

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΘΡΕΨΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΛΙΠΟΥΣ ΣΤΟ**  
**ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ**  
**ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΤΟΥ ΛΙΠΟΥΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ**  
**ΑΥΤΩΝ**

***ΤΣΙΛΙΓΚΑΚΗ ΑΦΡΟΔΙΤΗ***



**Εξεταστική Επιτροπή:**

**Ζέρβας Γεώργιος, Καθηγητής**

**Φεγγερός Κων/νος, Καθηγητής**

**Χαδιώ Στυλιανή, Αναπλ. Καθηγήτρια**

**Αθήνα, Απρίλιος 2012**

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

✎ Επειδή κατά τη συγγραφή της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα αρκτικόλεξα, παρατίθεται εδώ η ερμηνεία τους για τη διευκόλυνση της ανάγνωσης της μελέτης.

- ✎ **CLA** = Συζευγμένο λινελαϊκό οξύ - Conjugated Linoleic Acid
- ✎ **MFD** = Σύνδρομο χαμηλής λιποπεριεκτικότητας-milk fat depression
- ✎ **NEFA** = Μη εστεροποιημένα λιπαρά οξέα (non- esterified fatty acids)
- ✎ **PUFA** = Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PolyUnsaturated Fatty Acids)
- ✎ **VFA** = Volatile Fatty Acids
- ✎ **ΚΛΟ** = Κορεσμένα λιπαρά οξέα
- ✎ **ΛΟ** = Λιπαρά οξέα
- ✎ **ΜΙΑ** = Μικρής αλύσου λιπαρά οξέα
- ✎ **ΜΕΑ** = Μεσαίας αλύσου λιπαρά οξέα
- ✎ **ΜΑ** = Μακράς αλύσου λιπαρά οξέα
- ✎ **ΜΟΝΑ** = Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα
- ✎ **ΞΟ** = Ξηρά Ουσία
- ✎ **ΠΑΚΛΟ** = Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα
- ✎ **ΣΖ** = Συμπυκνωμένες Ζωοτροφές
- ✎ **ΧΖ** = Χονδροειδείς Ζωοτροφές

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	-1-
Abstract.....	-2-
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ .....	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	-3-
1.2 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ .....	-5-
1.3 ΤΟ ΛΙΠΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....	-6-
1.3.1 Λιποσύνθεση στον μαστικό αδέννα .....	-6-
1.3.2 Πέψη και μεταβολισμός των λιπαρών οξέων της τροφής .....	-7-
1.3.3 Μεταβολισμός του λιπώδους ιστού .....	-12-
1.3.4 Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σύνθεσης του λίπους του γάλακτος των αιγών και των προβάτων.....	-13-
1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ-ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ –ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΛΙΠΟΥΣ ΣΤΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ Η ΕΜΜΟΝΗ ΤΟΥΣ .....	-17-
1.4.1 Αγελαδινό γάλα .....	-17-
1.4.2 Αίγαιο γάλα .....	-21-
1.5 ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (MFD=Milk Fat Depression) .....	-23-
1.5.1 Θεωρίες για το Σύνδρομο Χαμηλής Λιποπεριεκτικότητας που σχετίζονται με τη διατροφή.....	-27-
1.5.2 Αποτέλεσμα του υποστρώματος προμήθειας.....	-28-
1.5.3 Η επίδραση της ινσουλίνης που προκαλεί μεταβολές στη χρήση του υποστρώματος στη γλυκογένεση.....	-30-
1.5.4 Αναστολή της σύνθεσης του λίπους του γάλακτος .....	-33-
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ .....	
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	-35-
2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ .....	-35-
2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	-35-
2.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ .....	-37-

2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	-39-
2.4.1 Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στο γάλα.....	-39-
2.4.2 Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στο πλάσμα του αίματος.....	-40-
2.4.3 Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στις ζωοτροφές.....	-40-
2.4.4 Ομαδοποιήσεις των λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος, αθρωματικός δείκτης και έμμεσος προσδιορισμός της Δ-9 αφυδρογονάσης.....	-41-
2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	-42-
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ.....	
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	-43-
Α.ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΡΟΒΑΤΩΝ .....	-43-
Β.ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΙΓΩΝ.....	-55-
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	
4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	-67-
4.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΠΡΟΒΑΤΩΝ.....	-67-
4.1.1 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην κατανάλωση της τροφής, τη γαλακτοπαραγωγή και τη χημική σύσταση του γάλακτος.....	-67-
4.1.2 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στο προφίλ των ΛΟ του λίπους του γάλακτος.....	-72-
4.2 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΙΓΩΝ.....	-79-
4.2.1 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην κατανάλωση της τροφής, τη γαλακτοπαραγωγή και τη χημική σύσταση του γάλακτος.....	-79-
4.2.2 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στο προφίλ των ΛΟ του λίπους του γάλακτος.....	-86-
ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ.....	
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	-92-
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	93-

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΛΙΠΟΥΣ ΣΤΟ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΤΟΥ ΛΙΠΟΥΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΑΥΤΩΝ

**ΤΣΙΛΙΓΚΑΚΗ ΑΦΡΟΔΙΤΗ**

*Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών*

*Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής*

*Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

*Ιερά Οδός 75, ΤΚ 118 55, Αθήνα*

## **Περίληψη**

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της προσθήκης σογιέλαιου (5% ΞΟ) και ιχθυελαίου (1% ΞΟ) στο σιτηρέσιο προβάτων και αιγών στη γαλακτοπαραγωγή, την κατανάλωση ΞΟ και το σωματικό βάρος με ιδιαίτερη έμφαση στο προφίλ των ΛΟ του λίπους του γάλακτος. Στο πρώτο πείραμα, σε 12 προβατίνες και στο δεύτερο πείραμα, σε 12 αίγες χορηγήθηκαν 2 σιτηρέσια (μάρτυρα και επέμβασης - 6 ζώα σε κάθε ομάδα για κάθε σιτηρέσιο) για ένα διάστημα 43 ημερών. Προηγήθηκε μία προπείραματική περίοδος 10 ημερών. Η αναλογία ΧΖ:ΣΖ ήταν 53:47. Τόσο στις προβατίνες όσο και στις αίγες, η προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου δεν προκάλεσε καμία στατιστικώς σημαντική μεταβολή στη γαλακτοπαραγωγή, την κατανάλωση ΞΟ, το σωματικό βάρος και τη χημική σύσταση του γάλακτος. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε μια αύξηση στη γαλακτοπαραγωγή (πρόβατα:+29%, αίγες:+23%), στην ποσότητα λίπους (πρόβατα:+25%, αίγες:+30%), στην λιποπεριεκτικότητα (αίγες:+18%), στην περιεκτικότητα σε λακτόζη (πρόβατα: +3%) και στο στερεό υπόλειμμα (αίγες:+3%), ενώ μία μείωση στη λιποπεριεκτικότητα (πρόβατα:-14%), πρωτεϊνοπεριεκτικότητα (πρόβατα:- 7%, αίγες: -8%), στο ΣΥΑΛ (πρόβατα:-2%, αίγες:-3%) και στο στερεό υπόλειμμα (πρόβατα:-8%). Τα κορεσμένα ΛΟ παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική μείωση (πρόβατα:  $P<0,01$ ,  $P<0,001$ , αίγες:  $P<0,001$ ). Τα ακόρεστα ΛΟ παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική αύξηση (πρόβατα και αίγες:  $P<0,05$ ,  $P<0,01$ ,  $P<0,001$ ). Σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση του βασενικού οξέος (VA- *trans*-11 C18:1, πενταπλάσια αύξηση) και του *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (του κυριότερου ισομερούς του συζευγμένου λινελαϊκού οξέος) τόσο στα πρόβατα όσο και στις αίγες. Τέλος, η προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου προκάλεσε στατιστικώς σημαντική μείωση στα μικρής (πρόβατα+αίγες), μεσαίας (πρόβατα+αίγες) και μακράς αλύσου (μόνο αίγες) ΛΟ, στην αναλογία Κ/Α,  $\omega 3:\omega 6$  και τον αθηρωματικό δείκτη (πρόβατα+αίγες), ενώ προκάλεσε στατιστικώς σημαντική αύξηση στα ΠΑΚΛΟ και ΜΟΝΑ (πρόβατα+αίγες) –  $P<0,001$ .

**Λέξεις κλειδιά:** προφίλ ΛΟ, προσθήκη λίπους, σογιέλαιο, ιχθυέλαιο, συζευγμένο λινελαϊκό οξύ, πρόβατα, αίγες.

# EFFECT OF LIPID SUPPLEMENTATION IN DAIRY SHEEP AND GOATS DIETS ON MILK FATTY ACIDS PROFILE

*TSILIGKAKI AFRODITE*

*Department of Animal Science and Aquaculture*

*Laboratory of Nutritional Physiology and Feeding*

*Agricultural University of Athens*

*Iera Odos 75, GR 118 55, Athens*

## ***Abstract***

The aim of this study was to investigate the effects of feeding dairy sheep and goats with a supplemented diet with soybean oil (5% DM) and fish oil (1% DM) (rich in polyunsaturated oils, that can cause MFD) on milk yield and composition, dry matter intake and body weight, paying particular attention to the FA profile. In the first experiment, twelve sheep and in the second experiment, twelve goats were fed with 2 diets, control or supplemented with soybean oil and fish oil (1 lot of 6 animals per diet) for 43 days. There was a pre-experimental period of 10 days. The forage: concentrate ratio was 53:47. In dairy sheep and goats, the lipid supplementation didn't cause any significant differences in milk yield, milk fat yield, DM intake, body weight and milk composition (% fat, protein, lactose, solids not fat, total solids). Although, there was an increase in milk yield (sheep:+29%, goats:+23%), milk fat yield (sheep:+25%, goats:+30%), lactose percentage (sheep:+3%), milk fat percentage (goats:+18%) and total solids (goats:+3%) and a decrease in milk fat percentage (sheep:-14%), protein percentage (sheep:-7%, goats:-8%), solids not fat (sheep:-2%, goats:-3%) and total solids (sheep:-8%). Saturated FA content was significantly reduced (sheep: P<0,01, P<0,001, goats: P<0,001) with lipid supplementation. Unsaturated FA content was significantly increased (sheep and goats: P<0,05, P<0,01, P<0,001). Lipid supplementation remarkably improved the milk content of VA (*trans*-11 C18:1- 5-fold increases with soybean oil and fish oil diet) and of *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (the main conjugated linoleic acid isomer) for sheep and goats. Lipid supplementation also reduced the short-chain (sheep and goats), medium-chain (sheep and goats) and long-chain (only for goats) FA, the ratio S:U FA, AI (atherogenicity index) and n3:n6 FA (P<0,001). The polyunsaturated and monounsaturated FA were significantly increased for sheep and goats (P<0,001).

**Key words:** FA profile, lipid supplementation, soybean oil, fish oil, CLA, sheep, goats.

# ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, αναδεικνύεται μία ισχυρή συσχέτιση της διατροφής και της υγείας του ανθρώπου. Υπάρχουν αυξανόμενες αποδείξεις ότι η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη χρόνιων παθήσεων στον ανθρώπινο πληθυσμό, συμπεριλαμβανομένων του καρκίνου, των καρδιαγγειακών παθήσεων, του διαβήτη και της παχυσαρκίας. Οι σύγχρονες διατροφικές προσεγγίσεις αφορούν την ανάπτυξη τροφών που βελτιώνουν την ανθρώπινη υγεία με σκοπό τη μείωση των αρνητικών οικονομικών και κοινωνικών επιδράσεων των χρόνιων παθήσεων. Ένας σημαντικός αριθμός μελετών ενοχοποιούν την αυξημένη κατανάλωση μεσαίας αλύσου (12:0-16:0) κορεσμένων λιπαρών οξέων (ΚΛΟ) και *trans* λιπαρών οξέων για την ανάπτυξη καρδιαγγειακών παθήσεων, καθώς και την ανάπτυξη διαβήτη και φλεγμονών. Πρόσφατα, σε αρκετές χώρες όπως η Δανία, ο Καναδάς και οι Η.Π.Α έχει καθιερωθεί με νομοθετικές ρυθμίσεις η υποχρεωτική επισήμανση των τροφίμων με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης *trans* λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη διατροφή.

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν τις κύριες πηγές C12:0, C14:0, C16:0 και *trans* λιπαρών οξέων στη διατροφή του ανθρώπου, δηλαδή παρέχουν το 25-60% του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών οξέων που καταναλώνονται στην Ευρώπη, των οποίων η υπερβολική κατανάλωση ευθύνεται για αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι μόνο η υπερβολική κατανάλωση C12:0 – C16:0 κορεσμένων λιπαρών οξέων μπορεί να ευθύνεται για την ανάπτυξη αθηρογένεσης, το C18:0 λιπαρό οξύ δεν έχει αθηρογενετική επίδραση και ότι τα ΚΛΟ μπορεί να έχουν προστατευτικό ρόλο σε σχέση με μια διατροφή χαμηλών λιπαρών και υψηλού ποσοστού υδατανθράκων (Knorr κ.ά., 2004, Dabadie κ.ά., 2005). Η κατανάλωση ορισμένων *trans* ισομερών του C18:2 λιπαρού οξέος (λινελαϊκό οξύ) φαίνεται να είναι ιδιαίτερα επιζήμια, αν και απαιτείται επιπλέον έρευνα για τα διαφορετικά ισομερή ανάλογα με την πηγή προέλευσής του (Shingfield κ.ά., 2007). Όμως, η ανάπτυξη πολιτικής που προωθεί την μείωση της κατανάλωσης γάλακτος, τυροκομικών προϊόντων και βουτύρου επιφέρει τα αντίθετα αποτελέσματα καθώς αγνοεί τη διατροφική αξία αυτών των τροφών ως πηγές σημαντικών θρεπτικών συστατικών και βιοενεργών λιπιδίων συμπεριλαμβανομένων των C4:0 λιπαρών οξέων, των διακλαδιζόμενων λιπαρών οξέων, του *trans*-11 C18:1, του *cis*-9, *trans*-11

συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (CLA), του *trans-9,trans-11* C18:2 συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (CLA), των βιταμινών Α και D, του β-καροτένιου και της σφιγγομυελίνης, για τα οποία έχει αποδειχθεί ότι έχουν αντιμεταλλακτικές ιδιότητες σε ένα μεγάλο αριθμό βιοϊατρικών μελετών (Parodi, 2001, Bauman κ.ά., 2005, Shingfield κ.ά., 2008). Τα διακλαδιζόμενα λιπαρά οξέα όπως το *iso-15:0*, *anteiso-15:0* και *iso-16:0* φαίνεται να έχουν αντικαρκινικές ιδιότητες για τα ανθρώπινα μαστικά κύτταρα (Wongtangtintharn κ.ά., 2004). Οι ευεργετικές ιδιότητες της μεσογειακής διατροφής αύξησαν το ενδιαφέρον για την κατανάλωση ελαϊκού οξέος (*cis-9-18:1*) (Lopez-Miranda κ.ά., 2006) και έχει επιβεβαιωθεί το ενδιαφέρον για την αύξηση της αναλογίας ω3:ω6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ΠΑΚΛΟ) (Minihane & Lovegrove, 2006). Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι το *cis-9,trans-11* CLA, το κύριο φυσικό ισομερές του συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (CLA) και πιθανά το *trans-9,trans-11* CLA μπορεί να παρεμποδίσει την ανάπτυξη ορισμένων μορφών καρκίνου (Parodi, 2004, Banni κ.ά., 2001, Yaqoob κ.ά., 2006, De la Torre κ.ά., 2005). Επίσης, η κατανάλωση γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της οστεοπόρωσης, του καρκίνου, της αθηροσκλήρωσης και άλλων εκφυλιστικών διαταραχών (Shingfield κ.ά., 2008). Τελικά, η επίδραση των γαλακτοκομικών προϊόντων στην ανθρώπινη υγεία πρέπει να συνεκτιμηθεί με τη συνδυασμένη δράση του προφίλ των λιπαρών οξέων του γάλακτος, τη συνολική καταναλισκόμενη ποσότητα λιπαρών από γαλακτοκομικά προϊόντα, τη διάρκεια κατανάλωσης και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των λιπαρών οξέων διαφορετικών ειδών γάλακτος, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις αυτών των λιπαρών οξέων με την υπόλοιπη διατροφή (θρεπτικά συστατικά από λαχανικά, φρούτα, έλαια, κρέας, ψάρια, αλκοόλ κ.ά.) (Chilliard κ.ά., 2007).

