα αρωματικά συστατικά αλλά είναι ανώτερο από αυτό των γ-λακτονών. Συνεισφέρουν με ένα άρωμα φρουτώδες (ροδάκινου, βερίκοκου, καρύδας).

Από τους εστέρες, ο αιθυλεστέρας του βουτανικού οξέος δίνει μια φρουτώδη νότα στα τυριά. Γενικά έχει φανεί ότι οι εστέρες συμβάλλουν με ένα άρωμα φρουτώδες/βουτυρώδες. Οι θειοεστέρες δίνουν ένα άρωμα «τυρίλας».

Οι δευτεροταγείς αλκοόλες μπορούν να συνεισφέρουν κι αυτές στο άρωμα των τυριών. Η προπαν-2-ολη, η βουταν-2-ολη, η οκταν-2-όλη και η εννεα -2- όλη είναι παρούσες στα περισσότερα μαλακά τυριά και είναι τυπικά συστατικά της γεύσης και του αρώματος των μπλέ τυριών. Η επταν-2-όλη και η εννεα-2-όλη αντιπροσωπεύουν το 10-20% και 5-10% αντίστοιχα, όλων των αρωματικών συστατικών στο τυρί Camembert. Η οκτ-1-εν-3-όλη έχει οσμή μανιταριού και έχει προταθεί ως ένα σημαντικό αρωματικό συστατικό – κλειδί για το τυρί Camembert.

4.1.5. ΠΤΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΑΡΩΜΑ.

Η πικρή γεύση που εμφανίζεται πολλές φορές στα τυριά είναι αποτέλεσμα της παραγωγής υδρόφοβων μικρού μεγέθους πεπτιδίων από την υδρόλυση των β-καζεϊνών. Η συσσώρευση των πικρών πεπτιδίων είναι πολλές φορές αποτέλεσμα κάποιων στελεχών μικροοργανισμών που δεν μπορούν να διασπάσουν λόγω ανεπάρκειας των πεπτιδασών τους ή λόγω ανάπτυξης βακτηρίων που διασπούν τα μακράς αλύσου πεπτίδια που παράγονται από την χυμοσίνη, προς πικρά πεπτίδια. Έχει βρεθεί ότι σε τυριά στα οποία υπήρχαν κάποια στελέχη μικροοργανισμών εκκινητών μαζί με στελέχη του μύκητα Penicillium spp. ανέπτυξαν πικρή γεύση (Adda et. al., 1982). Η γεύση αυτή επίσης είναι περισσότερο αντιληπτή στα τυριά μειωμένων λιπαρών γιατί εκεί δεν υπάρχει η λιπαρή φάση στην οποία συσσωρεύονται τα υδρόφοβα πεπτίδια και δεν γίνεται αντιληπτή η γεύση τους. Η αύξηση της συγκέντρωσης αλατιού μειώνει την πικρή γεύση στα τυριά αναστέλλοντας την δράση της χυμοσίνης επί της β-καζεΐνης για την παραγωγή πικρών πεπτιδίων.

Εκτός από τα πεπτίδια υπάρχουν και άλλες ουσίες που παράγουν πικρή γεύση. Αυτές είναι κάποια αμινοξέα αμίνες αμίδια υποκατεστημένα αμίδια κετόνες μακράς αλύσου και ορισμένα μονογλυκερίδια. Η ταγγή γεύση οφείλεται στην εκτεταμένη λιπόλυση που προκαλείται από λιπάσες και εστεράσες μικροοργανισμών η της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης εφόσον υπάρχει.

Το φρουτώδες ελάττωμα που προέρχεται από τις ενώσεις αιθυλεστέρα του βουτυρικού οξέος και αιθυλεστέρα του εξανικού οξέος, έχει σχέση με τη συγκέντρωση της αιθανόλης στα τυριά. Αυτή σε μικρές συγκεντρώσεις δρα ως περιοριστικός παράγοντας των ουσιών αυτών, αφού οι αιθυλεστέρες παράγονται με εστεροποίηση των αντίστοιχων ελεύθερων λιπαρών οξέων που είναι ούτως η άλλως, άφθονα με αιθανόλη.

Κάποιες ενώσεις τύπου Strecker όπως η φαινυλακετυλαλδεΰδη, η φαιναιθανόλη,η 3-μεθυλβουτανόλη, η 2-μεθυλοπροπανόλη, η φαινόλη και η κρεσόλη έχει φανεί ότι δίνουν μη αποδεκτό άρωμα σε τυριά τύπου cheddar.
(Fox, 1997).

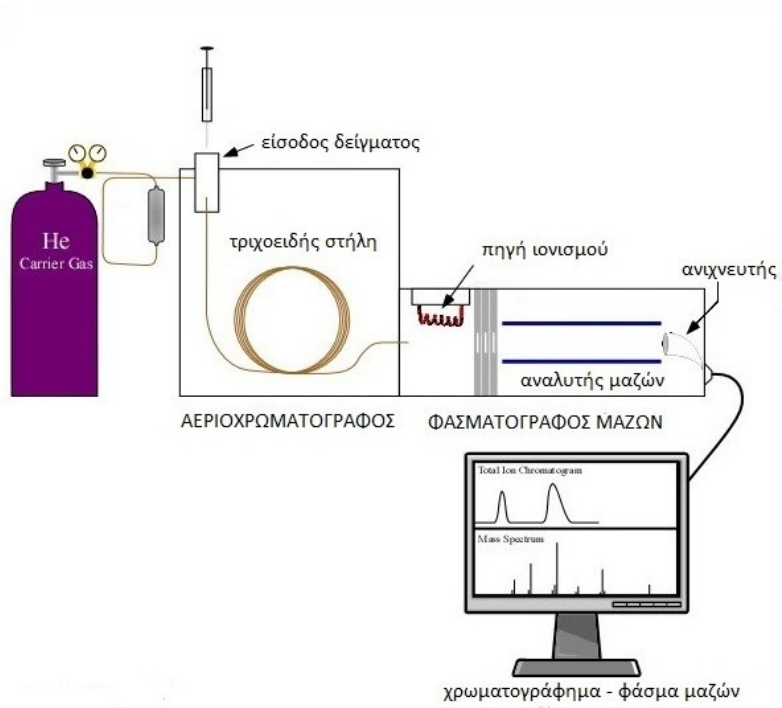
4.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

Για την ταυτοποίηση των αρωματικών συστατικών των τυριών χρησιμοποιείται συνήθως ο αέριος χρωματογραφος (GC) σε συνδυασμό με φασματογράφο μαζών (MS) (Σχήμα 15). Η αέριος χρωματογραφία λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που έχει, είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται για αναλυτικούς σκοπούς (ποσότητες δειγμάτων μικρότερες των 10^{-6}g) και μπορεί να εφαρμοστεί στο 95% τουλάχιστον των οργανικών ενώσεων. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεατι με κατανομή των ουσιών μεταξύ δυο φάσεων, μιας στατικής και μιας κινητής (φέρουσας), που βρίσκονται μέσα στη χρωματογραφική στήλη. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των συστατικών ενός μείγματος όπως είναι το σημείο ζέσεως, η πολικότητα, το μέγεθος των μορίων κ.α. Οι διαφορές αυτές διαφοροποιούν την φυσικοχημική συγγένεια κάθε συστατικού ως προς τις δύο φάσεις της χρωματογραφικής στήλης. (στατικής και κινητής). Η κινητή φάση, καθώς διέρχεται μέσα από την χρωματογραφική στήλη, προκαλεί διαφορετική μετατόπιση των συστατικών του μείγματος επάνω στην στατική φάση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το διαχωρισμό των συστατικών του μείγματος και την έξοδό τους από την στήλη σε διαφορετικούς χρόνους. Το είδος της αέριας χρωματογραφία διακρίνεται σε α) αέρια – στερεή χρωματογραφία όταν η στατική φάση είναι στερεό και β) αέρια –υγρή χρωματογραφία όταν η στατική φάση είναι υγρό σε στερεό φορέα. Η τελευταία είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως. Απαραίτητη προϋπόθεση για την

εφαρμογή της μεθόδου είναι οι εξεταζόμενες ουσίες να είναι πτητικές η να μετατρέπονται σε πτητικά παράγωγα.

Τα βασικά μέρη του αεριοχρωματοφράφου είναι:

1) Η φιάλη του φέροντος αερίου
2) Το ροόμετρο - ρυθμιστής πίεσης της θερμοκρασίας
3) Σύστημα εισαγωγής δείγματος
4) Θερμοστατούμενος κλίβανος
5) Στήλη χρωματογραφίας
6) Ανιχνευτής
7) Ενισχυτής
8) Καταγραφέας η ηλεκτρονικός υπολογιστής- εκτυπωτής.



Σχήμα 15: *Οργανολογία αεριοχρωματογράφου –φασματογράφου μαζών.*

Φέρον αέριο: Το φέρον αέριο αποτελεί τη κινητή φάση. Πρέπει να είναι αδρανές και να μην αντιδρά με την στατική φάση με τις ουσίες που πρόκειται να διαχωριστούν. Χρησιμοποιούνται κυρίως N_2 και He. Υπάρχουν και οι παγίδες καθαρισμού των αερίων οι οποίες κατακρατούν την υγρασία ή τα έλαια που έχουν εισέλθει στις φιάλες ώστε αυτές οι ουσίες να μην δώσουν επιπλέον κορυφές κατά την διάρκεια της μέτρησης.

Ροόμετρο –ρυθμιστής πίεσης: Μεταβολή κατά 1% του φέροντος αερίου προκαλεί μεταβολή κατά 1% του χρόνου κατακράτησης. Γι αυτόν το λόγο απαιτείται η ροή να παραμένει σταθερή. Αυτό επιτυχαίνεται με τον έλεγχο εισόδου του αερίου και τον έλεγχο της ταχύτητας του αερίου. Το φέρον αέριο στην φιάλη βρίσκεται σε πίεση 100-200atm. Συνήθως η πίεση στην είσοδο της στήλης είναι 1-2atm.Η ρύθμιση ροής του φέροντος αερίου είναι ιδιαίτερα σημαντική σε συνθήκες προγραμματιζόμενης θερμοκρασίας γιατί αν παραμείνει σταθερή η πίεση εισόδου, η ταχύτητα ροής θα μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία.

Σύστημα εισαγωγής δείγματος: Είναι το σημείο μέσω του οποίου εισάγεται το δείγμα στο χρωματογραφικό σύστημα. Αργή εισαγωγή μεγάλου όγκου δείγματος οδηγεί σε εκφυλισμό των κορυφών και απώλεια της διαχωριστικής ικανότητας του συστήματος. Οι πλέον χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εισαγωγής είναι η χρήση μικροσύριγγας και βαλβίδας. Οι απαιτήσεις για το σύστημα εισαγωγής του δείγματος είναι να είναι θερμοκρασιακά ελεγχόμενο, να είναι μικρού όγκου και να είναι κατασκευασμένο από αδρανή υλικά. Η περιοχή στην οποία εισάγεται το δείγμα πρέπει να διατηρείται σε υψηλή θερμοκρασία ώστε το δείγμα να ατμοποιείται ταχέως. Το φέρον αέριο παρασύρει το αέριο δείγμα από τον εισαγωγέα στη στήλη. Για τις τριχοειδείς στήλες η ενιόμενη ποσότητα είναι 1x10mL. Η εισαγωγή στις τριχοειδείς στήλες γίνεται συνήθως με ένα σύστημα εισαγωγής διαμοιρασμού (split injection). Ένα μέρος του φέροντος αεριού περνά από την κορυφή της στήλης και αποβάλλεται χωρίς να εισέρχεται σε αυτήν (διαμοιρασμός). Καθώς το δείγμα περνά από την κορυφή της στήλης, κλάσμα αυτού εισέρχεται σε αυτήν. (split injector). Η αναλογία διαμοιρασμού ρυθμίζεται με ρύθμιση του κλάσματος του φέροντος αερίου το οποίο αποβάλλεται. Ο εισαγωγέας αυτός χρησιμοποιείται για τριμικρής διαμέτρου τριχοειδείς στήλες. Τυπική αναλογία διαμοιρασμού είναι η 1:100 με το 99% του δείγματος να αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα. Κατά την χρησιμοποίηση τριχοειδών στηλών μεγαλύτερης διαμέτρου (0,53mm) μπορεί να μην ακολουθηθεί ο διαμοιρασμός του φέροντος αερίου και του δείγματος. Ο εισαγωγέας αυτός ονομάζεται μη διαμοιρασμού. (splitless injector). Οι σύγχρονοι εισαγωγείς αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγούμενων εισαγωγέων. (split/splitless injection).

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παραλαβής του δείγματος για την εισαγωγή του στον αεριοχρωματογράφο. Παραδοσιακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα αλλά με αρκετά μειονεκτήματα είναι διάφορες τεχνικές εκχύλισης (εκχύλιση υψηλού κενού, εκχύλιση με ταυτόχρονη απόσταξη με ατμό – SDE) ή διάφορες τεχνικές διάλυσης με χρησιμοποίηση διαλυτών. Τα τελευταία χρόνια όμως για την εξαγωγή των πτητικών ουσιών από δείγματα τυριών, έχουν επικρατήσει οι κάτωθι τεχνικές:

1. Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης, SPME

2. Στατική ανάλυση υπερκείμενης φάσης, Static Head Space Analysis (Static HS)
3. Τεχνική εκδίωξης και παγίδευσης, Purge and Trap ή Dynamic Headspace Analysis
4. Τεχνική θερμικής εκρόφησης, thermal desorption

Η εισαγωγή δείγματος με την τεχνική της στερεάς μικροεκχύλισης (SPME) αποτελεί μια σχετικά νέα τεχνική με εφαρμογή σε αέρια, υγρά και στερεά δείγματα. Η σύριγγα SPME αποτελείται από το κύριο σώμα και από μια ίνα εντός αυτού, στην οποία υπάρχει προσδεμένη υγρή στατική φάση. Η παραλαβή των ενώσεων από την ίνα γίνεται είτε με εμβάπτιση της ίνας στο υγρό σώμα του δείγματος είτε με έκθεση αυτής στο υπερκείμενο του υγρού χώρου του φιαλιδίου (HS-SPME) για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (3-60min). Οι ενώσεις προσροφώνται στην ίνα. Κατά την παραλαβή των ενώσεων από το δείγμα, το δείγμα ταυτόχρονα θερμαίνεται και αναδεύεται. Μετά την παραλαβή των ενώσεων, η σύριγγα SPME εισάγεται στον εισαγωγέα του αεριοχρωματογράφου και η ίνα εκτίθεται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στο φέρον αέριο. Οι ενώσεις εκροφούνται θερμικά από την ίνα (σχήμα 16) και οδηγούνται στην στήλη προς διαχωρισμό. Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί ο περιορισμός της χρήσης διαλυτών. Επίσης είναι απλή και ταχεία και με προσυγκέντρωση αυξάνεται η ακρίβεια της μεθόδου. Ως βελτίωση στην ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων έναντι της HS-SPME, πολλαπλές HS-SPME (MHS-SPME) έχουν προταθεί για να εκτελεστεί επιτυχώς η ποσοτικοποίηση των πτητικών ουσιών. Αυτή η σταδιακή μέθοδος προϋποθέτει την επαναλαμβανόμενη χρήση του HS-SPME στο ίδιο δείγμα. Σε δείγμα τυριού εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Rincon et. al. (2014) με ικανοποιητικά αποτελέσματα και για πτητικά συστατικά < 1 μg/kg τυριού.

Η βελόνα που χρησιμοποιείται για την προσρόφηση των πτητικών ουσιών, περιέχει μια ίνα η οποία είναι επιστρωμένη με ένα προσροφητικό υλικό. Η ίνα επίσης μπορεί να είναι ένας μικρός σωλήνας που επιστρώνεται στο εσωτερικό του με ένα προσροφητικό υλικό. Η επιλογή της χημείας του προσροφητικού στρώματος και του πάχους του, επηρεάζει έντονα τον βαθμό προσρόφησης και την αποδοτικότητα της εκρόφησης. Υλικά πλήρωσης που υπάρχουν στο εμπόριο είναι το πολυδιμεθυλσιλοξάνιο (DPMS), το Carboxen / πολυδιμεθυλσιλοξάνιο, το πολυδιμεθυλσιλοξάνίο / διβινυλοβενζόλιο, το πολυακρυλικό Carbowax (PEG) κ.α. Οι ίνες ανάλογα με την πολικότητα των υλικών πλήρωσης που φέρουν, μπορούν να καταταχθούν σε πολικές, μη πολικές ή μέτρια πολικές. Ένα παράδειγμα κατάταξης από την εταιρία SUPELCO είναι αυτό που αναφέρεται παρακάτω:

α) Μη πολικές:
Polydimethylsiloxane (PDMS)

β) Πολικές :
Polyacrylate
Carbowax®-divinylbenzene StableFlex ™ (CW-DVB)
CW-templated resin (CW-TPR) (HPLC only – crimped)

γ) Μέτρια πολικές:
PDMS-DVB StableFlex
Carboxen™-PDMS StableFlex
DVB-Carboxen-PDMS StableFlex
PDMS-DVB (HPLC only – crimped)

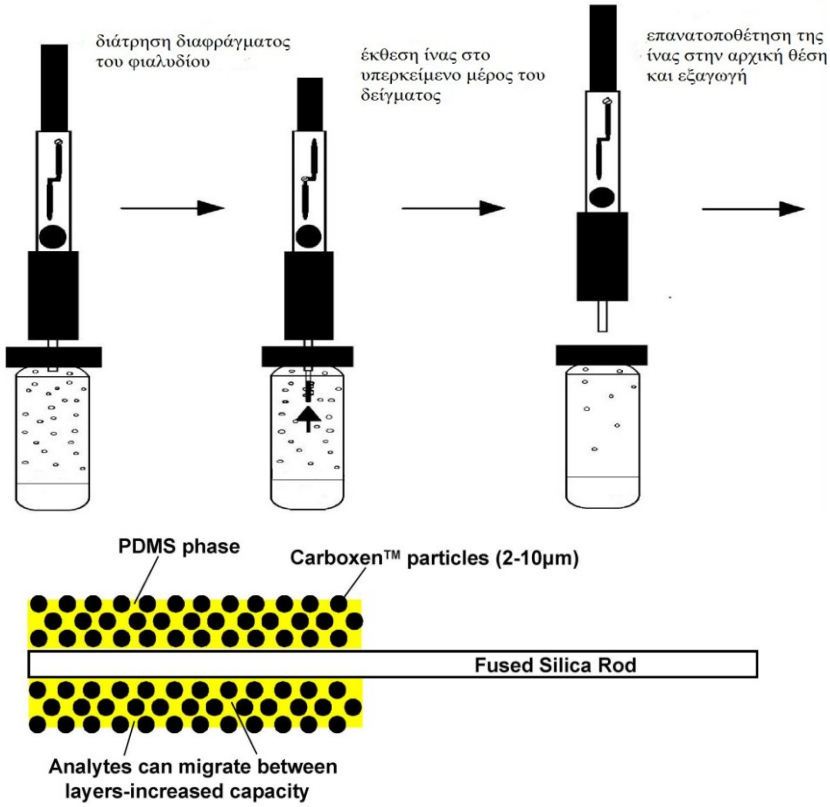
(https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Supelco/Brochure/10942.pdf)

Επίσης στον πίνακα 7 προτείνονται από την εταιρία SUPELCO διάφορες ίνες ανάλογα με το είδος και την ανάλυση του δείγματος που πρόκειται να ακολουθηθεί

Πίνακας 7: *Προτεινόμενες ίνες της εταιρίας SUPELCO ανάλογα με το είδος και την ανάλυση του δείγματος που πρόκειται να ακολουθηθεί*

Analyte Type	Recommended Fiber
Gases and low molecular weight compounds (MW 30-225)	75 µm/85 µm Carboxen/polydimethylsiloxane
Volatiles (MW 60-275)	100 µm polydimethylsiloxane
Volatiles, amines and nitro-aromatic compounds (MW 50-300)	65 µm polydimethylsiloxane/divinylbenzene
Polar semi-volatiles (MW 80-300)	85 µm polyacrylate
Non-polar high molecular weight compounds (MW 125-600)	7 µm polydimethylsiloxane
Non-polar semi-volatiles (MW 80-500)	30 µm polydimethylsiloxane
Alcohols and polar compounds (MW 40-275)	60 µm Carbowax (PEG)
Flavor compounds: volatiles and semi-volatiles, C3-C20 (MW 40-275)	50/30 µm divinylbenzene/Carboxen on polydimethylsiloxane on a StableFlex fiber
Trace compound analysis (MW 40-275)	50/30 µm divinylbenzene/Carboxen on polydimethylsiloxane on a 2 cm StableFlex fiber
Amines and polar compounds (HPLC use only)	60 µm polydimethylsiloxane/divinylbenzene

(http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography/sample-preparation/spme/selecting-spme-fiber.html)



Σχήμα 16: *Εξαγωγή πτητικών ουσιών από το δείγμα με την τεχνική SPME. Στο κάτω σημείο του σχήματος φαίνεται ένα παράδειγμα της δομής μιας ίνας Carboxen/DPMS.*

Η τεχνική Static Head Space Analysis περιλαμβάνει τη λήψη με μικροσύριγγα αερίων (gas tight syringe) των ατμών των συστατικών του δείγματος, οι οποίοι ευρίσκονται στην υπερκείμενη φάση σε ισορροπία με το υγρό ή στερεό δείγμα. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η χρήση της αεριοχρωματογραφίας προκαλώντας αύξηση της ευαισθησίας της μεθόδου 4 εως 5 φορές.

Η τεχνική Purge and Trap αποτελεί εξέλιξη της τεχνικής Head Space Analysis και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πτητικές οργανικές ενώσεις με σημείο ζέσεως <200°C και οι οποίες είναι μη ή ελάχιστα διαλυτές στο ύδωρ. Ένα αδρανές αέριο διαβιβάζεται στο υγρό σώμα του δείγματος σε θερμοκρασία δωματίου ή αυξημένη θερμοκρασία ανάλογα με τις προσδιοριζόμενες ενώσεις στην αέρια φάση και αυτές παρασύρονται από το αδρανές αέριο προς μια παγίδα συνήθως προσροφητικού υλικού όπου και κατακρατούνται. Η παγίδα θερμαίνεται (θερμική εκρόφηση) και ταυτόχρονα με την ροή αδρανούς αερίου μέσω αυτής τα συστατικά εκροφούνται και οδηγούνται στην στήλη προς ανάλυση.

Με την τεχνική thermal desorption επιτρέπεται η απευθείας θερμική ανάκτηση πτητικών και ημιπτητικών οργανικών ενώσεων από μικρού μεγέθους δείγματα (mg) χωρίς την χρήση διαλυτών ή άλλου σταδίου προκατεργασίας του δείγματος. Το δείγμα τίθεται σε σωλήνα με

προσροφητικό υλικό. Ο σωλήνας τοποθετείται σε σύστημα θερμικής εκρόφησης το οποίο συνδέεται με τον αεριοχρωματογράφο. Ο σωλήνας θερμαίνεται ταχέως και το φέρον αέριο που ρέει μέσα από τον σωλήνα μεταφέρει τις εκροφούμενες ενώσεις προς την στήλη.

Θερμοστατούμενος κλίβανος. Η λειτουργία του κλιβάνου του χρωματογράφου μπορεί να είναι ισόθερμη ή αυξομειούμενης θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ανάλυσης. Η δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται συνήθως όταν το προς διαχωρισμό μείγμα αποτελείται από συστατικά χαμηλού και υψηλού σημείου ζέσεως. Η ισόθερμη χρωματογραφική ανάλυση παρουσιάζει μερικά μειονεκτήματα, όπως η δυσκολία να αναλυθεί με μια μόνο δοκιμή, μίγμα που περιέχει συστατικά με πολύ διαφορετικά σημεία ζέσεως. Έτσι, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια μέση θερμοκρασία. Με αυτόν τον τρόπο, όμως, τα πολύ πτητικά συστατικά δεν διαχωρίζονται σωστά και τα λιγότερο πτητικά θα φτάσουν στην έξοδο της στήλης γρηγορότερα, σε σημείο που αν οι ποσότητές τους είναι μικρές, να μην διακρίνονται καθόλου. Επίσης, η διάρκεια μιας τέτοιας ανάλυσης είναι χρονοβόρα κυρίως όταν χρειάζεται να επαναληφθεί πολλές φορές σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Όλα αυτά τα μειονεκτήματα ξεπερνιούνται με την χρήση προγραμματισμένης θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ανάλυσης έχει ως αποτέλεσμα τα πτητικά συστατικά να διαχωριστούν καλύτερα, αφού η ανάλυση θα αρχίσει σε χαμηλότερη θερμοκρασία και τα λιγότερο πτητικά θα φθάσουν στην έξοδο της στήλης γρηγορότερα με μικρότερο πλάτος στη βάση κάθε κορυφής που συνεπάγεται μεγαλύτερη ένταση. Η ανάλυση αυτή δίνει μεγαλύτερη διαχωριστική ικανότητα στη στήλη (υψηλότερες και λεπτότερες κορυφές) σε μικρό χρόνο. Η ουρά της κάθε κορυφής μικραίνει.

Στήλες: τα χαρακτηριστικά με τα οποία επιλέγεται μια στήλη είναι

1. Η διαχωριστική ικανότητα (ο αριθμός των θεωρητικών πλακών). Είναι το μέτρο του διαχωρισμού που μπορεί να επιτευχθεί.
2. Η διαφυγή υποβάθρου (bleed). Είναι μέτρο της σταθερότητας της στήλης.
3. Η αδράνεια. Είναι μέτρο της επίδρασης στην ανάκτηση των ενώσεων
4. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Είναι μέτρο σταθερότητας και του χρόνου ζωής της στήλης
5. Η πολικότητα της στατικής φάσης. Επιλέγεται με βάση τις προσδιοριζόμενες ενώσεις.
6. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της στήλης. (μήκος, εσωτερική διάμετρος, πάχος στοιβάδας στατικής φάσης).

Μια στήλη αποτελείται από το υλικό του σωλήνα και τη στατική φάση. Το υλικό του σωλήνα μπορεί να είναι ανοξείδωτο ατσάλι, ύαλος, τηγμένη πυριτία (αυξημένη ελαστικότητα, αδρανής δυνατότητα κατασκευής στηλών με υψηλή διαχωριστικότητα). Η στατική φάση μπορεί να είναι στερεό υπόστρωμα, υγρή φάση, πορώδη πολυμερή και προσροφητικά υλικά. Για να

συγκρατηθεί η στατική φάση μέσα στην στήλη χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά. Τα πιο συνηθισμένα είναι το Chromosorb P, Chromosorb W., Chromosorb G. και σιλανοποιημένα υποστρώματα. Οι στατικές φάσεις μπορούν να διαχωριστούν σε τρείς κατηγορίες ανάλογα με την πολικότητά τους: τις πολικές, τις σχετικά πολικές και τις μη πολικές. Η καταλληλότερη στατική φάση είναι αυτή που είναι ίδιας πολικότητας με το δείγμα.

Οι στήλες διακρίνονται σε πακεταρισμένες στήλες και σε τριχοειδείς στήλες. Οι πακεταρισμένες στήλες κατασκευάζονται σε μικρό μήκος γιατί υπάρχει ο περιοριστικός παράγοντας της πτώσης της πίεσης κατά μήκος της στήλης. Οι τριχοειδείς στήλες έχουν εσωτερική διάμετρο (i.d.) από 0,10 εως 0,53 mm και μήκος από 10 έως 100 μέτρα. Ο σωλήνας παραμένει ανοιχτός με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρή πτώση πίεσης και να επιτρέπεται η κατασκευή μεγάλου μήκους στηλών. Η στατική φάση τοποθετείται στα εσωτερικά τοιχώματα της στήλης υπό μορφή στοιβάδας πάχους 0,2μm έως 1μm. Με αυτήν πετυχαίνεται πολύ καλός διαχωρισμός με οξείες κορυφές χρωματογραφημάτων και είναι οι πλέον χρησιμοποιούμενες. Η πιο συνηθισμένη στατική φάση στις τριχοειδείς στήλες είναι το πολυσιλοξάνιο. Είναι σταθερή και ανθεκτική. Μια άλλη στατική φάση με πολλές εφαρμογές είναι η πολυαιθυλενογλυκόλη. Είναι λιγότερο ανθεκτική και με χαμηλότερο θερμοκρασιακό όριο από το πολυσιλοξάνιο αλλά έχει καλή διαχωριστική ικανότητα. (Πίνακας 8).

Ανιχνευτές: Ο ανιχνευτής είναι όργανο που μετράει διαφορές στην σύσταση του υλικού το οποίο εκλούεται από τη στήλη. Οι κυριότεροι ανιχνευτές είναι

1. Ο ανιχνευτής θερμικής αγωγιμότητας
2. Ο ανιχνευτής ιονισμού φλόγας
3. Ο ανιχνευτής σύλληψης ηλεκτρονίων

Ενισχυτής: Ενισχύει το ασθενές σήμα που προέρχεται από τον ανιχνευτή.

Καταγραφέας ή ηλεκτρονικός υπολογιστής- εκτυπωτής: Μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα που φτάνει από τον ανιχνευτή και εξάγει το αποτέλεσμα υπό την μορφή χρωματογραφήματος. (Ταραντίλης Α. Π. 1999, Μπακέας Ε. 2008).

Πίνακας 8: *Προτεινόμενες στήλες της εταιρίας Agilent Technologies, ανάλογα με το δείγμα και την ανάλυση που θα ακολουθηθεί.*

Agilent Phase		**Composition**	**Polarity**	**Approximate Temperature Range (°C) (Isothermal /Programmed)***	**Phases With Similar Selectivity**
HP-1ms,DB-1ms,HP-1, DB-1	Amines, hydrocarbons,pesticides, PCBs, phenols, sulfur compounds, flavors and fragrances	100% Dimethylpolysiloxane	Non-polar	From -60 to 325/350	BP-1, SPB-1, CP-Sil 5, Rtx-1, OV-1, SE-30, 007-1, ZB-1
HP-5ms,DB-5, HP-5	Semivolatiles, alkaloids,drugs, FAMEs, halogenated compounds, pesticides, herbicides	5% Phenyl 95% dimethylpolysiloxane	Non-polar	From -60 to 325/350	SPB-5, XTI-5, Mtx-5, CP-Sil 8CB, SE-54, Rtx-5, BPX-5, MDN-5, Rtx-5ms, BP-5, ZB-5
DB-35, HP-35	CLP-pesticides, aroclors,pharmaceuticals, drugs of abuse	35% Phenyl 65% dimethyl polysiloxane	Mid-polar	From 40 to 300/320	Rtx-35, SPB-35, AT-35, Sup-Herb, MDN-35, BPX-35
DB-1701,DB-1701P	Pesticides, herbicides, TMS sugars, aroclors	14% Cyanopropyl-phenyl 86% dimethyl polysiloxane	Mid-polar	From -20 to 280/300	SPB-1701, CP-Sil 19 CB, Rtx-1701, CB-1701, OV-1701, 007-1701, BPX-10
HP-88	FAMES	Approximately 88% Cyanopropyl arylene siloxane	High	From 0 to 260	
DB-200	Residual solvents, pesticides, herbicides	35% Trifluoropropyl 65% dimethyl polysiloxane	Polar	From 30 to 300/320	Rtx-200
DB-225ms,DB-225	FAMEs, alditol acetates, neutral sterols	50% Cyanopropyl-phenyl 50% dimethyl polysiloxane	Polar	From 40 to 220/240	SP-2330, CP-Sil 43 CB, OV-225, Rtx-225, BP-225, 007-225
HP-INNOWax	Alcohols, free organic acids, solvents, essential oils, flavors and fragrances	Polyethylene glycol	Polar	From 40 to 260/270	BP-20, 007-CW, CP-WAX 52 CB, Stabilwax, Supelcowax-10
DB-WAX	Solvents, glycols, alcohols	Polyethylene glycol	Polar	From 20 to 250/260	Rt-Wax
CAM	Amines, basic compounds	Polyethylene glycol-base modified	Polar	From 60 to 220/240	Carbowax Amine, Stabilwax-DB, CP-51 WAX
DB-23	FAMEs (requiring cis/trans resolution)	50% Cyanopropyl 50% dimethyl polysiloxane	Polar	From 40 to 250/260	Rtx-2330, 007-23, SP-2330/2340/2380/2560
CycloSil-B	Chiral compounds (general purpose)	30%-heptakis (2,3-di-O-methyl-6-O-t-butyl dimethylsilyl)-B-cyclodextrin in DB-1701	Mid-polar	From 35 to 260/280	LIPODEX C, Rt-BDEXm, B-DEX 110, B-DEX 120

(http://www.agilent.com/home)

Ο συνδυασμός της αέριας χρωματογραφίας με φασματογράφο μαζών αποτελεί άριστο εργαλείο για την ταυτοποίηση μιας ουσίας. Η GC χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των ουσιών ενώ η φασματομετρία μαζών (MS) χρησιμοποιείται για την απόλυτη ταυτοποίηση των ουσιών. Το MS δρα ως ανιχνευτής εξαιρετικής εκλεκτικότητας για το χρωματογραφικό σύστημα. Κύριο πρόβλημα κατά τον συνδυασμό GC με MS είναι ότι πολλές φορές οι συνθήκες άριστου διαχωρισμού δεν είναι συμβατές με τις απαιτούμενες συνθήκες για τον ιονισμό των ενώσεων που εκλούονται από την στήλη.

4.2. ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ ΜΑΖΩΝ

Στο φασματοφωτόμετρο μαζών γίνεται παραγωγή ιόντων συνήθως με θετικό φορτίο από ένα δείγμα που βρίσκεται σε αέρια φάση και σε υψηλές συνθήκες κενού και ακολουθεί ο διαχωρισμός τους ανάλογα με το πηλίκο μάζας /φορτίο (m/e). Το δείγμα που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση βομβαρδίζεται από ηλεκτρόνια που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και προκαλούν ιονισμό των μορίων του

$$M + e^- \qquad M^+ + 2\,e^-$$

Πολλά από τα ιονιζόμενα μόρια αποκτούν τέτοια ενέργεια ώστε κατόπιν διασπάσεως να σχηματίζουν ιόντα μικρότερης μάζας, γνωστά σαν θραύσματα ιόντων, καθώς και ουδέτερα μόρια.

$$M^+ \qquad M_1^+ + M_2$$

$$M_1^+ \qquad M_2^+ + M_3$$

Στο φασματοφωτόμετρο μαζών τα παραγόμενα ιόντα επιταχύνονται στο εσωτερικό ηλεκτρικού πεδίου και στην συνέχεια αποκλίνουν από την αρχική τους πορεία υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου, ανάλογα με το πηλίκο m/e. Το διάγραμμα (προφίλ) που θα προκύψει από την ένταση του μετρούμενου ρεύματος σε συνάρτηση με τον λόγο m/e αποτελεί το φάσμα μαζών. Το προφίλ θραύσης είναι χαρακτηριστικό για κάθε μόριο και έτσι το λαμβανόμενο φάσμα μαζών αποτελεί το «δακτυλικό αποτύπωμα» για κάθε ουσία.

Η οργανολογία του φασματογράφου μαζών έχει ως εξής:

1) Σύστημα εισαγωγής δείγματος που αποτελείται από:
   a) Μικρομανόμετρο ένδειξης ακριβούς ποσότητας εισερχόμενου δείγματος
   b) Ειδικό ροόμετρο ρύθμισης παροχής δείγματος στο θάλαμο ιονισμού
   c) Αντλία κενού για παραγωγή κενού
2) Θάλαμος παραγωγής ιόντων. Οι κυριότερες μέθοδοι παραγωγής ιόντων είναι:

a) Ιονισμός με ηλεκτρόνια (EI)
b) Χημικός ιονισμός (CI)
c) Ιονισμός Πεδίου (FI)
d) Ιονισμός με σπινθήρα (SS)

3) Αναλυτής μαζών ή διαχωριστής ιόντων που διακρίνεται σε:
   a) Απλής εστίασης με μαγνητική εκτροπή
   b) Διπλής εστίασης
   c) Τετραπολικό αναλυτή
   d) Αναλυτής «χρόνου πτήσης»
4) Ανιχνευτής – Συλλέκτης ιόντων
5) Ενισχυτής
6) Καταγραφέας ή ηλεκτρονικός υπολογιστής-εκτυπωτής.

Σε συνηθισμένες συνθήκες, το παραγόμενο αρχικά μοριακό ιόν έχει σημαντική περίσσεια ενέργειας. Τόσο η ενέργεια όσο και το φορτίο διασπείρονται γρήγορα και προκαλούν διασπάσεις, με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός η περισσότερων θραυσμάτων. Τα περισσότερα οργανικά μόρια θραύονται με επαναλήψιμο τρόπο όταν οι ενέργειες της ηλεκτρονικής δέσμης κυμαίνονται από 50 έως 80 eV. Έτσι για κάθε ένωση προκύπτει ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα θραύσης (άξονας x: m/e και άξονας y: εκατοστιαία αφθονία - % abudance) και με την χρησιμοποίηση βιβλιοθηκών γνωστών φασμάτων μπορούμε να ταυτοποιήσουμε μια ένωση από το παρατηρούμενο φάσμα της.

(Ταραντίλης Α. Π. 1999)

5. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΡΙΩΝ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο όρος «ρεολογία» επινοήθηκε αρχικά από τον καθηγητή Ε,C, Bingham για να περιγράψει μια σειρά από μηχανικές ιδιότητες που αφορούν την παραμόρφωση και την ροή της ύλης. Η ρεολογία έχει στόχο τη μέτρηση εκείνων των ιδιοτήτων της ύλης που έχουν σχέση με την παραμόρφωσή της και την ροή της, όταν υπόκειται σε διάφορες εξωτερικές δυνάμεις και κυρίως συσχετίζει την τάση (stress) και την παραμόρφωση (strain) με τον χρόνο. Όταν τα υλικά που υπόκεινται σε εξωτερικές δυνάμεις είναι στερεά (ελαστικά υλικά), αυτά παραμορφώνονται, ενώ όταν είναι υγρά (ιξώδη υλικά) τότε προκαλείται η ροή τους. Η σύγχρονη ρεολογία εστιάζεται σε υλικά με συμπεριφορά ενδιάμεση του στερεού και του υγρού. Τα υλικά αυτά ονομάζονται ιξωδοελαστικά. Το τυρί είναι ένα προϊόν που συμπεριφέρεται ως ιξωδοελαστικό υλικό. Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά είναι η συμπεριφορά όπου η απόκριση του υλικού σε συγκεκριμένη διέγερση είναι χρονικά εξαρτώμενη.

Μέθοδοι μέτρησης ρεολογικών ιδιοτήτων περιληπτικά είναι οι εξής:

- Μονοαξονική συμπίεση
- Μονοαξονικός εφελκισμός (η δύναμη απομακρύνεται από το υλικό)
- Δοκιμές κάμψης σε υλικά με ορθογώνια διατομή ή κυκλική διατομή
- Δοκιμές συστροφής
- Μέθοδοι χρησιμοποίησης ελικοειδών μηχανισμών για την περιστροφή υλικών
- Μέθοδοι βαθμιαίας μείωσης της τάσης (χαλάρωση) όπου αναλύεται η συμπεριφορά «χαλάρωσης» του υλικού
- Δοκιμές ερπυσμού (creep) δηλαδή δοκιμές στις οποίες εφαρμόζεται σταθερή τάση, η οποία μεταβάλλεται βήμα προς βήμα, (συνήθως εφαρμόζεται συμπίεση στα τυριά) και καταγράφεται η παραμόρφωση σε σχέση με τον χρόνο.
- Διάτμηση
- Διαξονική τάνυση (δύναμη επιμήκυνσης) στην οποία το υλικό είναι μεταξύ δύο πλακών, η τάση εφαρμόζεται στην μία πλάκα και το υλικό μεταξύ των πλακών ολισθαίνει.

Η ιξωδοελαστικότητα μπορεί να είναι γραμμική, όταν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ επιβαλλόμενης τάσης και της προκαλούμενης παραμόρφωσης, και μη γραμμική όταν δεν

υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης. Μηχανικές διεργασίες όπως η μάσηση και η κατάποση, προκαλούν μη γραμμική ιξωδοελαστικότητα.

5.2. Η ΥΦΗ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

Η υφή (texture) είναι κυρίαρχο χαρακτηριστικό ποιότητας στα τυριά. Η συνολική εμφάνισή τους καθώς και η αίσθηση στο στόμα, είναι δύο χαρακτηριστικά που εκτιμώνται, πριν την οσμή και την γεύση τους. Υπάρχουν εκατοντάδες ορολογίες για να περιγράψουν την υφή στα τρόφιμα. Πολλές από αυτές χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και την υφή των τυριών. Κατά ISO 1992 (International Organization of Standarisation) προσδιορίζεται η υφή στα τρόφιμα ως «όλα τα ρεολογικά και δομικά (γεωμετρικά και επιφανειακά) χαρακτηριστικά των προϊόντων που γίνονται αισθητά με μηχανικά και απτά μέσα και όπου είναι απαραίτητο με οπτικούς αισθητήρες και αισθητήρες όσφρησης».

Κυρίαρχο δομικό συστατικό στα τυριά είναι η πρωτεϊνική μήτρα. Μέσα σε αυτήν είναι παγιδευμένα τα λιποσφαίρια. Επίσης, υπάρχουν το νερό και ο ορρός, που καλύπτουν τα κενά που υπάρχουν. Η δομή αυτού του δικτύου εξαρτάται από την σχετική συγκέντρωση των πρωτεϊνών, του λίπους, της υγρασίας καθώς επίσης και των βιοχημικών διεργασιών που συμβαίνουν σε συνεχόμενη φάση κατά την ωρίμανση και αποθήκευση. Κατά την διαδικασία της τυροκόμησης πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την υφή των τυριών, όπως η υγρασία του πήγματος η οξύτητα και το pH. Υψηλές θερμοκρασίες κατά την παρασκευή του πήγματος οδηγούν σε τυρί ελαστικό. Το χαμηλό pH του γάλακτος ή η πτώση του pH με την προσθήκη ενζύμων, οδηγεί σε σκληρότερο πήγμα. Χαμηλή οξύτητα οδηγεί σε χαλάρωση των δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνών, γιατί αυξάνει το αρνητικό τους φορτίο ως αποτέλεσμα του υψηλού pH με αποτέλεσμα την αύξηση των δυνάμεων απώθησης μεταξύ τους. Οι υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την σταθερότητα της καζεϊνικής μήτρας εξασθενούν καθώς οι καζεΐνες απορροφούν μόρια νερού για να εξουδετερώσουν το αρνητικό τους φορτίο. Στα τυριά με υψηλό pH η απορρόφηση του νερού από τις πρωτεΐνες περιορίζει την ποσότητα του νερού στα διάκενα που έχει η πρωτεϊνική μήτρα. Οι Creamer and Olson (1982) πρότειναν για τα τυριά με υψηλό pH να θεωρούνται ως συμπυκνωμένα πρωτεϊνικά γαλακτώματα και τα τυριά με χαμηλό pH ως μια πορώδης μάζα από κομμάτια πρωτεΐνης και λίπους. Τα τυρία με χαμηλό pH έχουν την τάση να θρυμματίζονται ενώ τα τυριά με υψηλό pH είναι λιγότερο κολλώδη.

Η υγρασία το αλάτι και το ασβέστιο επηρεάζουν το pH. Τα τυριά με υψηλή υγρασία, με συγκεκριμένο pH και περιεκτικότητα σε αλάτι, είναι λιγότερο σφιχτά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι υπομυκέλες των πρωτεϊνών διογκώνονται. Ακόμα και μικρές διακυμάνσεις στην υγρασία έχουν σημαντική επίδραση στην υφή του τυριού.

Η επίδραση του λίπους στην μικροδομή των τυριών είναι σημαντική. Η υφή των τυριών με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος είναι γενικά πιο αποδεκτή. Τα τυριά με μειωμένα λιπαρά έχουν πιο σκληρή δομή, γιατί η πρωτεϊνική μήτρα είναι πιο συμπαγής με λιγότερα κενά ενδιάμεσα, τα οποία στα κανονικά τυριά καταλαμβάνονται από τα λιποσφαίρια. Τυριά που περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό σε ακόρεστα λιπαρά έχουν πιο μαλακή υφή. Τα τυριά με μειωμένα λιπαρά, έχουν την τάση να είναι πιο ελαστικά και πιο κολλώδη. Η υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος και υγρασία οδηγεί σε πιο αδύναμη πρωτεϊνική μήτρα με αποτέλεσμα τα τυριά να είναι πιο μαλακά. Αύξηση του ποσοστού πρωτεϊνών οδηγεί σε σφιχτότερο πήγμα. Η συνεκτικότητα των τυριών μειώνεται με την αύξηση του λίπους. Τα τυριά με μειωμένα λιπαρά είναι περισσότερο ελαστικά γιατί παραμορφώνεται περισσότερο ποσοστό πρωτεΐνης ανά μονάδα όγκου, υπό την άσκηση πίεσης. Επίσης τα τυριά με μειωμένα λιπαρά, αντιστέκονται περισσότερο στην παραμόρφωση και η θραύση του πήγματος συμβαίνει δυσκολότερα με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πιο συνεκτικά. Γενικά η αύξηση της υγρασίας στα τυριά αυτά, οδηγεί σε βελτίωση της υφής τους. Η επίδραση της υγρασίας στην ελαστικότητα δεν είναι σαφής. Θεωρείται πάντως ότι μεγαλύτερο ρόλο στην υφή του τυριού παίζει η φύση της πρωτεϊνικής μήτρας παρά η υγρασία, στην διαμόρφωση της τελικής υφής του τυριού.

Κατά την ωρίμανση των τυριών, η υφή τους αλλάζει συνεχώς, λόγω της πρωτεολυτικής δράσης των ενζύμων που έχουν απομείνει. Η πιο σημαντική αλλαγή με την ωρίμανση είναι η μείωση της τάσης θραύσης του πήγματος (δηλαδή προκαλείται θραύση στο πήγμα με άσκηση μικρότερης δύναμης), η μείωση της ελαστικότητας και η αύξηση της κρεμώδους υφής, λόγω της διάσπασης της πρωτεϊνικής μήτρας από την δράση των ενζύμων. Οι Lawrence, et al., (1987) προσδιόρισαν τρείς παράγοντες που επιδρούν στην υφή του τυριού κατά την διάρκεια της ωρίμανσης:

a) Το pH κατά την διάρκεια στράγγισης του πήγματος το οποίο προσδιορίζει και τις ποσότητες της χυμοσίνης και πλασμίνης που παραμένουν τελικά στο πήγμα
b) Την αναλογία άλατος προς υγρασία που επιδρά εκτός από την θερμοκρασία στην ενεργότητα των ενζύμων που έχουν απομείνει στο τυρί
c) Το pH του τυριού μετά το αλάτισμα.

Το pH του τυριού είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην υφή. Άλλοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία και η υγρασία κατά την ωρίμανση. Στα τυριά με μειωμένα λιπαρά, επειδή η υγρασία είναι υψηλότερη, η πρωτεόλυση κατά την ωρίμανση οδηγεί σε τυριά πιο κολλώδη αν και μερικές έρευνες οδηγούν σε αντίθετα συμπεράσματα.

Οι αλλαγές που συμβαίνουν στα τυριά κατά την διάρκεια της ωρίμανσης μπορούν να διακριθούν σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση που διαρκεί συνήθως 2 εβδομάδες μετά την παρασκευή του πήγματος, συμβαίνει μια γρήγορη αλλαγή στην υφή, κατά την οποία το καζεϊνικό δίκτυο σε μεγάλο βαθμό γίνεται πιο αδύναμο, όταν το 20% των απλών δεσμών της α_{s1} – καζεΐνης υδρολύεται. Το πεπτίδιο α_{s1}-I (υπόλειμμα 25-199 της α_{s1} – καζεΐνης B) που απομένει προκαλεί μαλακότερη υφή του τυροπήγματος. Αυτό το πεπτίδιο υπάρχει σε όλους τους τύπους τυριών στα πρώτα στάδια της ωρίμανσης. Στη δεύτερη φάση, μετά τις 2 πρώτες εβδομάδες ωρίμανσης, οι αλλαγές λόγω πρωτεόλυσης βαθμιαία μειώνονται. Η έκταση των αλλαγών βασίζεται στον βαθμό της πρωτεόλυσης και την αύξηση του pH. Καθώς τα πεπτίδια διασπώνται, το ελεύθερο νερό μειώνεται με την δέσμευσή του στις πρωτεϊνικές αλυσίδες. Αυτό οδηγεί σε τυρί σκληρότερο και η πρωτεϊνική μήτρα γίνεται λιγότερο συνεκτική.

Κατά την διάρκεια παραγωγής φέτας, χρησιμοποιείται σχετικά μεγάλη ποσότητα πυτιάς. Αυτό οδηγεί σε υψηλού βαθμού συσσωμάτωση και τραχύ καζεϊνικό δίκτυο που είναι υπεύθυνο για παραγωγή σφιχτού πήγματος. Στην φέτα βραχείας ωρίμανσης, αυτή η δημιουργία σφιχτού πήγματος είναι μεγαλύτερη από ό,τι η μαλακή υφή που προκαλείται από την πρωτεόλυση. Όμως, όσο η διάρκεια αποθήκευσης μεγαλώνει, η πρωτεολυτική δράση μεγαλώνει, και το τυρί γίνεται μαλακότερο. (Wium, et al., 1998).

(Sundaram Gunasekaran, M. Mehmet Ak 2003).

5.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΙΣ ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

Οι παράγοντες που επιδρούν στις ρεολογικές ιδιότητες των τυριών περιληπτικά είναι οι εξής:

1) Οι ιδιότητες του γάλακτος
2) Οι τεχνικές που ακολουθήθηκαν κατά την τυροκόμηση
3) Η σύσταση του τυριού
4) Οι διεργασίες που έπονται της παρασκευής του τυριού.

Οι ιδιότητες του γάλακτος μεταβάλλονται ανάλογα με την φυλή του ζώου από το οποίο προέρχεται, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, την εποχή άμελξης, και το είδος των ζωοτροφών. Το γάλα όταν παραλαμβάνεται από την βιομηχανία συνήθως τυποποιείται σε μια συγκεκριμένη αναλογία πρωτεΐνης/λίπος. Αυτό σταθεροποιεί σε μεγάλο βαθμό τις διακυμάνσεις στα βασικά συστατικά του γάλακτος και περιορίζονται οι ρεολογικές μεταβολές που μπορεί να προκληθούν στο τελικό προϊόν. Η ομογενοποίηση του γάλακτος όταν εφαρμόζεται επηρεάζει την τελική υφή του τυριού.

Οι τεχνικές κατά την τυροκόμηση που επιδρούν στην υφή του τελικού προϊόντος είναι η προσθήκη καλλιεργειών εκκινητών, η χρήση πυτιάς, ο χειρισμός του πήγματος, (στράγγιση, θέρμανση, αλάτισμα, εφαρμογή πίεσης, ψύξη). Αυτοί ο χειρισμοί επηρεάζουν το ποσοστό πρωτεόλυσης, της παραγωγής γαλακτικού οξέος, την διαμόρφωση του pH, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τα οποία έχουν άμεση σχέση στην διαμόρφωση των ρεολογικών ιδιοτήτων των τυριών.

Η σύσταση του τυριού αφορά κυρίως την περιεκτικότητα σε υγρασία, το ποσοστό πρωτεϊνών, λίπους και άλατος.

Οι διεργασίες μετά την παρασκευή του τυριού είναι η ωρίμανση, η ψύξη και η αποθήκευση.

5.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

Οι τεχνικές μέτρησης της υφής μπορούν να ομαδοποιηθούν είτε σε αυτές που γίνεται οργανοληπτική αξιολόγηση, είτε σε αυτές που χρησιμοποιείται συγκεκριμένος εξοπλισμός. Οι τεχνικές στις οποίες χρησιμοποιείται συγκεκριμένη οργανολογία ομαδοποιούνται σε τρείς κατηγορίες. Στις εμπειρικές, στις μιμητικές και στις θεμελιώδεις.

Οι εμπειρικές μετρήσεις είναι αυτές στις οποίες μετράται μια μεταβλητή του υπό εξέταση υλικού, χωρίς κάποια αυστηρή επιστημονική βάση.

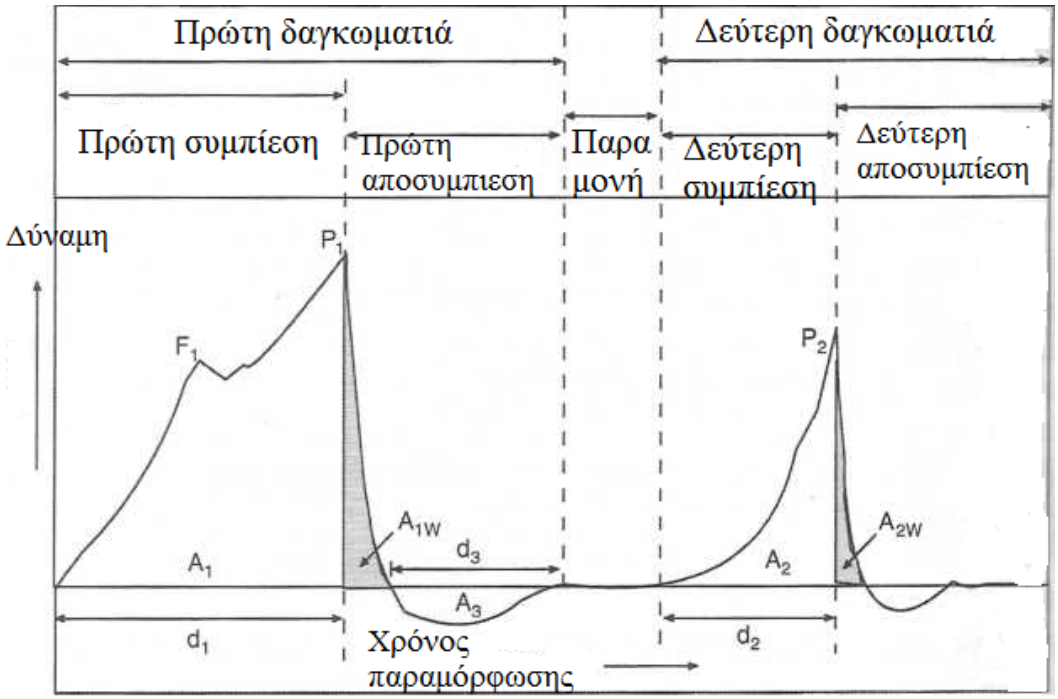
Οι μιμητικές τεχνικές, οι οποίες μπορεί και αυτές να θεωρηθεί ότι στηρίζονται σε χαλαρή θεωρητική βάση (ημιθεμελιώδεις), περιλαμβάνουν μηχανικές μετρήσεις, με μικρό έλεγχο των πειραματικών μεταβλητών, όπως το μέγεθος του καθετήρα που μπορεί να χρησιμοποιείται, το σχήμα του τυριού που μετράται κ.α. Οι τεχνικές αυτές, προσπαθούν να μιμηθούν τον ανθρώπινο τρόπο αντίληψης της υφής. Με αυτόν τον τρόπο, έχουν δημιουργηθεί πιο ακριβή μοντέλα προσδιορισμού της υφής. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων αναλύονται και συγκρίνονται με οργανοληπτικό έλεγχο, για το ίδιο προϊόν που μετράται, χωρίς να υπεισέρχονται δομικοί ή μοριακοί ισχυρισμοί για την ανάλυση του αποτελέσματος. Γι αυτό το

λόγο τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως σχετικές μετρήσεις των ιδιοτήτων που έχουν μετρηθεί. Οι μιμητικές μέθοδοι αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα μηχανικών μετρήσεων της υφής. Η ευρέως διαδεδομένη μέθοδος TPA (Texture Profile Analysis) ανήκει σε αυτήν την κατηγορία.

Οι θεμελιώδεις μέθοδοι, χρησιμοποιούν έγκυρες τεχνικές ρεολογικών μετρήσεων και τα δεδομένα που λαμβάνονται, αναλύονται με την χρησιμοποίηση επαρκώς αναγνωρισμένων ρεολογικών, δομικών και μοριακών θεωριών. Με αυτές τις τεχνικές, τα αποτελέσματα που εξάγονται εξαρτώνται και από το είδος του μηχανήματος που χρησιμοποιήθηκε. Παραδείγματα τέτοιων τεχνικών είναι οι δοκιμές κάμψης, οι δοκιμές συστροφής, οι δοκιμές μονοαξονικής συμπίεσης κ.α.

5.5. TEXTURE PROFILE ANALYSIS

Μια τυπική δοκιμή TPA γίνεται χρησιμοποιώντας το μηχάνημα τύπου UTM (universal testing maschines) με το οποίο λαμβάνεται το γράφημα δύναμης – χρόνου όπως φαίνεται στο σχήμα 17. Η δύναμη ασκείται στο υπό εξέταση δείγμα σε ένα χρονικό διάστημα που απαιτείται για την συνολική παραμόρφωση του δείγματος.



Σχήμα 17: *Το γράφημα που λαμβάνεται από μια μέτρηση με τη μέθοδο TPA.*

Το έμβολο συμπιέζει δύο φορές το δείγμα με δυο παραμορφώσεις, μιμούμενο τις δύο πρώτες δαγκωματιές του ανθρώπου (two bite tpa). Μεταξύ των δύο συμπιέσεων παρεμβάλλεται ο χρόνος παραμονής. Με αυτήν την μέθοδο και από το γράφημα, μπορούν να

υπολογιστούν ρεολογικές ιδιότητες όπως η σκληρότητα, η συνεκτικότητα, η συνάφεια και η ελαστικότητα. Για παράδειγμα η σκληρότητα αντιστοιχεί στο μήκος P_1 , η συνεκτικότητα στο λόγο A_2/A_1 και η συνάφεια στο εμβαδό A_3 του γραφήματος.

Ο Peleg (1976) πρότεινε διορθώσεις στου υπολογισμούς των διαφορών ιδιοτήτων λαμβάνοντας υπόψη και τα εμβαδά A_{1W} και A_{2W} τα οποία σχηματίζονται όταν το έμβολο έχει την αντίθετη κατεύθυνση της συμπίεσης. Στην πράξη τα εμβαδά αυτά αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό ποσοστό των εμβαδών A_1 και A_2 και συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη.

Επίσης για μεγαλύτερη συσχέτιση των αποτελεσμάτων του οργάνου με τον ογρανοληπτικό έλεγχο, η μέτρηση του υπό εξέταση δείγματος πρέπει να πραγματοποιείται σε διάφορες συνθήκες ώστε να καθοριστεί η καταλληλότερη. Αυτό πρέπει να γίνεται, γιατί το δείγμα είναι ιξωδοελαστικό σώμα και η έκταση της συμπίεσης και ο χρόνος παραμονής μεταξύ των δύο συμπιέσεων, επηρεάζει τα αποτελέσματα. Σε μια τυπική δοκιμή TPA το τυρί συνήθως συμπιέζεται κατά 70% του αρχικού ύψους του, με αποτέλεσμα να έχει ξεπεραστεί κατά πολύ το σημείο στο οποίο προκαλείται η θραύση του. Από βιβλιογραφικές αναφορές και ανάλογα με το είδος του τυριού, η θραύση μπορεί να επέρχεται στο 50% ή στο 35% της παραμόρφωσής του (π.χ. στη φέτα είναι στο 35%, Wium et. al., 1997). Καλό είναι το γεγονός αυτό να λαμβάνεται υπόψη από τους χειριστές του μηχανήματος μέτρησης της υφής του τυριού, αν και μελέτες δεν έχουν δείξει ξεκάθαρα κατά πόσο αυτό επηρεάζει τα αποτελέσματα.

(Sundaram Gunasekaran, M. Mehmet Ak 2003).

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1. ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ

Παρασκευάστηκαν δύο είδη τυριών από αίγειο γάλα, ένα με πλήρη λιπαρά και ένα με λιποπεριεκτικότητα στο ήμισυ περίπου του πλήρους γάλακτος και με χρήση επιφανειακής καλλιέργειας του μύκητα *Penicillium candidum*.

Για κάθε είδος τυριού έγιναν 4 τυροκομήσεις, μια κάθε εβδομάδα και ως εκ τούτου η συνολική χρονική περίοδος των τυροκομήσεων διήρκησε 4 εβδομάδες.

Από κάθε τυροκόμηση λήφθηκαν δείγματα μετά την πρώτη ημέρα από την παρασκευή του κάθε τυριού και κατά την τελευταία ημέρα ωρίμανσης που ήταν η $14^{η}$, δηλαδή στο έτοιμο τυρί. Η δειγματοληψία των 16 δειγμάτων παρουσιάζεται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9: *Κωδικοποίηση των δειγμάτων που λήφθηκαν για την μέτρηση των διαφόρων ιδιοτήτων των τυριών.*

ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	**ΤΥΡΙ $1^{ης}$ ΗΜΕΡΑΣ**				**ΤΥΡΙ $14^{ης}$ ΗΜΕΡΑΣ**			
	ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 1	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 2**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 3**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 4**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 1**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 2**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 3**	**ΤΥΡΟΚΟ-ΜΗΣΗ 4**
ΤΥΡΙ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΛΙΠΑΡΑ	ΠΠ1	ΠΠ2	ΠΠ3	ΠΠ4	ΤΠ1	ΤΠ2	ΤΠ3	ΤΠ4
ΤΥΡΙ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ	ΠΜ1	ΠΜ2	ΠΜ3	ΠΜ4	ΤΜ1	ΤΜ2	ΤΜ3	ΤΜ4

6.1.1. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΥΡΙΟΥ ΑΠΟ ΠΛΗΡΕΣ ΓΙΔΙΝΟ ΓΑΛΑ

Για την παρασκευή του τυριού με πλήρη λιπαρά, λήφθηκαν 10 kg νωπού πλήρους αίγειου γάλακτος από διασταυρωμένες με εγχώριες φυλές με την φυλή Alpine αίγες του Γ.Π.Α. Το γάλα παστεριώθηκε στους 68°C για 10 λεπτά. Κατόπιν ψύχθηκε στους 30°C και προστέθηκε μείγμα οξυγαλακτικών μεσόφιλών βακτηρίων *Lactococcus lactis subsp. lactis* και *Lactococcus lactis ssp. cremoris. (CHR HANSEN MO-10).* Ακολούθησε βιολογική ωρίμανση για 2 ώρες και κατόπιν προστέθηκε 1,5% g $CaCl_2$ και 0,03g πυτιά με πηκτική δύναμη 1:100.000 (0,03g) *(NATUREN EXTRA1030 NB CHR HANSEN)* στους 30°C. Η ποσότητα της πυτιάς ήταν τόση ώστε να ολοκληρωθεί η πήξη του γάλακτος σε 2 ώρες. Αφού πέρασαν οι 2 ώρες το τυρόπηγμα διαιρέθηκε σε κύβους ακμής 1cm. Μετά την διαίρεση το τυρόπηγμα αφέθηκε για 10 λεπτά σε ηρεμία, ακολούθησε ήπια ανάδευση και εξαγωγή του με τρυπητή κουτάλα σε καλούπια χωρίς πυθμένα, επενδεδυμένα εσωτερικά με τυρόπανα για στράγγιση. Εφαρμόστηκε πίεση ενός κιλού για κάθε κιλό τυροπήγματος σε θερμοκρασία δωματίου για 16 ώρες. Αφού πέρασαν οι 16 ώρες το τυρόπηγμα τεμαχίστηκε αλέστηκε και αλατίστηκε με λεπτόκοκκο αλάτι 2%. Κατόπιν τοποθετήθηκε στο ωριμαντήριο στους 20 ^{o}C για 2 εβδομάδες (14 ημέρες). Ανά δύο ημέρες γινόταν ανάμειξη της μάζας του τυριού για την ομοιόμορφη κατανομή της επιφανειακής μικροχλωρίδας. Στο παράρτημα ΙΙ απεικονίζεται η διαδικασία παρασκευής του τυριού. Στην εικόνα 6 φαίνετα το τυρόπηγμα πλήρους τυριού που παρασκευάστηκε την πρώτη ημέρα. Ακολουθεί διάγραμμα ροής της παρασκευής του πλήρους αίγειου τυριού.