Για αυτό το λόγο, η διατροφή αποτελεί ένα σημαντικό ρυθμιστικό παράγοντα της σύστασης του λίπους του γάλακτος. Οι προσπάθειες βελτίωσης της διατροφικής αξίας του λίπους του γάλακτος στοχεύουν στην μείωση της αναλογίας των C12:0, C14:0 και C16:0 λιπαρών οξέων, την αύξηση των *cis* μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (ΜΑΛΟ) και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ΠΑΚΛΟ) και/ή την αύξηση της συγκέντρωσης των βιοενεργών λιπιδίων (Shingfield, 2008). Η σύνθεση των λιπαρών οξέων του γάλακτος των μηρυκαστικών καθορίζεται από εγγενείς παράγοντες (είδος ζώου, φυλή, γονότυπος, στάδιο κυοφορίας και γαλακτοπαραγωγής) και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Palmquist κ.ά., 1993, Chilliard & Ferlay, 2004). Για ένα συγκεκριμένο είδος ζώου, η επίδραση του γονότυπου ή της φυλής στη σύνθεση των λιπαρών οξέων είναι συγκεκριμένη, αλλά περιορισμένη και μπορεί να επιτευχθεί μόνο



για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η επίδραση του σταδίου της γαλακτοπαραγωγής στη σύσταση του λίπους και τη σύνθεση των λιπαρών οξέων είναι σημαντική και καθορίζεται από την κινητοποίηση του σωματικού λίπους στα πρώτα στάδια της γαλακτοπαραγωγής (Chilliard κ.ά., 1991), αλλά διαρκεί μόνο λίγες εβδομάδες κάθε χρόνο. Η επίδραση της εποχής είναι σημαντική και οφείλεται κυρίως σε διατροφικούς παράγοντες. Έτσι, η τροποποίηση της σύνθεσης των λιπαρών οξέων του γάλακτος με αποδεκτά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-ηθικά κριτήρια αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης χρόνιων παθήσεων στον άνθρωπο.

## 1.2 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ (ΛΟ)

Τα ΛΟ είναι αλυσίδες ατόμων άνθρακα που καταλήγουν σε καρβοξυλική ομάδα. Ένα παράδειγμα ενός κοινού ΛΟ είναι το στεατικό οξύ με 18 άτομα άνθρακα και κανένα διπλό δεσμό. Λιπαρά οξέα, όπως το στεατικό οξύ, αναφέρονται ως κορεσμένα επειδή όλα τα άτομα άνθρακα συγκρατούν το μέγιστο δυνατό αριθμό υδρογόνων. Η συγκέντρωση του στεατικού οξέος είναι μικρή στα φυτικά έλαια, αλλά υψηλή στα ζωικά λίπη, ειδικά στα λίπη από μηρυκαστικά όπως το βόειο.

Αριθμός ατόμων άνθρακα : Αριθμός διπλών δεσμών	Κοινή ονομασία
C14:0	Μυριστικό οξύ
C16:0	Παλμιτικό οξύ
C18:0	Στεατικό οξύ
C16:1	Παλμιτελαϊκό
C18:1	Ελαϊκό οξύ
C18:2	Λινελαϊκό οξύ
C18:3	Λινολενικό οξύ

Το ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ είναι παραδείγματα ΛΟ που περιέχουν ένα ή περισσότερους διπλούς δεσμούς. Το ελαϊκό οξύ έχει ένα διπλό δεσμό μεταξύ του 9<sup>ου</sup> και 10<sup>ου</sup> ατόμου άνθρακα και αναφέρεται ως μονοακόρεστο ΛΟ. Το λινελαϊκό οξύ είναι ένα πολυακόρεστο λιπαρό οξύ, που περιέχει δύο διπλούς δεσμούς μεταξύ του 9<sup>ου</sup> και 10<sup>ου</sup> ατόμου άνθρακα και μεταξύ του 12<sup>ου</sup> και 13<sup>ου</sup> ατόμου άνθρακα. Το ελαϊκό οξύ είναι το κυριότερο λιπαρό οξύ των ζωικών λιπών και ορισμένων φυτικών ελαίων, όπως

το έλαιο ελαιοκράμβης. Το λινελαϊκό οξύ είναι το κυριότερο ΛΟ σε πολλά φυτικά έλαια, όπως το σογιέλαιο, το βαμβακέλαιο και το αραβοσιτέλαιο (Jenkins & Lock, ;).

### 1.3 ΤΟ ΛΙΠΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

#### 1.3.1 Λιποσύνθεση στον μαστικό αδένα

Το λίπος του γάλακτος συντίθεται είτε από ΛΟ που βρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος (περίπου 60%) είτε *de novo* στο μαστικό αδένα (περίπου 40%). Τα ΛΟ συντίθενται *de novo* από το οξικό οξύ και το β-υδροξυβουτυρικό οξύ, το οποίο παρέχει το 15% των ατόμων άνθρακα που απαιτούνται για τη σύνθεση των ΛΟ. Τα λιπίδια του γάλακτος εκκρίνονται ως λιποσφαίρια. Το 96-98% των λιπιδίων του γάλακτος αποτελείται από τριγλυκερίδια, το 0,02% από εστέρες χοληστερόλης και το 0,22% από μη εστεροποιημένα ΛΟ και εστέρες ρετινόλης (Jensen, 2002). Τα λιποσφαίρια περιβάλλονται από μία μεμβράνη, που αποτελείται από φωσφολιπίδια, χοληστερόλη και εστέρες χοληστερόλης. Αν και το προφίλ των ΛΟ του γάλακτος αποτελείται από περισσότερα από 400 ισομερή (Jensen, 2002), την πλειονότητα των ΛΟ των τριγλυκεριδίων του λίπους αποτελούν τα ΛΟ C4:0-C18:0, 16:1 *cis*-9, 18:1 *cis*-9, *trans* 18:1 και 18:2 n-6 (Givens & Shingfield, 2006). Το οξικό οξύ και το β-υδροξυβουτυρικό οξύ, τα οποία προέρχονται από την πέψη της οργανικής ουσίας στη ΜΚ χρησιμοποιούνται από τα επιθηλιακά κύτταρα του μαστικού αδένα για να συνθέσουν ΛΟ μικρής και μεσαίας αλύσου. Όλα τα ΛΟ C4:0 μέχρι και C12:0, τα περισσότερα από τα ΛΟ C14:0 (περίπου 95%) και περίπου το 50% των ΛΟ C16:0 συντίθενται *de novo* στο μαστικό αδένα, ενώ όλα τα ΛΟ C18 και με μεγαλύτερη αλυσίδα προέρχονται εξ' ολοκλήρου από τα λιπίδια που βρίσκονται στην κυκλοφορία του αίματος (Lock & Shingfield, 2004).

Στην κύρια μεταβολική οδό της *de novo* σύνθεσης συμμετέχουν δύο ένζυμα, η καρβοξυλάση του ακέτυλο-συνένζυμου Α (ACC) και η συνθετάση των λιπαρών οξέων (FAS). Η καρβοξυλάση του ακέτυλο-συνένζυμου Α (ACC) καταλύει το σχηματισμό του μαλονύλο-ακέτυλο συνένζυμου Α από το οξικό οξύ και η συνθετάση καταλύει τους κύκλους συμπύκνωσης του μαλονύλο-ακέτυλο συνένζυμου Α είτε με το ακέτυλο-συνένζυμο Α είτε με το βούτυλο-ακέτυλο συνένζυμο Α, τα οποία προέρχονται από το μεταβολισμό του οξικού οξέος ή του β-υδροξυβουτυρικού οξέος αντίστοιχα (Barber κ.ά., 1997). Η συνθετάση των ΛΟ αποτελείται από ένα σύμπλοκο ενζύμων και είναι υπεύθυνη για την επιμήκυνση της ανθρακικής αλυσίδας. Ο μαστικός αδένας της αγελάδας έχει την ικανότητα να απελευθερώνει ΛΟ από το σύμπλοκο της συνθετάσης

σε διάφορα στάδια με αποτέλεσμα την έκκριση ενός μεγάλου αριθμού μικρής και μεσαίας αλύσου ΛΟ. Έχει πλέον αποδειχθεί ότι ο εφοδιασμός του μαστικού αδένου με ΛΟ μακράς αλύσου παρεμποδίζει τη σύνθεση ΚΛΟ μικρής και μεσαίας αλύσου (Chilliard κ.ά., 2000).

Τα επιθηλιακά κύτταρα του μαστικού αδένου περιέχουν το σύμπλοκο της Δ-9 αφυδρογονάσης, το οποίο είναι υπεύθυνο για την κατάλυση της οξείδωσης των εστέρων του ακυλο-συνένζυμου Α, η οποία οδηγεί στην εισαγωγή ενός *cis* διπλού δεσμού μεταξύ του 9<sup>ου</sup> και 10<sup>ου</sup> ατόμου άνθρακα. Το παλμιτο-συνένζυμο Α και το στεατο-συνένζυμο Α αποτελούν τα υποστρώματα δράσης της Δ-9 αφυδρογονάσης με αποτέλεσμα το σχηματισμό του παλμιτοελαϊκού συνένζυμο Α και ελαϊκό-συνένζυμο Α αντίστοιχα (Palmquist κ.ά., 2005). Η δραστηριοποίηση της Δ-9 αφυδρογονάσης στο μαστικό αδένου των μηρυκαστικών λειτουργεί ως μηχανισμός διατήρησης και ρύθμισης της ρευστότητας του γάλακτος με σκοπό την ικανοποιητική έκκριση του από το μαστικό αδένου. Η ενεργοποίηση της Δ-9 αφυδρογονάσης οδηγεί στην μετατροπή του 18:0 σε *cis*-9 18:1 και με αυτό τον τρόπο το 40% των 18:0 ΛΟ που μεταφέρονται στο μαστό μετατρέπονται σε *cis*-9 18:1, ενώ η μετατροπή του 16:0 είναι πολύ μικρότερη, περίπου 8% (Chilliard κ.ά., 2000). Η δράση της Δ-9 αφυδρογονάσης στο μαστικό αδένου της αγελάδας δεν είναι συγκεκριμένη για τα 16:0 και 18:0 ΛΟ, καθώς και για άλλα ΚΛΟ συμπεριλαμβανομένων των 10:0, 12:0, 14:0, 17:0 που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα.

### **1.3.2 Πέψη και μεταβολισμός των λιπαρών οξέων της τροφής**

Οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες της τροφής υπόκεινται σε αποδόμηση και ζύμωση από τη μικροβιακή χλωρίδα της ΜΚ και παράγονται πτητικά λιπαρά οξέα. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι το οξικό, το προπιονικό και το βουτυρικό οξύ. Το οξικό και το βουτυρικό οξύ αποτελούν πρόδρομες ενώσεις των μικρής και μεσαίας αλύσου ΛΟ. Το βουτυρικό οξύ αρχικά μετατρέπεται σε β-υδροξυβουτυρικό οξύ κυρίως στα τοιχώματα της ΜΚ (Nozière κ.ά., 2000). Η αυξημένη παραγωγή προπιονικού οξέος μπορεί να περιορίσει τη ροή των πρόδρομων ενώσεων του λίπους του γάλακτος προς το μαστικό αδένου. Οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι για να αυξηθεί η παραγωγή προπιονικού οξέος είναι αρχικά να αυξηθεί η συμμετοχή των συμπυκνωμένων ζωοτροφών στο σιτηρέσιο, ειδικά αν οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές αποτελούνται από ταχέως αποδομώμενους δημητριακούς καρπούς στη ΜΚ. Δεύτερον, η αυξημένη συμμετοχή

στο σιτηρέσιο λίπους, κυρίως φυτικών ελαίων ή ιχθυελαίου και τρίτον, η χρήση των ιοντοφόρων.

Η ισορροπία μεταξύ του οξικού και του βουτυρικού οξέος καθορίζεται από τη διατροφή. Η μείωση της συμμετοχής των ινωδών ουσιών στο σιτηρέσιο οδηγεί στη μείωση της αναλογίας οξικού:βουτυρικού οξέος (Journet κ.ά., 1995) και η αναλογία του βουτυρικού οξέος παραμένει γενικά κάτω από το 10%. Οι τρόποι για να αυξηθεί το βουτυρικό οξύ είναι περιορισμένοι και σχετίζονται με τη δράση των πρωτόζωων, η οποία συνδέεται με την αυξημένη συμμετοχή πεπτών σακχάρων στο σιτηρέσιο. Σιτηρέσια πλούσια σε κονδύλους αυξάνουν την αναλογία του βουτυρικού οξέος πάνω από το 30% του συνόλου των πτητικών λιπαρών οξέων (Vérité κ.ά., 1973). Οι κόνδυλοι είναι πλούσιοι σε πεπτά σάκχαρα και μπορούν να συμμετέχουν στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών σε σημαντικά ποσά. Τα σιτηρέσια που είναι πλούσια σε βραδέως αποδομούμενο άμυλο (όπως τα σιτηρέσια με υψηλό ποσοστό αραβοσίτου) ή τα σιτηρέσια που βασίζονται σε χόρτο αγροστωδών (που είναι πλούσιο σε διαλυτά σάκχαρα) μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή βουτυρικού οξέος που να αποτελεί το 15% με 20% του συνόλου των πτητικών ΛΟ (Journet κ.ά., 1995).

Οι Ζέρβας κ.ά.(1990) αναφέρουν ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου στα σιτηρέσια προβάτων προκάλεσε σημαντική μείωση της αναλογίας του οξικού και βαλερικού και αύξηση της αναλογίας του προπιονικού οξέος. Η μείωση του οξικού οξέος οφείλεται πιθανώς σε μειωμένη πεπτικότητα των ινωδών ουσιών των σιτηρεσίων, ενώ η αύξηση του προπιονικού μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη περιεκτικότητα και πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών που προέρχονται από τη συμμετοχή του βαμβακόσπορου στα σιτηρέσια.

Οι Γούλας κ.ά. (2001) πρόσθεσαν σε σιτηρέσια προβάτων 3 διαφορετικά είδη λίπους: βαμβακόσπορο, προστατευμένο λίπος και ζωικό λίπος. Η χρησιμοποίηση του βαμβακόσπορου μείωσε σε σχέση με τον μάρτυρα την ολική παραγωγή ΠΛΟ κατά 12,5%, το λόγο οξικό προς προπιονικό οξύ κατά 10,1% και την αναλογία του βουτυρικού οξέος κατά 17,2%, ενώ αύξησε τη μέση αναλογία του προπιονικού οξέος κατά 13%. Η προσθήκη του προστατευμένου λίπους στο σιτηρέσιο αύξησε την συγκέντρωση των ΠΛΟ κατά 17,7%, την αναλογία του προπιονικού οξέος κατά 14,8% σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ μείωσε το λόγο οξικό προς προπιονικό οξύ κατά 12,3% και την αναλογία του βουτυρικού οξέος κατά 12,7%. Η χρησιμοποίηση του ζωικού λίπους μείωσε σημαντικά την αναλογία του οξικού οξέος, του βουτυρικού οξέος και το

λόγο οξικό προς προπιονικό οξύ κατά 2,5%, 26,9% και 27% αντίστοιχα, ενώ αύξησε την αναλογία του προπιονικού οξέος κατά 36,4% σε σχέση πάντα με τον μάρτυρα.

Οι μεταβολές αυτές στα πτητικά λιπαρά οξέα καθορίζονται και από την αλληλεπίδραση των ΙΟ με τις λιπαρές ουσίες. Η επίδραση των λιπαρών ουσιών στην αποδόμηση των υδατανθράκων στην ΜΚ διαφέρει ανάλογα με το επίπεδο των ΙΟ του σιτηρεσίου. Σε χαμηλό επίπεδο ΙΟ, οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, όσον αφορά στα ολικά πτητικά οξέα είναι σχεδόν αμελητέες. Σε υψηλό επίπεδο ΙΟ, η παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων εμφανίζεται σημαντικά μειωμένη στην επέμβαση με βαμβακόσπορο και αυξημένη στις επεμβάσεις με προστατευμένο και ζωικό λίπος. Η σχετική αναλογία του οξικού οξέος, παρ'ότι δεν παρουσιάζει αξιόλογες μεταβολές, έχει μεγαλύτερη τιμή σε όλες τις επεμβάσεις στο υψηλό επίπεδο ΙΟ. Αντίθετα με το οξικό, οι σχετικές τιμές της αναλογίας του προπιονικού και του βουτυρικού οξέος παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Το προπιονικό οξύ στο χαμηλό επίπεδο ΙΟ έχει σημαντικά μεγαλύτερες τιμές σε όλες τις επεμβάσεις με λίπος, ενώ στο υψηλό επίπεδο σημαντικά μεγαλύτερη τιμή έχει μόνο στην επέμβαση με ζωικό λίπος. Το βουτυρικό οξύ τόσο στο χαμηλό, όσο και στο υψηλό επίπεδο ΙΟ έχει, σε σύγκριση με τον μάρτυρα, μικρότερες τιμές σε όλες τις επεμβάσεις με λίπος. Η αύξηση των τιμών του προπιονικού οξέος ιδίως στο χαμηλό επίπεδο ΙΟ διαμορφώνει και χαμηλές τιμές του λόγου οξικό προς προπιονικό οξύ. Στο υψηλό επίπεδο ΙΟ σημαντική μείωση στον λόγο οξικό προς προπιονικό οξύ διαπιστώθηκε μόνο στην επέμβαση με ζωικό λίπος.