Εικόνα 6:*Το τυρόπηγμα του τυριού με πλήρη πρώτης ημέρας.*

Διάγραμμα ροής παρασκευής τυριού από πλήρες γίδινο γάλα (ΠΛ)

Νωπό πλήρες γίδινο γάλα 10 Kg

⇩

Έλεγχος γάλακτος: pH & Χημική σύσταση
με τη χρήση του Milkoscan

⇩

Παστερίωση στους 68°C επί 10min

⇩

Ψύξη στους 30°C

⇩

Προσθήκη μίγματος μεσόφιλων οξυγαλακτικών βακτηρίων
(Lactococcus lactis subsp lactis + Lactococcus lactis ssp. cremoris)

⇩

Βιολογική ωρίμανση μέχρι αύξηση της οξύτητας
κατά 0,02% σε γαλακτικό οξύ (2 h)

⇩

Προσθήκη 1,5 g $CaCl_2$ /10 kg γάλα

⇩

Προσθήκη πυτιάς(1: 100.000) στους 30°C τόση ώστε να ολοκληρωθεί
η πήξη του γάλακτος σε 2 h (0,03 gr/10 Kg γάλα)

⇩

Διαίρεση τυροπήγματος σε κύβους ακμής 1cm
και σε χρόνο = χρόνος πρόπηξης x 2 (3 h)

⇩

Ηρεμία για 10 min

⇩

Ήπια ανάδευση

⇩

Εξαγωγή τυροπήγματος με τρυπητή κουτάλα σε καλούπια χωρίς πυθμένα,
υπενδεδυμένα εσωτερικά με τυρόπανα για στράγγιση και εφαρμογή πίεσης
σε θερμοκρασία δωματίου (1 kg/kg τυροπήγματος για 16 h)

⇩

Πρωί επομένης, ζύγισμα του στραγγισμένου πήγματος, τεμαχισμός,
δειγματοληψία για TPA, άλεσμα και αλάτισμα με 2% λεπτόκοκκο αλάτι
Δειγματοληψία και αναλύσεις' πήγματος (ΠΠΛ)

⇩

Ωρίμανση στους 20 °C για 14 ημέρες. Κατά διαστήματα ανάμιξη
της μάζας του τυριού για την ομοιόμορφη κατανομή της επιφανειακής
μικροχλωρίδας (3 -4 φορές) Δειγματοληψία και αναλύσεις τυριού (ΤΠΛ)

6.1.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΔΙΝΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM CANDIDUM

Για την παρασκευή του τυριού με λιποπεριεκτικότητα στο μισό περίπου του πλήρους γάλακτος και με χρήση επιφανειακής καλλιέργειας του μύκητα *Penicillium candidum*, χρησιμοποιήθηκαν 10 kg νωπού τυποποιημένου γίδινου γάλακτος από αίγες της ίδιας προελεύσεως όπως παραπάνω και με λιποπεριεκτικότητα 1,5%, το οποίο παστεριώθηκε στους 80°C για 10 λεπτά. Κατόπιν ψύχθηκε στους 30°C και προστέθηκε μείγμα οξυγαλακτικών μεσόφιλών βακτηρίων *Lactococcus lactis subsp. lactis* και *Lactococcus lactis ssp. cremoris. CHR HANSEN MO-10).* Ακολούθησε βιολογική ωρίμανση για 2 ώρες και κατόπιν προστέθηκε 1,5% g $CaCl_2$ και 0,03g πυτιά με πηκτική δύναμη 1:100.000 (0,03g) *(NATUREN EXTRA1030 NB CHR HANSEN)* στους 30°C. Η ποσότητα της πυτιάς ήταν τόση ώστε να ολοκληρωθεί η πήξη του γάλακτος σε 2 ώρες. Αφού πέρασαν οι 2 ώρες το τυρόπηγμα διαιρέθηκε σε κύβους ακμής 1cm. Μετά την διαίρεση το τυρόπηγμα αφέθηκε για 10 λεπτά σε ηρεμία, ακολούθησε ήπια ανάδευση και εξαγωγή του με τρυπητή κουτάλα σε καλούπια χωρίς πυθμένα, επενδεδυμένα εσωτερικά με τυρόπανα για στράγγιση. Εφαρμόστηκε πίεση ενός κιλού για κάθε κιλό τυροπήγματος σε θερμοκρασία δωματίου για 16 ώρες. Αφού πέρασαν οι 16 ώρες το τυρόπηγμα τεμαχίστηκε αλέστηκε και αλατίστηκε με λεπτόκοκκο αλάτι 2%. Κατόπιν έγινε επιφανειακός ψεκασμός του τυροπήγματος με αιώρημα σπορίων του μύκητα *Penicillium candidum* του οίκου Hansen και τοποθετήθηκε στο ωριμαντήριο στους 20 ^{o}C για 2 εβδομάδες (14 ημέρες). Ανά δύο ημέρες γινόταν ανάμειξη της μάζας του τυριού για την ομοιόμορφη κατανομή της επιφανειακής μικροχλωρίδας. Στην εικόνα 7 φαίνεται το τυρόπηγμα τυριού με μειωμένα λιπαρά και χρήση του μύκητα *Penicillium candidum* την την δέκατη τέταρτη ημέρα. Ακολουθεί διάγραμμα ροής της παρασκευής του.

Εικόνα 7: *Το τυρί με μειωμένα λιπαρά και τη χρήση του μύκητα Penicillium candidum.*

Παρασκευή τυριού από αίγειο γάλα με μειωμένα λιπαρά και χρήση του μύκητα *Pénicillium candidum* (ΜΛ)

Τυποποίηση λιποπεριεκτικότητας γίδινου γάλακτος στο ήμισυ περίπου του πλήρους γάλακτος l0Kg.

⇩

Έλεγχος γάλακτος: pH & Χημική σύσταση με τη χρήση του Milkoscan

⇩

Υψηλή παστερίωση στους 80°C επί 10min

⇩

Ψύξη στους 30°C

⇩

Προσθήκη μίγματος οξυγαλακτικών μεσόφιλων βακτηρίων *(Lactococcus lactis subsp lactis + Lactococcus lactis ssp. cremoris)*

⇩

Βιολογική ωρίμανση μέχρι αύξηση της οξύτητας κατά 0,02% σε γαλακτικό οξύ (2 h)

⇩

Προσθήκη 3ml διαλύματος $CaCl_2$, 50% (w/v) /10 kg γάλα

⇩

Προσθήκη πυτιάς (1:100.000) στους 30°C τόση ώστε να ολοκληρωθεί η πήξη του γάλακτος σε 2 h (0,03 gr/10 Kg γάλα)

⇩

Διαίρεση τυροπήγματος σε κύβους ακμής 1cm και σε χρόνο = χρόνος πρόπηξης x2 (3 h)

⇩

Ηρεμία για 10 min

⇩

Ήπια ανάδευση

⇩

Εξαγωγή τυροπήγματος με τρυπητή κουτάλα σε καλούπια χωρίς πυθμένα, υπενδεδυμένα εσωτερικά με τυρόπανα για στράγγιση και εφαρμογή πίεσης σε θερμοκρασία δωματίου (1kg/kg τυροπήγματος για 16h)

⇩

Πρωί επομένης, ζύγισμα του στραγγισμένου πήγματος, τεμαχισμός, δειγματοληψία για TPA, άλεσμα και αλάτισμα με 2% λεπτόκοκκο αλάτι
Δειγματοληψία και αναλύσεις πήγματος (ΠΜΛ)

⇩

Ψεκασμός του τυροπήγματος με αιώρημα σπορίων του μύκητα *Penicillium candidum*

⇩

Ωρίμανση στους 20 °C για 14 ημέρες. Κατά διαστήματα, ανάμιξης της μάζας του τυριού για την ομοιόμορφη κατανομή της επιφανειακής μικροχλωρίδας (3 -4 φορές)
Δειγματοληψία και αναλύσεις τυριού (ΤΜΛ)

6.2. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

α) Προσδιορισμός ολικής μεσόφιλης χλωρίδας:

Ο προσδιορισμός της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (ΟΜΧ) έγινε σύμφωνα με το πρότυπο IDF Standard 100B, 1991.

Χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα PCA, Plate Count Agar της εταιρίας Biokar Diagnostics. 10g τυριού και 90g διαλύματος κιτρικού νατρίου 2% ρυθμισμένου σε pH 7,4, τοποθετήθηκαν σε σακούλα stomacher (Standard bags Stomacher lab system, circulator 400, Seward) και ακολούθησε η ομογενοποίηση του δείγματος σε μηχάνημα Stomacher (Stomacher 400, Laboratory Blender). Το διάλυμα αυτό αποτέλεσε την αραίωση -1. Ακολούθησαν και οι αραιώσεις εως -9 σε δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν 9ml Ringer (Biokar Diagnostics).

Στα τρυβλία στα οποία είχε τοποθετηθεί το θρεπτικό υλικό, εφαρμόστηκε η τεχνική της ενσωμάτωσης. Η ποσότητα του εμβολίου ήταν 1ml. Τα τρυβλία επωάστηκαν σε κλίβανο στους 30^0C για 72 ώρες.

β) Προσδιορισμός ζυμών – μυκήτων:

Ο προσδιορισμός των ζυμών - μυκήτων έγινε σύμφωνα με το πρότυπο IDF Standard 94B,1991. Οι αραιώσεις έγιναν όπως περιγράφτηκε παραπάνω. Έγινε ενσωμάτωση σε Y.G.C. (Yeast Extract Glucose Cloramphenicol) agar της εταιρίας Merck και επώαση στους 25 °C για 4 ημέρες.

γ) Προσδιορισμός κολοβακτηριοειδών:

Ο προσδιορισμός των κολοβακτηριοειδών έγινε σύμφωνα με το πρότυπο IDF Standard 73B,1998. Οι αραιώσεις έγιναν όπως περιγράφτηκε παραπάνω. Έγινε ενσωμάτωση σε V.R.B.A. (Violet Red Bile Agar) της εταιρίας Lab M με διπλή στρώση άγαρ και επώση στους 37 °C για 24 ώρες

6.3. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Για την μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων των τυριών χρησιμοποιήθηκε το όργανο της εταιρίας Shimadzu, μοντέλο AGS-500 NG (Shimadzu Corporation, Japan). Το κάθε δείγμα τυριού $14^{ης}$ ημέρας, τοποθετήθηκε σε μια επίπεδη επιφάνεια σε θερμοκρασία δωματίου. Πάνω από το δείγμα ένα έμβολο με διάμετρο 6mm συνδεδεμένο με μια κινούμενη κεφαλή, κινήθηκε

προς το δείγμα με ταχύτητα 2,5 cm/min έως ότου εισχώρησε κάτω από την επιφάνεια του δείγματος τυριού κατά 20 mm δύο συνεχόμενες φορές (δύο δαγκωματιές). (Εικόνα 8).

Εικόνα 8*: Όργανο μέτρησης ρεολογικών ιδιοτήτων τυροπήγματος.*

Από το όργανο λήφθηκε η χαρακτηριστική καμπύλη ρεολογικών ιδιοτήτων που φαίνεται στο σχήμα 18, από την οποία κατόπιν υπολογίστηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Σκληρότητα (N): Είναι το μέγεθος Η, δηλαδή η μέγιστη δύναμη κατά την διάρκεια της πρώτης συμπίεσης του δείγματος από το έμβολο και εκφράζει την δύναμη που απαιτείται για την επίτευξη μιας δεδομένης παραμόρφωσης.

β) Συνεκτικότητα (N mm): Ορίζεται ως ο λόγος των εμβαδών της γραφικής παράστασης A_2/A_1.

γ) Συνάφεια (N mm): Είναι το εμβαδό της γραφικής παράστασης A_3, το οποίο είναι ανάλογο της διαδικασίας που απαιτείται για να ξεπεραστούν οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ τυριού και εμβόλου κατά την έξοδο του εμβόλου από το τυρί στην πρώτη δαγκωματιά.

Σχήμα 18: *Το γράφημα που λήφθηκε από το όργανο μέτρησης των ρεολογικών ιδιοτήτων των τυριών.*

6.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Εικόνα 9: *Φορητός μετρητής χρώματος για τις μετρήσεις χρώματος των δυο τυριών.*

Για την μέτρηση του χρώματος χρησιμοποιήθηκε ο φορητός μετρητής χρώματος της εταιρίας KONIKA-MINOLTA CR-200b (Εικόνα 9). Οι μετρήσεις χρώματος έγιναν χρησιμοποιώντας το πρότυπο CIE (International Commission on Illumination www.cie.co.at/cie/) με γωνία παρατήρησης 0° και με διάμετρο πεδίου παρατήρησης τα 8mm. Καταγράφηκαν οι συντεταγμένες Lab (πρότυπο CIE 1976), δηλαδή λήφθηκε η φωτεινότητα L καθώς και οι χρωματικές συντεταγμένες a (από +a: ερυθρή απόχρωση ως –a: πράσινη απόχρωση) και b (από +b: κίτρινη απόχρωση ως –b: μπλέ απόχρωση). Μετρήθηκε το χρώμα των τυρών $14^{ης}$ ημέρας. Το χρωματόμετρο αρχικά βαθμονομήθηκε ως προς τη φωτεινότητα L με τη μέτρηση ενός πρότυπου λευκού χρώματος από μια λευκή πλάκα. Για το κάθε δείγμα τυριού από κάθε τυροκόμηση, έγιναν πέντε επαναλήψεις μετρήσεων των τριών χαρακτηριστικών L, a, b.

6.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Ο προσδιορισμός των πτητικών αρωματικών ουσιών έγινε με τη χρησιμοποίηση αερίου χρωματογράφου συνδεδεμένου με φασματογράφο μαζών (GC/MS- QP5050, Shimadzu, Columbia, USA). Προσδιορίστηκαν οι πτητικές αρωματικές ουσίες των τυριών 1^{ης} και 14^{ης} ημέρας.

Η παραλαβή των πτητικών ουσιών από το δείγμα για την εισαγωγή τους στον αέριο χρωματογράφο έγινε με την τεχνική της στερεάς μικροεκχύλισης: SPME (Solid Phase Microextraction). Η ίνα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 50/30 m DVB/Carboxen/PDMS της εταιρίας SUPELCO. (Εικόνα 10).

Η προετοιμασία του δείγματος έγινε ως εξής: 8g από κάθε δείγμα τυριού αναμείχθηκαν με 6,5 g απεσταγμένο H_2O , 5g NaCl και 100 μl πρότυπου διαλύματος κυκλοεξανόνης 1000ppm. Το διάλυμα αναδεύτηκε και λήφθηκαν 5g όπου και τοποθετήθηκαν σε ειδικά φιαλίδια. Τα φιαλίδια ακολούθως θερμάνθηκαν και αναδεύτηκαν για 10 min με την βελόνα τοποθετημένη στο καπάκι του φιαλιδίου και για άλλα 20min με τη ίνα κατεβασμένη και εκτεθειμένη στον υπερκείμενο χώρο του δείγματος. Κατόπιν η ίνα τοποθετήθηκε πάλι στο εσωτερικό της βελόνας και έγινε εξαγωγή της βελόνας η οποία τοποθετήθηκε στην υποδοχή του αέριου χρωματογράφου. Ο χρόνος έγχυσης ήταν 5min σε θερμοκρασία 250^{0}C.

Εικόνα 10: *Λήψη πτητικών ουσιών με τη μέθοδο SPME.*

Ο διαχωρισμός των αρωματικών ουσιών έγινε με την βοήθεια της στήλης HP INNONAX μήκους 60 m, εσωτερικής διαμέτρου 0,25 mm και πάχους φιλμ 0,25 μm (film thickness). Η θερμοκρασία του κλιβάνου ήταν 55 ^{o}C (oven temperature). Η ταχύτητα ροής του φέροντος αερίου (ήλιο) ήταν 0,8 ml/min. Η θερμοκρασία του εγχυτή ήταν 250 ^{o}C (injector temperature).

Το πρόγραμμα των θερμοκρασιών που εφαρμόστηκε ήταν: 40 ^{o}C για διάστημα 3 min, αύξηση της θερμοκρασίας με ρυθμό ανύψωσης 7 ^{o}C/min έως τους 150 ^{o}C και παραμονή για

διάστημα 20min, αύξηση της θερμοκρασίας με ρυθμό 10 ^{o}C/min στους 220 ^{o}C και παραμονή για διάστημα 35min.

Η λειτουργία του φασματογράφου μάζας ρυθμίστηκε στην κλίμακα m/Z 40 έως 450 (mass range) και η τάση του ανιχνευτή ήταν 1,5kV (detectory volts) ενώ η θερμοκρασία του ήταν 250 ^{o}C.

Η ταυτοποίηση των ουσιών έγινε από το φάσμα μαζών που λήφθηκε σε συνδυασμό με τις βιβλιοθήκες φασμάτων μαζών WILEY7 & NIST08s μέσω του προγράμματος GCMS Solution Version 2,71 καθώς και από σχετική βιβλιογραφία.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών αρωματικών ουσιών έγινε βάσει του εσωτερικού προτύπου. Χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση: εμβαδό κορυφής του προτύπου/συγκέντρωση του προτύπου = εμβαδό κορυφής άγνωστης ουσίας/συγκέντρωση ουσίας.

6.6. ΟΡΓΑΝΟΛΗΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολογηση στα τυριά 14^{ης} ημέρας, από πολυμελή ομάδα αποτελούμενη από 14 μέλη του Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας του Γ.Π.Α., με μεγάλη εμπειρία στη γευσιγνωσία τυριών. Μεγαλύτερη τελική βαρύτητα δόθηκε στο άρωμα και στην υφή σύμφωνα με την μέθοδο IDF Standard No. 99C, 1997. Ο έλεγχος έγινε σε συνθήκες δωματίου. Η ομάδα αξιολόγησης απάντησε σε κατάλληλο ερωτηματολόγιο. Κάθε δείγμα έτοιμου τυριού αξιολογήθηκε και έλαβε βαθμολογία για την γεύση από 0 έως 50, για την υφή από 0 έως 40 και για το χρώμα από 0 έως 10. Έτσι συνολικά και για τις 3 ιδιότητες που μελετήθηκαν, το μέγιστο ήταν το 100% και σημειώθηκαν παρατηρήσεις κατά περίπτωση.

6.7. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η στατιστική επεξεργασία έγινε με t- test (one tailed) στις μετρήσεις χρώματος και οργανοληπτικής αξιολόγησης, ενώ σε όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις εφαρμόστηκε two way ANOVA (Bonferroni test) με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου Graph Pad Prism 6.01. Η εξέταση των αρωματικών συστατικών με τη μέθοδο PCA (Principal Component Analysis) έγινε με το στατιστικό πακέτο STATGRAPHICS CENTURION XVII.

Στο Παράρτημα Ι υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με τις τιμές όλων των μετρήσεων που λήφθηκαν από τις ανωτέρω αναλύσεις.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το βάρος των τυριών την 1η ημέρα παρασκευής τους, κατά μέσο όρο, ήταν για το τυρί με πλήρη λιπαρά 1,88 Kg και για το τυρί με μειωμένα λιπαρά 1,96 Kg. Η απόδοσή τους αντίστοιχα ήταν 17,48% και 17,90%. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Η απόδοση στο τυρί με μειωμένα λιπαρά δεν μειώθηκε στατιστικά σημαντικά λόγω μείωσης της λιποπεριεκτικότητας στο ήμισυ, γιατί η συγκράτηση των πρωτεϊνών του ορού από την εφαρμογή υψηλής παστερίωσης στο γάλα της τυροκόμησης, είχε ως αποτέλεσμα και την συγκράτηση μεγαλύτερης ποσότητας υγρασίας στο τυρόπηγμα του τυριού με μειωμένα λιπαρά. Έτσι η μείωση του λίπους στο τυρί με τα μειωμένα λιπαρά αντισταθμίστηκε με την ενσωμάτωση στο πήγμα μέρους των πρωτεϊνών του ορού και την συγκράτηση μεγαλύτερης υγρασίας.

Στον πίνακα 10 φαίνονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δυο τυριών.
(Αδημοσίευτα δεδομένα πτυχιακής εργασίας Αναστασίας Σκορδομπέκη).

Πίνακας 10: *Τα κύρια χαρακτηριστικά των τυριών που παρασκευάστηκαν. Η ξηρή ουσία εκφράζεται ως ποσοστό % του συνολικού βάρους του τυριού. Το λίπος εκφράζεται ως ποσοστό % του συνολικού βάρους του τυριού.(± τυπικό σφάλμα μέσου όρου.)*

Ηλικία τυριού (μέρες)	Κωδικός δείγματος	pH	Ξηρή ουσία %	Λίπος %
1	$ΠΠ_1$	4,09 ± 0,11	34,99 ± 1,21	16,66 ± 0,49
	$ΠΜ_1$	4,15 ± 0,11	28,43 ± 1,21	8,81 ± 0,49
7	$ΤΠ_7$	4,37 ± 0,11	-	-
	$ΤΜ_7$	4,30 ± 0,11	-	-
14	$ΤΠ_{14}$	4,73 ± 0,13	44,01 ± 1,33	19,47 ± 0,57
14	$ΤΜ_{14}$	4,63 ±0,13	33,67 ±1,33	10,02 ± 0,57

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (CODEX STAN 283-1978, General Standard of cheese) τα τυριά ανήκουν στα μαλακά τυριά με ανάπτυξη μυκήτων, δεδομένου ότι η υγρασία άνευ λίπους και στους δυο τύπους τυριών ξεπερνά το 67%. Το τυρί με πλήρη λιπαρά υπάγεται σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών στα μαλακά τυριά, δεδομένου ότι η υγρασία του δεν ξεπερνά το 58%.

7.1. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

7.1.1. ΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΧΛΩΡΙΔΑ (ΟΜΧ)

Η ΟΜΧ κυμάνθηκε από 10^7 έως 10^9 cfu / g τυριού. Η μέγιστη τιμή της παρατηρήθηκε την επομένη της παρασκευής των τυριών. Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ΟΜΧ μεταξύ των πηγμάτων $1^{ης}$ ημέρας και τυριών $7^{ης}$ και $14^{ης}$ ημέρας (πίνακας 11), με την ΟΜΧ στα ώριμα τυριά να είναι σημαντικά μειωμένη λόγω της απότομης πτώσης του pH από το γάλα της τυροκόμησης ως την δημιουργία του τηροπήγματος καθώς επίσης και στην ανάπτυξη των ζυμών και μυκήτων που είναι ανθεκτικότερα από τα βακτήρια που δρουν ανταγωνιστικά σε χαμηλό pH.

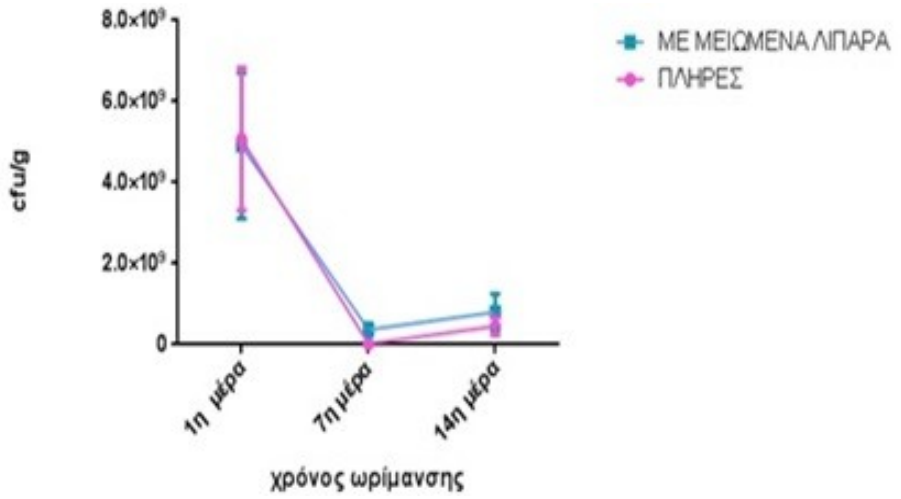
Η μείωση του αριθμού της ΟΜΧ τις πρώτες μέρες της ωρίμανσης των τυριών παρατηρήθηκε επίσης στο τυρί κοπανιστή (Kaminarides & Anifantakis 1989).

Μετά από την έβδομη ημέρα παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση που θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ο αριθμός της ΟΜΧ διατηρήθηκε περίπου σταθερός.

Πίνακας 11: *Μεταβολή της ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δυο τυριών που παρασκευάστηκαν από πλήρες αίγειο γάλα και από αίγειο γάλα με μειωμένα λιπαρά κατά την ωρίμανσή τους. (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)*

Ηλικία τυριού (μέρες)	**ΟΜΧ (cfu/g)**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
$1^η$ ημέρα	**$5,1x10^9$ [b]± $1,8x10^9$**	**$4,9x10^9$ [b]± $1,8x10^9$**
$7^η$ ημέρα	**$2,5x10^7$ [a]± $1,1x10^7$**	**$3,7x10^8$ [a] ±$1,5x10^8$**
$14^η$ ημέρα	**$4,6x10^8$ [a]± $2,3x10^8$**	**$8,1x10^8$ [a] ± $4,5x10^8$**

Οι τιμές με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες τους, έχουν μεταξύ τους (μεταξύ γραμμών και μεταξύ στηλών), στατιστικά σημαντική διαφορά.



Σχήμα 19: *Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης των δυο τύπων τυριών στην ΟΜΧ.*

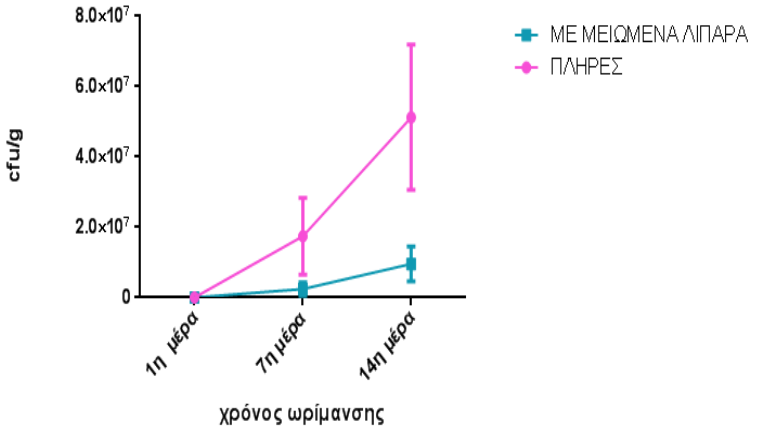
7.1.2. ΖΥΜΕΣ - ΜΥΚΗΤΕΣ

Στο τέλος της ωρίμασης των δύο τύπων τυριών, οι ζύμες και οι μύκητες κυμάνθηκαν από 10^6 έως 10^7 cfu/ g τυριού (Πίνακας 12). Υπήρξε μια αύξηση του πληθυσμού από την $1^η$ ως την $14^η$ ημέρα, η οποία ήταν μεγαλύτερη στο τυρί με πλήρη λιπαρά (Σχήμα 20). Η αύξηση αυτή και από την $1^η$ εως την $14^η$ ημέρα και μεταξύ των δυο τύπων τυριών, οφείλεται στην τεχνολογία παρασκευής των τυριών που ακολουθήθηκε. Παρόμοια τάση διαπιστώθηκε και στο τυρί κοπανιστή.

Πίνακας 12: *Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου του πληθυσμού ζυμών και μυκήτων σε σχέση με τον χρόνο ωρίμανσης*

Ηλικία τυριού (μέρες)	**ΖΥΜΕΣ (cfu/g)**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
$1^η$ ημέρα	**$2,7x10^3$ [a] ±$1,8x10^3$**	**$1,9x10^1$ [b] ± $1,1x10^1$**
$7^η$ ημέρα	**$1,7x10^7$ [a] ± $1,1x10^7$**	**$2,4x10^6$ [b] ± $1,9x10^6$**
$14^η$ ημέρα	**$5,1x10^7$ [c] ± $2,1x10^7$**	**$9,6 x10^6$ [d] ± $5x10^6$**

Οι τιμές με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες τους, έχουν μεταξύ τους (μεταξύ γραμμών και μεταξύ στηλών), στατιστικά σημαντική διαφορά.



Σχήμα 20: *Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης των δυο τύπων τυριών στην ανάπτυξη ζυμών – μυκήτων.*

7.1.3. ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ

Δεν βρέθηκαν κολοβακτηρίδια γιατί το γάλα παστεριώθηκε και το χαμηλό pH των τυριών καθώς και τα άλλα προϊόντα ωρίμανσης, παρεμπόδισαν την ανάπτυξη κολοβακτηριδίων στα τυριά.

7.2. ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΙΤΚΑ

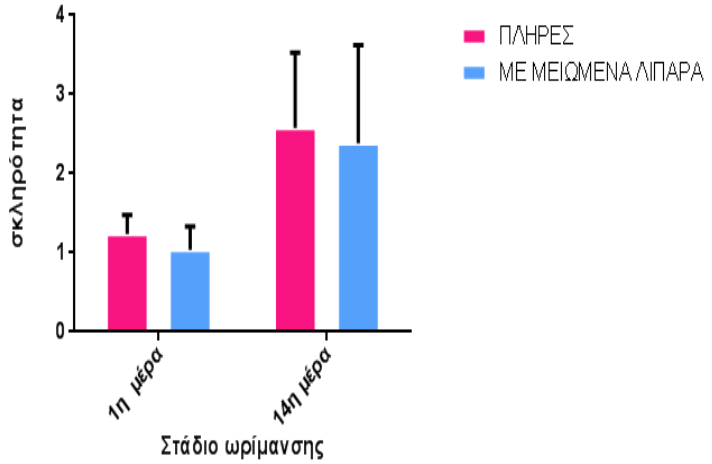
7.2.1. ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) στη σκληρότητα μεταξύ των δυο τύπων τυριών, ούτε μεταξύ τυριών $1^{ης}$ και $14^{ης}$ ημέρας (Πίνακας 13 & σχήμα 21). Η τεχνολογία των τυριών, ο χρόνος ωρίμανσης των 14 ημερών, οι συνθήκες ωρίμανσης στους $20^{o}C$ και η μεταβολή του pH και των συστατικών των τυριών δεν ήταν αρκετά ώστε να επηρεάσουν την σκληρότητά τους.

Η μείωση της λιποπεριεκτικότητας στο τυρί με μειωμένα λιπαρά κατά το ήμισυ σε σχέση με το πλήρες, δεν αύξησε τη σκληρότητα του πήγματος, λόγω της αυξημένης υγρασίας που εμφάνισε. (πίνακας 10, μικρότερη ξηρά ουσία με παρόμοια απόδοση με το τυρί με πλήρη λιπαρά). Αυτό συνέβη λόγω της συγκράτησης των πρωτεϊνών του ορού στο τυρόπηγμα με την υψηλή παστερίωση του γάλακτος της τυροκόμησης.

Πίνακας 13: *Μεταβολή της σκληρότητας των δυο τυριών που παρασκευάστηκαν από πλήρες αίγειο γάλα και από αίγειο γάλα με μειωμένα λιπαρά κατά την ωρίμανση (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου) .*

Ηλικία τυριού (μέρες)	**ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ [N]**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
$1^{η}$ ημέρα	**1,24 ± 0,24**	**1,04 ± 0,29**
$14^{η}$ ημέρα	**2,58 ± 0,95**	**2,38 ± 1,24**



Σχήμα 21: *Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης των δυο τύπων τυριών που παρασκευάστηκαν στη σκληρότητά τους.*

7.2.2. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) στη συνεκτικότητα μεταξύ των δυο τύπων τυριών που παρασκευάστηκαν, ούτε μεταξύ τυριών $1^{ης}$ και $14^{ης}$ ημέρας. (Πίνακας 14 & σχήμα 22). Αυτό συνέβη για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στην σκληρότητα των δύο τύπων τυριών.

Πίνακας 14: *Μεταβολή της συνεκτικότητας των δυο τυριών που παρασκευάστηκαν από πλήρες αίγειο γάλα και από αίγειο γάλα με μειωμένα λιπαρά κατά την ωρίμανση (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου) .*

Ηλικία τυριού (μέρες)	**ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ [Nmm]**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
$1^{η}$ ημέρα	0,39±0,03	0,33±0,04
$14^{η}$ ημέρα	0,37±0,07	0,34±0,07

Σχήμα 22: *Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης των δυο τύπων τυριών που παρασκευάστηκαν στη συνεκτικότητά τους.*

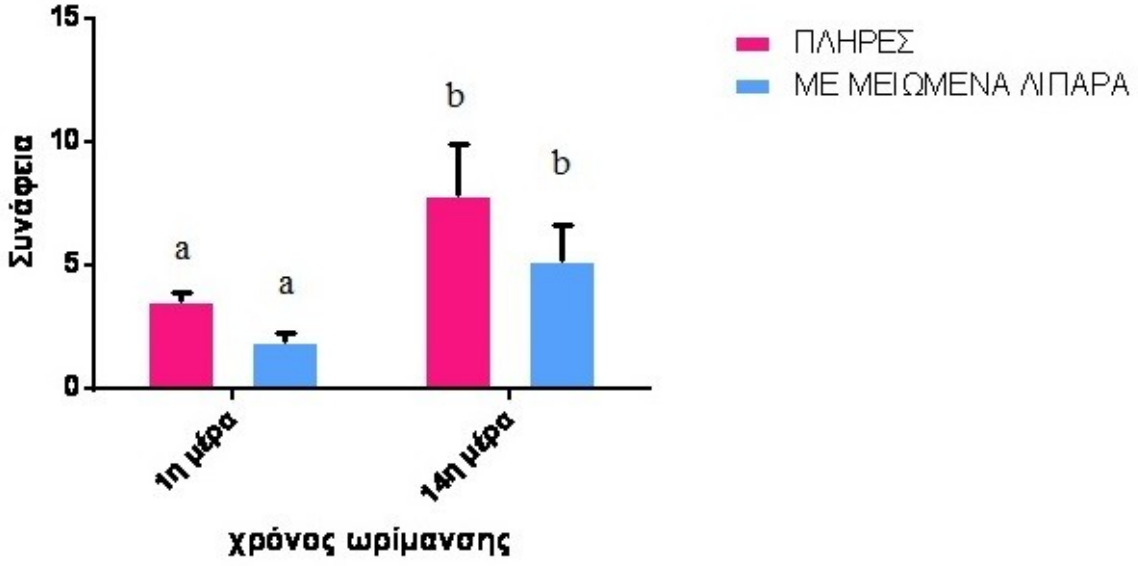
7.2.3. ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) στη συνάφεια των τυριών μεταξύ $1^{ης}$ και $14^{ης}$ ημέρας ωρίμανσης (Πίνακας 15 & σχήμα 23). Η υψηλότερη συνάφεια των τυριών 14 ημερών από ότι της τυρομάζας της $1^{ης}$ ημέρας, είχε σαν αποτέλεσμα την αλειφώδη υφή τους. Το τυριά ανέπτυξαν τελικά μαλακή υφή με καλή ικανότητα επάλειψης. Σε αυτό συνέτεινε η πρωτεολυτική δράση των μικροοργανισμών στα δύο τυριά που εμφάνισαν αυξημένο διαλυτό άζωτο από την $1^{η}$ στην $14^{η}$ ημέρα (υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές – αδημοσίευτα δεδομένα πτυχιακής εργασίας Αναστασίας Σκορδομπέκη).

Πίνακας 15: *Μεταβολή της συνάφειας των δυο τυριών που παρασκευάστηκαν από πλήρες αίγειο γάλα και από αίγειο γάλα με μειωμένα λιπαρά κατά την ωρίμανση (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου) .*

Ηλικία τυριού (μέρες)	**ΣΥΝΑΦΕΙΑ [Nmm]**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
$1^{η}$ ημέρα	$3,56^{a} \pm 0,31$	$1,91^{a} \pm 0,35$
$14^{η}$ ημέρα	$7,89^{b} \pm 2,01$	$5,20^{b} \pm 1,47$

Οι τιμές με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες τους, έχουν μεταξύ τους (μεταξύ γραμμών και μεταξύ στηλών), στατιστικά σημαντική διαφορά.



Σχήμα 23: *Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης των δυο τύπων τυριών που παρασκευάστηκαν στη συνάφειά τους.(Τα γραφήματα με διαφορετικούς χαρακτήρες στην κορυφή τους a, b, δηλώνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους).*

7.3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Για τις τρείς συντεταγμένες του χρώματος των δύο τύπων τυριών L,a,b, τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 16 και στα σχήματα 24 & 25.

L: Το τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν φωτεινότερο. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

α: Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τυριών.

b: Υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τυριών . Το τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν λιγότερο κιτρινωπό.

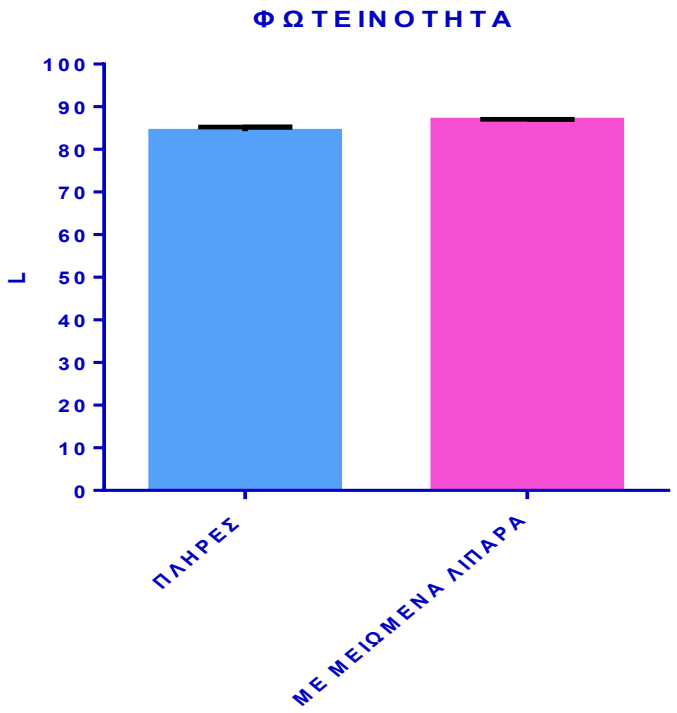
Φαίνεται ότι η μείωση της λιποπεριεκτικότητας στο τυρί με μειωμένα λιπαρά σε σχέση με το πλήρες κατά 50% , τελικά δεν επηρέασε αρνητικά την φωτεινότητά του, με την ελάττωση των κέντρων σκέδασης του φωτός από την μειωμένη παρουσία των λιποσφαιρίων. Αυτό συμβαίνει συνήθως με μείωση της λιποπεριεκτικότητας περισσότερο από 50% σε σχέση με το πλήρες. (Johnson, Kapoor & Narasimmon, 2009).

Το λευκότερο χρώμα του τυριού από γάλα με μειωμένα λιπαρά, οφείλεται στην ανάπτυξη του λεπτού επιφανειακού στρώματος από τις λευκές υφές και τα σπόρια του μύκητα. Αντίθετα το πιο σκούρο προς κιτρινωπό χρώμα του τυριού με πλήρη λιπαρά οφείλεται στην ανάπτυξη επιφανειακά άγριας χρωμογόνας χλωρίδας ζυμομυκήτων.

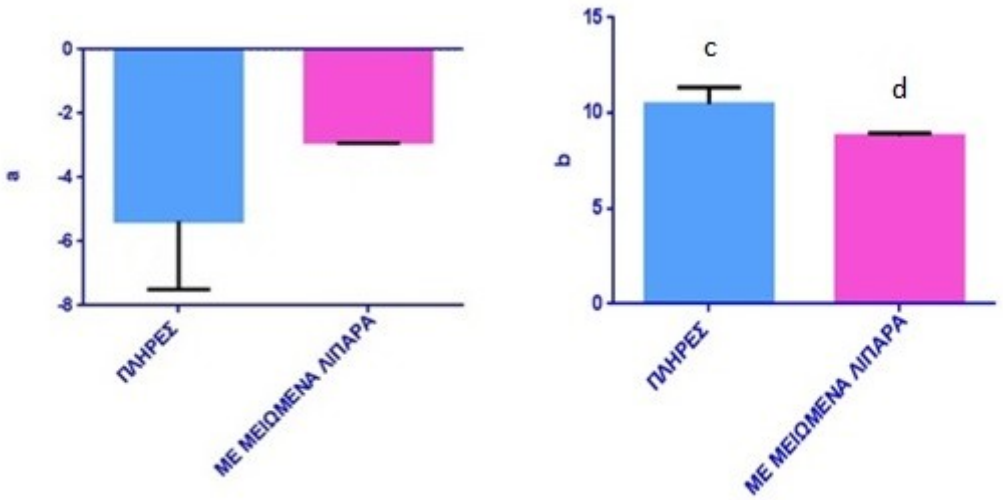
Πίνακας 16: *Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου των συντεταγμένων του χρώματος των δυο τυριών.*

Συντεταγμένες	**ΧΡΩΜΑ**	
	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ	
	ΠΛΗΡΕΣ	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**
L	$84{,}28^{c}\pm0{,}94$	$86{,}88^{d}\pm0{,}20$
a	-5,36±2,14	-2,89±0,04
b	$10{,}47^{c}\pm0{,}88$	$8{,}80^{d}\pm0{,}16$

Οι τιμές που βρίσκονται στην ίδια γραμμή με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες τους, έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά.



Σχήμα 24: *Η φωτεινότητα για το τυρί με πλήρη λιπαρά και το τυρί μειωμένα λιπαρά. (Τα γραφήματα με διαφορετικούς χαρακτήρες στην κορυφή τους c, d, δηλώνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους).*



Σχήμα 25: *Οι συντεταγμένες χρώματος a και b για το τυρί με πλήρη λιπαρά και το τυρί μειωμένα λιπαρά. (Τα γραφήματα με διαφορετικούς χαρακτήρες στην κορυφή τους c, d, δηλώνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους).*

7.4. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

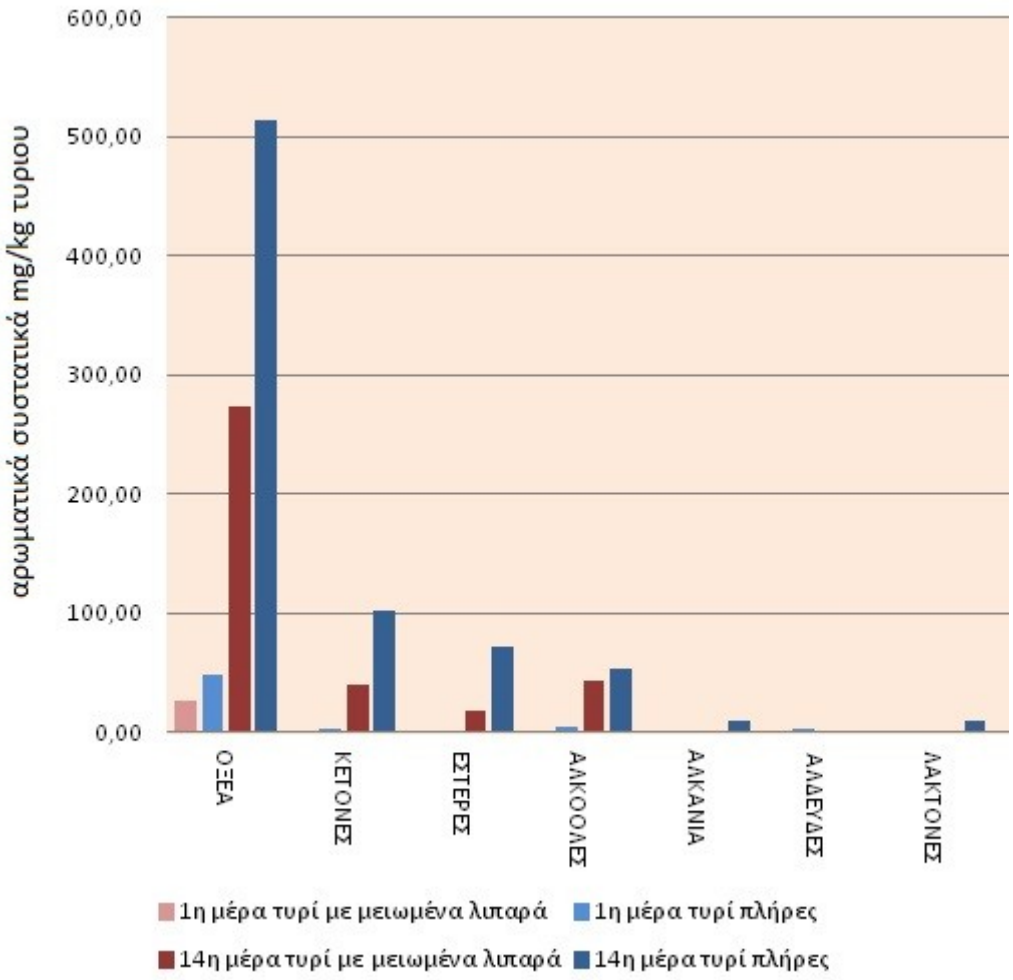
Στο τυρί από πλήρες αίγειο γάλα, ταυτοποιήθηκαν 28 αρωματικά συστατικά στο τυρί 1^{ης} ημέρας και 85 αρωματικά συστατικά στο ώριμο τυρί 14 ημερών, ενώ στο τυρί από αίγειο γάλα μειωμένης λιποπεριεκτικότητας ταυτοποιήθηκαν 26 αρωματικά συστατικά την 1^{ης} ημέρα και 48 την 14 ημέρα. Οι σχετικές συγκεντρώσεις τους ήταν στο πλήρες τυρί 1^{ης} ημέρας 55,35 mg/kg τυριού και στο ώριμο 14^{ης} ημέρας 760,89 mg/kg τυριού, ενώ αντίστοιχα στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 30,69 mg/kg τυριού και 375,52 mg/kg τυριού (Πίνακας 17).

Το τυρί με μειωμένα λιπαρά εμφάνισε ικανοποιητικό προφίλ αρωματικών ουσιών με πληθώρα αρωματικών συστατικών από τις κύριες ομάδες οι οποίες ήταν τα οξέα, οι κετόνες, οι εστέρες και οι αλκοόλες.

Στο τυρί με πλήρη λιπαρά ταυτοποιήθηκε μεγαλύτερος αριθμός αρωματικών συστατικών την 1^{η} και την 14^{η} ημέρα, τα οποία βρέθηκαν και σε μεγαλύτερες σχετικές συγκεντρώσεις. Από τις κύριες ομάδες αρωματικών συστατικών στο ώριμο τυρί, το 67,56% των συνολικών συστατικών ήταν οξέα, το 13,36% κετόνες, το 9,32% εστέρες και το 7,09% αλκοόλες. Στο τυρί με μειωμένα λιπαρά τα ποσοστά ήταν αντίστοιχα 72,62%, 10,54%, 4,88% και 11,50%. (πίνακας 17 & σχήμα 26).

Πίνακας 17: *Οι σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) των ομάδων των αρωματικών συστατικών και τα ποσοστά τους % για το κάθε είδος τυριού την 1^{η} και την 14^{η} ημέρα αντίστοιχα.*

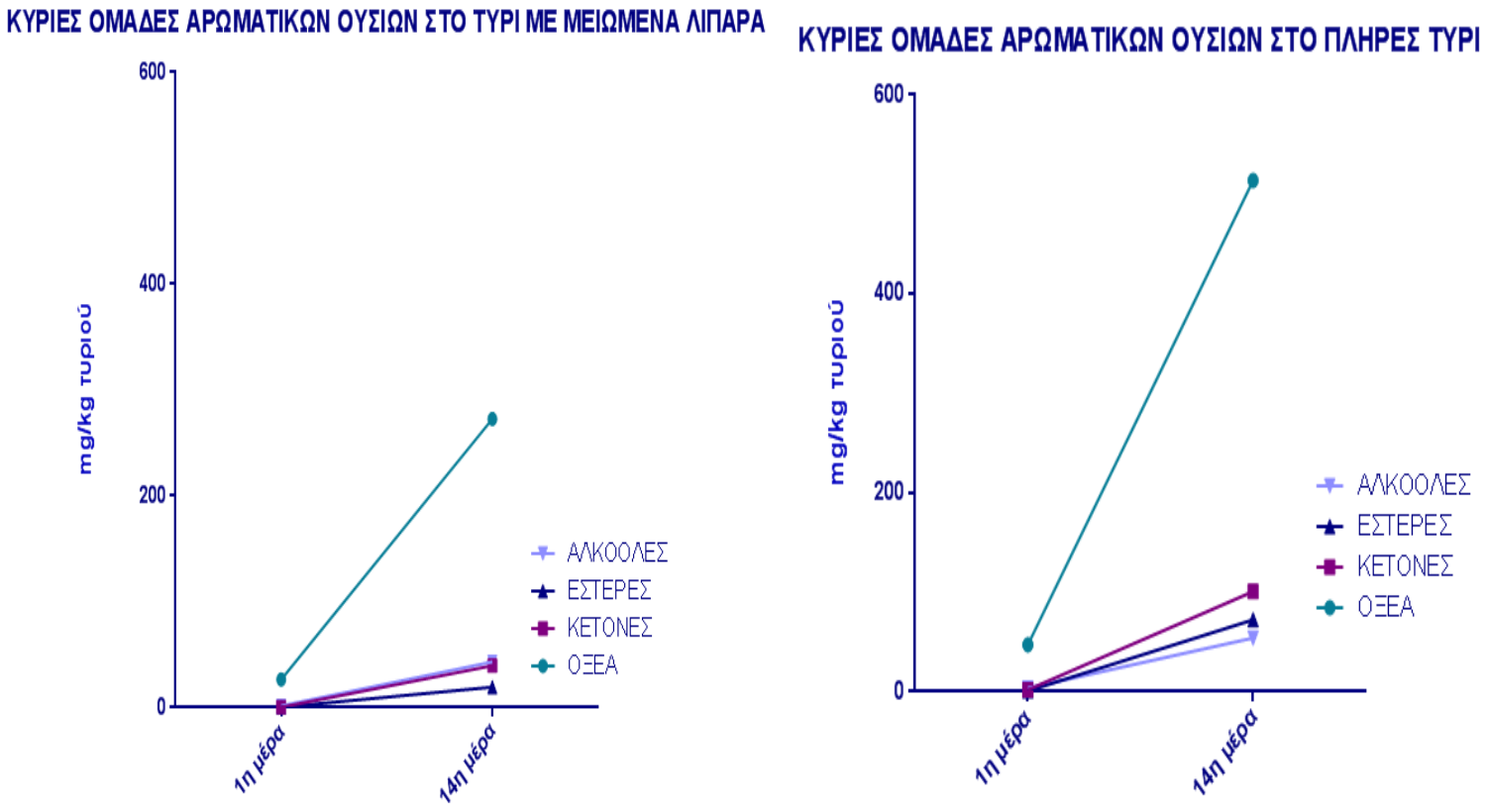
ΟΜΑΔΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας (mg/kg τυριού)**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας %**	**Τυρί πλήρες 1ης μέρας (mg/kg τυριού)**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας %**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας (mg/kg τυριού)**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας %**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας (mg/kg τυριού)**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας %**
ΟΞΕΑ	26,50	86,35	47,31	85,47	272,69	72,62	514,04	67,56
ΚΕΤΟΝΕΣ	0,48	1,56	1,99	3,60	39,59	10,54	101,64	13,36
ΕΣΤΕΡΕΣ	0,12	0,39	0,14	0,25	18,31	4,88	70,93	9,32
ΑΛΚΟΟΛΕΣ	1,71	5,57	3,71	6,70	43,20	11,50	53,92	7,09
ΑΛΚΑΝΙΑ	0,09	0,29	0,21	0,38	1,49	0,40	9,69	1,27
ΑΛΔΕΥΔΕΣ	1,79	5,83	1,99	3,60	0,24	0,06	0,91	0,12
ΛΑΚΤΟΝΕΣ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,76	1,28
ΣΥΝΟΛΟ:	**30,69**	**100,00**	**55,35**	**100,00**	**375,52**	**100,00**	**760,89**	**100,00**



Σχήμα 26: *Παραγόμενες ποσότητες (mg/kg τυριού) των ομάδων των αρωματικών συστατικών για τους δυο τύπους τυριών 1^{ης} και 14^{ης} ημέρας.*

Υπήρξε μια θεαματική αύξηση της ποσότητας των ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών, που οφείλεται στην ισχυρή λιπολυτική δραστηριότητα των μικροοργανισμών που αναπτύχθηκαν στα τυριά και κυρίως των ζυμών και μυκήτων. Ο ρυθμός αύξησης ήταν μεγαλύτερος στο τυρί με πλήρη λιπαρά λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε λίπος αφού προέρχεται από πλήρες γάλα, καθώς και του μεγαλύτερου αριθμού ζυμομυκήτων που αναπτύχθηκαν. (Σχήμα 27). Η ισχυρή παρουσία τω ελεύθερων λιπαρών οξέων σε σχέση και με τις υπόλοιπες αρωματικές ουσίες, ενισχύεται επίσης λόγω της χρησιμοποίησης της πολικής τριχοειδούς στήλης INNOWax κατά την αέρια χρωματογραφία, αφού τα οξέα είναι η χημική ομάδα με την μεγαλύτερη πολικότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες χημικές ομάδες, αλλά και λόγω των υπόλοιπων κατασκευαστικών χαρακτηριστικών της στήλης (σελ. 58) στα οποία φαίνεται ότι δίνει πολύ καλά αποτελέσματα για ελεύθερα οργανικά οξέα.

Οι υπόλοιπες ομάδες αρωματικών ουσιών επίσης αυξήθηκαν κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, εκτός από τις αλδεΰδες, λόγω της δράσης των ενζύμων που ήταν παρόντα στο τυρί. Οι αλδεΰδες μειώθηκαν γιατί είναι ενδιάμεσα προϊόντα μεταβολικών οδών, που γρήγορα μετατρέπονται σε αλκοόλες και οξέα, είτε μέσω καταβολισμού των αμινοξέων είτε μέσω της β-οξείδωσης των ακόρεστων λιπαρών οξέων, είτε μέσω της αντίδρασης Strecker.

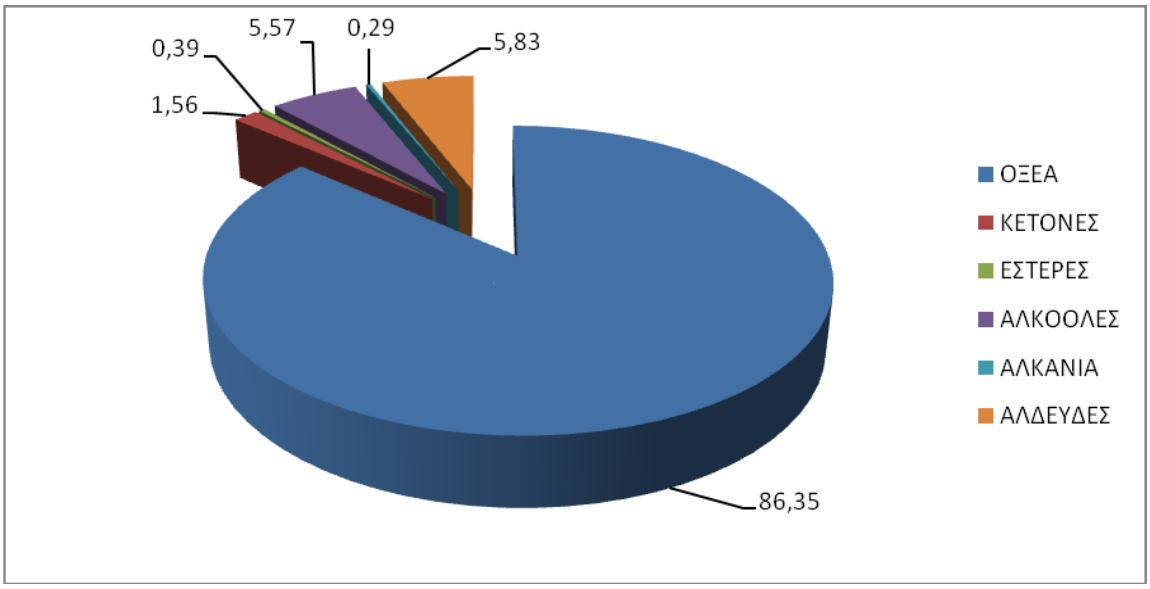


Σχήμα 27: *Η αύξηση των κυριότερων αρωματικών ομάδων κατά την διάρκεια της ωρίμανσης στα δύο τυριά.*

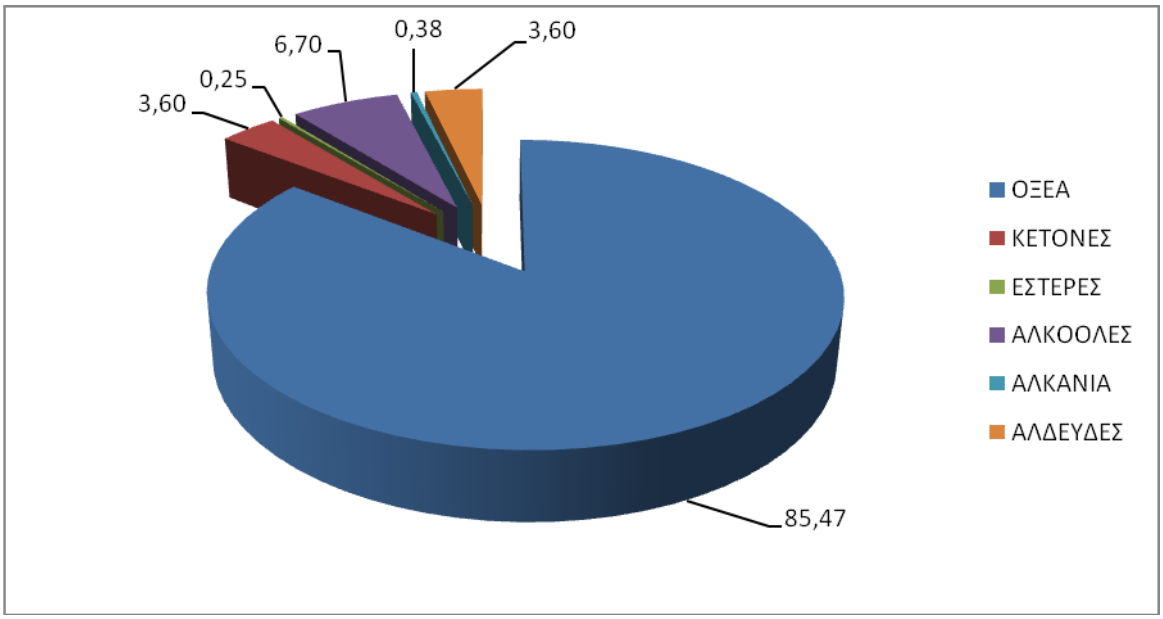
Η κύρια διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά του ώριμου τυριού με μειωμένα λιπαρά, σε σχέση με το πλήρες, ήταν το μειωμένο κατά 50% λιπιδικό κλάσμα (10,16%) σε σχέση με το πλήρες τυρί (19,78) (πίνακας 10) ο εμβολιασμός του με τον μύκητα Penicillium candidum και η δράση των ενζυμικών μηχανισμών όλου του πληθυσμού των ζυμών και των μυκήτων που ήταν μικρότερος σε σχέση με αυτόν του πλήρους τυριού. Αυτά κυρίως συνετέλεσαν στην διαφοροποίηση στα αποτελέσματα των αρωματικών συστατικών που τελικά παράχθηκαν.

Στα γραφήματα που ακολουθούν φαίνονται παραστατικά τα ποσοστά των ομάδων των αρωματικών ουσιών σε σχέση με το σύνολο των αρωματικών συστατικών για το κάθε τυρί, και στους δυο τύπους τυριών της 1^{ης} και 14^{ης} μέρας.

ΤΥΡΙ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ 1^{ης} ΗΜΕΡΑΣ

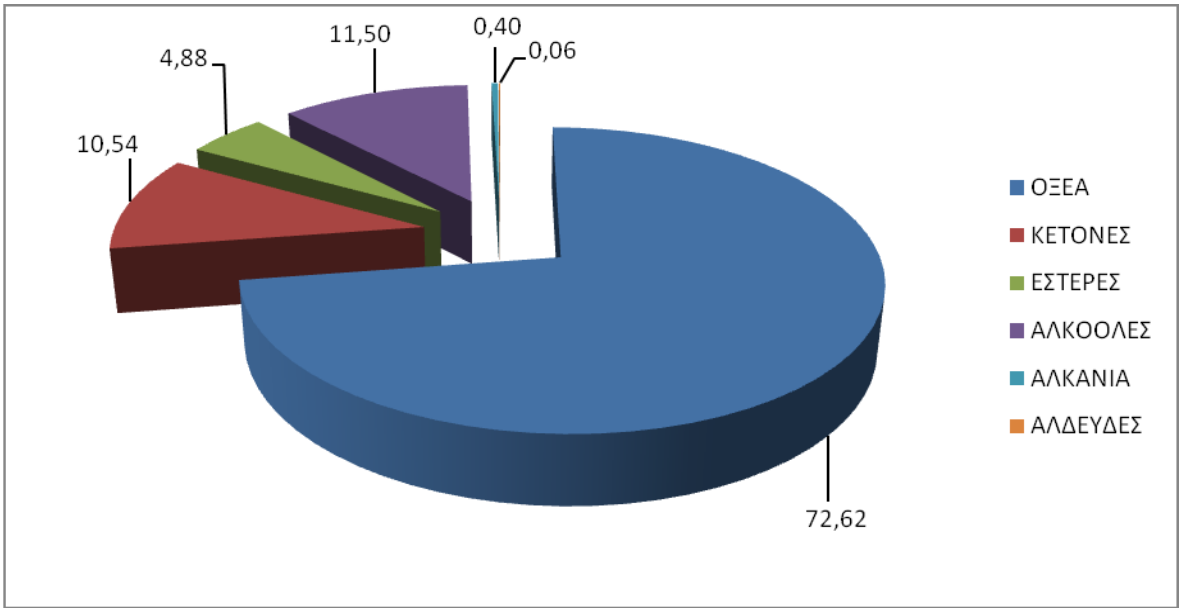


ΤΥΡΙ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΛΙΠΑΡΑ 1^{ης} ΗΜΕΡΑΣ

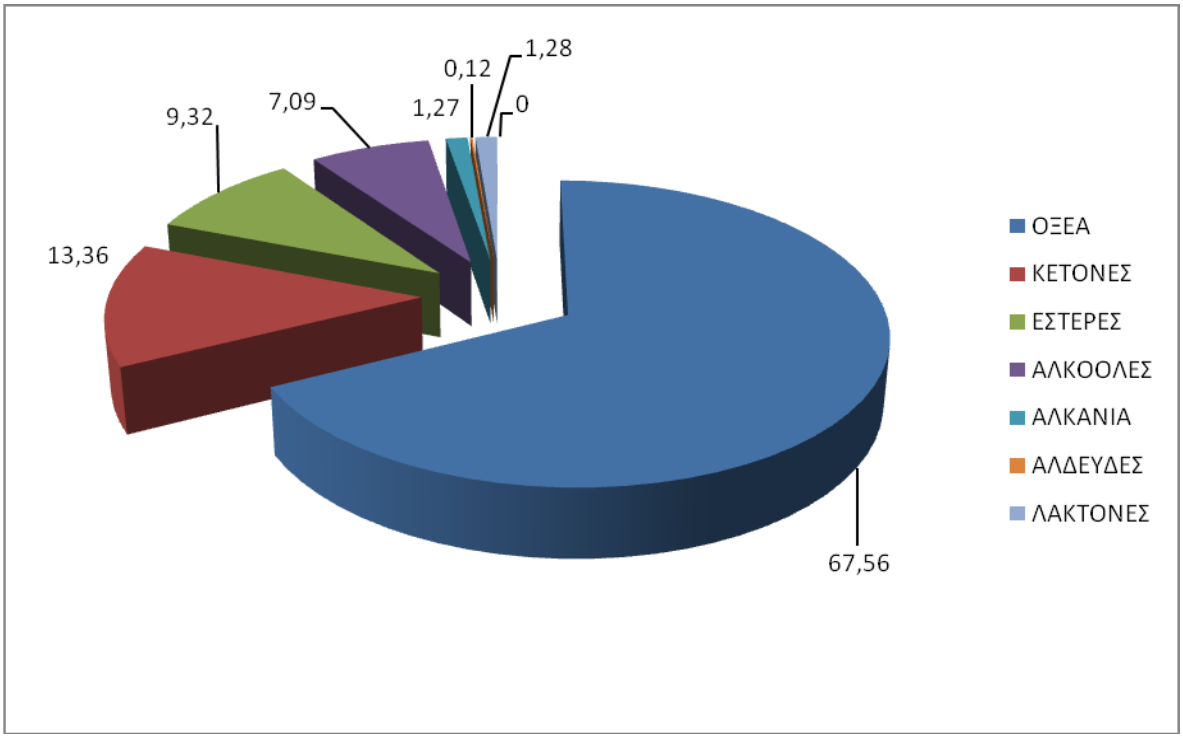


Σχήμα 28: *Ποσοστιαία αναλογία των ομάδων αρωματικών ουσιών στους δυο τύπους τυριών της 1^{ης} ημέρας.*

ΤΥΡΙ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ 14ης ΗΜΕΡΑΣ



ΤΥΡΙ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΛΙΠΑΡΑ 14ης ΗΜΕΡΑΣ



Σχήμα 29: *Ποσοστιαία αναλογία των ομάδων αρωματικών ουσιών στους δυο τύπους τυριών της 14ης ημέρας.*

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των αρωματικών συστατικών για κάθε χημική ομάδα ξεχωριστά.

7.4.1. ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ:

Ταυτοποιήθηκαν συνολικά 13 ελεύθερα λιπαρά οξέα στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 16 στο πλήρες τυρί. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 26,50mg/kg τυριού την πρώτη ημέρα και 272,6950mg/kg τυριού την 14^{η} ενώ στο πλήρες 47,3150mg/kg τυριού και 514,04 g50mg/kg τυριού αντίστοιχα.