Στη ΜΚ συντελείται ένας έντονος μικροβιακός μεταβολισμός του λίπους. Η λιπόλυση των γλυκολιπιδίων, των φωσφολιπιδίων και των τριγλυκεριδίων της τροφής οδηγεί στην παραγωγή ελεύθερων ΛΟ, τα οποία υδρογονώνονται. Τα ΠΑΚΛΟ αρχικά ισομερίζονται και στη συνέχεια υδρογονώνονται. Για παράδειγμα, το λινελαϊκό οξύ (*cis*-9, *cis*-12 C18:2) ισομερίζεται σε συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (CLA) (*cis*-9, *trans*-11 C18:2) και υδρογονώνεται αρχικά σε *trans* βασενικό οξύ (*trans*-11 C18:1) και στη συνέχεια σε στεατικό οξύ (C18:0). Στην πραγματικότητα, οι βιοχημικές οδοί είναι πολυπληθείς και καθορίζονται από το μικροβιακό οικοσύστημα. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μονοακόρεστων λιπαρών οξέων με 18 άτομα άνθρακα στο περιεχόμενο του δωδεκαδακτύλου (Bickerstaffe κ.ά., 1972). Ο κύριος εκπρόσωπος των *trans* μονοακόρεστων ΛΟ αποτελεί το *trans* βασενικό οξύ, αλλά έχει βρεθεί και ένα σύνολο από 12 *trans* ισομερή ανάλογα με το είδος του βακτηριακού πληθυσμού (Keeney, 1970). Αυτά τα *trans* ισομερή μονοακόρεστων λιπαρών οξέων απαρτίζονται από ισομερή του CLA (Fellner κ.ά., 1997) και από ορισμένα ισομερή συζευγμένου C18:3 που

παράγονται από το α- και γ-λινολενικό οξύ που βρίσκεται στην τροφή (Harfoot & Hazlewood, 1997).

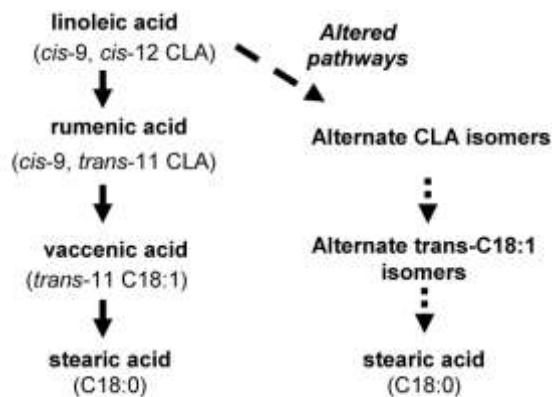


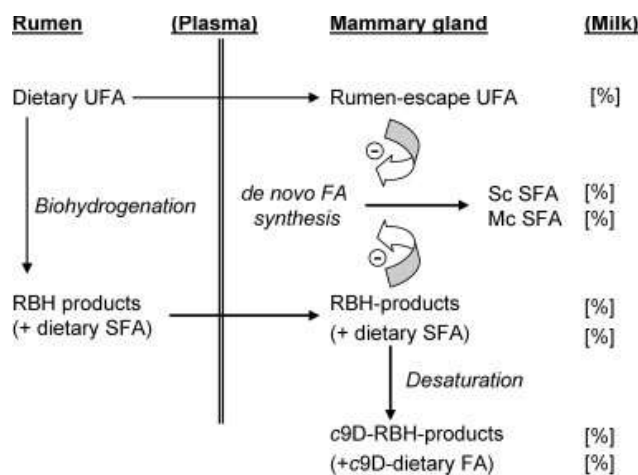
Figure 1. Biohydrogenation pathways during normal and altered ruminal fermentation.

Η βιοϋδρογόνωση στη ΜΚ συντελεί στην εξαφάνιση του λινελαϊκού και του λινολενικού οξέος κατά μήκος του πεπτικού συστήματος και είναι έντονη στις περισσότερες περιπτώσεις· σε ένα ποσοστό 80% και 92% αντίστοιχα για το κάθε οξύ (Doreau & Ferlay, 1994). Ο βαθμός βιοϋδρογόνωσης εξαρτάται από το είδος του σιτηρεσίου. Όταν οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές αποτελούν πάνω από το 70% του σιτηρεσίου, η βιοϋδρογόνωση του λινελαϊκού και λινολενικού οξέος συντελείται σε ένα ποσοστό 50% και 65% αντίστοιχα. Αυτό πιθανά οφείλεται στην πτώση του pH, η οποία στην αρχή περιορίζει τη λιπόλυση και αυτή με τη σειρά της μειώνει τον αριθμό των ελεύθερων ΛΟ που υφίστανται υδρογόνωση (Van Nevel & Demeyer, 1996). Οι μεγάλες ποσότητες λινελαϊκού οξέος που περιέχονται στο σιτηρέσιο και ο μειωμένος ρυθμός υδρογόνωσης αποτελούν τους δύο κύριους παράγοντες που οδηγούν στην αύξηση της παραγωγής των ενδιάμεσων ισομερών CLA και *trans* μονοακόρεστων ΛΟ (Noble κ.ά., 1974).

Η βιοϋδρογόνωση συντελείται και στα λιπαρά οξέα με 20 και 22 άτομα άνθρακα. Η βιοϋδρογόνωση των C20:5 (EPA) και C22:6 (DHA) είναι έντονη, αλλά συνήθως αυτά τα ΛΟ δεν μετατρέπονται πλήρως σε κορεσμένα. Όμως, παράγονται πολυάριθμα ενδιάμεσα προϊόντα (Doreau & Chilliard, 1997). Οι μεγάλες ποσότητες των EPA και DHA στο σιτηρέσιο μπορεί να μειώσουν το βαθμό υδρογόνωσής τους όπως έχει αποδειχθεί σε πειράματα *in vitro* και *in vivo* μικρού χρονικού διαστήματος (Gulati κ.ά., 1999). Λόγω ενός άγνωστου μηχανισμού, η τροφοδοσία με EPA και/ή DHA αυξάνει την παραγωγή στη ΜΚ των *trans* μονοακόρεστων ΛΟ και πιθανά του

CLA, τα οποία προέρχονται από την υδρογονόωση των C18 ΠΑΚΛΟ (Chilliard κ. ά., 2000).

Οι σανοί, οι δημητριακοί καρποί και τα σπέρματα περιέχουν κυρίως ΠΑΚΛΟ με 18 άτομα άνθρακα (18:2n-6 και 18:3n-3), ενώ ορισμένα έλαια σπερμάτων είναι πλούσια σε μονοακόρεστα ΛΟ (κυρίως C9-18:1) και το ιχθυέλαιο και τα φύκη είναι πλούσια σε ΠΑΚΛΟ μακράς αλύσου (κυρίως 20:5n-3 (EPA) και 22:6n-3 (DHA)). Αυτά τα λιπαρά οξέα μεταβολίζονται και βιοϋδρογονώνονται στη ΜΚ, οδηγώντας στη δημιουργία όχι μόνο 18:0 ΛΟ, αλλά και ενός ευρέως φάσματος ισομερών όπως πολυακόρεστα και μονοακόρεστα ΛΟ, κυρίως *trans* και συζευγμένων ΛΟ (Harfoot & Hazlewood, 1997, Palmquist κ.ά., 2005). Αυτά τα ενδιάμεσα προϊόντα της βιοϋδρογόνωσης στη ΜΚ ποικίλλουν ανάλογα με τη σύνθεση του σιτηρεσίου, απορροφώνται στο εντερικό επιθήλιο και εκκρίνονται απευθείας στο γάλα, ενώ ορισμένα από αυτά μετατρέπονται από τους σωματικούς ιστούς, ειδικά από το μαστικό αδένα όπου η Δ-9 αφυδρογονάση προσθέτει ένα *cis*-9 διπλό δεσμό σε διαφορετικά λιπαρά οξέα και με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο βαθμός κορεσμού και το σημείο τήξεως του λίπους του γάλακτος (Chilliard κ.ά., 2000). Επίσης, τα ενδιάμεσα προϊόντα της βιοϋδρογόνωσης δρουν ως ρυθμιστές ή παρεμποδιστές της λιπογένεσης στο μαστικό αδένα, το οποίο οδηγεί σε τροποποιήσεις στην εκκρινόμενη ποσότητα λίπους στο γάλα και στη σύνθεση των ΛΟ. Τέλος, τα ΠΑΚΛΟ που αποφεύγουν τη βιοϋδρογόνωση στη ΜΚ και τα 18:0 που παράγονται στη ΜΚ αποτελούν τις εναπομείναντες πρόδρομες ενώσεις και τα τελικά προϊόντα της βιοϋδρογόνωσης αντίστοιχα. Έτσι, η βιοϋδρογόνωση καθορίζει την ποσότητα και την ποιότητα των ΛΟ και παίζει σημαντικό ρόλο στην αλληλεπίδραση μεταξύ του σιτηρεσίου των μηρυκαστικών ζώων και τη σύνθεση και έκκριση των ΛΟ στο μαστικό αδένα (Chilliard κ.ά., 2007).



Σχηματική απεικόνιση των σχέσεων μεταξύ της βιοϋδρογόνωσης και της σύνθεσης των λιπαρών οξέων του γάλακτος.

UFA, SFA = ακόρεστα, κορεσμένα λιπαρά οξέα

Sc, Mc = μικρής-, μεσαίας- αλύσου

c9D = cis9-desaturated;

[%] = αλλαγές στη συγκέντρωση των λιπαρών οξέων στο γάλα (g/100 g συνόλου λιπαρών οξέων), ως αποτέλεσμα των αλλαγών της ροής των διαφορετικών λιπαρών οξέων.

Η επίδραση της διατροφής στο μεταβολισμό του λίπους στη ΜΚ συνοψίζεται στα παρακάτω:

- Η βιοϋδρογόνωση στη ΜΚ των ΠΑΚΛΟ του σιτηρεσίου είναι πιο έντονη, όταν το σιτηρέσιο είναι πτωχό σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές και βασίζεται σε ενσιρώματα
- Ο μη πλήρης μεταβολισμός των ΠΑΚΛΟ του σιτηρεσίου σε C18:0 που οδηγεί στη συσσώρευση *trans* 18:1 ενδιάμεσων προϊόντων λαμβάνει χώρα, όταν το σιτηρέσιο είναι πλούσιο σε ταχέως αποδομούμενους υδατάνθρακες, είναι πτωχό σε ινώδεις ουσίες και/ή περιέχει φυτικά έλαια ή ελαιούχα σπέρματα
- Το ιχθυέλαιο ή τα λίπη υδρόβιων οργανισμών, που είναι πλούσια σε 20:5 n-3 22:6 n-3 ΛΟ είναι περισσότερο πιθανοί παρεμποδιστές της μείωσης της μετατροπής των *trans* 18:1 σε 18:0 στη ΜΚ από ό,τι τα φυτικά έλαια και τα ελαιούχα σπέρματα
- Μεμονωμένες αλλαγές στη σύνθεση του βασικού σιτηρεσίου έχουν μικρή επίδραση στο μεταβολισμό του λίπους στη ΜΚ
- Ταυτόχρονες μεταβολές στη σύσταση των υδατανθράκων και το περιεχόμενο του λίπους του σιτηρεσίου έχουν επίδραση στην τροφοδοσία των ενδιάμεσων προϊόντων της βιοϋδρογόνωσης διαθέσιμων για απορρόφηση (Shingfield, 2008).

### 1.3.3 Μεταβολισμός του λιπώδους ιστού

Ο μαστικός αδένας χρησιμοποιεί τα μη εστεροποιημένα ΛΟ του πλάσματος, τα οποία απελευθερώνονται από το λιπώδη ιστό ως πηγή μακράς αλύσου λιπαρών οξέων για τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. Τα ΛΟ που αποθηκεύονται στο λιπώδη ιστό είναι κυρίως τα C16:0, C18:0 και *cis*-9 C18:1, και σε μικρότερο ποσοστό C14:0, *cis*-9 C16:1, C17:0, *trans*-11 C18:1 και ακόμα μικρότερα ΛΟ με μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με τη θέση του λιπώδους ιστού (Chilliard κ.ά., 1987). Η σύνθεση των ΛΟ του λιπώδους ιστού εξαρτάται και από τη διατροφή.



Η διαθεσιμότητα των μη εστεροποιημένων ΛΟ του πλάσματος στο μαστικό αδένια σχετίζεται σημαντικά με την κινητοποίηση του λιπώδους ιστού, η οποία λαμβάνει χώρα κατά την έναρξη της γαλακτοπαραγωγής και/ή όταν το ισοζύγιο ενέργειας είναι αρνητικό (Chilliard, 1999). Η ποσότητα και το είδος του λίπους του σιτηρεσίου ρυθμίζουν την κινητοποίηση του λιπώδους ιστού (Chilliard, 1993). Η σύνθεση των ΛΟ των μη εστεροποιημένων ΛΟ του πλάσματος, αν και δεν έχει κατανοηθεί πλήρως στις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, εξαρτάται από το διατροφικό ιστορικό της αγελάδας (προηγούμενη εναπόθεση ΛΟ), καθώς και από τη σειρά με την οποία τα διάφορα μέρη του λιπώδους ιστού, αλλά και τα διάφορα ΛΟ από τα διαφορετικά μέρη του λιπώδους ιστού κινητοποιούνται (Chilliard κ.ά., 2000).

#### **1.3.4 Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σύνθεσης του λίπους του γάλακτος των αιγών και των προβάτων**

Το λίπος των αιγών και των προβάτων είναι πλούσιο σε τριγλυκερίδια μεσαίας αλύσου, τα οποία αποτελούνται από ΛΟ με 6-10 άτομα άνθρακα. Για αυτό το λόγο και τα ΛΟ C6:0, C8:0 και C10:0 έχουν πάρει το όνομα τους από το γάλα στο οποίο βρίσκονται στο μεγαλύτερο ποσοστό. Αυτά τα τρία ΛΟ αποτελούν το 15-18% του αίγιου γάλακτος, ενώ μόνο το 5-9% του αγελαδινού γάλακτος (Boza & Sanz Sampelayo, 1997, Chilliard κ.ά., 2006). Μετά την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων μεσαίας αλύσου μπορούν να απορροφηθούν από τα εντερικά κύτταρα χωρίς να εστεροποιηθούν ξανά εισερχόμενα στην πυλαία φλέβα και μεταφερόμενα στο ήπαρ και άλλους περιφερειακούς ιστούς είτε ως ελεύθερα ΛΟ είτε μετασχηματιζόμενα σε πρωτεΐνες. Το χαμηλό μοριακό βάρος και η υδρολυτική τους ικανότητα διευκολύνει την δράση των πεπτικών ενζύμων επιταχύνοντας την υδρόλυση και κάνοντάς την πιο πλήρη σε σχέση με αυτή των τριγλυκεριδίων μακράς αλύσου. Η πέψη των τριγλυκεριδίων μεσαίας αλύσου, σε αντίθεση με αυτή των μακράς αλύσου αρχίζει στο στομάχι διότι η γαστρική λιπάση, η οποία δεν έχει καμία επίδραση στα τριγλυκερίδια μακράς αλύσου, αρχίζει την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων μεσαίας αλύσου, η οποία ολοκληρώνεται στη συνέχεια από την παγκρεατική λιπάση με ρυθμό πέντε φορές ταχύτερο από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων μακράς αλύσου (Haenlein, 1992, 1996, García Unciti, 1996, Boza & Sanz Sampelayo, 1997).

Επίσης, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το γάλα των αιγών αποτελείται από ελεύθερα ΛΟ με διακλαδισμένες αλυσίδες με λιγότερα από 11 άτομα άνθρακα. Οι Ha & Lindsay (1993) ταυτοποίησαν πρώτοι αυτά τα ΛΟ στο αίγιο γάλα και ανακάλυψαν

ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικά στο αγελαδινό γάλα. Οι Alonso κ.ά. (1999) και Chilliard & Lamberet (2001) αναφέρουν ότι σε αυτά τα ΛΟ οφείλονται τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών προϊόντων που παράγονται από αιγοπρόβειο γάλα.

Αυτές και άλλες διαφορές μεταξύ της σύνθεσης των ΛΟ του γάλακτος των μικρών μηρυκαστικών και κυρίως των αιγών και αυτών του γάλακτος των αγελάδων οδήγησαν τους Chilliard κ.ά. (2003a) στο συμπέρασμα ότι η ρύθμιση της λειτουργίας των μαστικών κυττάρων των αιγών και των αγελάδων καθορίζεται από διαφορετικούς παράγοντες, κυρίως όσον αφορά τη διαδικασία επιμήκυνσης των ΛΟ που συντίθενται *de novo*.

Όσον αφορά την ποσότητα των *trans* ΛΟ, τα οποία λόγω της επίδρασής τους στον μεταβολισμό μπορεί να είναι τόσο επιζήμια όσο τα ΚΛΟ με 12-16 άτομα άνθρακα, οι Chilliard κ.ά. (2003a) στην ανασκόπησή τους για τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος των αιγών αναφέρουν ότι το 5-15% της συνολικής ποσότητας των C18:1 έχει την *trans* διαμόρφωση τόσο στο αίγιο γάλα (Bickerstaffe κ.ά., 1972, Calderón κ.ά., 1984, Alonso κ.ά., 1999) όσο και στο αγελαδινό γάλα (Storry & Rook, 1965, Selner & Schultz, 1980). Αυτό επιβεβαιώθηκε πρόσφατα με τη χρήση κατάλληλων αναλυτικών μεθόδων στα πρόβατα (Antongiovanni κ.ά., 2004, Addis κ.ά., 2005), στις αίγες (LeDoux κ.ά., 2002, Chilliard & Ferlay, 2004) και στις αγελάδες (Loor κ.ά., 2005). Το κυρίαρχο *trans* ΛΟ των C18:1 και στα τρία είδη γάλακτος βρέθηκε να είναι το βασενικό οξύ. Οι Alonso κ.ά. (1999) αναφέρουν ότι η συνολική ποσότητα των *trans* C18:1 στο αίγιο γάλα αποτελεί το 2,1% της συνολικής ποσότητας του λίπους και σχολιάζουν ότι αυτή η ποσότητα είναι πολύ μικρότερη από το 3,8% που βρέθηκε στο αγελαδινό γάλα από τους Precht & Molkentin (1996) και τον Wolf (1995). Πρόσφατα οι LeDoux κ.ά. (2002) ανέφεραν ότι η ποσότητα των *trans* C18:1 ΛΟ στο αγελαδινό γάλα είναι περίπου η ίδια με αυτή του αίγιου γάλακτος. Ανεξάρτητα από αυτές τις παρατηρήσεις, η ποσότητα των *trans* ΛΟ στο αίγιο και πρόβειο γάλα, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη βιοϋδρογόνωση των ΠΑΚΛΟ που περιέχονται στα κλάσματα των ινωδών ουσιών και των συμπυκνωμένων ζωοτροφών, καθορίζεται από το σύστημα διατροφής και το είδος του σιτηρεσίου. Υπάρχουν λίγα δεδομένα για τις συνθήκες που μπορούν να συγκριθούν για το αν το γάλα των μικρών μηρυκαστικών περιέχει διαφορετική ποσότητα *trans* ΛΟ σε σχέση με το αγελαδινό γάλα. Σε μία πρόσφατη μελέτη (Chilliard κ.ά., 2006), παρατηρήθηκε ότι όταν χρησιμοποιήθηκε σιτηρέσιο το οποίο αποτελούνταν από 58-65% χόρτο, το

ποσοστό των ολικών *trans* C18:1 ΛΟ στο λίπος του γάλακτος ήταν μόνο 1,1% στο αίγιο γάλα σε σχέση με το 2,7% στο αγελαδινό γάλα. Όμως, αυτά τα ΛΟ μπορούν να αυξηθούν όταν χορηγηθεί συμπληρωματικά στα σιτηρέσια αιγών λίπος πλούσιο σε ΠΑΚΛΟ (Sanz Sampelayo κ.ά., 2007).

Πρόσφατα, το ενδιαφέρον έχει στραφεί προς την περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος των μηρυκαστικών σε συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (CLA). Πρόκειται για μια σειρά ισομερών γεωμετρικών και θέσεως του λινελαϊκού οξέος (*cis-9, cis-12* C18:2, *n-6*). Το *cis-9, trans-11* CLA ΛΟ αποτελεί το κυριότερο ισομερές που επικρατεί στα προϊόντα που προέρχονται από τα μηρυκαστικά (AbuGhazaleh κ.ά., 2003). Το λινελαϊκό οξύ είναι το κυριότερο ΛΟ που αποτελεί πρόδρομη ένωση της σύνθεσης του *cis-9, trans-11* CLA ως αποτέλεσμα της βιοϋδρογόνωσης που λαμβάνει χώρα στην ΜΚ λόγω της δράσης *Butyrivibrio fibriosolvens*, ένα φαινόμενο που αρχικά περιγράφηκε από τους Kepler & Tove (1967). Σύμφωνα με τους Dhiman κ.ά. (1999) αυτή η βιοϋδρογόνωση εξαρτάται από την ποσότητα και τη φύση του λίπους της τροφής, από την αναλογία χονδροειδείς/συμπυκνωμένες ζωοτροφές και την ποσότητα του αζώτου της τροφής. Οι AbuGhazaleh κ.ά. (2003) αναφέρουν ότι παρόλο που μέρος αυτού του CLA μπορεί να διαφύγει της ΜΚ και να φτάσει στο έντερο όπως είναι, το μεγαλύτερο μέρος του CLA που παράγεται υπόκειται σε μία υποκατάστατη βιοϋδρογόνωση και μετατρέπεται σε *trans-11* C18:1 ΛΟ, το οποίο ονομάζεται βασενικό. Αυτό επίσης μπορεί να διαφύγει της ΜΚ και να φτάσει στο έντερο ή να βιοϋδρογονωθεί σε στεατικό οξύ. Οι Baumann & Griinari (2001) και Chilliard κ.ά. (2003a) αναφέρουν ότι το CLA, εκτός από πρόδρομη ένωση του βασενικού οξέος στην ΜΚ μπορεί να γίνει ένα προϊόν της δράσης της Δ-9 αφυδρογονάσης επί του βασενικού οξέος τόσο στο μαστικό αδένια όσο και σε άλλους ιστούς. Σύμφωνα με αυτούς τους ερευνητές, το κύριο ισομερές του CLA στο γάλα των μηρυκαστικών, το *cis-9,trans-11* CLA, το οποίο είναι γνωστό ως ρουμεινικό οξύ παράγεται κυρίως κατά την προαναφερθείσα οδό.

Η ποσότητα των *trans* ΛΟ στο γάλα των μικρών μηρυκαστικών καθορίζεται από τη σύσταση του σιτηρεσίου που καταναλώνουν (Baumann & Griinari, 2001, Chilliard κ.ά., 2000, Collomb κ.ά., 2002). Πρόσφατα, πολλοί μελετητές αναφέρουν ότι η ποσότητα του CLA στο λίπος του γάλακτος των προβάτων (Nudda κ.ά., 2005) και των αιγών (DiTrana κ.ά., 2003) σε σχέση με την ποσότητα του CLA στο γάλα των αγελάδων μπορεί να είναι μεγαλύτερη λόγω του ημιεντατικού συστήματος εκτροφής τους. Οι Nudda κ.ά. (2003) και Tsiplakou κ.ά. (2006) παρατήρησαν ότι όταν σε αίγες και πρόβατα χορηγούνταν το ίδιο σιτηρέσιο και έβρισκαν, η συγκέντρωση του CLA στο

γάλα των προβάτων ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή των αιγών. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι αυτή η διαφορά οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο βόσκησης των δύο ειδών. Όμως, οι Tsiplakou & Zervas (2008a) αναφέρουν ότι όταν οι αίγες και τα πρόβατα ήταν σταβλισμένα και δεν έβοσκαν και χορηγούνταν το ίδιο σιτηρέσιο σε αυτά, η συγκέντρωση του CLA και του βασενικού οξέος ήταν υψηλότερη στο γάλα των προβάτων σε σχέση με αυτή στο γάλα των αιγών.

Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχουν δείξει ότι το γάλα των προβάτων και των αιγών που βόσκουν είναι πιο πλούσιο σε λιποδιαλυτές βιταμίνες, τερπένια, ακόρεστα λιπαρά οξέα και CLA καθώς και σε λιπαρά οξέα μεσαίας αλύσου σε σύγκριση με το γάλα των προβάτων και των αιγών που διατρέφονται με συμπυκνωμένες και χονδροειδείς ζωοτροφές (Kondyli & Katsiari, 2002, Chilliard κ.ά., 2006, Tsiplakou κ.ά., 2006).

Επίσης, η χορήγηση φύλλων ελιάς με υψηλή συγκέντρωση C18:3 σε γαλακτοπαραγωγά πρόβατα και αίγες αύξησε τη συγκέντρωση των ΠΑΚΛΟ, μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, CLA και C18:0 στο γάλα των προβάτων και τη συγκέντρωση μόνο των ΠΑΚΛΟ και C18:0 στο γάλα των αιγών, ενώ η προσθήκη στέμφυλων οينوποιίας με υψηλή συγκέντρωση C18:2 αύξησε τη συγκέντρωση των ΠΑΚΛΟ, CLA και C18:0 μόνο στο γάλα των προβάτων και όχι των αιγών (Tsiplakou & Zervas, 2008b).

Τέλος, οι Tsiplakou κ.ά. (2010) αναφέρουν ότι το γάλα βιολογικά εκτρεφόμενων προβάτων είχε λιγότερο λίπος με μεγαλύτερη συγκέντρωση μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, ΠΑΚΛΟ, a-C18:3, CLA και ω3 ΠΑΚΛΟ, ενώ το γάλα βιολογικά εκτρεφόμενων αιγών είχε λιγότερο λίπος με μεγαλύτερη συγκέντρωση a-C18:3 και ω3 ΠΑΚΛΟ σε σχέση με το γάλα συμβατικά εκτρεφόμενων προβάτων και αιγών.

Όσον αφορά την παραγωγή του CLA, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής ορισμένα ισομερή του CLA όπως το *trans-10*, *cis-12* C18:2 μπορεί να αποτελέσουν παρεμποδιστές της λιποσύνθεσης του γάλακτος όταν εγχέονται στο δωδεκαδάκτυλο (Chouinard κ.ά., 1999). Όμως, αυτή η επίδραση δεν παρατηρήθηκε στις αίγες (Schmidely & Morand-Fehr, 2004, Andrade & Schmidely, 2006), αν και παρατηρήθηκε έως ένα βαθμό στα πρόβατα (Sinclair κ.ά., 2005). Αυτό υποδηλώνει ότι ο μαστικός αδένας των αιγών είναι λιγότερο ευαίσθητος σε αυτούς τους παρεμποδιστές της λιπογένεσης σε σχέση με τον μαστικό αδένά των αγελάδων.

## 1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΧΟΝΔΡΟΕΙΔΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ – ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΩΝ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ – ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΛΙΠΟΥΣ ΣΤΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ Η ΕΜΜΟΝΗ ΤΟΥΣ

Οι αλλαγές που προκύπτουν κατά την προσθήκη λίπους στα σιτηρέσια των μηρυκαστικών στη σύσταση των ΛΟ του γάλακτος σχετίζονται με την πηγή προέλευσης του λίπους (ζωικό λίπος, φυτικά έλαια ή έλαια θαλάσσιων οργανισμών), την μορφή χορήγησής του, την τεχνολογική επεξεργασία που έχει υποστεί καθώς και την ποσότητα η οποία προστίθεται στο σιτηρέσιο. Όμως, τα αποτελέσματα εξαρτώνται και από την πηγή προέλευσης των χονδροειδών ζωοτροφών, αλλά και από την αναλογία χονδροειδών/συμπυκνωμένες ζωοτροφές (Chilliard & Ferlay, 2004, Dewhurst κ.ά., 2006).

### 1.4.1 Αγελαδινό γάλα

Η συγκέντρωση διαφόρων ΛΟ στο γάλα επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση της προσθήκης λινελαίου και του λόγου χονδροειδείς ζωοτροφές/συμπυκνωμένες ζωοτροφές του σιτηρέσιου· η επίδραση του λινελαίου ήταν πιο έντονη στο *trans*-10 C18:1, *trans*-11, *cis*-15 C18:2 και C18:3n-3, όταν προστέθηκε σε σιτηρέσιο με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών και ήταν ακόμα πιο έντονη στο C18:0 και *cis*-9 C18:1 (αύξηση) και στο C16:0 (μείωση), όταν προστέθηκε σε σιτηρέσιο με υψηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών (Loor κ.ά., 2005). Η μεταβολή του ποσοστού των συμπυκνωμένων ζωοτροφών και η προσθήκη σογιέλαιου ταυτόχρονα αύξησαν τις συγκεντρώσεις στο γάλα των *trans*-10 C18:1, *trans*-7, *cis*-9 CLA και *trans*-10, *cis*-12 CLA κυρίως εις βάρος των C4:0-C16:0, *trans*-11 C18:1, *trans*-13+14 C18:1 και *cis*-9, *trans*-11 CLA (Piperova κ.ά., 2000). Συγκρίνοντας έμμεσα την προσθήκη ηλιέλαιου και σογιέλαιου, φαίνεται ότι το ηλιέλαιο είναι πιο αποτελεσματικό στην αύξηση του *trans*-10 C18:1 από το σογιέλαιο, όταν προστέθηκε σε παρόμοια σιτηρέσια με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών (Roy κ.ά., 2006, Piperova κ.ά., 2000), ενώ η άμεση σύγκριση έδειξε ότι το λινέλαιο είναι λιγότερο αποτελεσματικό από το ηλιέλαιο (Loor κ.ά., 2005, Chilliard κ.ά., 2007).

Σε μία μελέτη (Chilliard κ.ά., 2007) που αφορούσε την προσθήκη λινελαίου και ηλιέλαιου, οι συγκεντρώσεις των C18:0 και *cis*-9 C18:1 στο γάλα αυξήθηκαν ακόμη περισσότερο, όταν τα φυτικά έλαια προστέθηκαν σε σιτηρέσιο με ενσίρωμα χλόης σε σχέση με το όταν προστέθηκαν σε σιτηρέσιο με ενσίρωμα αραβοσίτου (+3,4 έναντι 1,9

και 4,7 έναντι 2,8 g/100 g λιπαρών οξέων αντίστοιχα). Το αντίθετο παρατηρήθηκε για το *cis-9, trans-11 CLA* (+0,7 έναντι +1,3 g/100 g λιπαρών οξέων αντίστοιχα), το *trans-10+11 C18:1* και τα ΠΑΚΛΟ (+0,3 έναντι +0,45 g/100 g λιπαρών οξέων αντίστοιχα) για το C18:2n-6, όταν προστέθηκε ηλιέλαιο (Chilliard κ.ά., 2007). Έτσι, η βιοϋδρογόνωση φαίνεται να είναι λιγότερο τέλεια στην περίπτωση του ενσίρωματος αραβοσίτου, πιθανόν λόγω του χαμηλότερου pH στην ΜΚ ή των αλλαγών στην μικροβιακή χλωρίδα που παρατηρούνται με τη χρήση αυτού του σιτηρεσίου. Επίσης, παρατηρήθηκε μια μεγαλύτερη μείωση στην ποσότητα του λίπους του γάλακτος, όταν προστέθηκαν έλαια σε σιτηρέσιο που είχε ως βάση του το ενσίρωμα αραβοσίτου σε σχέση με την προσθήκη τους σε σιτηρέσιο που είχε ως βάση του το ενσίρωμα χλόης (Chilliard κ.ά., 2007). Αυτό συμφωνεί με παλιότερες μελέτες όπου πραγματοποιήθηκε προσθήκη σπερμάτων σόγιας ή ελαιοκράμβης σε σιτηρέσια με ενσίρωμα αραβοσίτου και παρατηρήθηκε μείωση στο γάλα της ποσότητας των C4:0 - C16:0 λιπαρών οξέων χωρίς να παρατηρηθεί αλλαγή στο συνολικό C18:1 (Doreau & Chilliard, 1999). Το ίδιο παρατηρήθηκε και κατά την προσθήκη ζωικού λίπους σε σιτηρέσια με ενσίρωμα αραβοσίτου όπου μειώθηκε η πέψη του NDF κλάσματος των ινωδών ουσιών (Doreau κ.ά., 1991) και η ποσότητα του λίπους του γάλακτος (Onetti & Grummer, 2004) και αυξήθηκε η συγκέντρωση του *trans-10 C18:1* στο γάλα (Onetti κ.ά., 2001).

Η επίδραση του είδους των χονδροειδών ζωοτροφών σε συνδυασμό με την προσθήκη ιχθυελαίου και ηλιελαίου έχει μελετηθεί αρκετά. Η αντικατάσταση του ενσίρωματος χλόης με ενσίρωμα αραβοσίτου αύξησε τα C12:0, C14:0, *trans-10 C18:1*, *trans-9, cis-11 CLA*, EPA και DHA και μείωσε τα C18:0, *cis-9 C18:1*, *trans-15 C18:1*, *trans-16 C18:1*, *trans-C18:2* και C18:3n-3, ενώ η αύξηση του ποσοστού των συμπυκνωμένων ζωοτροφών αύξησε στο γάλα το *trans-10 C18:1*, *trans-9, cis-11 CLA* και *trans-10, cis-12 CLA*, C18:2n:6, EPA, DHA και μείωσε το *cis-9, trans-11 CLA*, το CLA με ένα *trans-11* διπλό δεσμό και C18:3n-3 με μικρές αλληλεπιδράσεις με το είδος της χονδροειδούς ζωοτροφής (Shingfield κ.ά., 2005). Σε αγελάδες, οι οποίες διατρέφονταν με πλακούντες ελαιοκράμβης πλούσιους σε έλαια, η αντικατάσταση του ενσίρωματος χλόης με ενσίρωμα αραβοσίτου μείωσε την ποσότητα του λίπους του γάλακτος, αύξησε την περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος σε *cis-9 C18:1*, *trans-10 C18:1* (+4,0 g/100 g λιπαρών οξέων), *cis-9, trans-11 CLA* και *trans-10, cis-12 CLA*, C18:2n-6 και μείωσε τα C4:0-C16:0, C18:0, C18:3n-3. Η επίδραση ήταν πιο έντονη για τα *trans-10 C18:1* και *trans-10, cis-12 CLA*, όταν η ποσοστιαία αναλογία των

συμπυκνωμένων ζωοτροφών και/ή του αμύλου ήταν υψηλή (Nielsen, 2006). Η βιοϋδρογόνωση φαίνεται να είναι και εδώ λιγότερο τέλεια με το ενσίρωμα αραβοσίτου.