Πίνακας 18: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των ελεύθερων λιπαρών οξέων που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

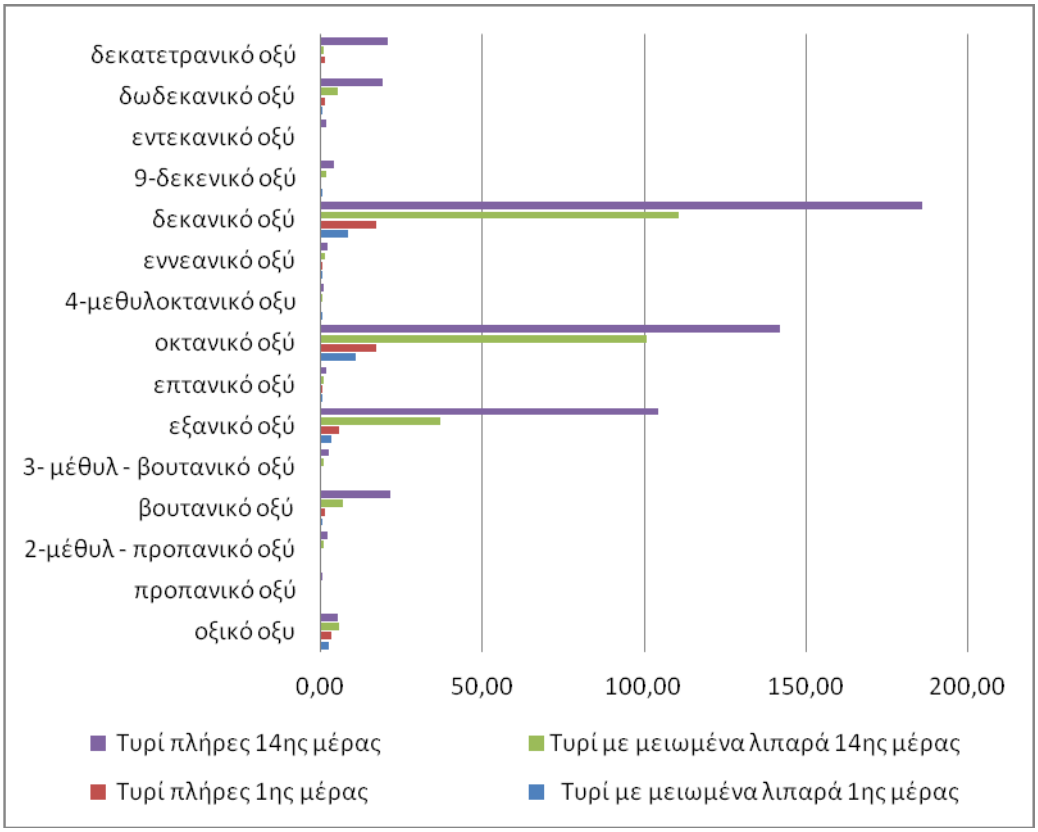
			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
34	21.069	οξικό οξυ	2,33 ± 0,21	3,38 ± 1,09	5,73 ± 0,90	5,34 ± 0,95
41	23.319	προπανικό οξύ	-	-	-	0,14 ± 0,00
45	24.146	2-μέθυλ - προπανικό οξύ	-	-	0,71 ± 0,39	2,10 ± 036
54	26.114	βουτανικό οξύ	0,60 ± 0,07	1,09 ± 0,36	6,71 ± 0,87	21,58 ± 11,47
59	27.668	3- μέθυλ - βουτανικό οξύ	-	-	1,00 ± 0,51	2,42 ±1,24
75	37.235	εξανικό οξύ	3,31 ± 0,64	5,68 ± 1,89	37,12 ±11,54	104,45 ± 52,31
81	43.101	επτανικό οξύ	0,12 ± 0,02	0,20 ± 0,06	0,73 ± 0,12	1,47 ± 0,67
85	46.512	οκτανικό οξύ	10,96±2,47	17,11±6,70	100,98 ±10,13	142,22 ± 66,30
87	48.114	4-μεθυλοκτανικό οξυ	0,06 ± 0,00	-	0,38 ± 0,05	0,95 ± 0,46
92	49.537	εννεανικό οξύ	0,26 ± 0,06	0,54 ± 0,23	1,12 ± 0,11	1,97 ± 0,98
94	52.722	δεκανικό οξύ	8,31 ± 2,30	17,06±8,55	110,54 ±9,27	185,93 ± 94,53
95	54.577	9-δεκενικό οξύ	0,14 ± 0,00	-	1,54 ± 0,33	3,88 ± 2,20
96	56.048	εντεκανικό οξύ	-	-	-	1,58 ± 0,00
97	60.125	δωδεκανικό οξύ	0,41 ± 0,12	1,11 ± 0,57	5,42 ± 0,94	19,16 ± 11,26
101	71.834	δεκατετρανικό οξύ	-	1,14 ± 0,56	0,71 ± 0,22	20,85 ±17,74
		ΣΥΝΟΛΟ	**26,50**	**47,31**	**272,69**	**514,04**

Για μεγάλο χρονικό διάστημα θεωρείτο ότι το οκτανικό οξύ ήταν αυτό που έδινε το χαρακτηριστικό άρωμα στα γίδινα τυριά. Μεταγενέστερες μελέτες όμως έδειξαν ότι το 4-αιθυλ-οκτανοϊκό οξύ είναι κυρίως υπεύθυνο για το χαρακτηριστικό κατσικίσιο άρωμα στο τυρί (Ha & Lindsay, 1991a). Το 4-αιθυλ-οκτανοϊκό οξύ είναι μεσαίου μεγέθους λιπαρό οξύ και έχει χαμηλό όριο αντίληψης. Σε άλλη μελέτη βρέθηκαν επτά πτητικές ενώσεις παρούσες σε αίγεια τυριά. Το εξανικό, το οκτανικό, το εννεανικό, το δεκανικό, το 4-μεθυλ-οκτανικό, το 4-αιθυλ-οκτανικό, και μια άγνωστη ένωση, που συνεκλούσθηκε με το δεκανικό οξύ που

φάνηκε ότι έχουν συμβολή στο χαρακτηριστικό κατσικίσιο άρωμα. (Le Quere, Pierre, & Demaizieres, 1998). Γενικά τα ελεύθερα λιπαρά οξέα έχουν χαμηλό όριο αντίληψης και είναι αυτά που σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να δώσουν ταγγή γεύση στο τυρί.

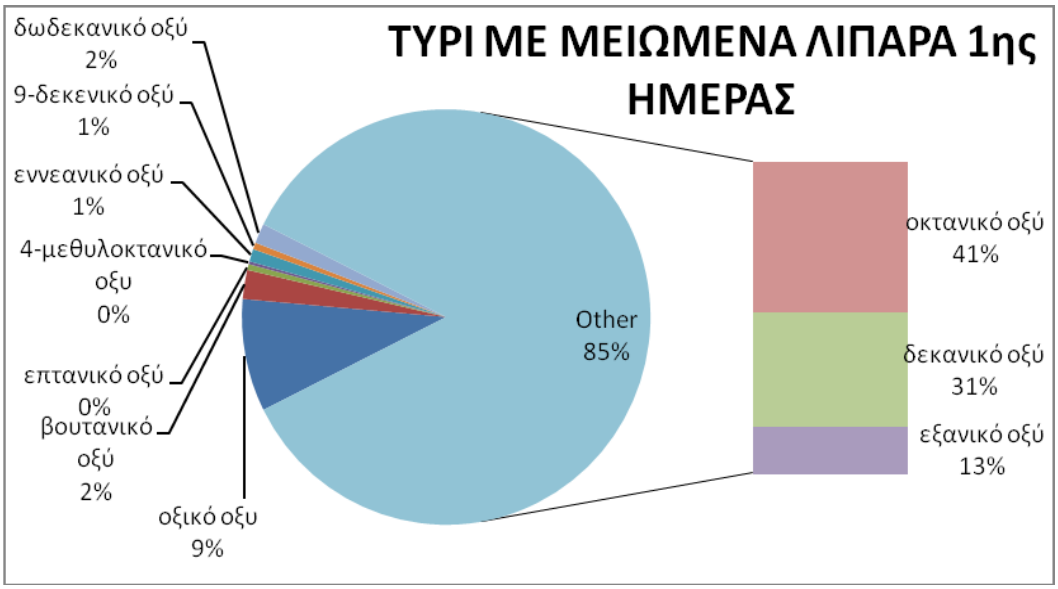
Στην παρούσα μελέτη βρέθηκαν λιπαρά οξέα μεσαίας αλύσου όπως είναι φυσικό αφού αυτά κυριαρχούν στο αίγειο γάλα. Σε μεγάλες ποσότητες βρέθηκαν το εξανικό οξύ το οκτανικό οξύ και το δεκανικό οξύ. Η τελική γεύση του τυριού δεν ήταν ταγγή, αλλά πικάντική και ευχάριστη και για τους δύο τύπους τυριών. Οι ουσίες από την ομάδα των ελεύθερων λιπαρών οξέων που πιστεύεται ότι συνέβαλαν στο τελικό άρωμα ήταν το εξανικό, το οκτανικό, το εννεανικό, το δεκανικό και το 4-μεθυλ-οκτανικό οξύ.

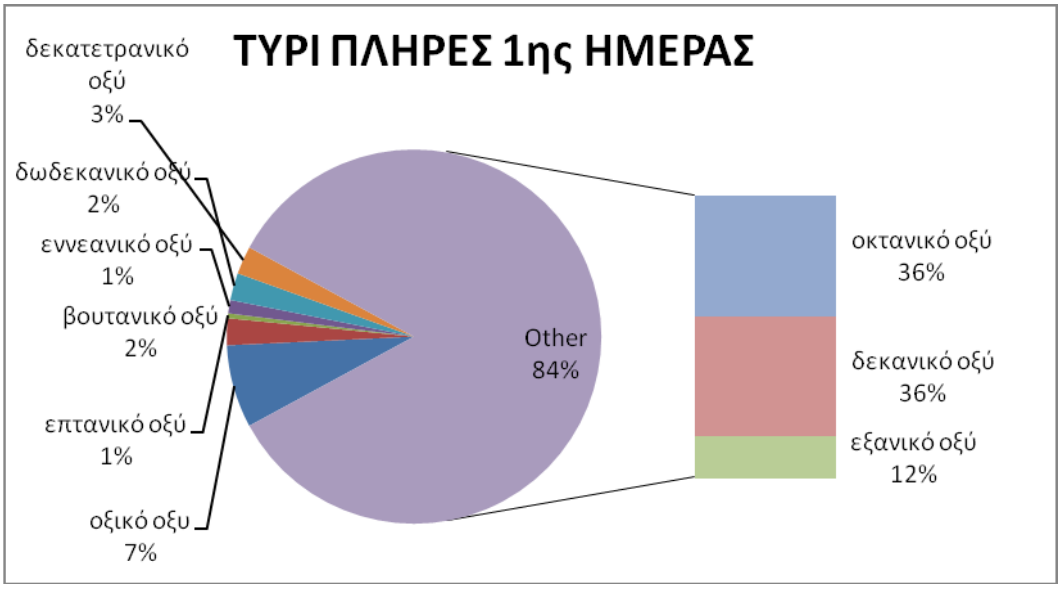
Επίσης βρέθηκαν και ελεύθερα λιπαρά οξέα με διακλάδωση όπως είναι το 2- μεθυλ – προπανικό οξύ, το 3- μέθυλ - βουτανικό οξύ και το 4-μεθυλ - οκτανικό οξύ. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα με διακλάδωση και ιδίως το 4-μεθυλ - οκτανικό οξύ, είναι χαρακτηριστικα οξέα στο λίπος του γάλακτος προβάτων και αιγών. (Ha & Lindsay, 1991, 1993, Alonso, Fontecha, Lozada, Fraga, & Juarez, 1999). (Σχήμα 30).



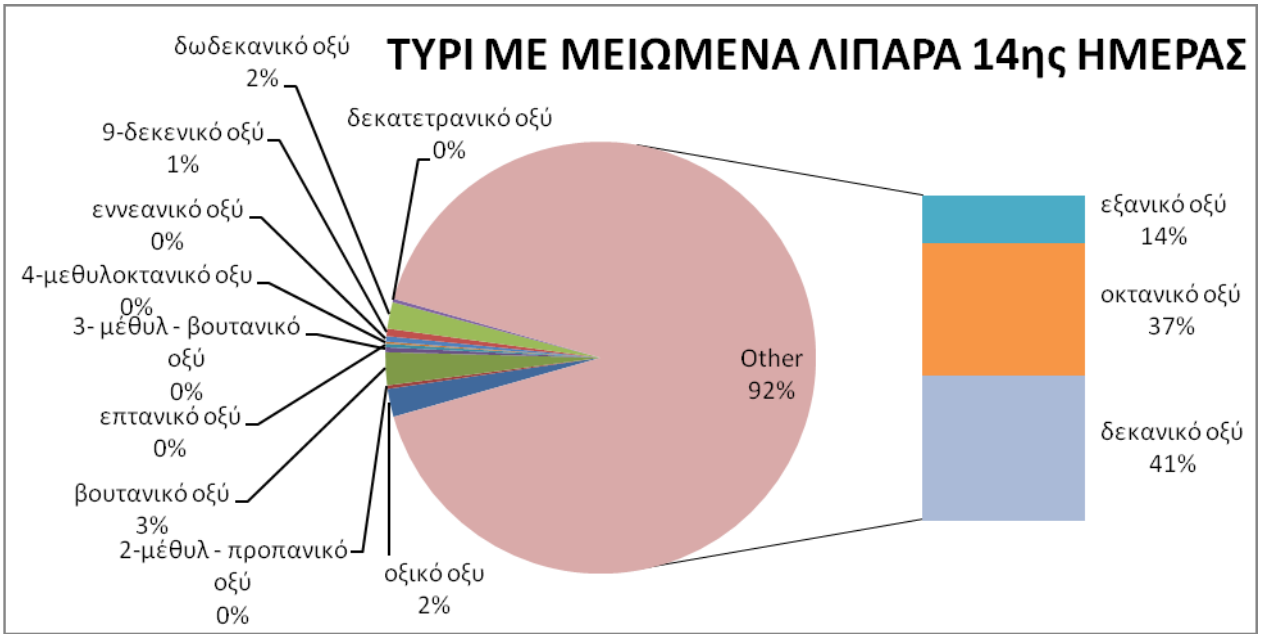
Σχήμα 30: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) των ελεύθερων λιπαρών οξέων στα δύο τυριά*

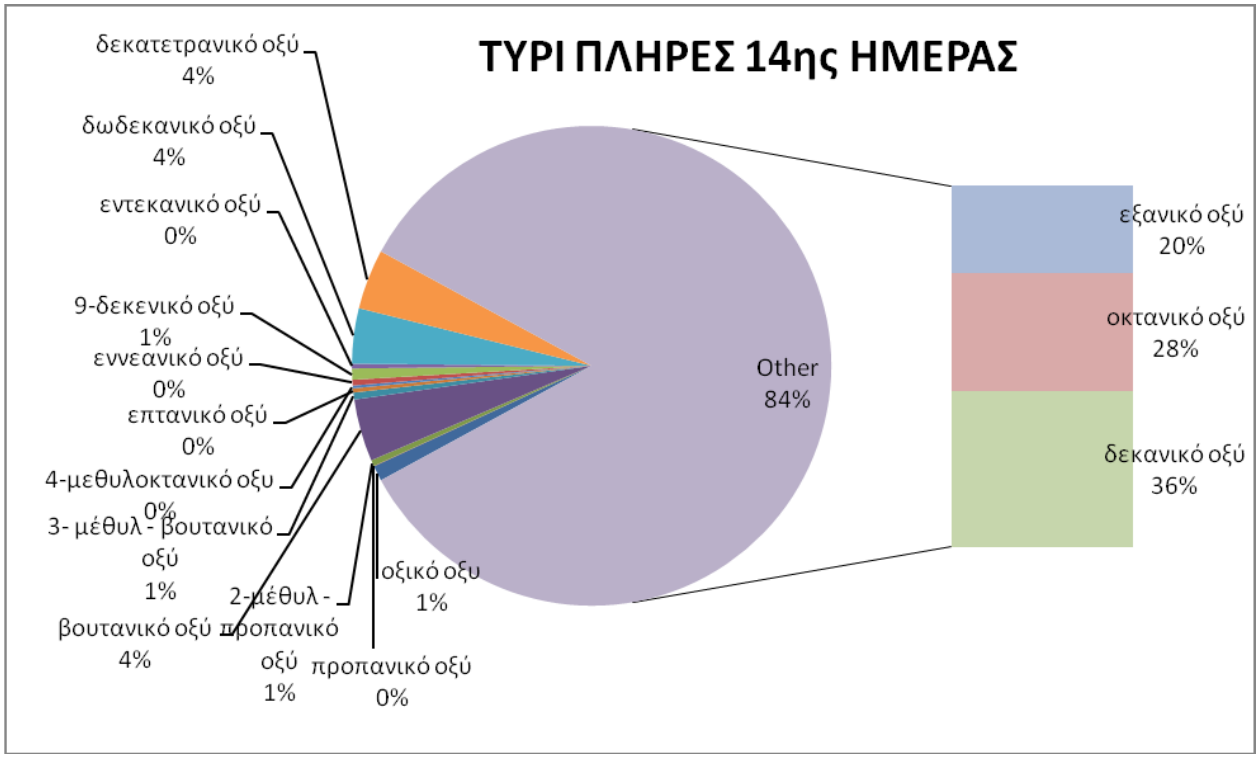
Στα σχήματα 31 και 32 απεικονίζονται τα ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα στους δύο τύπους τυριών $1^{ης}$ και $14^{ης}$ ημέρας.





Σχήμα 31: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα στα δύο τυριά* $1^{ης}$ *ημέρας.*





Σχήμα 32: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα στα δύο τυριά 14^{ης} ημέρας.*

7.4.2. ΚΕΤΟΝΕΣ:

Ταυτοποιήθηκαν συνολικά 6 κετόνες στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 11 στο πλήρες. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των κετονών στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 0,48 mg/kg τυριού την πρώτη ημέρα και 39,59 mg/kg τυριού την 14^{η} ενώ στο πλήρες 1,99 mg/kg τυριού και 101,64 mg/kg τυριού αντίστοιχα.

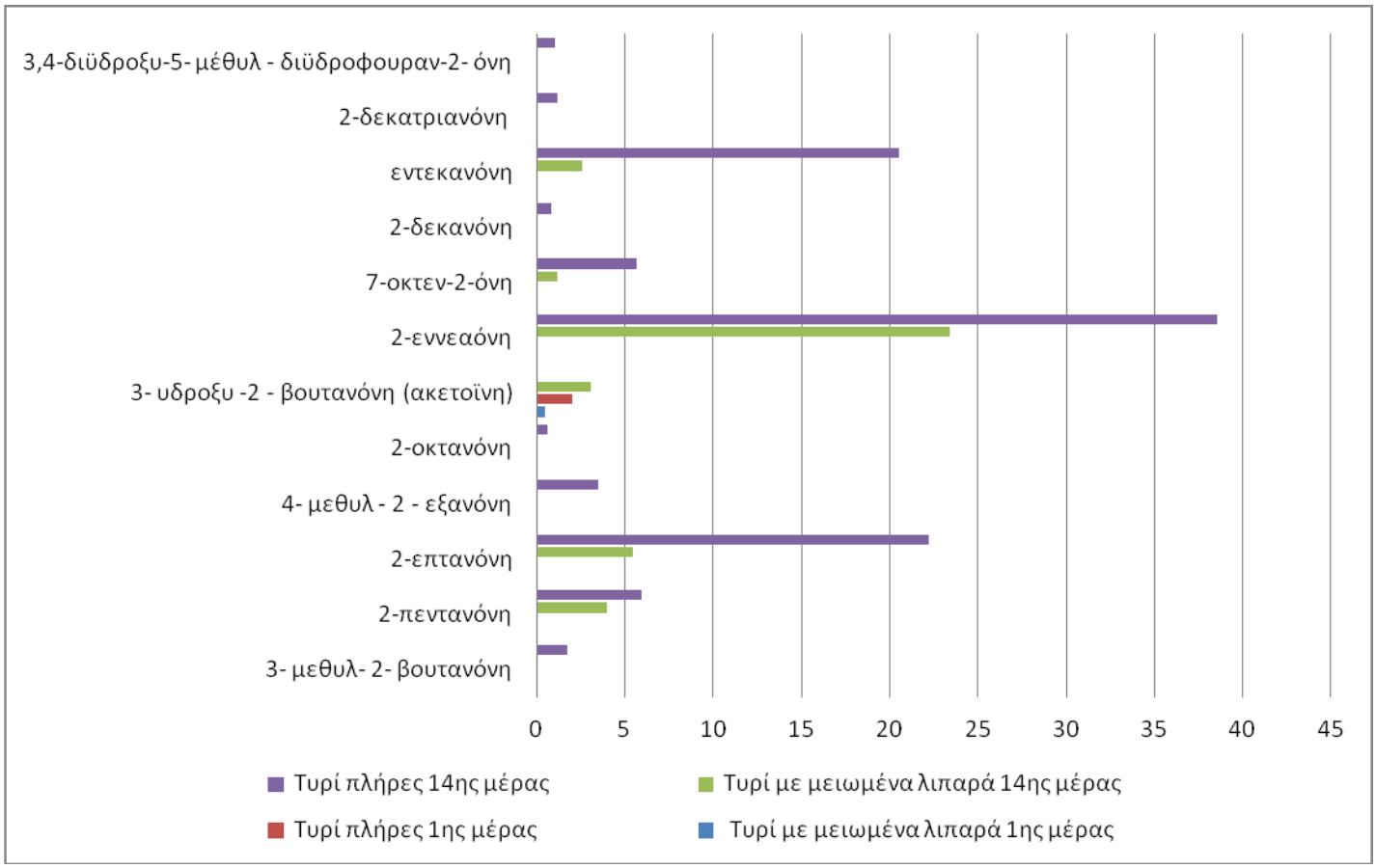
Πίνακας 19: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των κετονών που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΚΕΤΟΝΕΣ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
3	9.395	3- μεθυλ- 2-βουτανόνη	-	-	-	1,69 ± 0,00
5	9.640	2-πεντανόνη	-	-	3,96 ± 0,00	5,93 ± 0,00
11	14.704	2-επτανόνη	-	-	5,43 ± 0,00	22,21 ± 20,25
13	15.398	4- μεθυλ - 2 - εξανόνη	-	-	-	3,50 ± 0,00
16	17.215	2-οκτανόνη	-	-	-	0,57 ± 0,00
20	17.422	3- υδροξυ -2 - βουτανόνη (ακετοϊνη)	0,48 ± 0,07	1,99 ±1,00	3,07 ± 0,00	
25	19.609	2-εννεαόνη	-	-	23,37 ± 0,00	38,52 ± 34,02
33	20.955	7-οκτεν-2-όνη	-	-	1,18 ± 0,00	5,66 ± 0,00
37	22.173	2-δεκανόνη	-	-	-	0,81± 0,00
51	25.195	2-εντεκανόνη	-	-	2,58 ± 0,00	20,54 ± 17,35
71	34.677	2-δεκατριανόνη	-	-	-	1,18 ± 0,00
66	30.655	3,4-διϋδροξυ-5-μέθυλ - διϋδροφουραν-2- όνη	-	-	-	1,03 ± 0,00
		ΣΥΝΟΛΟ	**0,48**	**1,99**	**39,59**	**101,64**

Τα τυριά 1^{ης} ημέρας ήταν φτωχά σε κετόνες, αφού αυτές παράγονται στα τελευταία στάδια της ωρίμανσης των τυριών. Όλες οι κετόνες που εντοπίστηκαν είναι μεθυλοκετόνες. Αυτές παράγονται κατά την β-οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Στα ώριμα τυριά και των δυο τύπων, κυριάρχησαν η 2- εννεαόνη, η 2- επτανόνη και στο πλήρες τυρί σε μεγάλη σχετική συγκέντρωση βρέθηκε και η 2-εντεκανόνη.

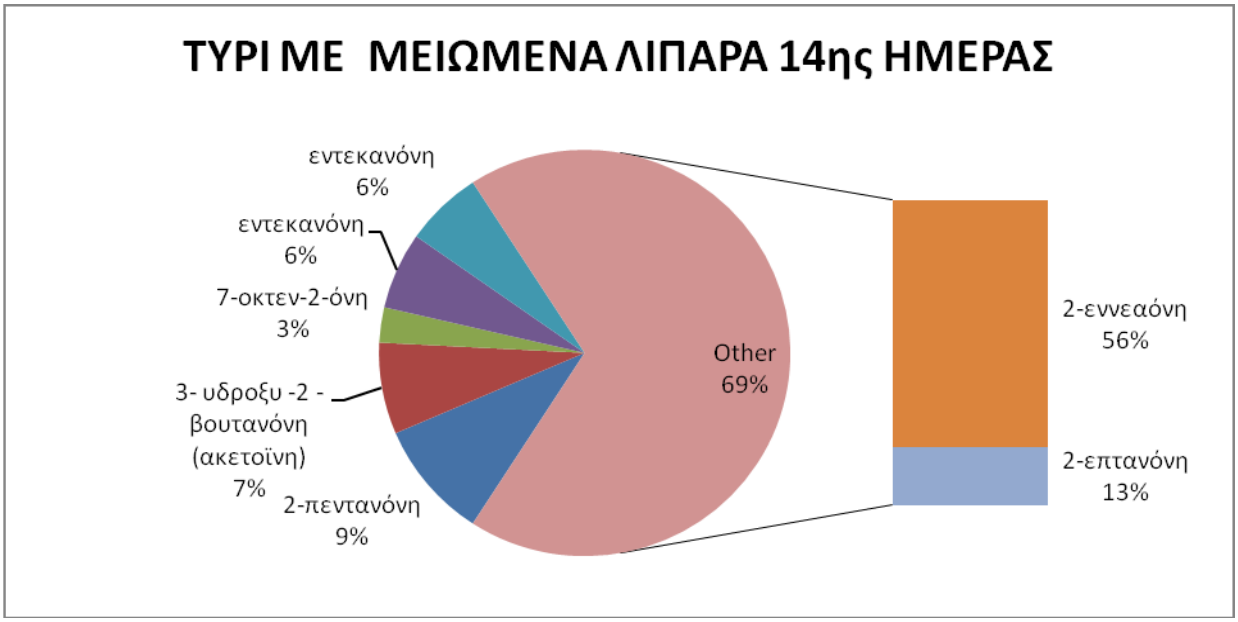
Οι κετόνες με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα παράγονται από την δράση των μυκήτων του γένους Penicillium spp. Οι μεθυλοκετόνες έχουν χαμηλό όριο αντίληψης. Η οκταν-2-όνη, εννεαν-2-όνη, δεκαν-2-όνη, ενδεκαν-2-όνη και η δεκατριαν-2-όνη περιγράφεται ότι έχουν άρωμα «φρουτώδες», «λουλουδιών» και «κλεισούρας», ενώ η επταν-2-όνη έχει μια νότα «μπλε τυριού». Το άρωμα μανιταριού και μούχλας που δημιουργούν οι μεθυλοκετόνες, είναι σημαντικοί παράγοντες για την γεύση του τυριού Camembert. (Fox et al., 2004).

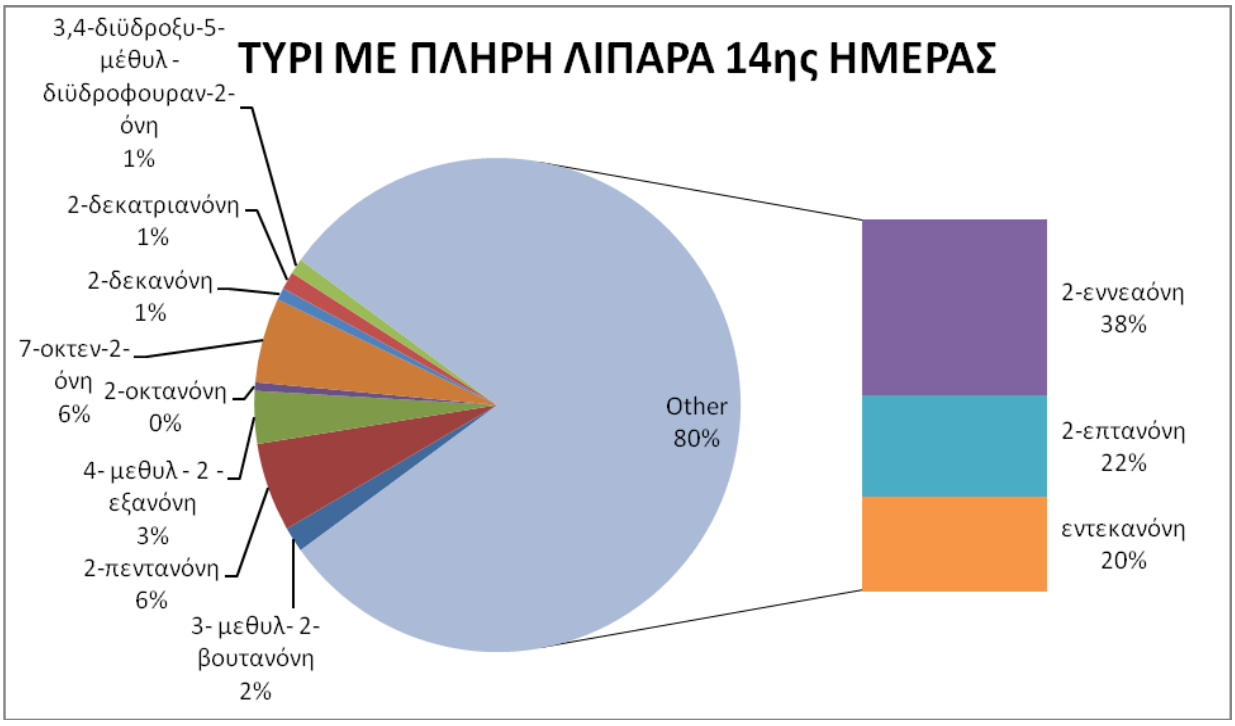
Στην 2-επτανόνη αποδίδεται το τυπικό άρωμα του τυριού Roquefort. Η 2-εννεαόνη είναι βασικό αρωματικό συστατικό του τυριού Gorgonzola και η 2-ενδεκανόνη του τυριού Camembert (Curioni & Bosset, 2002). Για την Κοπανιστή εμπορίου η κετόνη με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ήταν η 2-βουτανόνη που προσδίδει βουτυρώδες άρωμα. (Karali, Georgala, Massouras, & Kaminarides, 2012).



Σχήμα 33: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) των κετονών στα δύο τυριά .*

Στο σχήμα 34 απεικονίζονται τα ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι κετόνες στους δύο τύπους τυριών 14^{ης} ημέρας.





Σχήμα 34: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι κετόνες στους δύο τύπους τυριών 14^{ης} ημέρας*

7.4.3. ΕΣΤΕΡΕΣ:

Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 10 εστέρες στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 29 στο πλήρες τυρί. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των εστέρων στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 0,12mg/kg τυριού την πρώτη ημέρα και 18,31 mg/kg τυριού την 14^{η} ενώ στο πλήρες 0,14 mg/kg τυριού και 70,93 mg/kg τυριού αντίστοιχα.