Σε όλες τις παραπάνω μελέτες, φαίνεται ότι υπάρχει ένα κοινό χαρακτηριστικό, το οποίο είναι η αύξηση στο γάλα του *trans*-10 C18:1 όταν προστίθενται έλαια πλούσια σε ΠΑΚΛΟ είτε σε σιτηρέσια πλούσια σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές είτε σε σιτηρέσια με ενσίρωμα αραβοσίτου. Οι Bauman & Griinari (2003) αναφέρουν ότι τα σιτηρέσια που είναι πτωχά σε ιώδεις ουσίες, πλούσια σε άμυλο στα οποία προστίθενται φυτικά έλαια πλούσια σε ΠΑΚΛΟ μειώνουν έντονα την έκκριση των λιπιδίων στο μαστικό αδένια και αυξάνουν έντονα τις αναλογίες του *trans*-10 C18:1 και έως ένα βαθμό και του *trans*-10, *cis*-12 CLA. Για αυτό το λόγο, είναι δυνατό το *trans*-10, *cis*-12 CLA να προέρχεται από τροποποιήσεις στη βιοϋδρογόνωση που προκαλούνται από τα χαμηλής περιεκτικότητας σε ιώδεις ουσίες σιτηρέσια και να αποτελεί μία από τις πρόδρομες ενώσεις της ποσότητας του *trans*-10 C18:1 στην ΜΚ. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπό τέτοιες συνθήκες, η σύνθεση του *trans*-11 C18:1 και του *cis*-9, *trans*-11 CLA στο γάλα αυξήθηκε μόνο ελαφρώς (μετατροπή του *trans*-11 σε *trans*-10) σε σύγκριση με αυτό που συνέβη όταν σε σιτηρέσια με υψηλό ποσοστό ιωδών ουσιών προστέθηκε έλαιο (όπου το *trans*-11 C18:1 αποτελεί το κύριο ενδιάμεσο προϊόν της βιοϋδρογόνωσης των ΠΑΚΛΟ) (Griinari κ.ά., 1998).

Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε πρόσφατα ότι η επίδραση της προσθήκης φυτικού ελαίου ή ελαίου θαλάσσιων οργανισμών στα ΛΟ του γάλακτος εξαρτάται από το χρόνο, ο οποίος επηρεάζει τη βιοϋδρογόνωση και/ή τις μεταβολικές προσαρμογές. Οι Bauman κ.ά. (2000) και οι Dhiman κ.ά. (2000) αναφέρουν σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με σιτηρέσια που περιείχαν ενσίρωμα αραβοσίτου ότι η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA μπορεί να είναι παροδική, φτάνοντας στην κορυφή δύο εβδομάδες μετά τη χορήγηση ελαίου. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη ελαίου ήταν υψηλότερη, όταν το σιτηρέσιο περιείχε 60% χόρτο σε σχέση με το όταν περιείχε 70% ενσίρωμα αραβοσίτου και η μείωσή του μετά από τρεις εβδομάδες προσθήκης ελαίου συνοδεύτηκε από μία αύξηση στην ποσοστιαία αναλογία στο λίπος του γάλακτος του *trans*-10 C18:1, η οποία ήταν πιο σημαντική στην περίπτωση του ενσιρώματος αραβοσίτου, ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης του φυτικού ελαίου ή του ελαίου θαλάσσιων οργανισμών (Ferlay κ.ά., 2003). Η πιο έντονη εφήμερη ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA παρατηρήθηκε μετά από 2-3 εβδομάδες προσθήκης ελαίου σε μελέτες που χρησιμοποιήθηκε σιτηρέσιο με 25% ενσίρωμα αραβοσίτου και 50% συμπυκνωμένες ζωοτροφές (Whitlock κ.ά., 2002, AbuGhazaleh

κ.ά., 2004), αλλά αυτό πραγματοποιήθηκε μόλις σε 5-6 ημέρες, όταν το σιτηρέσιο ήταν πιο πλούσιο σε ενσίρωμα αραβοσίτου και/ή συμπυκνωμένες ζωοτροφές (Roy κ.ά., 2006, Shingfield κ.ά., 2006). Όταν προστέθηκε έλαιο σε σιτηρέσια πλούσια σε ενσίρωμα αραβοσίτου και/ή συμπυκνωμένες ζωοτροφές, παρατηρήθηκε μια μεγάλη μείωση στην ποσότητα του λίπους του γάλακτος και μία αύξηση στην ποσοστιαία αναλογία του *trans*-10 C18:1 στο γάλα (έως 4,5-18,6 g/100 g λιπαρών οξέων) παράλληλα με μια μείωση στο *cis*-9, *trans*-11 CLA (Roy κ.ά., 2006, Shingfield κ.ά., 2006, Ferlay κ.ά., 2003), αλλά και αυξήσεις σε συγκεκριμένα ΛΟ του γάλακτος όπως *trans*-6+7+8 C18:1, *trans*-10, *cis*-12 CLA και *trans*-9, *cis*-11 CLA (Roy κ.ά., 2006, Shingfield κ.ά., 2006).

Σε αντίθεση, όταν τα σιτηρέσια είχαν ως βάση τους το ενσίρωμα χλόης (Ryhanen κ.ά., 2005), το χόρτο (Roy κ.ά., 2006) ή ενσίρωμα ψυχανθών και χόρτο (Bell κ.ά., 2006), η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη ελαίου ήταν σταθερή σε ένα μέσο επίπεδο για 14 εβδομάδες (Ryhanen κ.ά., 2005), σε ένα υψηλό επίπεδο για τουλάχιστον 3 εβδομάδες (Roy κ.ά., 2006) ή σε ένα πολύ υψηλό επίπεδο για τουλάχιστον 8 εβδομάδες (Bell κ.ά., 2006). Ταυτόχρονα, το *trans*-10 C18:1 παρέμεινε κάτω από τα 0,7 (Roy κ.ά., 2006) ή 1,4 g/100 g λιπαρών οξέων (Bell κ.ά., 2006).

Η προσθήκη βιταμίνης E μαζί με εξωθημένα σπέρματα λίνου και λινελαίου σε σιτηρέσια αγελάδων που είχαν ως βάση τους το ενσίρωμα αραβοσίτου απέτρεψε τη μετατροπή του *trans*-11 σε *trans*-10. Όμως, αυτό παρατηρήθηκε μόνο όταν η βιταμίνη χορηγήθηκε στην αρχή της προσθήκης του λινόσπορου και όχι όταν προστέθηκε μια φορά όπου έλαβε χώρα η μετατροπή του *trans*-11 σε *trans*-10 (Pottier κ.ά., 2006). Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση του *trans*-10 C18:1 στο γάλα, όταν προστέθηκε βιταμίνη E μαζί με έλαιο ατρακτυλίδας σε σιτηρέσια αγελάδων που είχαν ως βάση τους το ενσίρωμα ψυχανθών και το χόρτο. Όμως, μία τάση αύξησης του *trans*-10 C18:1 στο γάλα παρατηρήθηκε κατά την απουσία μονενσίνης, ενώ η ευεργετική επίδραση της μονενσίνης στο *trans*-10 C18:1 στο γάλα εξαλείφθηκε με τη χρήση της βιταμίνης E (Bell κ.ά., 2006). Η προσθήκη μονενσίνης σε συνδυασμό με ένα υψηλό ποσοστό ελαίου ατρακτυλίδας (6% του σιτηρεσίου) μεγιστοποίησε τη συγκέντρωση του *cis*-9, *trans*-11 CLA (5,1 g/100 g λιπαρών οξέων) λόγω της ταυτόχρονης αύξησης του *trans*-11 C18:1 και *trans*-10 C18:1 (Bell κ.ά., 2006). Η προσθήκη μονενσίνης σε καλλιέργειες μικροοργανισμών της MK αύξησε το



σχηματισμό του *trans*-10 C18:1 αλληλεπιδρώντας με την προσθήκη ΠΑΚΛΟ και το είδος των σπερμάτων (Jenkins κ.ά., 2003).

Με την προσθήκη λινελαίου σε ένα σιτηρέσιο που είχε ως βάση του το χόρτο, το C18:3n-3 αυξήθηκε ελαφρώς μέχρι την 6<sup>η</sup> ημέρα και μετά επέστρεψε στη βασική γραμμή την 9<sup>η</sup> ημέρα (Roy κ.ά., 2006). Αυτό υποδηλώνει ότι αν και δεν πραγματοποιήθηκε καμία μετατροπή του *trans*-11 σε *trans*-10 υπό αυτές τις συνθήκες, η μικροχλωρίδα της ΜΚ χρειάστηκε μερικές ημέρες πριν προσαρμοστεί στην προσθήκη του ελαίου. Επίσης, η προσθήκη ιχθυελαίου και ηλιέλαιου σε ένα σιτηρέσιο που είχε ως βάση του το ενσίρωμα αραβοσίτου αύξησε το EPA και DHA στο γάλα στο μέγιστο την 5<sup>η</sup> ημέρα μετά από την οποία η φαινόμενη ικανότητα μεταφοράς από την τροφή στο γάλα μειώθηκε από 5% σε λιγότερο από 1,5% (Shingfield κ.ά., 2006). Αυτό υποδεικνύει ότι η προσαρμογή των ω-3 μακράς αλύσου ΛΟ στη βιοϋδρογόνωση, η οποία εξαρτάται από τον χρόνο λαμβάνει χώρα και όταν χορηγούνται σιτηρέσια, τα οποία προωθούν τη μετατροπή του *trans*-11 σε *trans*-10.

#### 1.4.2 Αίγιο γάλα

Η αλληλεπίδραση χονδροειδών ζωοτροφών – συμπυκνωμένων ζωοτροφών – λίπους λαμβάνει χώρα και στις αίγες. Έτσι, η προσθήκη λινελαίου σε σιτηρέσια που είχαν ως βάση τους το χόρτο αύξησε περισσότερο στο γάλα το C18:3n-3 σε σχέση με την προσθήκη λινελαίου σε σιτηρέσια που είχαν ως βάση τους το ενσίρωμα αραβοσίτου ή ήταν πλούσια σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές (Chilliard κ.ά., 2007). Η αλληλεπίδραση είναι διαφορετική από αυτή που παρατηρήθηκε στις αγελάδες και για αυτό απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Επίσης, η ανταπόκριση του *cis*-9 C18:1 στο γάλα στην προσθήκη ηλιέλαιου ήταν μεγαλύτερη σε σιτηρέσια που είχαν ως βάση τους το χόρτο σε σχέση με αυτά που είχαν ως βάση τους το ενσίρωμα αραβοσίτου, ενώ η ανταπόκριση του C18:0 ήταν μικρότερη, γεγονός το οποίο συμφωνεί με την υπόθεση ότι τα σιτηρέσια που αυξάνουν την ποσότητα των *trans* λιπαρών οξέων μπορεί να παρεμποδίζουν την Δ-9 αφυδρογόνωση στο μαστικό αδέν (Chilliard κ.ά., 2007).

Η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη ελαίου εξαρτάται και από το είδος των χονδροειδών ζωοτροφών. Έτσι, η ανταπόκριση στην προσθήκη ηλιέλαιου ήταν μεγαλύτερη στην περίπτωση του ενσιρώματος αραβοσίτου και ελάχιστη με το σιτηρέσιο που ήταν πλούσιο σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές (68%), ενώ η ανταπόκριση στην προσθήκη λινελαίου ήταν μικρότερη με το ενσίρωμα αραβοσίτου σε σχέση με το χόρτο ή τη χλωρά νομή (Chilliard κ.ά., 2007). Ενώ η ανταπόκριση του *cis*-

9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη λινελαίου δεν μεταβλήθηκε, όταν το ποσοστό των συμπυκνωμένων ζωοτροφών αυξήθηκε από 30 σε 54% είτε με την προσθήκη είτε χωρίς την προσθήκη της βιταμίνης E, η ανταπόκριση αυτή μειώθηκε όταν το ποσοστό των συμπυκνωμένων ζωοτροφών αυξήθηκε στο 69%. Αυτό υποδεικνύει ότι ένα ποσοστό 55-65% συμπυκνωμένων ζωοτροφών στο σιτηρέσιο είναι απαραίτητο για να μειωθεί η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη φυτικών ελαίων και ότι η καλύτερη ανταπόκριση λαμβάνει χώρα κατά το συνδυασμό του ηλιέλαιου είτε με τα σιτηρέσια που βασίζονται στο ενσίρωμα αραβοσίτου είτε με τα σιτηρέσια που είναι πλούσια σε χόρτο (Chilliard κ.ά., 2007).

Τα δεδομένα για τις αγελάδες έδειξαν ότι η ανταπόκριση του *trans*-11 C18:1 και *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη ελαίου είναι παροδική με τη χρήση ορισμένων σιτηρεσίων. Αυτό δεν παρατηρείται στις αίγες. Η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στην προσθήκη ελαίων πλούσιων σε ΠΑΚΛΟ ήταν μέγιστη δύο εβδομάδες μετά την έναρξη της προσθήκης ελαίου και μετά σταθεροποιήθηκε σε πολύ υψηλά επίπεδα παρά το γεγονός ότι η ποσοστιαία αναλογία του *trans*-10 C18:1 αυξήθηκε 5-8 φορές πάνω από τις τιμές του μάρτυρα όπου δεν προστέθηκαν έλαια. Επίσης, η προσθήκη ηλιέλαιου και ιχθυελαίου σε σιτηρέσιο αιγών αύξησε το *cis*-9, *trans*-11 CLA πάνω από τα 10 g/100 g λιπαρών οξέων, το οποίο αποτελεί τη μέγιστη τιμή που καταγράφηκε ποτέ για τα μηρυκαστικά (Gagliostro κ.ά., 2006). Τέλος, υψηλά επίπεδα CLA στο γάλα παρατηρήθηκαν μετά από 9-10 εβδομάδες προσθήκης λίπους χωρίς να παρατηρηθεί μείωση μετά τις πέντε εβδομάδες. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι οι αίγες ανταποκρίνονται πολύ καλά στην προσθήκη λίπους και ότι η ανταπόκριση του *cis*-9, *trans*-11 CLA παραμένει σταθερή για τουλάχιστον 2,5 μήνες. Αυτή η σταθερότητα μπορεί να σχετίζεται με τη σταθερότητα του *trans*-10 C18:1, το οποίο παρέμεινε σε επίπεδα <3,5 g/100 g λιπαρών οξέων, τα οποία είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά που παρατηρήθηκαν σε αγελάδες που έλαβαν παρόμοια σιτηρέσια. Για αυτό τον λόγο, δεν παρατηρείται το σύνδρομο της χαμηλής λιποπερικεκτικότητας στις αίγες, οι οποίες καταναλώνουν σιτηρέσια με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών με έλαια πλούσια σε ΠΑΚΛΟ. Μια σταθερή ανταπόκριση παρατηρήθηκε και για το C18:3n-3 του γάλακτος, γεγονός το οποίο μπορεί να σχετίζεται με την καλή ανταπόκριση των αιγών σε αυτό το ΠΑΚΛΟ (Chilliard κ.ά., 2007).

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υψηλά επίπεδα του *cis*-9, *trans*-11 CLA (>2% του συνόλου των ΛΟ) που επιτυγχάνονται με την προσθήκη ελαίου συνοδεύονται από υψηλά επίπεδα όχι μόνο του *trans*-11 C18:1 (6-13%), αλλά και άλλων *trans* ισομερών

του C18:1 και του συζευγμένου και μη συζευγμένου C18:2 (3-6% σε σιτηρέσια που έχουν ως βάση τους το χόρτο, 9-11% σε σιτηρέσια με ενσίρωμα αραβοσίτου και για μια συγκεκριμένη χονδροειδή ζωοτροφή με την προσθήκη ελαίου με την παρακάτω κατάταξη: λινέλαιο > ηλιέλαιο πλούσιο σε ελαϊκό οξύ > ηλιέλαιο (Chilliard κ.ά., 2007).

### **1.5 ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ( MFD = Milk Fat Depression)**

Το MFD στα μηρυκαστικά έχει επισημανθεί εδώ και έναν αιώνα. Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες τουλάχιστον, έχει δημοσιευθεί ένας αξιόλογος αριθμός ανασκοπήσεων σχετικές με το σύνδρομο της χαμηλής λιποπεριεκτικότητας στα αιγοπρόβατα και κυρίως στις αγελάδες (Milk Fat Depression- MFD). Οι δημοσιεύσεις της πρώτης δεκαετίας επικεντρώνονται και δίνουν έμφαση στην πολυπαραγοντική φύση του συνδρόμου MFD, καθώς επίσης περιλαμβάνουν τις αιτίες αυτού του φαινομένου, με πιο σημαντική τη γλυκογενετική θεωρία για την ινσουλίνη (Engrall,1980; Bell,1980; Emery,1988 ). Ο Davis και ο Brown (1970) ήταν οι πρώτοι που πρότειναν την ιδέα του ρόλου των *trans* ΛΟ, η οποία εξετάστηκε σε μεγάλο αριθμό δημοσιευμένων μελετών κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 (Bauman and Griinari, 2001). Σημαντικές δημοσιεύσεις επικεντρώνονται στα *trans* λιπαρά οξέα ως τον κύριο διαιτητικό συντελεστή που συντελεί στο σύνδρομο MFD (Hagemeister, 1990;Erdman,1996,1999; Griinari, Chouinard and Bauman,1997).

Πρόσφατα στις έρευνες έχουν προσπαθήσει να δείξουν κάποια σχέση μεταξύ του μεταβολισμού του μαστικού αδένος και των λιποκυττάρων και του MFD στη διαδικασία της γαλακτοπαραγωγής. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '40 και του 50 μία αλλαγή από υψηλή χρήση ΧΖ σε πιο περιορισμένη και η αξιοποίηση σιτηρεσίου υψηλής περιεκτικότητας κυρίως σε αραβόσιτο οδήγησε σε αύξηση του συνολικού γάλακτος που παρέχει κάθε αγελάδα. Κατά την διάρκεια του συνδρόμου του MFD, όταν δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες που να συντελούν σε αυτό, η ολική ποσότητα γάλακτος που παράγεται δεν εμφανίζει κάποια μείωση και οι πρωτεΐνες και η λακτόζη που περιέχει παραμένουν ανεπηρέαστες. Το MFD προκαλείται από λεπτά αλεσμένες ΧΖ, PUFA και δημητριακούς καρπούς (Lock κ.ά., 2006). Η χρήση σιτηρεσίου με πολλές ΣΖ για γαλακτοπαραγωγή ακολουθείται από μία μείωση στο pH της ΜΚ και μερικές φορές από γαλακτοξαιμία. Σύγχρονες όμως έρευνες απέδειξαν ότι η χρησιμοποίηση των επονομαζομένων «αποτελεσματικών ινωδών ουσιών» και κατάλληλων ρυθμιστικών διαλυμάτων στα σιτηρέσια για την γαλακτοπαραγωγή

μπορούν εμφανώς να μειώσουν την έκταση του συνδρόμου αυτού. Ωστόσο, το σύνδρομο του MFD παρουσιάζει και μια οικονομική διάσταση κάτι που επηρεάζει τις βιομηχανίες γάλακτος και η ευρεία χρήση αυτών των ινωδών ουσιών και των ρυθμιστικών διαλυμάτων έχει αποδειχθεί αποτελεσματική θέτοντας το MFD σε ελεγχόμενα επίπεδα.

Στη προσπάθεια να κατανοηθεί ο μηχανισμός ρύθμισης της σύνθεσης του λίπους του γάλακτος, γίνεται αντιληπτή η αξία του λίπους στο γάλα από οικονομικής πλευράς. Μειώνοντας από την μεριά των καταναλωτών σε πολλές χώρες, την κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων πλούσιων σε λίπος όπως το βούτυρο και άλλα προϊόντα, αυξάνεται η αξία της πρωτεΐνης του γάλακτος. Διαιτητικές στρατηγικές που επαυξάνουν το ποσοστό της πρωτεΐνης του γάλακτος, έστω και εις βάρος του λίπους, είναι πολύ ενδιαφέρουσες. Επιπλέον, άλλοι παράγοντες που μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση του MFD είναι η μείωση της κατανάλωσης ΧΖ, η βελτιστοποίηση του μεγέθους του σιτηρεσίου σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να καταναλώνεται όλο, καθώς επίσης και η επεξεργασία του έτσι ώστε να μην εμφανίζει τραχείες επιφάνειες (για να καταναλώνεται ει δυνατόν πληρεστέρα), η κατανάλωση μη δομικών υδατανθράκων έτσι ώστε να είναι άμεσα απορροφήσιμοι. Επιπρόσθετα, η ποιότητα των ελαίων (φυτικά και ζωϊκά-τα δεύτερα έχουν καλύτερο αποτέλεσμα στη μείωση του MFD) και η ποσότητα του λίπους του σιτηρεσίου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο αφού σιτηρέσια πλούσια σε λίπος μειώνουν την ικανότητα πέψης των ινωδών ουσιών και αυξάνουν την ευαισθησία των ζώων στο MFD. Η ανεπάρκεια των πρωτεϊνών μπορεί να μειώσει την κατανάλωση της ξηράς ουσίας (ΞΟ) και την ικανότητα πέψης των ινωδών ουσιών, ενώ η ανεπάρκεια θείου οδηγεί στη μειωμένη σύνθεση αμινοξέων και συνεπώς συμβάλει στην ανεπάρκεια πρωτεϊνών. Ακόμη, η ανεπάρκεια ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί σημαντικό πρόβλημα ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της γαλακτοπαραγωγής όταν τα μηρυκαστικά δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν στις ενεργειακές τους απαιτήσεις με την ταυτόχρονη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων γάλακτος. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ένας άλλος βασικός παράγων που επιδρά στο MFD είναι η συχνότητα της σίτισης.

Η σχέση μεταξύ διατροφής, MFD και ενδεχόμενων χειρισμών έχει ανασκοπηθεί από τους Van Soest (1963) και Brown (1970). Σύμφωνα με τους Davis and Brown (1970) υπάρχουν δύο ομάδες σιτηρεσίων που αποτελούν την αιτία πρόκλησης MFD τα οποία έχουν τροποποιηθεί από τους Griinari and Bauman (2003).

Ο Davis and Brown στη μελέτη τους το 1970 προτείνουν ότι η μία ομάδα που περιλαμβάνει σιτηρέσια τα οποία εξασφαλίζουν μεγάλη ποσότητα από ευκόλως

διασπώμενους υδατάνθρακες και έχουν περιορισμένη ποσότητα ινωδών ουσιών. Το πιο γνωστό από αυτά τα σιτηρέσια είναι πλούσιο σε δημητριακούς καρπούς/ πτωχό σε χονδροειδείς ζωοτροφές [HG (High Grain) / LR (Low Roughage)]. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει σιτηρέσια που περιέχουν πολυακόρεστα έλαια (π.χ. φυτικά και έλαια από θαλάσσιους οργανισμούς). Στην πραγματικότητα, η παρουσία ΠΑΚΛΟ (PUFA) είναι προαπαιτούμενη για την εμφάνιση του συνδρόμου MFD, όταν χορηγούνται σιτηρέσια με HG/LR (Griinari, κ.ά., 1998). Επίσης, συμπληρώματα φυτικών ελαίων δεν μπορούν να προκαλέσουν MFD εάν παρέχεται στα ζώα σιτηρέσιο πλούσιο σε χονδροειδείς ζωοτροφές ή η αποτελεσματικότητα των ινωδών ουσιών των χονδροειδών ζωοτροφών είναι επαρκής να διατηρήσει την φυσιολογική λειτουργία της MK (Brown κ.ά., 1962, Kalscheur κ.ά., 1997). Παρόλα αυτά, αν και το συμπλήρωμα φυτικών ελαίων παρουσιάζεται ως ένα αναπόσπαστο συστατικό του σιτηρεσίου HG/LR χωρίς να παρουσιάζει μεμονωμένα αποτελέσματα, οι Griinari and Bauman (2003) θεωρούν ότι στην κατάταξη των HG/LR σιτηρεσίων περιλαμβάνεται και η επίδραση των φυτικών ελαίων.

Τα HG/LR σιτηρέσια είναι κατά βάση πτωχά σε ινώδεις ουσίες, αλλά επίσης συμπεριλαμβάνουν σιτηρέσια στα οποία η περιεκτικότητα των χονδροειδών ζωοτροφών είναι επαρκής αλλά είναι αλεσμένες ή υπό μορφή συμπήκτων. Σιτηρέσια που αποτελούνται από ενσίρωμα αραβοσίτου ανήκουν στην παραπάνω κατηγορία. Η υψηλή περιεκτικότητα αμύλου και η ποιότητα των ινωδών ουσιών σε ένα σιτηρέσιο επιπλέον περιορίζουν την αποτελεσματικότητα του ενσιρώματος αραβοσίτου να εμποδίσει την εμφάνιση του MFD. Έτσι, το επίπεδο και η αποτελεσματικότητα των ινωδών ουσιών φαίνεται να αποτελεί την κύρια ειδοποιό διαφορά της ικανότητας του σιτηρεσίου να εμποδίζει ή να προκαλεί το MFD. Ως επακόλουθο των παραπάνω, ο όρος πτωχά σε ινώδεις ουσίες σιτηρέσια (LF) περιγράφει την πρώτη ομάδα σιτηρεσίων που επιφέρουν το MFD.

Μία από τις πρώτες αναφορές στα σιτηρέσια που επιφέρουν το MFD ήταν το 1845 όταν ο Sebelien χορήγησε ιχθυέλαιο σε γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες (Opstved, 1984). Η επίδραση του ιχθυελαίου στο λίπος του γάλακτος γίνεται με μεταβολή της μικροβιακής ζύμωσης στη MK, αλλά έχει μικρή ή καθόλου επίδραση στο λίπος του γάλακτος εάν αυτό παρέχεται με έγχυση μετά την MK ( Pennington and Davis, 1975, Hagemester κ.ά. 1988). Επίσης, συμπληρώματα σιτηρεσίου που περιλαμβάνουν θαλάσσια φύκη προκαλούν MFD (Franklin, 1999). Το ιχθυέλαιο και τα λίπη από θαλάσσια φύκη χαρακτηρίζονται από την παρουσία μακράς αλυσίδας ΠΑΚΛΟ, όπως

για παράδειγμα, το εικοσιπεντανοϊκό ( C20:5). Σε αντίθεση με τα φυτικής προέλευσης έλαια, τα συμπληρώματα των ελαίων από θαλάσσιους οργανισμούς προκαλούν το MFD ακόμη και όταν το σιτηρέσιο θα περιέχει ένα επαρκές επίπεδο ινωδών ουσιών (Chilliard κ.ά.,1999; Offer κ.ά.,1999; Arola κ.ά., 2002). Έτσι, τα έλαια από θαλάσσιους οργανισμούς αντιπροσωπεύουν την δεύτερη κύρια ομάδα σιτηρεσίων τα οποία προκαλούν το MFD.

Έρευνα σχετική με το MFD έχει αποδείξει ότι στις μεταβολές της λειτουργίας της MK εμπλέκονται η μικροβιακή ζύμωση των υδατανθράκων του σιτηρεσίου και η μικροβιακή βιοϋδρογόνωση των ΠΑΚΛΟ του σιτηρεσίου ( Van Soest, 1963; Davis and Brown, 1970; Sutton, 1985; Doreau κ.ά., 1999). Αυτό είναι χαρακτηριστικό των σιτηρεσίων πτωχών σε ινώδεις ουσίες και σιτηρεσίων από θαλάσσιους οργανισμούς, όπου η μείωση του λίπους του γάλακτος αντιστοιχεί σε μεταβολές στη MK σε επίπεδο μορίων των πτητικών λιπαρών οξέων (VFA), μείωση του οξικού και αύξηση του προπιονικού οξέος, όπως επίσης και στη συσσώρευση των ΛΟ που είναι ενδιάμεσα στη βιοϋδρογόνωση της MK, ιδιαιτέρως των *trans* λιπαρών οξέων. Ένας αριθμός από θεωρίες έχει προταθεί για να εξηγήσει το MFD που σχετίζεται με τη διατροφή και αρκετές από αυτές έχουν απορριφθεί από επόμενες έρευνες ( Bauman and Griinari, 2001). Τρεις θεωρίες όμως συνεχίζουν να υπάρχουν σε επιστημονικές δημοσιεύσεις και βάσει των οποίων μπορούν να εξηγηθούν οι βασικές αρχές που σχετίζονται με το MFD. Η **μία θεωρία** είναι ότι οι μεταβολές στο αποτέλεσμα της ζύμωσης της MK οδηγεί στην ανεπαρκή παραγωγή του οξικού και του βουτυρικού οξέος που υποβοηθούν τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. Η **δεύτερη θεωρία** είναι ότι η αλλαγή στη λειτουργία της MK αυξάνει την παραγωγή προπιονικού στη MK και επαυξάνει τους ρυθμούς της γλυκονογένεσης στο ήπαρ, προκαλώντας αύξηση της ποσότητας της ινσουλίνης που κυκλοφορεί στο αίμα και έλλειψη προδρόμων ουσιών που σχετίζονται με την ινσουλίνη στη σύνθεση του λίπους του γάλακτος στο μαστό. Η **τρίτη θεωρία** η οποία απέκτησε ισχύ την τελευταία δεκαετία αναφέρει ότι η σύνθεση του γάλακτος στο μαστό αναστέλλεται από τα συγκεκριμένα ΛΟ τα οποία παράγονται ως αποτέλεσμα μεταβολών της βιοϋδρογόνωσης της MK. Στη συνέχεια, θα αναπτυχθούν αυτές οι τρεις θεωρίες και θα ολοκληρωθούν ιστορικά με δεδομένα και από πιο πρόσφατες αποδείξεις και στην τελική επικράτηση δύο θεωριών.

### 1.5.1 ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Η πρόοδος στο χώρο της διατροφής των ζώων βασίζεται στην ανάπτυξη της κατανόησης του ρόλου των θρεπτικών συστατικών ως μέρη-συστατικά της αποδοτικότητας-παραγωγικότητας των ζώων. Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί να υπολογίσουν τα κύρια προϊόντα της πέψης τα οποία απορροφώνται από τον πεπτικό σωλήνα – οξικό, προπιονικό, βουτυρικό, γλυκόζη, αμινοξέα και μακράς αλύσου λιπαρά οξέα – έχουν ως τελικό σκοπό να αναπτυχθεί σχέση μεταξύ των προϊόντων της πέψης και της παραγωγικής λειτουργίας. Όμως, η κανονική χρήση των θρεπτικών συστατικών μετά την απορρόφηση περιπλέκεται με την ισορροπία εισόδου-παραγωγής, επομένως οι προσδιορισμοί που φέρουν προσθετικές διαστάσεις, όπως η ροή του αίματος, η πρόσληψη ιδιαίτερων θρεπτικών συστατικών απ' τους ιστούς και η ενδοκρινική ρύθμιση της χρήσης θρεπτικών συστατικών.

Η διατροφική πρόκληση του MFD παρουσιάζει μια ποικιλία στη σχέση μεταξύ διατροφής και εφαρμογής της, η οποία εμφανίζεται πέρα από την ζώνη εμπειρικών μοντέλων που μπορούν με ακρίβεια να προβλεφθούν ( Baldwin κ.ά., 1987). Οι αναλογίες της σύνθεσης του λίπους του γάλακτος, υπολογίζονται από μοντέλα σύμφωνα με τα οποία υπάρχει συγκεκριμένο υπόστρωμα λιπογένεσης ( οξικό και βουτυρικό) και της γλυκογένεσης ( προπιονικό) και από την ενσωμάτωση των αναλογιών της σύνθεσης λιπιδίων στο μαστό και τους λιπώδεις ιστούς που βασίζεται σε αναβολικές ( ινσουλίνη) και καταβολικές (γλυκαγόνο) ορμονικές συγκεντρώσεις (Baldwin κ.ά.,1994, 1995). Η αποτυχία των εμπειρικών μοντέλων να προβλέψουν με ακρίβεια τη μείωση της λιποπεριεκτικότητας που σχετίζεται με τη διατροφική πρόκληση του MFD αναδεικνύει τη σημαντικότητα των επιπρόσθετων παραγόντων που έχουν θεωρηθεί ότι ρυθμίζουν τη χρήση των θρεπτικών συστατικών. Η απόδειξη της ανασταλτικής δράσης των *trans* ΛΟ που παράγονται στη ΜΚ ( Selner and Schultz, 1980; Hagemeister, 1990) έχει στηριχθεί στην αντίληψη της πολυπαραγοντικής αιτιολογίας του MFD.

Οι Bauman και Griinari (2001) προτείνουν τη θεωρία της βιοϋδρογόνωσης ως τροποποίηση της θεωρίας των *trans* λιπαρών οξέων του MFD βασισμένοι στην ιδέα ότι κάτω από συγκεκριμένες διατροφικές καταστάσεις, το μεταβολικό μονοπάτι της βιοϋδρογόνωσης στη ΜΚ μεταβάλλεται και οδηγεί στην παραγωγή μοναδικών ενδιάμεσων λιπαρών οξέων τα οποία δρουν ως ισχυροί αναστολείς στη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. Η θεωρία της βιοϋδρογόνωσης παρουσιάζει την υπόθεση ότι τα

προϊόντα της τροποποιημένης μεταβολικής λειτουργίας της στη ΜΚ μπορούν να πετύχουν μία μέγιστη μείωση της λιποπεριεκτικότητας στη διατροφική πρόκληση του MFD και έτσι αυτό αντιπροσωπεύει την ενοποιημένη θεωρία η οποία εξηγεί τη βάση του MFD σε όλων των τύπων τα σιτηρέσια.

### 1.5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ

Η κατανόηση της διαδικασίας της βιοσύνθεσης του λίπους του γάλακτος στο μαστικό αδένια αποτελεί την κεντρική ιδέα κάθε μελέτη που αφορά την επίδραση της διατροφής στην λιποπεριεκτικότητα. Σε γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες, τα ΛΟ του γάλακτος προέρχονται από δύο πηγές ( Bauman, Davis 1974, Barber κ.ά., 1997): α) *de novo* σύνθεση ( $C_4$  έως και περίπου το 50% των  $C_{16}$ ) και β) ΛΟ που προσλαμβάνονται έτοιμα στον οργανισμό των ζώων μέσω της κατανάλωσης του σιτηρεσίου (το 50% των  $C_{16}$  και όλα τα ΛΟ με μήκος αλυσίδας μεγαλύτερο από το  $C_{18}$ ). Το οξικό και το β-υδροξυβουτυρικό οξύ είναι οι πηγές άνθρακα των ΛΟ που συντίθενται *de novo* στον οργανισμό και συνεισφέρουν εξίσου στα πρώτα 4 άτομα άνθρακα, αλλά το οξικό είναι η μόνη πηγή άνθρακα για επιμηκυμένες αλυσίδες. Έτσι, έχει εκτιμηθεί ότι το β-υδροξυβουτυρικό συνεισφέρει μόνο γύρω στο 8% στο σύνολο του άνθρακα στα ΛΟ του γάλακτος (Palmquist κ.ά., 1969). Τα προϋπάρχοντα ΛΟ αντιπροσωπεύουν τα κυκλοφορούντα ΛΟ τα οποία προέρχονται από την απορρόφηση των τροφικών και μικροβιακών λιπών ή από την κινητοποίηση από τις αποθήκες του οργανισμού.