Πίνακας 20: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των εστέρων που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS.*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΕΣΤΕΡΕΣ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
6	10.973	βουτανικός αιθυλεστέρας			1,12 ± 0,00	1,93 ± 0,22
14	15.876	εξανικός αιθυλεστέρας			0,35 ± 0,06	1,68 ± 0,89
28	20.060	βουτανικός εξυλεστέρας				3,52± 0,00
29	20.556	οκτανικός αιθυλεστέρας			2,64 ± 0,80	9,72 ±8,01
40	23.168	εννεανικός αιθυλεστέρας				0,37 ± 0,00
43	23.608	οκτανικός 2-αιθυλεξυλεστέρας				1,35 ± 0,00
46	24.787	μεθοξιοξικός 4-δεκατριλεστέρας	0,12 ± 0,00		0,17 ± 0,00	0,07 ± 0,01
47	24.815	μεθοξιοξικός 2-δεκατριλεστέρας			0,19 ± 0,00	
49	24.981	εξανικός 3- αιθυλ-, μεθυλεστέρας				1,10 ± 0,00
50	24.994	οκτανικός πεντυλεστέρας				2,05 ± 0,00
52	25.429	εξανικος εξιλεστέρας				6,97 ± 0,00
55	26.336	δεκανικός αιθυλεστέρας			9,79 ± 3,11	18,51 ± 12,28
57	27.125	3-μεθυλβουτυλεστέρας του οκτανοίκού οξέος				2,20 ± 0,00
58	27.133	επτανικός 2- μεθυλ -2-βουτυλεστέρας				2,27 ± 0,00
61	28.393	10- εντεκανικός οκτυλεστέρας			0,46 ± 0,05	
62	28.441	9 - δεκενικος αιθυλεστέρας				1,68 ± 0,00
64	29.810	δεκανικός				0,39 ± 0,00
67	31.347	προπυλεστέρας δεκανικός 2- μεθυλ-προπυλεστέρας				1,46 ± 0,39

68	32.767	οκτανικός επτυλεστέρας				0,20 ± 0,00
69	33.905	δεκανικός 1- μεθυλ-αιθυλεστέρας				0,80 ± 0,00
70	34.612	οκτανικός εξυλεστέρας				5,09 ± 0,00
72	35.103	δεκανικός βουτυλεστέρας				1,78 ± 0,00
73	36.646	δωδεκανικος αιθυλεστέρας				0,50 ± 0,33
74	36.715	δεκατρινικός αιθυλεστέρας			1,06 ± 0,44	
76	38.126	δωδεκανικός 2- μεθυλ-βουτυλεστέρας				1,48 ± 0,00
79	42.109	πεντανικός 4-δεκατριλεστέρας				0,66 ± 0,00
83	45.067	δεκανικός εξιλεστέρας				2,73 ± 0,00
84	46.105	δεκατετρανικός αιθυλεστέρας			0,71 ± 0,06	0,53 ± 0,30
88	48.310	μεθοξυοξικός οκτυλεστέρας		0,14±0,00		
93	52.240	δεκαεξανικός αιθυλεστέρας				0,42 ± 0,00
99	67.159	μεθοξυοξικός 2-δεκατριλεστέρας			1,82 ± 0,00	0,74 ± 0,37
100	71.309	μεθοξυοξικός 3-δεκατετρυλεστέρας				0,39 ± 0,00
102	79.290	μεθοξυοξικός 2-δεκαπεντυλεστέρας				0,34 ± 0,00
		ΣΥΝΟΛΟ	**0,12**	**0,14**	**18,31**	**70,93**

Οι εστέρες παράγονται είτε από τους ενζυματικούς μηχανισμούς της εστεροποίησης είτε της αλκοόλισης. Κατά την εστεροποίηση, οι εστέρες προκύπτουν από την αντίδραση μεταξύ αλκοολών με ελεύθερα λιπαρά οξέα, ενώ κατά την αλκοόλιση οι εστέρες προκύπτουν από την αντίδραση μεταξύ αλκοολών με τις ακυλογλυκερόλες ή το ακετυλοσυνένζυμο Α των ελεύθερων λιπαρών οξέων που παράγεται από τον μεταβολισμό των ελεύθερων λιπαρών οξέων, των αμινοξέων ή των υδρογονανθράκων. Η αλκοόλιση είναι ο κύριος μηχανισμός βιοσύνθεσης των εστέρων από τα γαλακτικά βακτήρια και τις ζύμες. Επίσης η επίδραση τους στο άρωμα του τυριού έχει να κάνει με την συγκέντωσή τους σε αυτό. Μικρές συγκεντρώσεις δίνουν ευχάριστο άρωμα ενώ υψηλές μπορεί να δώσουν το λεγόμενο «φρουτώδες» ελάττωμα (Liu et. al. 2004) και συγκεκριμένα αιθυλεστέρες που προέρχονται από μεγαλύτερες αλυσίδες λιπαρών οξέων (C_{12} και πάνω) έχει φανεί ότι μπορεί να προσδώσουν αυτό το φρουτώδες ελάττωμα.. Όμως, επειδή υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αρωματικών συστατικών στο τυρί, το άρωμα που

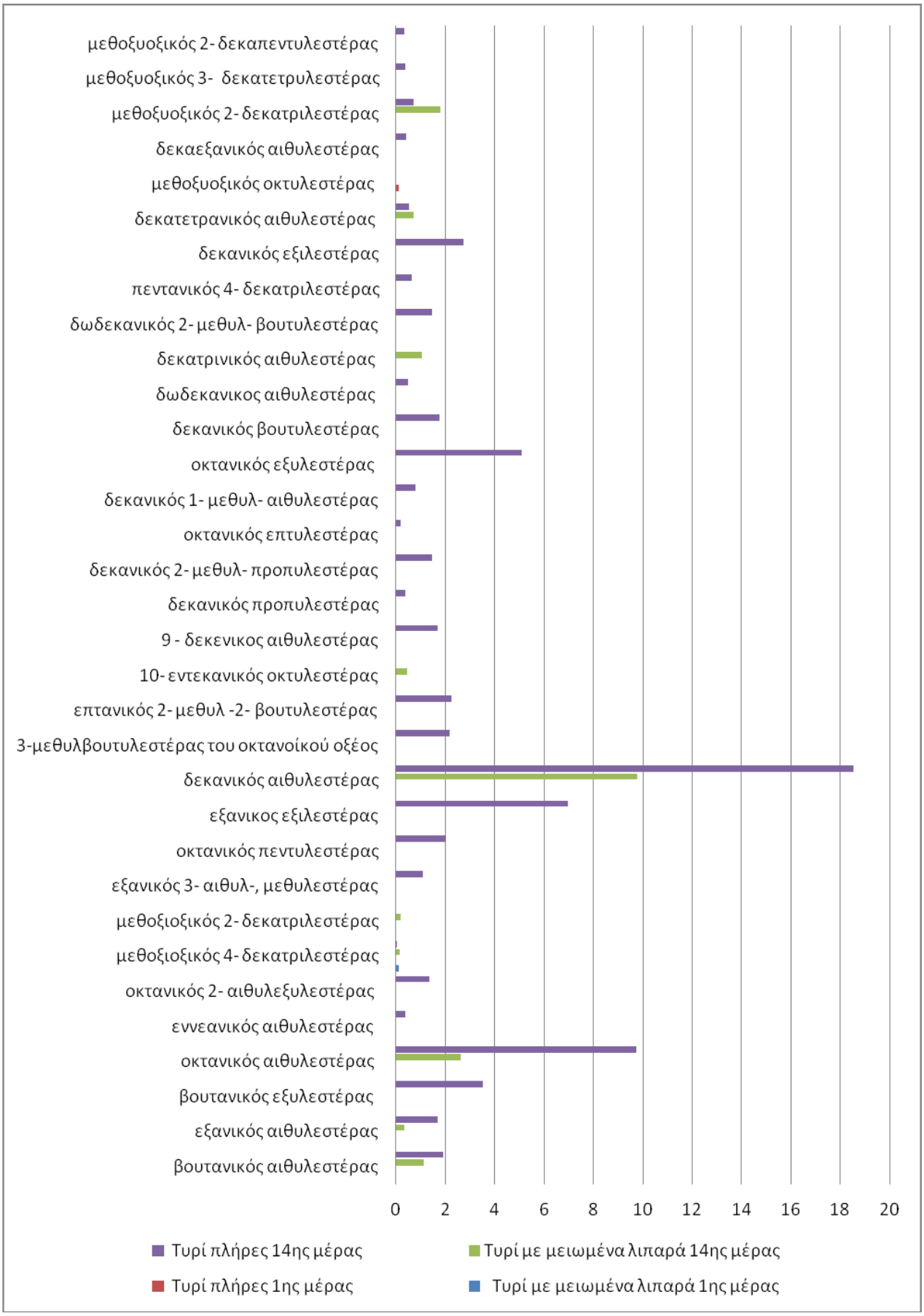
προσδίδουν οι εστέρες μπορεί να καλύπτεται από πιο έντονα αρώματα που προκύπτουν από τις συγκεντρώσεις των ελεύθερων λιπαρών οξέων (Liu et. al. 2004).

Οι εστέρες που κυριάρχησαν στα δύο ώριμα τυριά ήταν ο δεκανικός και ο οκτανικός αιθυλεστέρας. Στο πλήρες τυρί ταυτοποιήθηκαν σε μεγάλη αναλογία και ο εξανικός και οκτανικός εξιλεστέρας (Σχήμα 35).

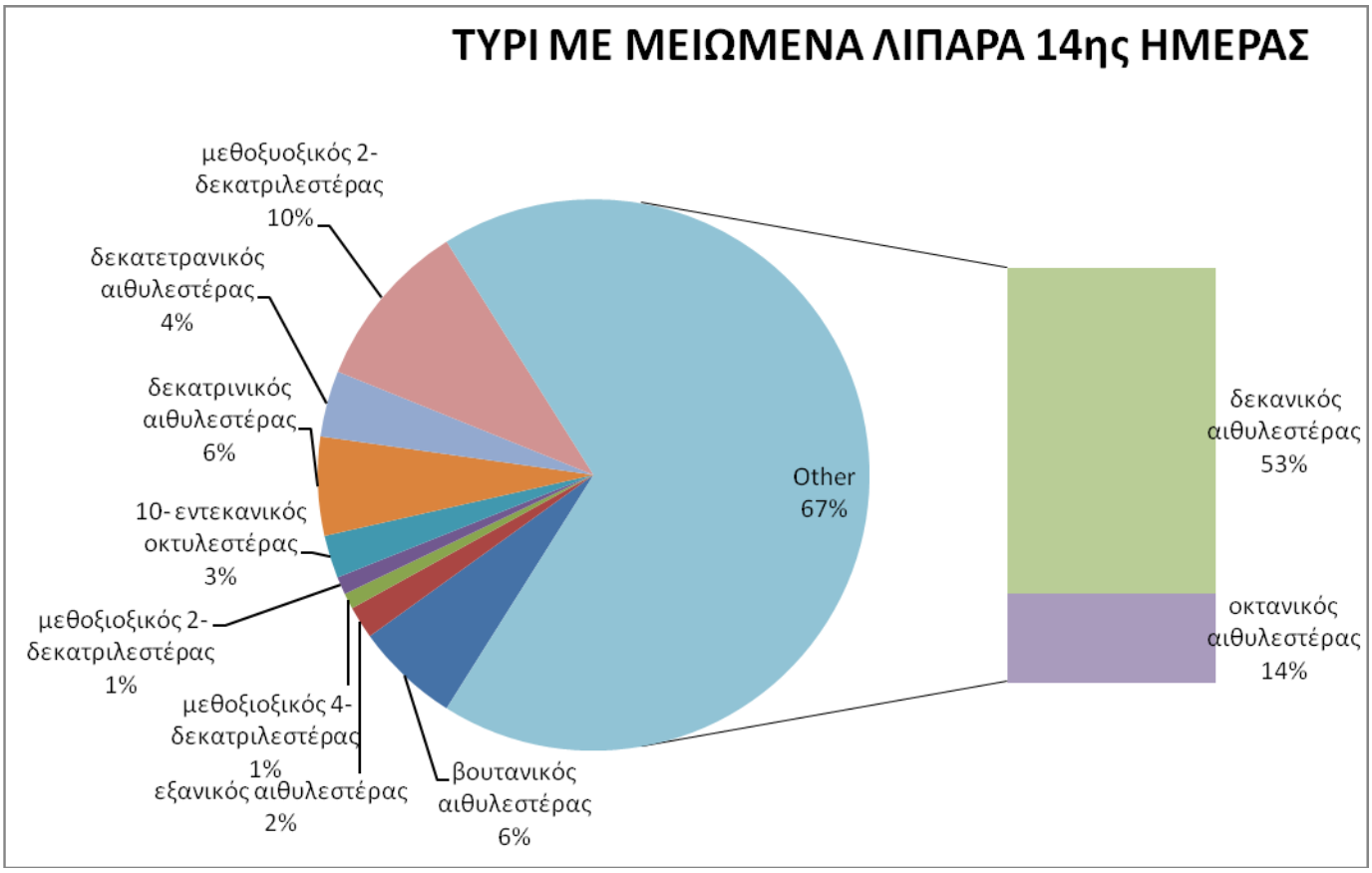
Οι αιθυλεστέρες παράγονται από την αλληλεπίδραση των λιπαρών οξέων μικρής και μεσαίας αλύσου, με την αιθανόλη που παράγεται από την γαλακτική ζύμωση ή τον καταβολισμό των αμινοξέων.

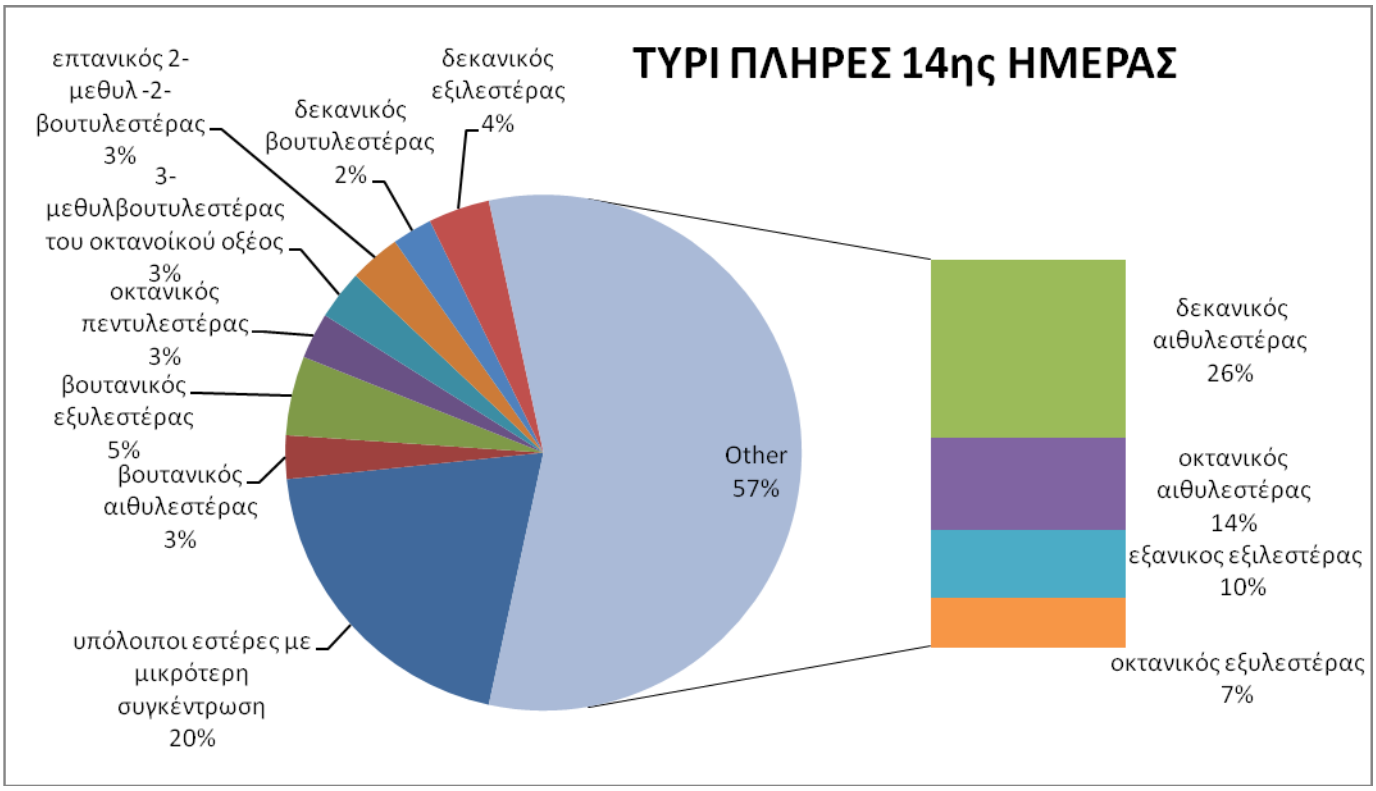
Επείσης ταυτοποιήθηκαν και εστέρες που προέρχονται από λιπαρά οξέα με διακλάδωση όπως είναι ο μεθοξιοξικός 4- δεκατριλεστέρας, ο μεθοξιοξικός 2- δεκατριλεστέρας, ο εξανικός 3- αιθυλ-, μεθυλεστέρας, ο 3-μεθυλβουτυλεστέρας του οκτανοίκού οξέος, ο επτανικός 2- μεθυλ -2- βουτυλεστέρας, ο δεκανικός 2- μεθυλ- προπυλεστέρας, ο δεκανικός 1- μεθυλ- αιθυλεστέρας, ο δωδεκανικός 2- μεθυλ- βουτυλεστέρας, ο μεθοξυοξικός οκτυλεστέρας, ο μεθοξυοξικός 2- δεκατριλεστέρας, ο μεθοξυοξικός 3- δεκατετρυλεστέρας και ο μεθοξυοξικός 2- δεκαπεντυλεστέρας. Αυτό συμβαίνει γιατί στο αίγειο γάλα βρίσκονται σε μεγάλη συχνότητα ελεύθερα λιπαρά οξέα με διακλάδωση.

Στο σχήμα 36 απεικονίζονται τα ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι εστέρες στους δύο τύπους τυριών 14^{ης} ημέρας.



Σχήμα 35: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) εστέρων στα δύο τυριά.*





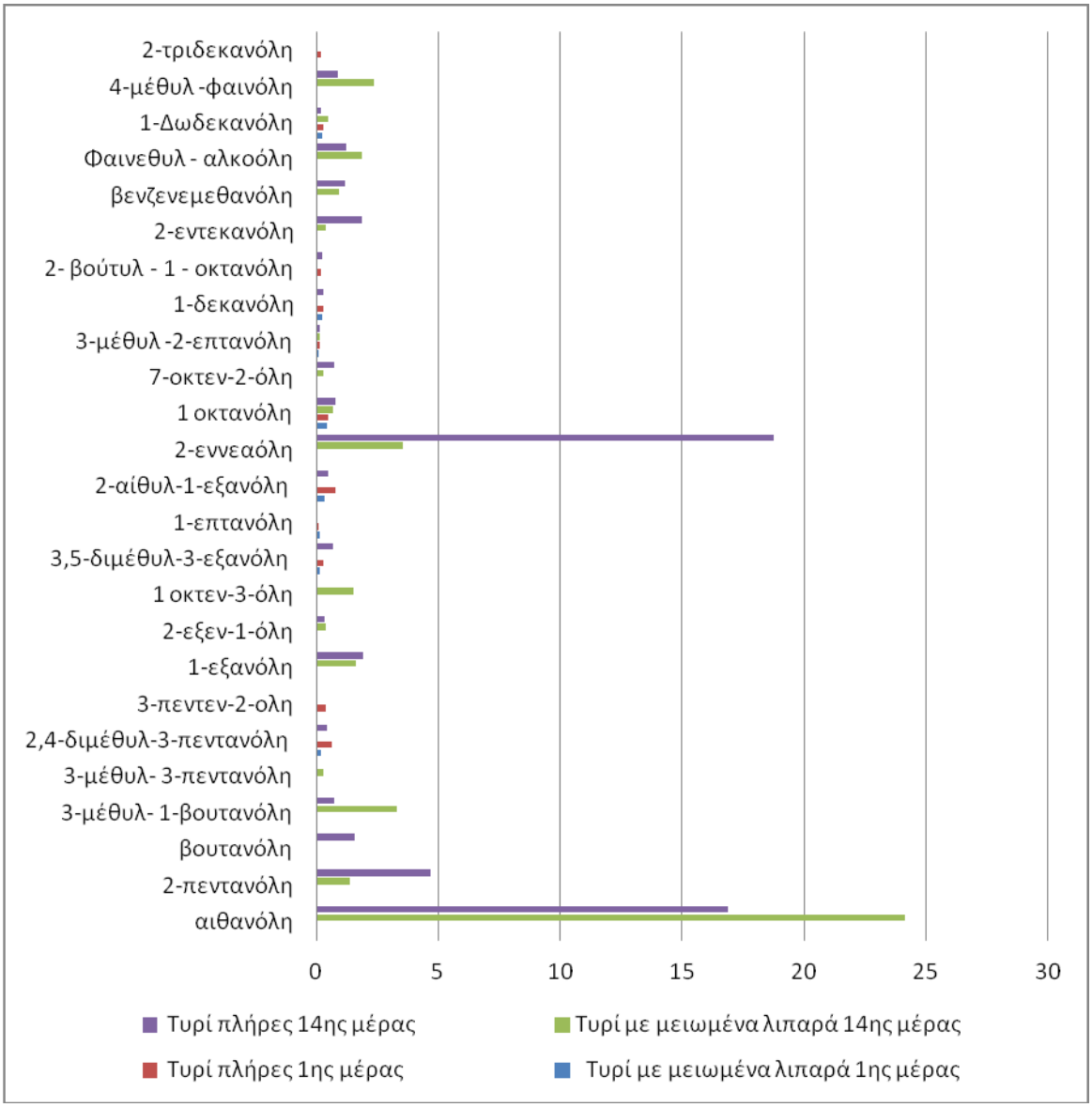
Σχήμα 36: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι εστέρες στα δύο τυριά.*

7.4.4. ΑΛΚΟΟΛΕΣ:

Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 16 αλκοόλες στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 20 στο πλήρες. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των αλκοολών στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 1,71 mg/kg την πρώτη ημέρα και 43,20 mg/kg την 14^{η} , ενώ στο πλήρες 3,71 mg/kg και 53,92 mg/kg αντίστοιχα.

Πίνακας 21: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των αλκοολών που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΑΛΚΟΟΛΕΣ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
1	8.577	αιθανόλη			24,12 ±2,11	16,90±5,20
8	13.208	2-πεντανόλη			1,37 ± 0,00	4,70 ± 3,03
9	13.890	βουτανόλη				1,55 ± 0,00
12	15.198	3-μέθυλ- 1-βουτανόλη			3,31 ± 2,00	0,73 ± 0,37
18	17.292	3-μέθυλ- 3-πεντανόλη			0,27 ±0,02	
17	17.290	2,4-διμέθυλ-3-πεντανόλη	0,17 ±0,00	0,65 ± 0,00		0,42 ± 0,14
19	17.401	3-πεντεν-2-ολη		0,37 ± 0,11		
22	18.512	1-εξανόλη			1,63 ± 0,70	1,93 ± 1,61
27	19.894	2-εξεν-1-όλη			0,36 ± 0,06	0,34 ± 0,07
30	20.776	1 οκτεν-3-όλη			1,52 ±1,10	
31	20.825	3,5-διμέθυλ-3-εξανόλη	0,12 ± 0,01	0,26 ± 0,12		0,68 ± 0,00
32	20.912	1-επτανόλη	0,14 ± 0,03	0,10 ± 0,00		
36	21.774	2-αίθυλ-1-εξανόλη	0,31 ± 0,07	0,78 ± 0,00		0,46 ± 0,00
39	22.464	2-εννεαόλη			3,53 ± 1,20	18,78 ± 7,98
42	23.588	1 οκτανόλη	0,42 ± 0,01	0,46 ± 0,11	0,66 ± 0,12	0,76 ± 0,43
44	23.968	7-οκτεν-2-όλη			0,29 ± 0,13	0,74 ± 0,32
53	25.900	3-μέθυλ -2-επτανόλη	0,11 ± 0,01	0,15 ± 0,04	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,03
56	26.950	1-δεκανόλη	0,22 ± 0,05	0,27 ± 0,10		0,30 ± 0,02
60	28.390	2- βούτυλ - 1 - οκτανόλη		0,20 ± 0,00		0,25 ± 0,12
63	29.299	2-εντεκανόλη			0,40 ± 0,10	1,85 ± 0,58
77	39.885	βενζενεμεθανόλη			0,93 ± 0,53	1,15 ± 0,00
78	41.651	Φαινεθυλ - αλκοόλη			1,84 ± 1,14	1,21 ± 0,22
82	43.385	1-Δωδεκανόλη	0,22 ± 0,09	0,28 ± 0,13	0,50 ± 0,11	0,19 ± 0,00
86	47.406	4-μέθυλ -φαινόλη			2,35 ± 0,31	0,86 ± 0,43
90	48.619	2-τριδεκανόλη		0,19 ± 0,00		
		ΣΥΝΟΛΟ	**1,71**	**3,71**	**43,20**	**53,92**



Σχήμα 37: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) αλκοολών στους δυο τύπους τυριών.*

Οι αλκοόλες προέρχονται κυρίως από τον καταβολισμό των αμινοξέων με αναγωγή των παραγόμενων αλδεϋδών είτε από την β- οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Οι παραγόμενες αλκοόλες στην δεύτερη περίπτωση είναι δευτεροταγείς.

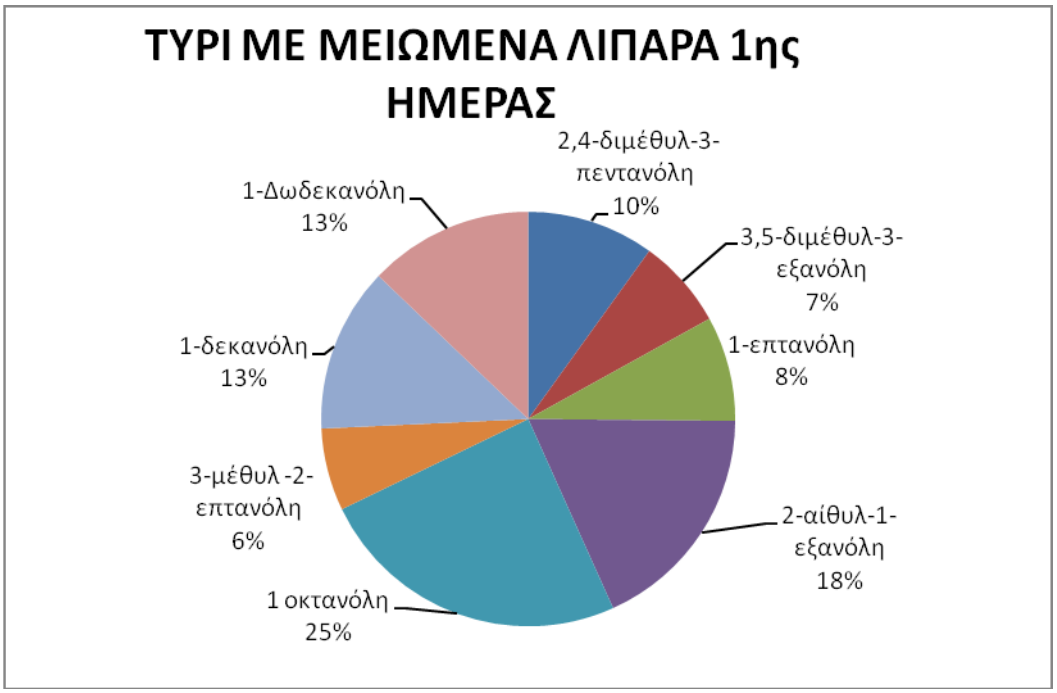
Σε υψηλές σχετικές συγκεντρώσεις βρέθηκαν και στους δυο τύπους τυριών η αιθανόλη και η 2- εννεαόλη. Στο τυρί με πλήρη λιπαρά βρέθηκε επίσης και η 2- πεντανόλη.

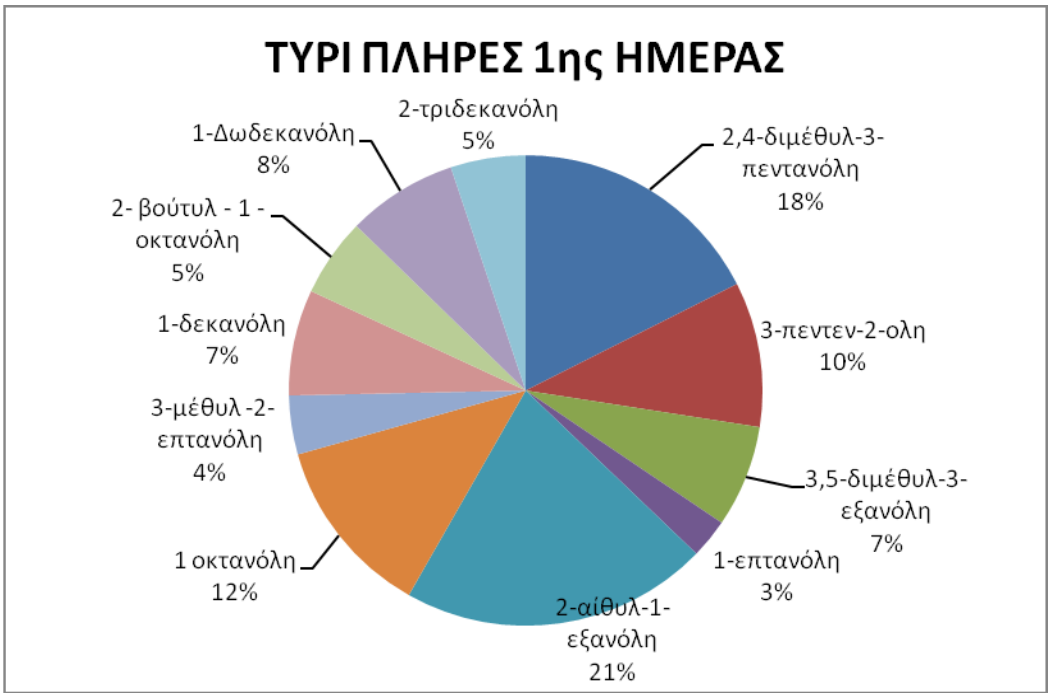
Η αιθανόλη προέρχεται κυρίως από την γαλακτική ζύμωση. Δεν συνεισφέρει σημαντικά στο άρωμα των τυριών. Ο κυριότερος ρόλος της είναι ως ενδιάμεσο προϊόν για την παραγωγή αιθυλεστέρων .

Οι δευτεροταγείς αλκοόλες συνεισφέρουν στο άρωμα των τυριών. Η προπαν-2-ολη, η βουταν-2-ολη, η οκταν-2-όλη και η εννεα -2- όλη είναι παρούσες στα περισσότερα μαλακά τυριά και είναι τυπικά συστατικά της γεύσης και του αρώματος των μπλέ τυριών. Η επταν-2-

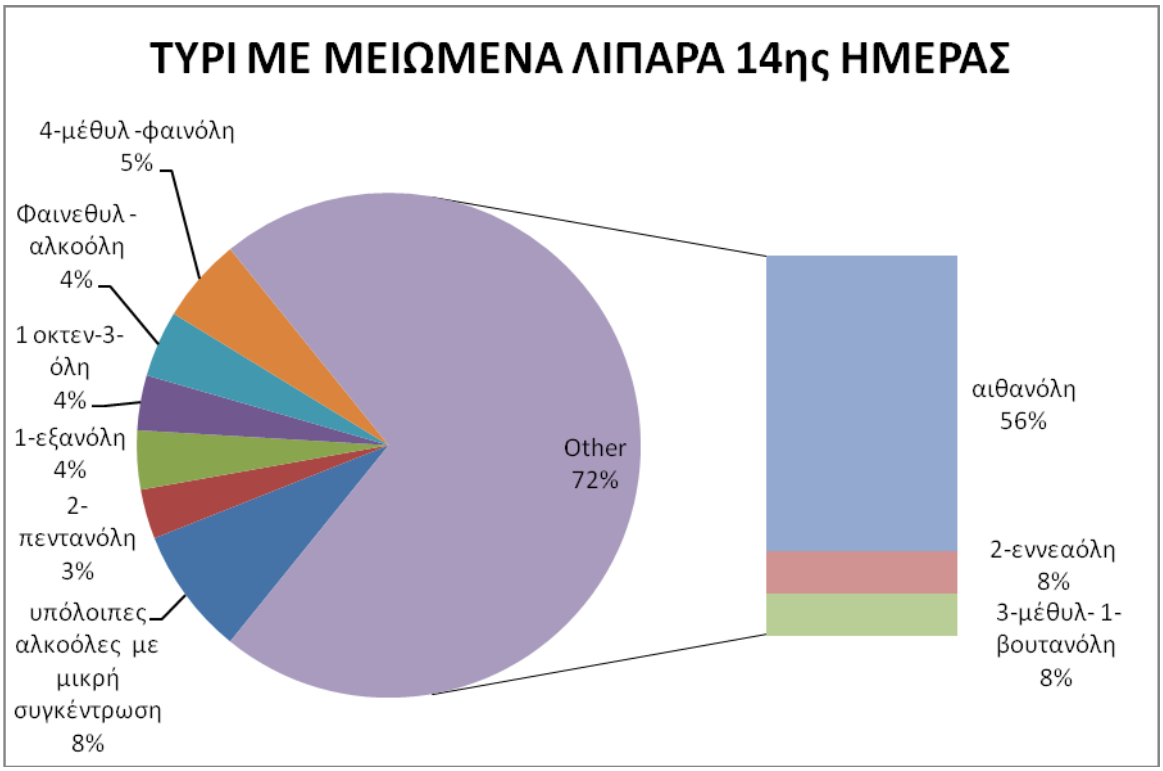
όλη και η εννεα-2-όλη αντιπροσωπεύει το 10-20% και 5-10% αντίστοιχα όλων των αρωματικών συστατικών στο τυρί Camembert. (Fox et. al., 2004).

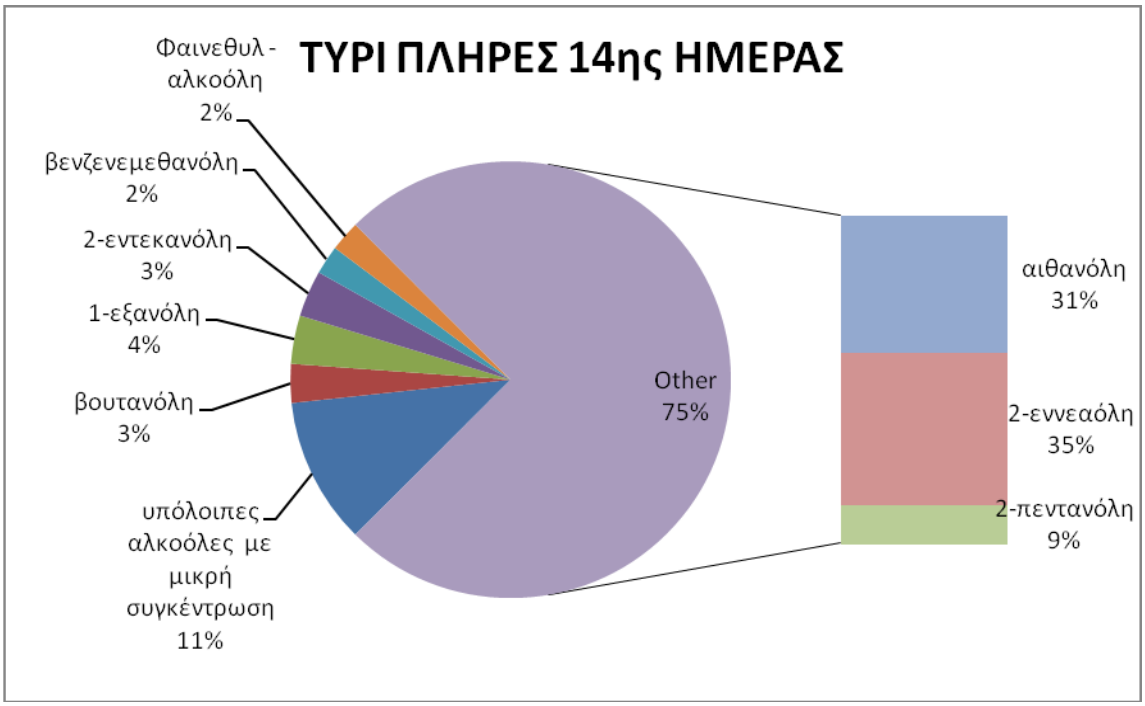
Στα σχήματα 38 και 39 απεικονίζονται τα ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι αλκοόλες στους δύο τύπους τυριών 14^{ης} ημέρας.