Ο ρόλος των πτητικών λιπαρών οξέων στη σύνθεση του λίπους του γάλακτος στηρίζεται σε κλασσικές μελέτες που περιλαμβάνουν την ενδογαστρική έγχυση των μεμονωμένων οξέων. Η έγχυση πτητικών λιπαρών οξέων έχει ως αποτέλεσμα την κατά μέσο όρο αύξηση στην απόδοση της λιποπεριεκτικότητας γύρω στο 16% για το οξικό και 11% για το βουτυρικό, καθώς και μια κατά μέσο όρο μείωση περίπου 11% για το προπιονικό (Thomas and Chamberlain, 1984). Προτάθηκαν αντιδραστικοί μηχανισμοί που είχαν ως συνέπεια την αύξηση των πρόδρομων αποθεμάτων για τη σύνθεση των ΛΟ για εγχύσεις οξικού και βουτυρικού και τη μείωση διαθεσιμότητας των λιπογενετικών προδρόμων ουσιών δια μέσου της ινσουλινοδιαμεσολαβούμενης αναστολής της κινητοποίησης ΛΟ και διέγερση της λιπογενετικής οδού στον λιπώδη ιστό για έγχυση προπιονικού.

Η σχέση μεταξύ της διατροφής και της κύριας αναλογίας των πτητικών λιπαρών οξέων στην τροποποίηση της ΜΚ έχει εξεταστεί με μεγάλο εύρος σιτηρεσίων.



Δυστυχώς, πολύ λίγες μελέτες έχουν πραγματικά μετρήσει το ρυθμό παραγωγής VFA χρησιμοποιώντας μεθόδους με ισότοπα διαλύματα ( Sutton, 1985). Σε πολλές μελέτες που αναφέρονται δεδομένα για τα VFA, είναι βασισμένα σε καταμετρήσεις της συγκέντρωσης των VFA και εκφράζονται σε επίπεδο μορίων. Η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης και της αναλογίας παραγωγής ελεύθερων VFA εμφανίζεται να είναι σχετικά μικρή για σιτηρέσια πλούσια σε ινώδεις ουσίες, ιδιαίτερα στα πρόβατα. Όμως, αυτές οι σχέσεις μπορεί να μην παρουσιαστούν όταν χορηγηθούν και διατραφούν τα ζώα με σιτηρέσια πτωχά σε ινώδεις ουσίες (Sutton,1985; Annison *et al*, 1998). Δεδομένα βασισμένα σε μοριακές διαστάσεις δείχνουν ότι χορηγώντας σιτηρέσια πτωχά σε ινώδεις ουσίες θα μειωθεί η παραγωγή οξικού, θα παρατηρηθεί αύξηση του προπιονικού και ως αναφορά στο βουτυρικό δεν θα παρατηρηθούν σημαντικές μεταβολές (Sutton,1985). Αποτελέσματα βασισμένα σε μετρήσεις με ισότοπα διαλύματα δείχνουν εμφανώς ότι η παραγωγή του οξικού παραμένει πραγματικά αμετάβλητη, ενώ η παραγωγή του προπιονικού αυξάνεται έντονα, όταν χορηγούνται πτωχά σε ινώδεις ουσίες σιτηρέσια ( Davis, 1967; Bauman *κ.ά.*, 1971; Sutton, 1985). Η αύξηση παραγωγής του προπιονικού είναι φανερά ο λόγος της μείωσης των μορίων οξικού. Σιτηρέσια πτωχά σε ινώδεις ουσίες τυπικά μειώνουν το pH της MK, το οποίο επηρεάζει τη σχετική αναλογία της απορρόφησης των μεμονωμένων VFA (Dijkstra *κ.ά.*, 1993).

Αν και οι αναλογίες των μορίων μπορεί να μην αντανακλούν τους πραγματικούς ρυθμούς παραγωγής των μεμονωμένων VFA, μία στενή σχέση έχει παρατηρηθεί μεταξύ της αναλογίας οξικού και βουτυρικού προς το προπιονικό και της λιποπερικτικότητας, ιδιαιτέρως όταν χορηγούνται πτωχά σε ινώδεις ουσίες σιτηρέσια τα οποία αποτελούν την αιτία εμφάνισης MFD (Sutton *κ.ά.*, 1980; Oldham and Emmans, 1988). Ο Sutton *κ.ά.*,(1988) υπολόγισαν μέχρι το 80% της απόκλισης της λιποπερικτικότητας ότι μπορεί να εξηγηθεί με τις μεταβολές που παρατηρούνται σε αναλογίες μορίων των VFA στη MK. Για παράδειγμα, δεδομένα βασισμένα σε αναλογίες μορίων των VFA μέσα στη MK, αποδεικνύουν ότι υπάρχει μια στενή γραμμική σχέση μεταξύ των αναλογιών VFA του σιτηρεσίου και της λιποπερικτικότητας, η οποία είναι απλώς ένας σύνδεσμος και δεν αποδεικνύεται σχέση αιτίου-αποτελέσματος. Τα πτωχά σε ινώδεις ουσίες σιτηρέσια κι αυτά που περιέχουν έλαια από θαλάσσιους οργανισμούς προκαλούν μεταβολές στο μικροβιακό πληθυσμό της MK και οι αλλαγές στις αναλογίες των VFA ίσως είναι περισσότερο συνέπεια αυτών των μεταβολών παρά η αιτία της μειωμένης σύνθεσης γάλακτος *per se*.

Ο Sutton (1985) πρόβλεψε εκτιμήσεις της παραγωγής VFA στη ΜΚ αγελάδων στις οποίες χορηγήθηκε είτε σιτηρέσιο πλούσιο σε φυλλώδη χλωρά νομή είτε πτωχό. Οι μειώσεις στα ποσοστά του οξικού και του βουτυρικού που προέκυψαν είναι πιθανόν να είναι υπερεκτιμημένες αφού αυτές βασίζονται σε διαπιστωμένες μεταβολές σε επίπεδο μορίων και η συγκέντρωση των VFA και ο ρυθμός παραγωγής τους δεν μπορεί να εξισωθεί. Παρόλα αυτά, αλλαγές στην απόδοση του λίπους του γάλακτος σε απόκριση της έγχυσης VFA μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέγιστες εκτιμήσεις όταν εκτιμάται ο ρόλος της διατροφής στη μεταβολή των VFA που παράγονται στη ΜΚ για τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. Η επίδραση των συμπληρωμάτων λιπών (έλαια από θαλάσσιους οργανισμούς ή φυτικά) στη λιποπεριεκτικότητα επηρεάζεται μερικώς από την επίδραση των ζυμώσεων στη ΜΚ και στη δημιουργία VFA ως τελικών προϊόντων (Storry, 1981). Τα συμπληρώματα λιπιδίων μειώνουν την αναλογία οξικού και αυξάνουν το προπιονικό. Όμως, αυτές οι μεταβολές είναι γενικά μικρής σημασίας σε σχέση με τις μεταβολές που παρατηρούνται από τη χορήγηση σιτηρεσίων πτωχών σε ινώδεις ουσίες (Doreau, κ.ά., 1999). Όταν το συμπλήρωμα ελαίου, αδρανές στη ΜΚ (υψηλά κεκορεσμένα λίπη, άλατα ασβεστίου των ΛΟ από φοινικέλαιο ή προστατευμένο λίπος), περιλαμβάνεται σε σιτηρέσιο, τότε ο εφοδιασμός με ελεύθερα λιπαρά οξέα για τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος αυξάνεται και παρατηρούνται αντίστοιχες αυξήσεις της λιποπεριεκτικότητας του λίπους του γάλακτος (Storry κ.ά., 1980; Chilliard κ.ά., 2001; Thomas and Martin, 1988). Η αντίθετη περίπτωση, δηλαδή χορήγηση σιτηρεσίου με χαμηλό ποσοστό λίπους, μειώνει και την ποσότητα γάλακτος και την απόδοσή του σε λίπος αλλά δεν ελαττώνεται η λιποπεριεκτικότητά του (Virtanen, 1966; Storry κ.ά., 1967; Banks κ.ά., 1976). Τα σιτηρέσια που προκαλούν τις μεταβολές στη λιπογένεση των αποθεμάτων των VFA μπορεί να επιδράσουν στη λιποπεριεκτικότητα με παρόμοιο τρόπο: αύξηση όταν το απόθεμα αυξάνεται, αλλά δεν θα παρατηρείται ουσιαστική μείωση όταν το απόθεμα μειώνεται.

### **1.5.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΙΝΣΟΥΛΙΝΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΛΙΠΟΓΕΝΕΣΗ**

Η ινσουλίνη είναι το κλειδί ρυθμιστής αναφορικά με τη γλυκόζη και την ομοιοστασία της ενέργειας και αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο στο συντονισμό της τμηματικής θρέψης. Στα μηρυκαστικά ο μαστικός αδένας έχει απόλυτη ανάγκη την ύπαρξη της ινσουλίνης για την φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων, αλλά αυτή η ανάγκη ικανοποιείται από τη χαμηλή συγκέντρωση της ινσουλίνης στο αίμα.

Καθημερινές μεταβολές στην κυκλοφορία της συγκέντρωσης της ινσουλίνης δεν έχει φανερή επίδραση στη χρησιμοποίηση από το μαστικό αδένος και παρόλα αυτά στα μηρυκαστικά ο μαστικός αδένος θεωρείται ανεπηρέαστος από την ινσουλίνη. Και σε *in vitro* (Bauman κ.ά., 1973) και σε *in vivo* μελέτες (Hove, 1978; Laarveld κ.ά., 1985) αποδεικνύεται ότι η ινσουλίνη δεν έχει έντονη επίδραση στην κατανάλωση γλυκόζης, σύμφωνα με τα μαστικά επιθηλιακά κύτταρα των μηρυκαστικών υπάρχουν μόνο GLUT1 μεταφορείς (Zhao κ.ά., 1993). Σε αντίθεση, η ινσουλίνη αποδεικνύει μια έντονη ρυθμιστική επίδραση στον μεταβολισμό των άλλων ιστών περιλαμβάνοντας επιρροές στη λιπογένεση και την αντιλιπόλυση στο λιπώδη ιστό (Bauman, 2000; Vernon and Sasaki, 1991). Αυτές οι μεταβολές μπορούν εμμέσως να επηρεάσουν το απόθεμα και τη μορφή των θρεπτικών συστατικών για το μαστικό αδένος.

Ο ρόλος της ινσουλίνης στο συντονισμό του καταμερισμού των θρεπτικών συστατικών στον οργανισμό διευκολύνει την αποθήκευση ενέργειας όταν τα αποθέματα ενέργειας υπερβαίνουν τις απαιτήσεις του οργανισμού. Παρατηρηθείσες διαφορές μεταξύ των εκκρίσεων της ινσουλίνης στο μαστό και σε άλλους ιστούς είναι η βάση για μια λεπτή θεώρηση της άποψης ότι η διατροφοεπαγόμενη διέγερση για απελευθέρωση ινσουλίνης από το πάγκρεας καταλήγει σε ανταγωνισμό για τα θρεπτικά στοιχεία μεταξύ των μαστικών αδένων και των σωματικών ιστών ευαίσθητων στην ινσουλίνη. Το προπιονικό και η γλυκόζη είναι η αιτία της έκκρισης της ινσουλίνης από το πάγκρεας και η διατροφή πτωχή σε ινώδεις ουσίες οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή προπιονικού από τη MK (Sutton, 1985) και αυξημένα επίπεδα της ηπατικής γλυκονογένεσης (Annison *et al*, 1974). Επιπρόσθετα, η διατροφή πτωχή σε ινώδεις ουσίες γενικά οδηγεί σε μια σημαντική αύξηση στο γενικό ισοζύγιο ενέργειας εξαιτίας της μεγαλύτερης ενεργειακής εισόδου και μείωσης στην έκκριση του λίπους του γάλακτος. Ως συνέπεια αυτών των παραγόντων, η συγκέντρωση της ινσουλίνης στο αίμα είναι αυξημένη.

Λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενες διαπιστώσεις ότι σιτηρέσιο πτωχό σε ινώδεις ουσίες μειώνει την λιποπερικτικότητα του γάλακτος καθώς επίσης και την υπόθεση ότι το «MFD είναι αποτέλεσμα των μεταβολικών αποτελεσμάτων στην αύξηση σε σχέση με τα γλυκογενετικά και μη προϊόντα που συνοδεύουν την πέψη τέτοιων σιτηρεσίων», οι Vallance and McClymont (1959) έλεγξαν την επίδραση της ενδοφλέβιας έγχυσης γλυκόζης και γλυκερόλης στην λιποπερικτικότητα του γάλακτος. Αυτό που διαπίστωσαν είναι μια δραματική μείωση στην επί τοις εκατό περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος όταν η γλυκόζη εγχύεται με έναν ρυθμό της τάξης των

2kg/ημέρα. Έτσι, το 1962 έδειξαν ότι το MFD που επάγεται από την έγχυση γλυκόζης συνοδεύεται με μια μείωση της συγκέντρωσης του πλάσματος των ελευθέρων ΛΟ και τριγλυκεριδίων, αφού ήδη το 1960 οι Olson and Vester είχαν αποδείξει ότι η ινσουλίνη αναστέλλει την απελευθέρωση ελευθέρων ΛΟ από τα λιποκύτταρα. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι Vallance and McClymont το 1962, πρότειναν ότι το MFD που προκαλείται από την γλυκόζη περιλαμβάνει μια αυξημένη έκκριση ινσουλίνης που αναστέλλει την απελευθέρωση ελευθέρων ΛΟ από τα λιποκύτταρα και αυτό το γεγονός με τη σειρά του μειώνει τα αποθέματα σε πρόδρομες μορφές λιπιδίων στους μαστικούς αδένες καταλήγοντας σε μια μείωση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Το γεγονός ότι η ινσουλίνη διεγείρει τη χρήση οξικού και βουτυρικού στη σύνθεση λιπιδίων στο λιπώδη ιστό έχει διαπιστωθεί και η θεωρία για την γλυκογενετική ινσουλίνη έχει διεκπεραιωθεί από τους Van Soest (1963), Ørskov κ.ά. (1969), Jenny κ.ά. (1974), Annison (1976).

Η θεωρία περί της γλυκογενετικής ινσουλίνης έχει ελεγχθεί με εξωγενή έγχυση προπιονικού και γλυκόζης. Οι Davis and Brown (1970) συνοψίζοντας 13 πειραματικά πρωτόκολλα που περιλαμβάνουν έγχυση προπιονικού διαπίστωσαν ότι τα αποτελέσματα ήταν λίγο μεταβλητά κυμαινόμενα από 0 έως 14% στη μείωση της απόδοσης του λίπους του γάλακτος. Πολλά από τα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν έγχυση προπιονικού με ένα ρυθμό της τάξης των 1000g/ημέρα, μια ποσότητα που προσεγγίζει την ημερήσια παραγωγή προπιονικού σε αγελάδες με ελεγχόμενο σιτηρέσιο. Πιο πρόσφατες μελέτες σχετικά με την έγχυση προπιονικού επαληθεύουν τόσο την μεταβλητότητα όσο και την διακύμανση στην απόκριση του λίπους του γάλακτος ( Frobish and Davis, 1977; Thomas κ.ά., 1987; Hurtaud κ.ά., 1993; 1998; Miettinen and Huhtanen, 1996 ). Όταν συμπεριελήφθησαν τα πρόσφατα δεδομένα, μειώσεις στην απόδοση του λίπους του γάλακτος εμφανίστηκαν να είναι ανεξάρτητες από τη δόση του προπιονικού που εγχύεται στη ΜΚ. Έτσι, οι Bauman and Griinari (2001) συνόψισαν 24 μελέτες που περιλαμβάνουν έγχυση γλυκόζης και διαπίστωσαν μια παρόμοια μεταβλητότητα και διακύμανση από +4 έως -16% στα αποτελέσματα στην απόδοση του λίπους του γάλακτος. Ο ρόλος της ινσουλίνης στη ρύθμιση του λίπους του γάλακτος έχει ελεγχθεί με την χρήση υποδορίων ενέσεων ινσουλίνης ( Schmidt, 1966) ή με συνεχείς ενδοφλέβιες εγχύσεις (Thomas κ.ά., 1987). Αν και η ολική απόδοση του γάλακτος μειώνεται εξαιτίας της ινσουλινοεπαγόμενης υπογλυκαιμίας σε αυτά τα πειράματα, η απόδοση του γάλακτος σε λίπος δεν επηρεάστηκε.