Σχήμα 38: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι αλκοόλες στους δύο τύπους τυριών 1^{ης} ημέρας.*





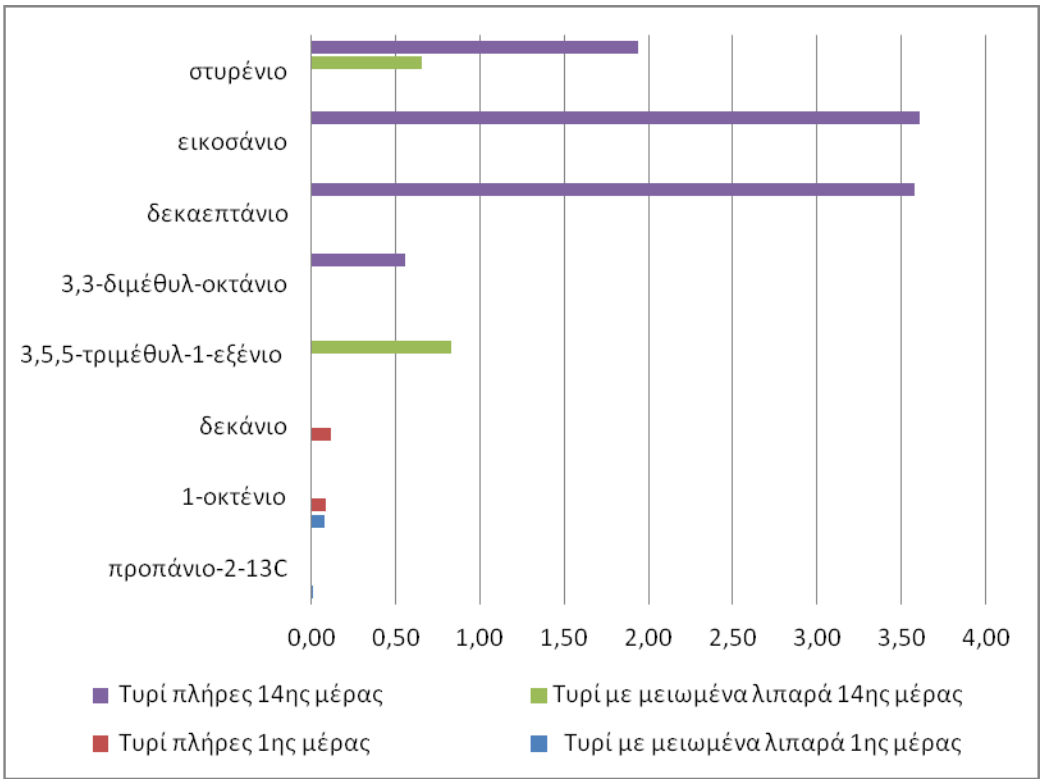
Σχήμα 39: *Ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν οι αλκοόλες στους δύο τύπους τυριών14ης ημέρας.*

7.4.5. ΑΛΚΑΝΙΑ:

Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 2 αλκάνια στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 4 στο πλήρες. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των αλκανίων στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 0,09 mg/kg τυριού την πρώτη ημέρα και 1,49 mg/kg τυριού την 14η ενώ στο πλήρες 0,21 mg/kg τυριού και 9,69 mg/kg τυριού αντίστοιχα (Πίνακας 22 & Σχήμα 40).

Πίνακας 22: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των αλκανίων που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΑΛΚΑΝΙΑ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
2	9.114	προπάνιο-2-13C	0,01 ± 0,00			
23	18.525	1-οκτένιο	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,00		
24	19.597	δεκάνιο		0,12 ± 0,00		
35	21.735	3,5,5-τριμέθυλ-1-εξένιο			0,83±0,00	
48	24.817	3,3-διμέθυλ-οκτάνιο				0,56 ± 0,00
89	48.403	δεκαεπτάνιο				3,58 ± 0,00
98	63.063	εικοσάνιο				3,61 ± 0,00
15	16.630	στυρένιο			0,66±0,25	1,94± 1,35
		ΣΥΝΟΛΟ	**0,09**	**0,21**	**1,49**	**9,69**



Σχήμα 40: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) αλκανίων στους δύο τύπους τυριών.*

Οι ενώσεις των υδρογονανθρακών είναι δευτερογενή προϊόντα τα οποία δεν συνεισφέρουν απευθείας στο άρωμα των τυριών αλλά λειτουργούν ως πρόδρομες ουσίες για το σχηματισμό αρωματικών συστατικών (Munoz et al, 2003).

Το στυρένιο είναι ένας υδρογονάνθρακας που συνήθως βρίσκεται σε ίχνη στα τυριά και αφήνει μια «πλαστική» γεύση. Στο τυρί Camembert έχει βρεθεί σε υψηλές ποσότητες. Κάποιοι συγγραφείς συσχετίζουν την ύπαρξη του στυρενίου με την δράση του Penicillium camemberti ενώ οι Spinnler et. al. (1992) έχουν προτείνει την σχέση μεταξύ της οκτ- 1- εν -3- όλης (χαρακτηριστική ουσία στο Camembert που προσδίδει άρωμα μανιταριού) και του στυρενίου. Αυτές οι δύο ουσίες εμφανίζονται στο τυρί μετά από 15 ημέρες αφού έχουν εξαντληθεί όλες οι ποσότητες της γλυκόζης. Η οκτ- 1- εν -3- όλη παράγεται 2-3 μέρες πριν την εμφάνιση του στυρενίου . Το ^{13}C- στυρένιο παράγεται από την ^{13}C-φαινυλαλανίνη προτείνοντας ότι αυτό το αμινοξύ είναι πρόδρομη ουσία του στυρενίου. (Pagot et. al., 2007).

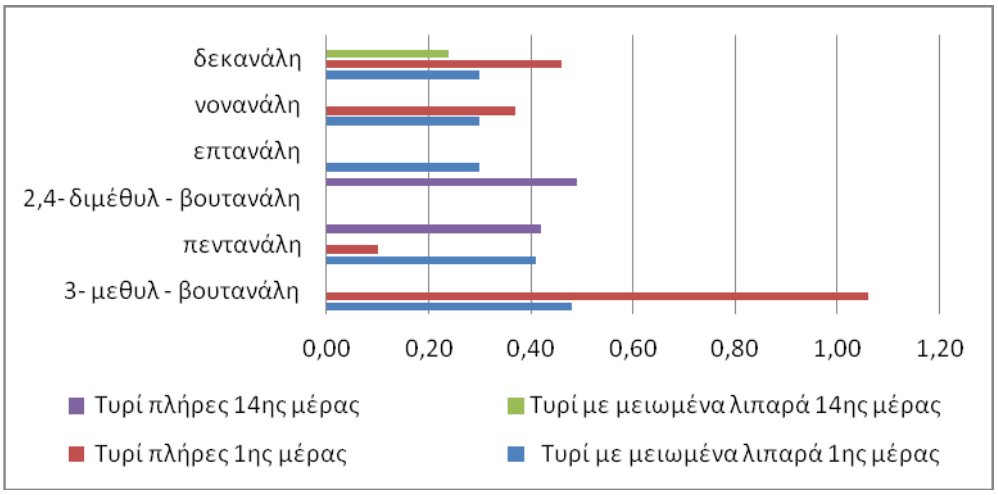
7.4.6. ΑΛΔΕΥΔΕΣ:

Συνολικά ταυτοποιήθηκαν 1 αλδεΰδη στο ώριμο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 2 στο πλήρες ενώ στα πήγματα πρώτης μέρας ταυτοποιήθηκαν 5 αλδεΰδες στο τυρί με μειωμένα λιπαρά και 4 στο πλήρες. Οι σχετικές συγκεντρώσεις των αλδεϋδών στο τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν 1,79 mg/kg τυριού την πρώτη ημέρα και 0,24 mg/kg τυριού την 14η ενώ στο πλήρες 1,99 mg/kg τυριού και 0,91 mg/kg τυριού αντίστοιχα (Πίνακας 23 και Σχήμα 41).

Οι αλδεΰδες βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στα τυριά γιατί είναι κυρίως ενδιάμεσες ενώσεις που πολύ γρήγορα είτε οξειδώνονται προς οξέα είτε ανάγονται προς αλκοόλες. Γι αυτό το λόγο στα τυριά 1ης μέρας ταυτοποιούνται περισσότερες αλδεΰδες και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από ότι στα ώριμα τυριά στα οποία δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου.

Πίνακας 23: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των αλδεϋδών που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΑΛΔΕΫΔΕΣ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
4	9.635	3- μεθυλ - βουτανάλη	0,48 ± 0,10	1,06 ± 0,45		
7	12.300	πεντανάλη	0,41 ± 0,24	0,10 ± 0,06		0,42 ± 0,00
10	14.610	2,4- διμέθυλ - βουτανάλη				0,49 ± 0,00
21	18.390	επτανάλη	0,30 ± 0,09			
26	19.746	νονανάλη	0,30 ± 0,08	0,37 ± 0,10		
38	22.348	δεκανάλη	0,30 ± 0,09	0,46 ± 0,18	0,24 ± 0,00	
		ΣΥΝΟΛΟ	**1,79**	**1,99**	**0,24**	**0,91**



Σχήμα 41: *Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) αλδεϋδών στους δύο τύπους τυριών.*

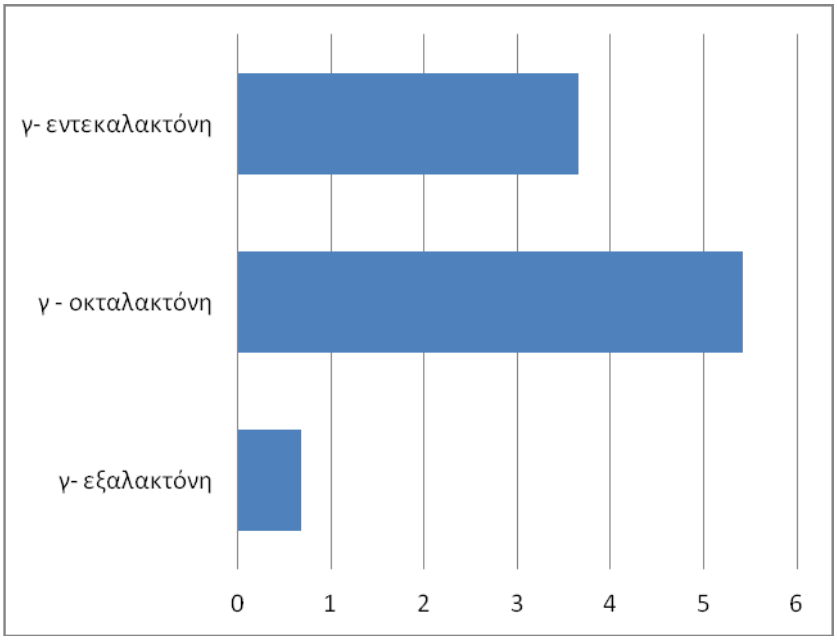
7.4.7. ΛΑΚΤΟΝΕΣ:

Στο ώριμο τυρί με πλήρη λιπαρά ταυτοποιήθηκαν 3 λακτόνες. Η σχετική συγκέντρωση των λακτονών στο τυρί με πλήρη λιπαρά την 14η ημέρα ήταν 11,39 mg/kg τυριού (Πίνακας 24 και Σχήμα 42Α). Η γ – οκταλακτόνη βρέθηκε να καταλαμβάνει το 56% των συνολικών λακτονών σε αυτό τον τύπο τυριού (Σχήμα 42Β).

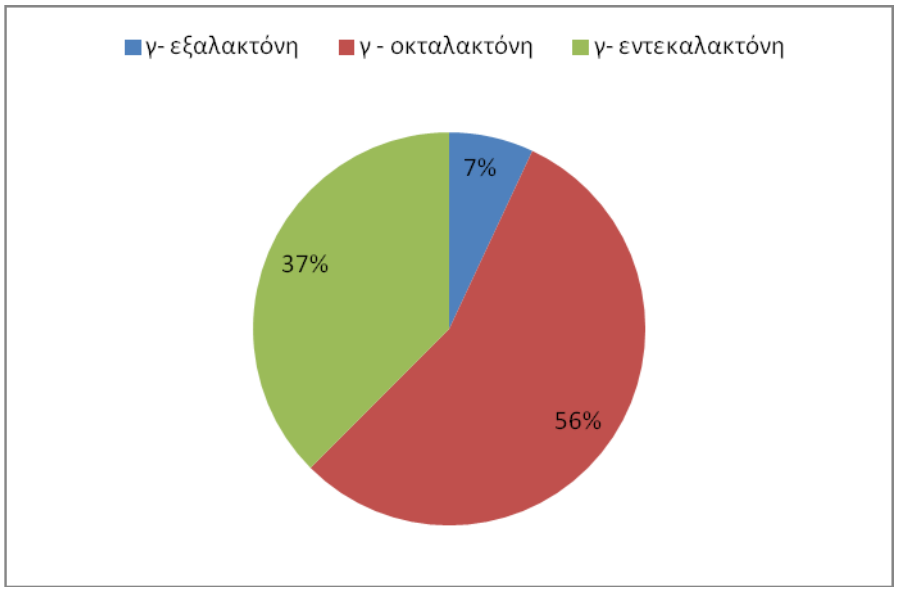
Πίνακας 24: *Μέσος όρος και τυπικό σφάλμα μέσου όρου των λακτονών που ταυτοποιήθηκαν με την τεχνική GC-MS*

			mg/kg τυριού (Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου)			
ΣΕΙΡΑ ΕΚΛΟΥΣΗΣ	**ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΛΟΥΣΗΣ**	**ΛΑΚΤΟΝΕΣ**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 1ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 1ης ημέρας**	**Τυρί με μειωμένα λιπαρά 14ης ημέρας**	**Τυρί πλήρες 14ης ημέρας**
65	30.131	γ- εξαλακτόνη				0,68 ± 0,03
80	42.112	γ - οκταλακτόνη				5,42 ± 0,00
91	49.382	γ- εντεκαλακτόνη				3,66 ± 0,00
		ΣΥΝΟΛΟ	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**11,39**

Οι λακτόνες έχουν δυνατό άρωμα αλλά όχι τυπικό άρωμα τυριού. Είναι κυκλικές ενώσεις που δημιουργούνται από την ενδομοριακή εστεροποίηση των υδροξυ – λιπαρών οξέων με την απώλεια νερού που οδηγεί στην δημιουργία δακτυλίου και μπορεί να παράγεται από την θέρμανση πρόδρομων υδροξυοξέων. Οι α- και β- λακτόνες είναι πάρα πολύ ασταθείς αλλά οι γ- και δ- λακτόνες είναι σταθερές και συναντώνται στα τυριά. Έχει αναφερθεί ότι στο μαστό των μηρυκαστικών υπάρχει ένα σύστημα δ- οξείδωσης για τον καταβολισμό των λιπαρών οξέων που μπορεί να παράγει τις πρόδρομες ενώσεις υδροξυοξέων από τις οποίες παράγονται οι λακτόνες . Αυτές μπορεί να παράγονται και από τα κετονοξέα μετά την μετατροπή τους σε υδροξυοξέα. Οι πρόδρομες ουσίες των λακτονών (υδροξυ- λιπαρά οξέα) μπορεί να παράγονται και από την δράση της λιποξυγενάσης και άλλων ενζύμων που είναι παρόντα στην μικροχλωρίδα των μηρυκαστικών. Γενικά η παρουσία τους στο τυρί συνδέεται και με τον τρόπο διατροφής των ζώων. Η δ-δωδεκαλακτόνη και η δ-τετραδεκαλακτόνη είναι οι κυριότερες λακτόνες στα μπλέ τυριά. Λακτόνες έχουν βρεθεί και στα τυρία Cheddar, Parmigiano – Regiano και Camembert. (Fox., et. al. 2004).



A



B

Σχήμα 42: *Α) Σχετικές συγκεντρώσεις (mg/kg τυριού) και Β) ποσοστά επί τις εκατό % που καταλαμβάνουν τα υπόλοιπα συστατικά στο ώριμο πλήρες τυρί.*

7.4.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ.

Η στατιστική μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA: Principal component analysis) είναι μια στατιστική μέθοδος που στοχεύει στην γραμμική ανακατασκευή των υπαρχουσών μεταβλητών σε νέες, λιγότερες από τις αρχικές, με την όσο το δυνατόν λιγότερη απώλεια πληροφορίας. Χρησιμοποιείται δηλαδή για την μείωση του αριθμού των μεταβλητών δεδομένων υψηλής συσχέτισης, με την δημιουργία νέων μη συσχετισμένων δεδομένων, μέσω γραμμικών αριθμητικών σχέσεων στα οποία η πρώτη κύρια συνιστώσα (component 1) εμπεριέχει το μεγαλύτερο μέγεθος της διασποράς και οι υπόλοιπες συνιστώσες (component 2 κα) περιέχουν μικρότερα ποσοστά της αρχικής διασποράς, αναλόγως του βαθμού της συνιστώσας.

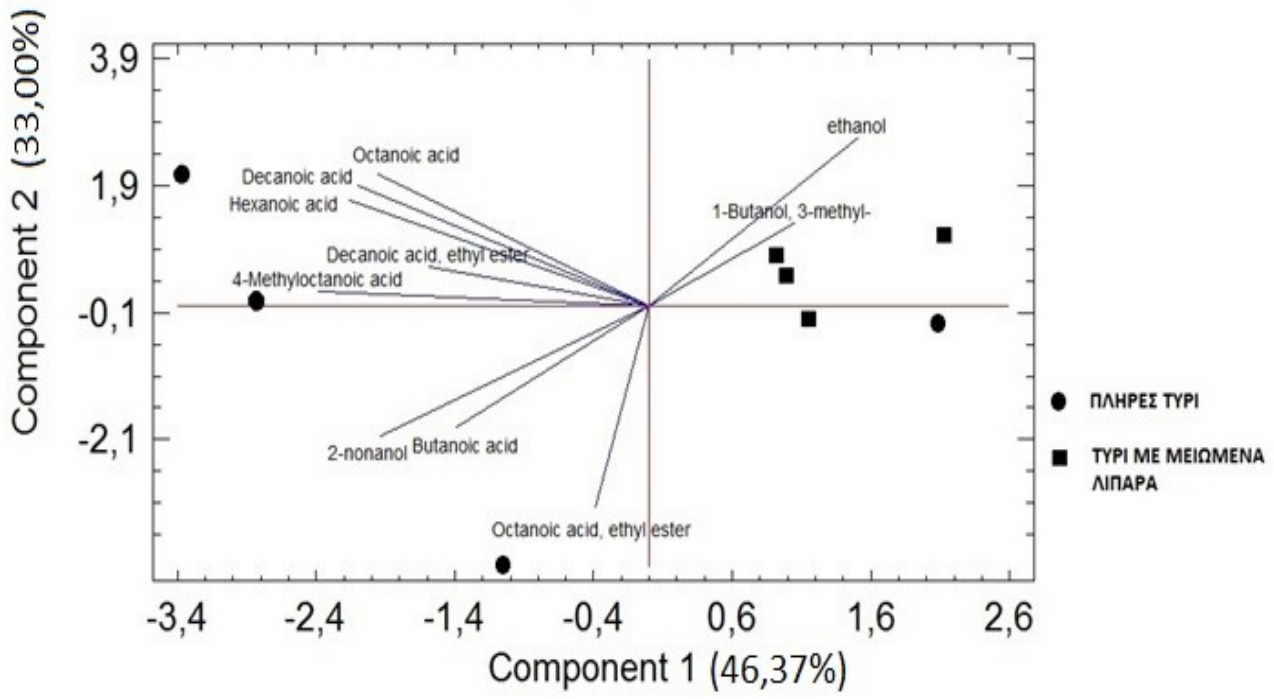
Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών για την ανάλυση έντεκα σημαντικών πτητικών συστατικών που ταυτοποιήθηκαν στα δύο τυριά 14 ημερών ωρίμανσης και διαμορφώνουν σε σημαντικό βαθμό το αρωματικό τους προφίλ. Από τα έντεκα πτητικά συστατικά, τα δέκα ήταν αυτά με τη μεγαλύτερη σχετική συγκέντρωση στις αρωματικές ομάδες όπου ανήκουν και το ένα (4-μεθυλοκτανικό οξύ) ήταν αυτό που δίνει το χαρακτηριστικό «γίδινο» άρωμα στα ώριμα τυριά. Επιλέχθηκαν δύο κύριες συνιστώσες που εξέφρασαν το 79,36% της συνολικής διακύμανσης. Η πρώτη συνιστώσα – component 1 εξέφρασε το 46,37% της συνολικής διακύμανσης και η δεύτερη συνιστώσα το 33,00% της συνολικής διακύμανσης.

Στον πίνακα 25 φαίνονται οι πτητικές ουσίες τονισμένες με μαύρο χρώμα που έχουν την μεγαλύτερη συσχέτιση με τις συνιστώσες component 1 και 2.

Πίνακας 25: *Οι πτητικές ουσίες τονισμένες με μαύρο χρώμα που έχουν την μεγαλύτερη συσχέτιση με τις συνιστώσες Component 1, 2.*

	Component 1	*Component* 2
αιθανόλη	0.272806	**0.433092**
2-εννεαόλη	**-0.351275**	-0.334534
3-μέθυλ- 1-βουτανόλη	0.189752	0.211444
δεκανικός αιθυλεστέρας	-0.288628	0.102046
οκτανικός αιθυλεστέρας	-0.0709352	**-0.513332**
Βουτανικό οξύ	-0.252801	-0.311171
Εξανικό οξύ	**-0.392317**	0.271551
Οκτανικό οξύ	**-0.355318**	0.337504
Δεκανικό οξύ	**-0.381728**	0.309711
4-μεθυλοκτανικό οξύ	**-0.433649**	0.0385781

Από τον πίνακα προκύπτει ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ όλων των ελεύθερων λιπαρών οξέων που επιλέχθηκαν για την PCA.



Σχήμα 43: *Biplot της ανάλυσης κύριων συνιστωσών των δύο ειδών ώριμων τυριών (τυρί με πλήρη λιπαρά και τυρί με μειωμένα λιπαρά) με την μέθοδο ανάλυσης κύριων συνιστωσών.*

Η συνιστώσα 1 (component 1) είχε υψηλή συσχέτιση με τα πτητικά συστατικά 2 – εννεαόλη, εξανικό οξύ, οκτανικό οξύ και δεκανικό οξύ ενώ η συνιστώσα 2 (component 2) είχε υψηλή συσχέτιση με τα πτητικά συστατικά αιθανόλη και οκτανικό αιθυλεστέρα.

Όπως φαίνεται από το σχήμα 43, η PCA διαχώρισε το τυρί με πλήρη λιπαρά από το τυρί με μειωμένα λιπαρά. Το τυρί με πλήρη λιπαρά είχε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα συστατικά 4-μεθυλοκτανικό οξύ, δεκανικό οξύ οκτανικό οξύ και εξανικό οξύ. Το αρωματικό συστατικό 4-μεθυλοκτανικό οξύ είχε την μεγαλύτερη συσχέτιση με την συνιστώσα 1 (Component 1) και το τυρί με μειωμένα λιπαρά είχε την μεγαλύτερη αρνητική συσχέτιση με αυτό το συστατικό. Επίσης το τυρί με μειωμένα λιπαρά είχε υψηλότερη συγκέντρωση σε αιθανόλη και 3-μεθυλ-βουτανόλη. Ίσως όλα αυτά εξηγούν την πιο έντονα πικάντικη γεύση και το χαρακτηριστικό «γίδινο» άρωμα του πλήρους τυριού που αξιολογήθηκε στον οργανοληπτικό έλεγχο.

7.4.9. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΑΙΓΕΙΟΥ ΤΥΡΙΟΥ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ PENICILLIUM CANDIDUM

Στο ώριμο αίγειο τυρί με μειωμένα λιπαρά και με τη χρήση του μύκητα *Penicillium candidum,* ταυτοποιήθηκαν συνολικά 48 αρωματικές ουσίες από τις οποίες οι 13 ήταν ελεύθερα λιπαρά οξέα, οι 16 αλκοόλες, οι 10 εστέρες οι 6 κετόνες, οι 2 αλδεΰδες και 1 αλκάνιο. Οι σημαντικότερες αρωματικές ομάδες ήταν τα οξέα, οι αλκοόλες οι κετόνες και οι εστέρες με σχετικές συγκεντρώσεις 272,69, 43,20, 39,59 και 18,31 mg/κιλό τυριού αντίστοιχα. Τα αρωματικά συστατικά που κυριάρχησαν ήταν το εξανικό, το οκτανικό και το δεκανικό οξύ, η 2-εννεαόλη, η 3-μέθυλ-1-βουτανόλη, η 2- εννεαόνη, η 2-επτανόνη, ο δεκανικός και ο οκτανικός αιθυλεστέρας. Πολλά άλλα αρωματικά συστατικά που ταυτοποιήθηκαν αν και βρέθηκαν σε χαμηλές σχετικές συγκεντρώσεις, φαίνεται ότι είχαν σημαντικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση του αρώματος λόγω του χαμηλού ορίου αντίληψης στην οσμή που έχουν όπως το 3- μέθυλ - βουτανικό οξύ, πολλές μεθυλοκετόνες και εστέρες.

Σε μελέτη τυριού Camembert από αμιγώς αίγειο γάλα ταυτοποιήθηκαν συνολικά 51 αρωματικά συστατικά. Από αυτά, σημαντικά συστατικά που συνέβαλαν στο τελικό άρωμά του είναι η αιθανόλη, η 2- επτανόνη, η 2-εννεαόνη, η 2-επτανόλη, η 3-μεθυλ βουτανάλη η ακεταλδεΰδη η 2- προπανόλη και η ακετόνη. (Sable et.at. 1997a).

Σε ανασκόπηση των Raynal et.al. (2011) για τα τυριά από αίγειο γάλα στην Γαλλία, επισημαίνεται ότι το λίπος είναι το κύριο κλάσμα που εμπλέκεται στην γεύση των γίδινων τυριών και το επίπεδο της λιπόλυσης καθώς και η ποιότητά της, είναι κύριας σημασίας ιδίως σε τυριά που αναπτύσσονται με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων. Οι μικροοργανισμοί που κυρίως χρησιμοποιούνται στα γαλλικά τυριά είναι ο *Geotrichum candidum* και ο *Penicillium sp.* Τα αποτελέσματα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τυριών που αναπτύσσονται με τους ανωτέρω μικροοργανισμούς εξαρτώνται από τις συνθήκες και την τεχνολογία που ακολουθήθηκε για την παρασκευή τους. Πολλές άλλες ομάδες αρωματικών συστατικών συμβάλλουν στο τελικό άρωμα των τυριών, όπως οι αλκοόλες οι κετόνες οι μεθυλοκετόνες, οι εστέρες και οι λακτόνες. Υπάρχει υψηλή μεταβλητότητα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γίδινων τυριών που συνδέεται με την σύνθεση του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε κατά την τυροκόμηση καθώς και την τεχνολογία παρασκευής των τυριών.

Ο μεγάλος ρυθμός αύξησης στα ελεύθερα λιπαρά οξέα 4-αιθυλ-οκτανικό οξύ, 4-μεθυλο-οκτανικο οξύ εξανικό οξύ, οκτανικό οξύ και δεκανικό οξύ είναι το χαρακτηριστικό που κάνει τα

φρέσκα αίγεια τυριά να διαφέρουν από τα ώριμα τυριά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. (Fox et. al. 2004).

7.5. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Δόθηκε υψηλή βαθμολογία και για τους δύο τύπους τυριών, τα οποία είχαν μαλακή υφή, καλή ικανότητα επάλειψης και πλούσιο άρωμα. Το τυρί με μειωμένα λιπαρά είχε καλύτερη βαθμολογία στη γεύση, στο χρώμα και στο σύνολο (υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές του τυριού με μειωμένα λιπαρά σε σχέση με το πλήρες).

Πίνακας 26: *Μέσος όρος με τυπικό σφάλμα μέσου όρου των αποτελεσμάτων του οργανοληπτικού ελέγχου για την γεύση, την υφή, το χρώμα και το σύνολο των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών για τα δύο τυριά.*

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΥΡΙ 14 ΗΜΕΡΩΝ	
	ΤΥΡΙ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ	ΤΥΡΙ ΠΛΗΡΕΣ
ΓΕΥΣΗ	$42,5^{a} \pm 0,7$	$39,9^{b} \pm 1,0$
ΥΦΗ	$33,3^{a} \pm 0,6$	$32,6^{a} \pm 0.8$
ΧΡΩΜΑ	$8,9^{a} \pm 0,1$	$8,1^{b} \pm 0,3$
ΣΥΝΟΛΟ	$84,7^{a} \pm 1,2$	$80,5^{b} \pm 1,9$

Οι τιμές που βρίσκονται στην ίδια γραμμή με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες τους, έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά

Τα οργανοληπτικά αποτελέσματα σε σχέση με το χρώμα, συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της μέτρησης του χρώματος με το χρωματόμετρο στους δυο τύπους τυριών, στην οποία φάνηκε ότι το τυρί με μειωμένα λιπαρά ήταν φωτεινότερο και λευκότερο, χαρακτηριστικά που είναι ελκυστικότερα για το είδος των τυριών που παρασκευάστηκαν. Αυτό είναι λογικό, γιατί τα τυριά προέρχονται από αίγειο γάλα. Το αίγειο γάλα, λόγω της έλλειψης καροτενοειδών (μετατρέπεται όλη η β-καροτίνη σε βιταμίνη Α), δίνει λευκά γαλακτοκομικά προϊόντα και αυτό το χαρακτηριστικό είναι μέσα στις προσδοκίες όσων ενδιαφέρονται γι αυτού του είδους τα προϊόντα. Το πιο κιτρινωπό και σκοτεινότερο χρώμα που ανέπτυξε το τυρί με πλήρη λιπαρά, λόγω της ανάπτυξης χρωμογόνου μικροχλωρίδας, είναι πιο ασυνήθιστο για αίγεια μαλακά τυριά και αυτό έγινε αντιληπτό από τους δοκιμαστές.

Στην υφή και τα δυο τυριά ομοίαζαν και έλαβαν υψηλή βαθμολογία. Ήταν μαλακά, αλειφώδη, με καλή ικανότητα επάλειψης. Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τις ρεολογικές μετρήσεις με ενόργανη ανάλυση, στην οποία φάνηκε ότι και οι δύο τύποι τυριών είχαν παρόμοια σκληρότητα, συνεκτικότητα και συνάφεια

και με την συνάφεια να είναι μεγαλύτερη στα ώριμα τυριά από ό,τι στα τυροπήγματα της 1ης ημέρας, με αποτέλεσμα την αλειφώδη υφή τους.

Γευστικά, το τυρί με μειωμένα λιπαρά έλαβε καλύτερη βαθμολογία. Στο τυρί με πλήρη λιπαρά ταυτοποιήθηκε μεγαλύτερος αριθμός πτητικών συστατικών και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Είχε όμως μικρότερη ποσότητα σε διαλυτό άζωτο, που δείχνει μικρότερη πρωτεόλυση (στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το τυρί με μειωμένα λιπαρά, αδημοσίευτα δεδομένα της πτυχιακής εργασίας της Αναστασίας Σκορδομπέκη). Γενικά το σύνολο των αρωματικών και γευστικών συστατικών δεν είναι εύκολο να συσχετιστεί με τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, δεδομένου ότι πολλά πτητικά συστατικά αν και περισσότερα στον αριθμό ή και στη συγκέντρωση μπορεί να προσδίδουν ελάχιστα ή και καθόλου στο τελικό άρωμα του προϊόντος. Άλλες ουσίες έχουν χαμηλό κατώφλι αντίληψης ενώ άλλες πολύ υψηλό. Επίσης υπάρχουν αλληλεπιδράσεις και αλληλεπικαλύψεις στα διάφορα αρωματικά και γευστικά αποτελέσματα που το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι απόλυτα προβλέψιμο. Αν και τα δυο τυριά ανέπτυξαν πλούσια ευχάριστη και πικάντικη γεύση, φαίνεται ότι το τυρί με μειωμένα λιπαρά δεν είχε τόσο έντονο το χαρακτηριστικό «γίδινο» άρωμα, που αν και αναμένεται στα γίδινα τυριά και πρέπει να θεωρείται επιθυμητό, όμως στην αντίληψη των περισσότερων καταναλωτών ακόμα δεν είναι τόσο συνηθισμένο και ευχάριστο. Επίσης η «δριμεία» γεύση, αποτέλεσμα της μεγαλύτερης σχετικής συγκέντρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο τυρί με πλήρη λιπαρά, ήταν σε μικρότερο βαθμό στο τυρί με μειωμένα λιπαρά. Το τυρί με μειωμένα λιπαρά τελικά είχε πιο ομοιόμορφο άρωμα και γεύση, χωρίς τόσο έντονες νότες αρνητικών αρωματικών αποχρώσεων κάτι που υπήρξε στο πλήρες τυρί.

Αν και οι δύο τύποι τυριών έλαβαν υψηλή βαθμολογία συνολικά, (84,7 για το τυρί με μειωμένα λιπαρά και 80,5 για το πλήρες με μέγιστη βαθμολογία το 100), το τυρί με μειωμένα λιπαρά έλαβε υψηλότερο σκορ στο σύνολο από ό,τι το τυρί με πλήρη λιπαρά και φάνηκε ότι τελικά υπερτερεί οργανοληπτικά του τυριού με πλήρη λιπαρά.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα τυριά που παρασκευάστηκαν ανήκουν στα τυριά που ωριμάζουν με βακτήρια (10^7-10^9cfu/g τυριού) και με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων (10^6-10^7cfu/g τυριού).
2. Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος, η προσθήκη οξυγαλακτικών βακτηρίων και οι ελεγχόμενες συνθήκες τυροκόμησης των τυριών αυτών, συνέτειναν ώστε να μην υπάρξει ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών με επακόλουθη αναβάθμιση της ποιότητάς τους.
3. Σε ό,τι αφορά τις ρεολογικές τους ιδιότητες, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην συνάφεια μεταξύ τυριών πρώτης ημέρας και τυριών ηλικίας 14 ημερών. Το τυριά ανέπτυξαν τελικά μαλακή αλειφώδη υφή με καλή ικανότητα επάλειψης.
4. Το τυρί με μειωμένα λιπαρά είχε λευκότερο χρώμα λόγω της ανάπτυξης λεπτού επιφανειακού στρώματος από τις λευκές μυκηλιακές υφές και τα σπόρια του μύκητα *Penicillium candidum* σε σχέση με το χρώμα του τυριού με πλήρη λιπαρά που ήταν πιο σκούρο προς κιτρινωπό, οφειλόμενο στην ανάπτυξη επιφανειακά άγριας χρωμογόνου χλωρίδας ζυμομυκήτων.
5. Τα τυριά που παρασκευάστηκαν είχαν σημαντικό αριθμό αρωματικών συστατικών. Το τυρί με πλήρη λιπαρά είχε γενικά πιο πλούσιο προφίλ αρωματικών συστατικών αλλά και το τυρί με μειωμένα λιπαρά ανέπτυξε ικανοποιητικό προφίλ αρωματικών συστατικών. Σε αυτό κυριάρχησαν τα οξέα, οι αλκοόλες οι κετόνες και οι εστέρες. Οι ουσίες από την ομάδα των ελεύθερων λιπαρών οξέων που συνέβαλαν στο τελικό άρωμα ήταν το εξανικό, το οκτανικό, το εννεανικό, το δεκανικό και το 4-μεθυλ-οκτανικό οξύ. Από τις αλκοόλες σε μεγαλύτερες σχετικές συγκεντρώσεις βρέθηκαν η 2-εννεαόλη, από τις κετόνες η 2- εννεαόνη και η 2- επτανόνη, και από τους εστέρες ο δεκανικός αιθυλεστέρας και ο οκτανικός αιθυλεστέρας. Εντοπίστηκαν και πολλοί άλλοι αιθυλεστέρες και μεθυλοκετόνες.
6. Η χρησιμοποίηση αίγειου γάλακτος για παρασκευή μαλακών τυριών ηλικίας 2 εβδομάδων με αλειφώδη υφή και πλούσιο άρωμα θα βοηθήσει στην καλύτερη αξιοποίησή του.
7. Το τυρί που παρασκευάστηκε, με λιπαρά 10,16% από αίγειο γάλα και με αξιόλογα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των γαλακτοκομικών προϊόντων με χαμηλά λιπαρά και θερμίδες καθώς και τις ιδιαίτερες θρεπτικές ιδιότητες του αίγειου γάλακτος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adda, J., Gripon, J.-C., and Vassal, L. (1982). The chemistry of flavour and texture development in cheese. Food Cbem. 9, 115-129.

Alonso, L. F. (1999). Fatty acid composition ofcaprine milk: Major, branched chain, and trans fatty acids. *Journal of Dairy Science, 82, 878–884.*

Anifantakis, E. R. (1980). Scientific work of the Technology Institut for Nutrition. *Plovdiv, Bulgaria, Tom, XXVII, CB1*.

Ballabio, C., C. S., Rignanese, D., Gigliotti, C., Pagnacco, G., Terracciano, L., . . . Caroli, A. M. (2011). Goat milk allergenicity as a function of αS1-casein genetic polymorphism. *American Dairy Science Association, doi: 10.3168/jds.2010-3545*.

Blank, G. (1999). Penicillium in food production. *Academic Press*.

Boyazoglu, J., Hatziminaoglou, I., & Morand-Fehr, P. (2005). The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Research*.

Castel, J., Ruiz, F., Mena, Y., & Sánchez-Rodríguez, M. (2010). Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research*.

Coni, E., Bocca, B., & Caroli, S. (1999). Minor and trace element content of two typical Italian sheep dairy products. *J. Dairy Res. 66, 589–598*.

Creamer, & L.K., N. O. (1982). Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. *Journal of food science, 47(2): 631-636, 646*.

Curioni, P., & Bosset, J. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography–olfactometry. *Int Dairy J12:959–984.*

Dalmeijer, G. W., Struijk, A. E., Schouw, Y. T., Soedamah-Muthu, S. S., Verschuren, W. M., Boer, J. M., . . . Beulens, J. W. (2013). Dairy intake and coronary heart disease or stroke—A population-based cohort study. *International Journal of Cardiology 167 (2013) 925–929*.

Debski, B., Picciano, M., & Milner, J. (1987). Selenium content and distribution of human, cow and goat milk. *J. Nutr. 117, 35–46*.

Delahunty, C. M., Piggot, J. R., Conner, J. M., & Paterson, A. (1996). Comparison of dynamic flavor release from hard cheeses and analysis of headspace volatiles from mouth and flavor perception during consumption. *Journal of the Science of Food and lAgriculture, 71, 273–281.*

Drake, M., & Swanson, B. (1995). Reduced- and low-fat cheese technology: a review. Trends. *Food Sci Technol 6:366–69.*

Eck, A., & Gillis, J. -C. (2000). Cheesemaking, from science to quality assurance, 2nd end, pp.82-151. *Lavoisier Publishing Inc. Mary Land*.

Eckel, R. H., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2005). The metabolic syndrome. *Lancet, 365, 1415–1428*.

Flier, J. S. (2004). Obesity wars: Molecular progress confronts an expanding epidemic.

Ford, E. S., Giles, W. H., & Dietz, W. H. (2002). Prevalence of the metabolic syndrome among US adults:Finding from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Journal of American Medical Association, 287, 356–359*.

Fox, P., & M., W. J. (1997). Formation of Flavor Compounds in Cheese. *ADVANCES IN APPLIED MICROBIOLOGY. VOLUME 45*.

Fox, P., McSweeney, P. L., Cogan, T. N., & Guinee, P. (2004). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1, Third Edition: General Aspects.

Gebhardt, S., & Matthews, R. (1991). Nutritive Value of Foods. *USDA, Human Nutrition Information Service Publ., Washington DC, USA, Home & Garden Bulletin 72, 72 p.*

Ha, J. K., & Lindsay, R. C. (1992). Influence of aw on volatile free fatty acids during storage of cheese bases lipolyzed by kid goat pregastric lipase. *International Dairy Journal, 2, 179–195*.

Ha, J. K., & Lindsay, R. C. (1993). Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases. *Journal of Dairy Science, 76, 677–690.*

Ha, J., & Lindsay, R. (1991a). Contributions of cow,sheep, and goat milks to characterizing branched-chain fatty acid and phenolic flavors in varietal cheeses. *J. Dairy Sci. 74, 3267-3274.*

Haenlein, G. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research, 51 155–163*.

Haenlein, G. C. (1984). Goat milk versus cow milk. In:. *Haenlein, G.F.W., Ace, D.L. (Eds.), Extension Goat Handbook. USDA Publ., Washington, DC, p. 1, E-1.*

Haenlein, G. F. (2001). Past, Present, and Future Perspectives of Small Ruminant Dairy Research1. *American Dairy Science Association*.

Haenlein, G., & Wendorff, W. (2006). Sheep milk—production and utilization of sheep milk. *In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Blackwell Publish Publishing*.

Hu, F., & Willett, W. (2002). Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *JAMA 288:2569–78*.

Jenness, R. (1980). Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968-1979. *Journal of Dairy Science, Vol. 63, No. 10*.

Jenness, R., Shipe, W., & Sherbon, J. (1974). In: Sebb, B.H., Johnson A.H., Alford, J.A. (Eds.), Fundamentals of Dairy Chemistry. A.V. Publishing Co., Westport, p. 402.

Johnson, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R., & Narasimmon, R. G. (2009). Reduction of sodium and Fat levels in natyral and processed cheeses: Scientific and technological aspects. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY—Vol. 8, 2009*.

Juarez, M., & Ramos, M. (1986). Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. *In: International Dairy Federation (Ed.), Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk,*.

Kaminarides, S. E., Anifantakis, E. M., & Alichanidis, E. (1990). Ripening changes in Kopanisti cheese during ripening. Studyof the yeast flora. *J69, 537-546 © Elsevier/INR.*

Kaminarides, S. E., Anifantakis, E. M., (1989). Evolution of the microflora of Kopanisti cheese

Karali, F., Georgala, A., Massouras, T., & Kaminarides, S. (2012). Kopanisti, a traditional Greek rawmilk cheese. *J Sci Food Agric 2013; 93: 1845–1851*.

Kurkdjian, V., & Gabrielian, T. (1962). Physical and chemical properties and composition of ewe's milk. *In: Proceedings of the XVI Int. Dairy Congr., vol. AP, pp. 197–208*.

Larson, B. S. (1974). Lactation. *vol. 4. Academic Press, New York, p. 1994*.

Lawrence, R., L.K.Creamer, & Gilles, J. (1987). Texture development during cheese rippening. *Journal of dairy Science, 70: 1748-1760*.

Le Quere, J.-L., Pierre, A. R., & Demaizieres, D. (1998). Characterization of aroma compounds in the volatile fraction of soft goat cheese during ripening. *Lait 78, 279-290*.

Liu, S. Q., Holland, R., & Crow, L. V. (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. *Int Dairy J 14:923–945*.

Madadlou, A., Khosroshahi, A., & Mousavi, M. E. (2005). Rheology, Microstructure, and Functionality of Low-Fat Iranian White Cheese Made with Different Concentrations of Rennet. *American Dairy Science Association, J. Dairy Sci. 88:3052–3062*.

Medina, M., & Nufiez, M. (2004). Cheeses Made from Ewes 'and Goats' Milk. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition - Volume 2: Major Cheese Groups*.

Mistry, V. Vikram (2001). Low fat cheese technology. *International Dairy Journal 11 413–422*.

Munoz, N., Ortigosa, M., Torre, P., & Izco, J. M. (2003). Free amino acids and volatile compounds in an ewe's milk cheese as affected by seasonal and cheese- making plant variations. *Food Chem. 83, 329-338*.

OECD. (2014). *Obesity Update 2014*. Ανάκτηση από http://www.oecd.org/els/health-systems/Obesity-Update-2014.pdf.

Pagot, Y., Belin, M. J., Husson, F., & Spinnler, H. E. (2007). Metabolism of phelynalanine and biosynthesis of styrene in Penicillium camemberti. *J. Dairy Res. 74: 180-185*.

Park, ,. Y., & Chukwu, H. (1989). Trace mineral concentrations in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds during the first 5 months of lactation. *J. Food Compos. Anal. 2, 161–169*.

Park, Y. (2006a). Goat milk—chemistry and nutrition. *In: Park,Y.W Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non-bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa pp. 34–58*.

Park, Y. (2006b). Minor species milk. *In: Park, Y.W., Haenlein G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non-bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa, pp. 393–406*.

Park, Y. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*.

Park, Y., & Chukwu, H. (1988). Macro-mineral concentrations in milk of two goat breeds at different stages of lactation. *Small Rumin. Res. 1, 157–165.*

Park, Y., Juarez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*.

Peleg, M. (1976). Texture profile analysisparameters obdained by an instron universal testing machine. *41:721-722*.

Posati, L., & Orr, M. (1976.). Composition of Foods, Dairy and Egg Products,. *Agriculture Handbook.USDA-ARS, Consumer and Food Economics Institute pp. 77–109*.

Raynal-Ljutovac, K., Le Pape, M., Gaborit, P., & Barrucand, P. (2011). French goat milk cheeses: An overview on their nutritional andsensorial characteristics and their impacts on consumers' acceptance. σσ. Small Ruminant Research 101: 64– 72.

Rincón, A. A., Pino, V., & Juan H.Ayala, A. M. (2014). Multiple headspace solid-phase microextraction for quantifying volatile free fatty acids in cheeses. σσ. Talanta129 183–190.

Rodriguez, J., Requena, T., Fontecha, J., Goudedranche, H., & Juarez, M. (1999). Effect of different membrane separation technologies (ultrafiltration and microfiltration) on the texture and microstructure of semihard low-fat cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, σσ. 47, 558–565.

Rystad, G. K. (1990). Effect of threonine and glycine on the acetaldehyde formation in goat's milk yoghurt. *J. Dairy Res. 57, 401–411*.

Sable, S. L. (1997a). An analysis of the volatile flavour compounds in a soft raw goat milk cheese. *Biotechnol. Lett. 19, 143-145.*

Sousa, M. J. (2003). Surface Mold-ripened CheeseVarieties. *Elsevier Science*, σσ. 1122- 1129.

Spinnler, H., Grosjean, O., & I., B. (1992). Effect of culture parameters on the production of styrene (vinyl benzen) and 1octene-3-ol by Penicillium caseicolum. *J. Dairy Res. 59, 533-541*.

Sundaram Gunasekaran, & Ak, M. M. (2003). Cheeese Rheology and texture.

Tziboula - Clarke., A. (2002). Goat milk. *Elsevier Science Ltd.*, σσ. 1270 - 1279.

Wadhwani, R., & McMahon, D. J. (2012). Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *American Dairy Science Association, http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2011-5142*.

Wium, H., & Qvist, K. (1998). Effect of rennet concentration and method of coagulation on the texture of UF- Feta cheese made from ultrafiltrated bovine milk. *Journal of dairy Research, 65:653-663*.

Wium, H., Kristiansen, K., & Qvist, K. (1998). Proteolisis and its role in relation to texture of feta cheese made from ultrafiltrated milk with different amounts of rennet. *Journal of dairy Research, 65:665-674*.

Yvon, M., & Rijnen, L. (n.d.). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *Int. Dairy J. 11,185-201*.

Ανυφαντάκης, Μ. Ε. (2004). *Τυροκομία* (Αθ. Σταμούλης εκδ.). Αθήνα: Σταμούλης Αθ.

Καμιναρίδης, Σ. &. (2009). *Γαλακτοκομία* (Έμβριο εκδ.). Αθήνα: Έμβριο.

Μπακέας, Ε. (2008). *Αεριοχρωματογραφία (Gas Chromatography). Σημειώσεις εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας*. Αθήνα: Καποδηστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ταραντίλης, Α. (1999). *Χρωματογραφικές τεχνικές ανάλυσης. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Γ.Π.Α.* Γ.Π.Α.

ΥΠ.Α.Α.Τ. (2011). Ελληνική Κτηνοτροφία. Γενική Διεύθυνση Ζωικής Παραγωγής. Αθήνα.

Ιστοσελίδες:

http://faostat3.fao.org/home/E

http://www.franceagrimer.fr

http://fr.wikipedia.org/wiki/Camembert_de_Normandie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Brie_(fromage)

http://www.mykonosgastronomia.gr/?p=1345

http://www.mycobank.org/qq

http://www.agilent.com/home

http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography/sample-preparation/spme/selecting-spme-fiber.html

https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Supelco/Brochure/10942.pdf

www.cie.co.at/cie/

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 1

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ:

ΠΠ1

ΜΙΚ/ΜΟΙ	**1^{Η} ΜΕΡΑ**	**7^{Η} ΜΕΡΑ**	**14^{Η} ΜΕΡΑ**
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**5,5 x10^{9}**	**4,7 x 10^{6}**	**1,1x10^{9}**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**2x10^{2}**	**3,7x10^{6}**	**1,1x10^{8}**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΠΜ1

ΜΙΚ/ΜΟΙ	**1^{Η} ΜΕΡΑ**	**7^{Η} ΜΕΡΑ**	**14^{Η} ΜΕΡΑ**
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**4 x10^{9}**	**6,9x10^{8}**	**2,1x10^{9}**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**0**	**2,4x10^{3}**	**3,3x10^{4}**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ:

	ΠΛΗΡΕΣ:	**ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ:**
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	1,250	0,35625
ΤΥΡΙ	4,805	6,00750
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	0,3959	0,4089
ΤΥΡΙ	0,2016	0,2103
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	4,0723	1,8385
ΤΥΡΙ	11,2000	7,9884

ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 2

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ:

ΠΠ2

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**$9,3x10^9$**	**$1x10^7$**	**$3,2x10^8$**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**$4,7x10^2$**	**$7,6x10^6$**	**$3,6x10^7$**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΠΜ2

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**$6,7x10^9$**	**$5,1x10^8$**	**$5,3x10^8$**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**0**	**$2,1x10^4$**	**$3,3x10^6$**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ:

	ΠΛΗΡΕΣ	ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	1,8675	1,16100
ΤΥΡΙ	3,39375	1,95375
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	0,3258	0,3472
ΤΥΡΙ	0,3350	0,3886
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	3,6841	2,7497
ΤΥΡΙ	10,8740	7,3502

ΧΡΩΜΑ:

ΤΠ2				ΤΜ2			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ				**ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**			
	L	**A(-)**	**B (+)**		**L**	**A(-)**	**B(+)**
1	79,52	-3,33	15,23	**1**	85,71	-2,83	9,04
2	79,21	-3,33	14,94	**2**	85,93	-2,76	9,56
3	79,51	-35,3	15,17	**3**	85,73	-3,02	10,54
4	79,16	-3,34	15,23	**4**	86,03	-2,69	9,15
5	79,22	-3,14	14,97	**5**	85,95	-2,53	8,73

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ:

6-6-2014 ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 2

	ΤΠ2 (Β)			ΤΜ2(Α)		
	ΥΦΗ	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**	**ΥΦΗ**	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**
ΚΥΤΙΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ	7	7	6	8	8	7
ΘΟΔΩΡΗΣ ΠΑΣΧΟΣ	7	7	9	8	10	9
ΚΑΙΤΗ ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΥ	7	6	3	9	9	7
ΓΚΟΛΦΩ ΜΟΑΤΣΟΥ	8,5	7,5	7	8	7	9
ΖΩΙΔΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	7	7	6	10	10	9
ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ	7	7	7	9	9	9
ΛΑΜΠΡΟΣ ΣΑΚΚΑΣ	7	7	6	9	9	9
ΣΚΟΡΔΟΜΠΕΚΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ	9	7	6	9	9	9
ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ	6	7	7	8	9	9
ΜΑΡΙΑΝΝΑ ΠΑΡΠΟΥΝΑ	6	5	5	7	7	8
ΣΑ	9	10	8	8	8	9
ΤΖΑΚΩΝΙΑΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ						
ΤΑΣΟΣ ΑΚΤΥΠΗΣ						
ΜΑΣΟΥΡΑΣ ΘΕΟΦΥΛΟΣ						

ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 3

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ:

ΠΠ3

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	$4,8x10^9$	$4,9x10^7$	$3,8x10^8$
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	$7,7x10^3$	$8,5x10^6$	$1,4x10^7$
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	0	0	0

ΠΜ3

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	$8,6x10^9$	$2,9x10^8$	$5,7x10^8$
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	$4,2x10^1$	$7,9x10^6$	$1,3x10^7$
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	0	0	0

ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ:

	ΠΛΗΡΕΣ	ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:		
ΠΗΓΜΑ	0,7225	0,87625
ΤΥΡΙ	1,5925	0,62125
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	0,4497	0,2068
ΤΥΡΙ	0,5116	0,5176
ΣΥΓΚΟΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ		
ΠΗΓΜΑ	3,8139	1,0618
ΤΥΡΙ	6,8858	3,5462

ΧΡΩΜΑ:

ΤΠ3				ΤΜ3			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L	A(-)	B (+)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L	A(-)	B(+)
1	86,93	3,99	8,34	1	88,07	2,98	8,08
2	86,47	3,15	7,63	2	87,56	2,94	8,19
3	86,61	3,34	8,25	3	87,63	2,98	8,15
4	87,06	3,25	8,29	4	87,49	2,94	8,47
5	87,03	3,26	8,27	5	87,41	2,99	8,24

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ:

11-6-2014 ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 3

	ΤΠ3 (Α)			ΤΜ3(Β)		
	ΥΦΗ	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**	**ΥΦΗ**	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**
ΚΥΤΙΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ	8	8	8	9	9	9
ΘΟΔΩΡΗΣ ΠΑΣΧΟΣ	9	9	9	9	9	10
ΚΑΙΤΗ ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΥ	8	9	9	10	8	9
ΓΚΟΛΦΩ ΜΟΑΤΣΟΥ	9,5	6	9	9	9,5	10
ΖΩΙΔΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	6	8	5	7	10	8
ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ	8	9	8	10	9	9
ΛΑΜΠΡΟΣ ΣΑΚΚΑΣ	8	7	10	9	9	10
ΣΚΟΡΔΟΜΠΕΚΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ	9	9	10	9	8	10
ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ	8	8	10	9	9	10
ΜΑΡΙΑΝΝΑ ΠΑΡΠΟΥΝΑ	6	6	7	7	7	8
ΣΑ ΤΖΑΚΩΝΙΑΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	9	9	10	9	8	10
ΤΑΣΟΣ ΑΚΤΥΠΗΣ						
ΜΑΣΟΥΡΑΣ ΘΕΟΦΥΛΟΣ						

ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 4

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ:

ΠΠ4

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**$6,9x10^8$**	**$3,8x10^7$**	**$3,5x10^7$**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**$2,8x10^3$**	**$5,0x10^7$**	**$4,5x10^7$**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΠΜ4

ΜΙΚ/ΜΟΙ	1Η ΜΕΡΑ	7Η ΜΕΡΑ	14Η ΜΕΡΑ
	μικροοργανισμοί/g τυριού		
ΟΜΧ	**$3,4x10^8$**	**$1,8x10^6$**	**$2,1x10^7$**
ΖΥΜΕΣ-ΜΥΚΗΤΕΣ	**$3,5x10^1$**	**$1,7x10^6$**	**$2,2x10^7$**
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	**0**	**0**	**0**

ΡΕΟΛΟΓΙΚΑ:

	ΠΛΗΡΕΣ:	ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ:
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:		
ΠΗΓΜΑ	1,10375	1,76500
ΤΥΡΙ	0,51125	0,94375
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ:		
ΠΗΓΜΑ	0,3814	0,3446
ΤΥΡΙ	0,4171	0,2470
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ:		
ΠΗΓΜΑ	2,6667	2,0008
ΤΥΡΙ	2,6181	1,9004

ΧΡΩΜΑ:

ΤΠ4				ΤΜ4			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L	Α(-)	Β (+)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	L	Α(-)	Β(+)
1	87,02	3,13	8,84	**1**	87,42	3,05	8,55
2	86,68	3,01	8,04	**2**	87,33	3,07	8,64
3	86,83	2,97	7,89	**3**	87	2,88	8,89
4	86,14	2,9	7,72	**4**	87,03	2,85	8,73
5	86,81	2,94	8,19	**5**	86,89	2,84	9,01

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ:

20-6-2014 ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗ 3

	ΤΠ4 (Α)			ΤΜ4(Β)		
	ΥΦΗ	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**	**ΥΦΗ**	**ΓΕΥΣΗ**	**ΧΡΩΜΑ**
ΚΥΤΙΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ						
ΘΟΔΩΡΗΣ ΠΑΣΧΟΣ	9	9	9	7	8	9
ΚΑΙΤΗ ΜΟΣΧΟΠΟΥΛΟΥ	9	9	9	7	7	7
ΓΚΟΛΦΩ ΜΟΑΤΣΟΥ	10	9,5	10	8	8,5	9
ΖΩΙΔΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	8	8	8	7	9	9
ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΜΙΝΑΡΙΔΗΣ	9	9	9	7	9	9
ΛΑΜΠΡΟΣ ΣΑΚΚΑΣ	10	9	10	9	8	9
ΣΚΟΡΔΟΜΠΕΚΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ	9	9	10	8	8	10
ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΕΠΙΤΡΟΠΑΚΗ	9	9	8,5	8	8	9
ΜΑΡΙΑΝΝΑ ΠΑΡΠΟΥΝΑ	9	8	8	9	9	9
ΣΑ ΤΖΑΚΩΝΙΑΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	9	9	9	8	8	9
ΤΑΣΟΣ ΑΚΤΥΠΗΣ	9	9	10	8	8	9
ΜΑΣΟΥΡΑΣ ΘΕΟΦΥΛΟΣ	8	8	9	7	8	9

ΑΕΡΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΜΑΓΡΑΦΙΑ

ΑΛΚΟΟΛΕΣ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
Ethanol			25,65 19,94 26,76	24,39 6,90 19,40
2-Pentanol			1,37	2,99 0,50 10,59
butanol				1,54
1-Butanol, 3-methyl-			1,24 1,37 7,32	0,19 0,55 1,45
3-Pentanol, 3-methyl-			0,23 0,29 0,27	
3-Pentanol, 2,4-dimethyl-	0,16 0,15 0,17	0,65		0,67 0,19 0,39
3-Penten-2-ol		0,26 0,48		
1-hexanol			0,23 2,39 2,28	0,45 0,19 5,14
2-Hexen-1-ol			0,23 0,45 0,39	0,27 0,40
1 Octen-3-ol			2,62 0,42	
3-Hexanol, 3,5-dimethyl-	0,10 0,12 0,13 0,15	0,11 0,51 0,17		0,68
1-Heptanol	0,16 0,11	0,098		
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,24 0,38	0,78		0,46
2-Nonanol			2,54 3,48 1,25 6,85	4,73 32,38 19,24
1 Octanol	0,40 0,44	0,27 0,51	0,77 0,54	1,19 0,33
		0,74		

	0,43	0,32		
7-Octen-2-ol			0,16 0,41	0,22 0,69 1,32
2-Heptanol, 3-methyl	0,11 0,10 0,14 0,08	0,096 0,27 0,12 0,11	0,14 0,10	0,15 0,09
1-Decanol	0,19 0,19 0,36 0,16	0,55 0,24 0,12 0,15		0,32 0,28
1 - Octanol -2- butyl		0,20		0,11 0,16 0,48
2-Undecanol			0,20 0,50 0,51	2,43 1,26
Benzenemethanol			0,40 1,46	1,15
Benzeneethanol (Phenethyl alcohol)			0,70 2,97	0,99 1,43
1-Dodecanol	0,13 0,32	0,66 0,12 0,18 0,16	0,39 0,61	0,19
Phenol, 4-methyl-			2,81 1,76 2,48	0,43 1,30
2-Tridecanol		0,19		

ΕΣΤΕΡΕΣ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
Butanoic acid, ethyl ester			1,12	2,33 1,59 1,87
Hexanoic acid, ethyl ester			0,31 0,48 0,27	1,74 4,19 0,31 0,49
Butanoic acid, hexyl ester				
				3,52
Octanoic acid, ethyl ester			2,35	2,25

			4,15 1,42	25,73 1,17 1,85
Nonanoic acid, ethyl ester				0,37
Octanoic acid, 2-ethylhexyl ester				1,35
Methoxyacetic acid, 4-tridecyl ester	0,12		0,17	0,06 0,08
Methoxyacetic acid, 2-tridecyl ester			0,19	
Hexanoic acid, 3-ethyl-, methyl ester				1,10
Octanoic acid, pentyl ester				2,05
Hexanoic acid, hexyl ester				6,97
Decanoic acid, ethyl ester			14,58 13,38 0,85 10,34	2,39 2,09 15,41 54,14
1,1-Heptanediol, diacetate				0,54
Octanoic acid, 3-methylbutyl ester				2,20
Heptanoic acid, 2-methyl-2-butyl ester				2,27
10-Undecenoic acid, octyl ester			0,55 0,40 0,43	
ethyl 9-dec**e**noate				1,68
Decanoic acid, propyl ester				0,39
ISOBUTYL DECANOATE				1,85 1,076
Heptyl octanoate				0,20
DECANOIC ACID, 1-METHYLETHYL ESTER				0,80
Octanoic acid, hexyl ester				5,09
Decanoic acid, butyl ester				1,78
Dodecanoic acid, ethyl ester				0,21 0,14 1,17

Tridecanoic acid ethyl ester			0,20 1,64 1,34	
Dodecanoic acid, 2-METHYLBUTYL ESTER				1,48
pentanoic acid, 4-tridecyl ester				0,66
DECANOIC ACID, HEXYL ESTER				2,73
Tetradecanoic acid, ethyl ester			0,81 0,72 0,60	0,12 0,11 0,49 1,41
Methoxyacetic acid, octyl ester		0,14		
1,1-Dodecanediol, diacetate			1,11 0,97 0,60 1,19	0,86 0,78 0,78
Hexadecanoic acid, ethyl ester				0,42
Methoxyacetic acid, 2-tridecyl ester			1,82	0,37 1,10
Methoxyacetic acid, 3-tetradecyl ester				0,39
Methoxyacetic acid, 2-pentadecyl ester				0,34

ΚΕΤΟΝΕΣ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
2-Butanone, 3-methyl-				1,69
2-Pentanone			3,96	5,93
2-Heptanone			5,43	1,96 42,47
2-Hexanone, 4-methyl-				3,50
2-Octanone				0,57
2-Butanone, 3-hydroxy-(CAS) Acetoin	0,53 0,63 0,48 0,29	0,99 3,00	3,07	
2-Nonanone			23,37	0,54

				13,02 0,34 140,18
7-Octen-2-one			1,18	5,66
2-Decanone				0,81
2-UNTECANONE			2,57915	3,19 37,89
2-Tridecanone				1,18
3,4-DIHYDROXY-5-METHYL-DIHYDRO-FURAN-2-ONE			1,03	

ΑΛΚΑΝΙΑ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
PROPANE-2-13C	0,01			
1-Octene (CAS) Caprylene	0,07 0,12 0,08 0,06	0,09		
Decane		0,12		
1-Hexene, 3,5,5-trimethyl-			0,83	
Octane, 3,3-dimethyl-				0,60
Heptadecane				3,58
Eicosane				3,61
styrene			1,15	3,30
			0,47	0,59
			0,34	

ΟΞΕΑ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
Acetic acid	2,21	6,61	5,40	3,912
	1,91	2,73	3,58	4,70
	2,90	2,11	7,97	8,15
	2,30	2,07	5,96	4,61
Propanoic acid			0,22	0,14
			0,43	1,75
			1,47	2,46
Butanoic acid	0,50	2,14	5,49	1,89
	0,51	0,92	6,25	35,31
	0,81	0,77	5,82	2,36
	0,60	0,55	9,29	46,74
Butanoic acid, 3-methyl-			0,71	0,35
			2,51	0,24
			0,36	4,23

			0,41	4,87
Hexanoic acid	3,66	11,26	52,07	15,57
	2,82	4,35	5,41	26,68
	4,89	4,33	34,83	237,78
	1,89	2,80	56,17	137,77
Heptanoic acid	0,09	0,13	0,80	0,21
	0,14	0,39	1,041	0,40
	0,16	0,15	0,48	2,71
	0,10	0,12	0,61	2,55
Octanoic acid	13,18	36,88	115,37	27,62
	10,93	14,03	72,67	46,57
	15,59	8,61	99,98	312,02
	4,12	8,94	115,90	182,69
4-Methyloctanoic acid	0,059		0,44	0,13
	0,053		0,40	0,97
			0,29	1,74
Nonanoic acid	0,18	1,21	1,17	0,30
	0,37	0,37	1,27	0,42
	0,22	0,25	1,26	4,34
		0,33	0,79	2,83
Decanoic acid	9,06	42,11	130,39	19,21
	8,03	13,80	107,69	36,90
	2,46	5,00	86,47	404,55
	13,68	7,35	117,60	283,05
9-Decenoic acid	0,14		2,40	0,24
			1,67	0,56
			0,93	9,56
			1,13	5,14
Undecanoic acid				1,58
dodecanoic acid	0,30	2,80	8,06	0,60
	0,43	0,81	5,00	2,76
	0,73	0,38	3,63	24,44
	0,18	0,46	5,00	48,83
tetradecanoic acid		2,76	1,28	3,11
		0,30	0,53	38,58
		0,95	0,81	
		0,54	0,22	

ΛΑΚΤΟΝΕΣ	ΠΜ	ΠΠ	ΤΜ	ΤΠ
.gamma.-Hexalactone				0,65
				0,71
gamma.-Octalactone				5,42
.gamma.-Undecalatone				3,66

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΥΡΟΚΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Σχηματισμός του πήγματος και διαίρεση

Εικόνα 2: Οι κόκκοι του διαιρεμένου πήγματος

Εικόνα 3: Τοποθέτηση του πήγματος σε τυρόπανα

Εικόνα 4: Στράγγιση του πήγματος

Εικόνα 5: Εφαρμογή πίεσης

Εικόνα 6: Επόμενη μέρα: Εξαγωγή από το τυρόπανο

Εικόνα 7: Ψεκασμός με τον μύκητα *Penicillium candidum* στο τυρί με μειωμένα λιπαρά

Εικόνα 8: Ανάμειξη – άλεσμα του πήγματος

Εικόνα 9: Εικόνα από το τυρί με πλήρη λιπαρά 1^{ης} ημέρας

Εικόνα 10: Εικόνα από τους δυο τύπους τυριών (με πλήρη λιπαρά αριστερά και με μειωμένα λιπαρά και τη χρήση του μύκητα *Penicillium candidum* δεξιά).