Η χρήση του υπερινσουλινεμικού-ευγλυκαιμικού φραγμού επιτρέπει τον έλεγχο του ρόλου της ινσουλίνης χωρίς την ανάμειξη της υπογλυκαιμίας ( DeFronzo, Tobin

and Andres, 1979). Οι Bauman and Griinari (2001) επισκόπησαν δεδομένα από 5 πειραματικά πρωτόκολλα από την ομάδα του Cornell περιλαμβάνοντας αυτήν την προσέγγιση με καλά διατρεφόμενες αγελάδες με θετικό ισοζύγιο ενέργειας. Η ινσουλίνη που κυκλοφορεί στο αίμα είχε περίπου τετραπλασιαστεί σε σχέση με τα επίπεδα αναφοράς και οι φραγμοί είχαν διατηρηθεί για τέσσερις μέρες, επιτρέποντας ως εκ τούτου την εκτίμηση τόσο οξέων όσο και χρόνιων αποτελεσμάτων. Δεν υπάρχει καμία διαπίστωση για την αντοχή της ινσουλίνης βασισμένη στους συνεχείς ρυθμούς έγχυσης της γλυκόζης που απαιτείται για να διατηρηθεί η ευγλυκαιμία και η προφανής αντιλιπολυτική επίδραση της ινσουλίνης υποδηλώνεται από την μείωση στο πλάσμα των NEFA. Οι επιδράσεις στο λίπος του γάλακτος ήταν μηδαμινές με την μείωση της απόδοσης της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος να είναι περίπου στο 5% κατά την διάρκεια χρήσης υπερινσουλινεμικού-ευγλυκαιμικού φραγμού.

Η ενεργειακή κατάσταση των ζώων είναι μια σημαντική παράμετρος στην εκτίμηση της ρύθμισης της απόδοσης της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Στις αγελάδες με θετικό ισοζύγιο ενέργειας, μια υπολογιζόμενη περιεκτικότητα 4 έως 8% σε ΛΟ, προέρχεται από ΛΟ που κινητοποιούνται από τα αποθέματα λίπους του σώματος (Palmquist and Mattos, 1978; Pullen κ.ά., 1989) Το επίπεδο μείωσης της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος κατά την διάρκεια χρήσης υπερινσουλινεμικού-ευγλυκαιμικού φραγμού, όπως αναφέρθηκε, είναι σύμφωνη με την επίδραση της γλυκόζης στην κινητοποίηση των ιστών. Μία μελέτη κατά την διάρκεια χρήσης υπερινσουλινεμικού-ευγλυκαιμικού φραγμού διεξήχθη με αγελάδες σε πρώιμο στάδιο γαλακτοπαραγωγής (10 ημερών) στο Cornell. Σε αυτό το στάδιο γαλακτοπαραγωγής τα αποθέματα λίπους που κινητοποιούνται, αντιπροσωπεύουν μια πιο ουσιώδη πηγή ΛΟ για το λίπος του γάλακτος. Η έγχυση ινσουλίνης μείωσε έντονα τους ρυθμούς της λιπόλυσης κάτι που διαφαίνεται και από τις μεταβολές στο πλάσμα των NEFA (1021-330 mM), και οδήγησε σε μία μείωση της τάξης των 35% της απόδοσης του λίπους του γάλακτος.

#### **1.5.4 ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΛΙΠΟΥΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ**

Ο Powell (1939) ήταν από τους πρώτους που αναγνώρισε ότι οι διατροφοεπαγόμενες αλλαγές στο λίπος του γάλακτος σχετίζονται με μεταβολές στην μικροβιακή διαδικασία που γίνεται στην ΜΚ. Οι πρώτες περιεκτικές μελέτες πάνω στο MFD προσέγγισαν το πρόβλημα ως λειτουργία των διατροφοεπαγόμενων αλλαγών στις ζυμώσεις που λαμβάνουν χώρα στη ΜΚ( Van Soest, 1963; Davis and Brown 1970).

Μολαταύτα, οι τελευταίοι μελετητές αναγνώρισαν την πιθανότητα « ότι οι παρατηρηθείσες μεταβολές στις αναλογίες των πτητικών λιπαρών οξέων της ΜΚ αποτελούν ένδειξη για το σύνδρομο του MFD» και πρότειναν ότι συμπεριλαμβάνονται αλλαγές στο μεταβολισμό των λιπιδίων στη ΜΚ που σχετίζονται με αλλαγές στη διατροφή. Επισήμαναν επίσης, ότι τόσο τα υψηλής διατροφικής αξίας δημητριακά και τα φυτικά λίπη ως συμπληρώματα της διατροφής που επάγουν το MFD αυξάνουν την δημιουργία *trans* οκταδενοϊκών οξέων στην ΜΚ. Τέλος, προτάθηκε ότι η συγχώνευση των *trans* ΛΟ στα λιπίδια του αίματος «ανταποδίδουν μη αποδεκτά υποστρώματα» για χρησιμοποίηση από το μαστικό αδέννα.

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### 2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.1. Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του πειράματος ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της προσθήκης ιχθυελαίου και σογιέλαιου στο σιτηρέσιο αιγοπροβάτων στη χημική σύσταση του γάλακτος και στο προφίλ των ΛΟ του γάλακτος και του αίματος.

#### 2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην πειραματική εγκατάσταση του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψης και Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, σύμφωνα με τα ισχύοντα σχετικά με την ευζωία των πειραματόζωων.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δύο ομάδες προβατινών και αιγών εκ των οποίων η μία αποτελούσε τον μάρτυρα και η άλλη την ομάδα επέμβασης με προσθήκη 1% ιχθυελαίου και 5% σογιέλαιου. Η διατροφή των ζώων ήταν ατομική κατά μερίδας με ίδια αναλογία ΧΖ/ΣΖ=53:47 στο σιτηρέσιο ώστε να καλύπτονται οι διατροφικές τους ανάγκες ατομικά. Παρακολουθείτο η εξέλιξη του σωματικού τους βάρους εβδομαδιαίως. Στα ζώα παρακολουθείτο, επίσης, σε καθημερινή βάση ανά ομάδα μάρτυρα και επέμβασης η συνολική παραγόμενη ποσότητα γάλακτος.

Ο διαχωρισμός στις δύο ομάδες έγινε με βάση τη γαλακτοπαραγωγή, τη χημική σύσταση του γάλακτος και το σωματικό βάρος του κάθε ζώου, έτσι ώστε οι δύο ομάδες να είναι ισοδύναμες. Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δώδεκα προβατίνες Καραγκούνικης φυλής ηλικίας 2 έως 3 ετών. Οι τοκετοί των προβατινών ξεκίνησαν τέλη Νοεμβρίου και ολοκληρώθηκαν εντός 15 ημερών.

Στο δεύτερο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δώδεκα γαλακτοπαραγωγικές αίγες φυλής Alpine, ηλικίας 2 έως 3 ετών. Οι τοκετοί των αιγών ξεκίνησαν τέλη Φεβρουαρίου και ολοκληρώθηκαν εντός 20 ημερών. Τόσο οι προβατίνες όσο και οι αίγες κατά την διάρκεια της πειραματικής φάσης είχαν στη διάθεσή τους, σε 24ωρη βάση, νερό.



**Εικόνα 2.1:** Οι προβατίνες κατά την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος στις ατομικές τους ταΐστρες.

Το κάθε πείραμα ολοκληρώθηκε εντός 43 ημερών. Πριν την έναρξης της πειραματικής φάσης, προηγήθηκε για 10 ημέρες η προπειραματική περίοδος για την προσαρμογή των ζώων. Η δυσκολία προσαρμογής οφείλεται στην αντίδραση των ζώων στο δέσιμο σε ατομικές ταΐστρες για να εφαρμοστεί η ατομική διατροφή. Στην αρχή υπήρξε άρνηση κατανάλωσης τροφής απ' τα ζώα. Ιδιαίτερα εμφανής ήταν η αντίδραση των αιγών λόγω της μεγαλύτερης ζωηρότητας και κινητικότητας των ζώων αυτών. Έτσι, για διάστημα 10 ημερών όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπήρξε διάστημα προσαρμογής, μέχρις ότου όλα τα ζώα να καταναλώνουν την χορηγηθείσα ποσότητα του σιτηρεσίου που αντιστοιχούσε στην κάλυψη των αναγκών τους.



**Εικόνα 2.2:** Αριστερά, οι αίγες κατά την διάρκεια της άμελξης στις ατομικές τους ταΐστρες. Δεξιά, η αμελκτική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα με τις αίγες.



Και στις δύο ομάδες των ζώων χρησιμοποιήθηκε σανός μηδικής ως ΧΖ. Όσον αναφορά στις ΣΖ, για μεν την ομάδα του μάρτυρα χρησιμοποιήθηκε αραβόσιτος, σογιάλευρο, πίτυρα σίτου και ισορροπιστής ανοργάνων στοιχείων και βιταμινών, ενώ για την ομάδα της επέμβασης χρησιμοποιήθηκε κριθή, σογιάλευρο, πίτυρα σίτου, ισορροπιστής ανοργάνων στοιχείων και βιταμινών, ιχθυέλαιο και σογιέλαιο. Η σύνθεση του μίγματος των ΣΖ παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:Εκατοστιαία σύνθεση μιγμάτων συμπυκνωμένων ζωοτροφών**

ΖΩΟΤΡΟΦΗ	ΟΜΑΔΑ	
	ΜΑΡΤΥΡΑ	ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ
Αραβόσιτος (%)	60	-
Κριθάρι (%)	-	47,5
Σογιάλευρο (%)	18	15
Πίτυρα (%)	17	26,5
Ισορροπιστής (%)	5	5
Ιχθυέλαιο (%)	-	1
Σογιέλαιο (%)	-	5

Στη διάρκεια του πειράματος τα ζώα διατρέφονταν ατομικά με σιτηρέσια που καταρτίστηκαν σύμφωνα με τις ανάγκες συντήρησης και γαλακτοπαραγωγής του κάθε ζώου (Ζέρβας κ.α., 2007), λαμβάνοντας υπόψη το σωματικό βάρος, την παραγόμενη ποσότητα και τη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος. Οι διατροφικές επεμβάσεις κάλυπταν το 100% των αναγκών των ζώων, ώστε να αποφευχθεί μεταβολή του σωματικού τους βάρους. Παρόλα αυτά, κατά την διάρκεια του πειράματος, παρατηρήθηκαν μεταβολές στα σωματικά βάρη των ζώων και ιδιαίτερα στις αίγες, με αποτέλεσμα να γίνουν προσαρμογές στην ποσότητα του σιτηρεσίου έτσι ώστε να καλύπτονται κατά το δυνατόν ακριβέστερα οι ανάγκες τους.

Το σιτηρέσιο χορηγούνταν ατομικά κατά μερίδες στα ζώα δύο φορές την ημέρα σε δύο ίσα γεύματα, στις 8:30 και 16:30. Όλα τα πρόβατα αμέλγονταν δύο φορές την ημέρα με τα χέρια, στις 8:00 και 17:00, ενώ στο πείραμα των αιγών το άμελγμα υλοποιήθηκε με αμελκτική μηχανή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Σε καθημερινή βάση καταγράφονταν η συνολική ποσότητα γάλακτος ανά ομάδα.

### 2.3. Δειγματοληψίες

Κατά τη διάρκεια του πειράματος στις προβατίνες πραγματοποιήθηκαν 4 δειγματοληψίες γάλακτος (7<sup>η</sup>, 14<sup>η</sup>, 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα )για κάθε ζώο ξεχωριστά, με σκοπό να ελεγχθεί η ποσότητα γάλακτος που παρήγαγε ατομικά η κάθε προβατίνα.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν 2 δειγματοληψίες αίματος (27<sup>η</sup> και 41<sup>η</sup> ημέρα) και γάλακτος (28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα) για κάθε ζώο ξεχωριστά, με σκοπό να ελεγχθεί το προφίλ των ΛΟ. Την ίδια ημέρα που γινόταν ατομική γαλακτομέτρηση λαμβάνονταν και ατομικά δείγματα γάλακτος για τη χημική ανάλυση, ακολουθώντας πάντα τους κανόνες δειγματοληψίας (ανάμειξη της πρωϊνής και της απογευματινής ποσότητας αμελχθέντος γάλακτος και λήψη δείγματος σε ποσοστό 10% της εκάστοτε αμελχθείσας ποσότητας).

Κατά την διεξαγωγή του πειράματος των αιγών πραγματοποιήθηκαν 6 δειγματοληψίες γάλακτος με τις αντίστοιχες χημικές τους αναλύσεις και 2 δειγματοληψίες αίματος και γάλακτος για την ανάλυση του προφίλ των ΛΟ. Όλες οι προβατίνες και οι αίγες ζυγίζονταν σε εβδομαδιαία βάση και καταγράφονταν τα σωματικά τους βάρη.



**Εικόνα 2.3:** Αριστερά, η ομαδική ζύγιση του γάλακτος. Δεξιά, τα δείγματα γάλακτος για τη χημική σύσταση.

Οι δειγματοληψίες για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης του γάλακτος των προβατινών πραγματοποιήθηκαν την 7<sup>η</sup>, 14<sup>η</sup>, 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος. Ενώ, των αιγών πραγματοποιήθηκαν την 7<sup>η</sup>, 14<sup>η</sup>, 21<sup>η</sup>, 28<sup>η</sup>, 35<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος. Η βιοψία μαστού και ουράς πραγματοποιήθηκε τόσο στις προβατίνες όσο και στις αίγες την 33<sup>η</sup> και 43<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος.

Σημειώνεται ότι μία προβατίνα ( αρ.261) από την ομάδα επέμβασης εμφάνισε από την δεύτερη εβδομάδα της δειγματοληψίας συμπτώματα μαστίτιδας και συνεπώς λόγω μη αναστολής της ασθένειας από τα αντιβιοτικά, εξαιρέθηκε από το πείραμα. Επίσης, μετά τη διεξαγωγή της βιοψίας μία προβατίνα (αρ.675) από την ομάδα επέμβασης εμφάνισε μαστίτιδα, ίσως από πιθανή μόλυνση του μαστού εξαιτίας της τομής για τη βιοψία οπότε διεκόπη η συμμετοχή της στην πειραματική διαδικασία.

Συνεπώς, η πειραματική διαδικασία περατώθηκε με τέσσερις προβατίνες απ' την ομάδα επέμβασης.

## **2.4.Προσδιορισμοί**

Στις προβατίνες και στις αίγες προσδιορίζονταν:

**α.** το σωματικό τους βάρος κάθε βδομάδα με ζυγό ακριβείας 0,1 kg.

**β.** η χημική σύσταση του γάλακτος (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη, ολικά στερεά άνευ λίπους και ολικά στερεά) με Milko Scan 133.

**γ.** τα λιπαρά οξέα του λίπους του γάλακτος, του πλάσματος του αίματος και των ζωοτροφών με αέριο χρωματογράφο (GC), Agilent.

Η χημική ανάλυση των ζωοτροφών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου, τόσο στις προβατίνες όσο και στις αίγες, έγινε με την αναλυτική τακτική Weende. Με την αναλυτική τακτική Weende προσδιορίστηκαν σε ποσοστό %, η ξηρά ουσία (ΞΟ), η τέφρα (Τ), οι αζωτούχες ουσίες (ΑΟ), οι λιπαρές ουσίες (ΛΟ) και οι ινώδεις ουσίες (ΙΟ).

Η χημική σύσταση του γάλακτος (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη, ολικά στερεά άνευ λίπους και ολικά στερεά) πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών με Milko Scan 133.

### **2.4.1. Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στο γάλα**

#### **2.4.1.α Παραλαβή λίπους γάλακτος**

Για την παραλαβή του λίπους του γάλακτος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Jiang κ.ά. (1996). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, σε δοκιμαστικό σωλήνα τύπου Falcon τοποθετούνται 8,5 ml ισοπροπανόλης και 11,25 ml εξανίου τα οποία αναδεύονται σε αναδευτήρα (vortex) για 3 min. Κατόπιν τοποθετούνται για φυγοκέντρηση στις 4000 rpm (2520 g) για 5 min στους 5°C. Μετά τη φυγοκέντρηση παρατηρείται διαχωρισμός δύο φάσεων. Στη συνέχεια, παραλαμβάνονται 10 ml από το υπερκείμενο και τοποθετούνται σε νέο δοκιμαστικό σωλήνα. Στο υποκείμενο προστίθενται 11,25 ml εξανίου και μετά από ανάδευση (vortex) φυγοκεντρείται εκ νέου στις ίδιες συνθήκες. Συλλέγονται εκ νέου 10 ml από το υπερκείμενο και ακολουθεί και νέα έκπλυση με 11,25 ml εξανίου. Έπειτα, στις συλλεχθείσες υπερκείμενες φάσεις προστίθενται 7,5 ml διαλύματος θειικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 0,47 M και επέρχεται διαχωρισμός φάσεων. Συλλέγονται 20 ml από το υπερκείμενο και τοποθετούνται σε ποτήρι ζέσεως. Το ποτήρι

ζέσεως μεταφέρεται σε κλίβανο στους 30°C για την παραλαβή του λίπους μετά την εξάτμιση του εξανίου (περίπου 20 ώρες).

#### 2.4.1.β. Μεθυλεστεροποίηση του λίπους του γάλακτος

Για τη μεθυλεστεροποίηση του λίπους του γάλακτος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Kelly κ.ά. (1998). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται 40 mg λίπους, 2 ml εξανίου και 40 μl οξικού μεθυλίου. Ακολουθεί καλή ανάδευση (vortex). Στη συνέχεια, προστίθενται 40 μl αντιδραστηρίου που παρασκευάζεται με την εξής αναλογία: 1,75 ml μεθανόλης και 0,4 ml μεθυλικού νατρίου (sodium methylate) 5,4 M. Αφού αναμειχθούν αφήνονται για επώαση για 10 min. Στη συνέχεια, προστίθενται 60 μl διαλύματος που παρασκευάζεται διαλύοντας 1g οξαλικού οξέος σε 30 ml διαιθυλαιθέρα. Κατόπιν γίνεται φυγοκέντρηση για 5 min στις 5000 στροφές. Παραλαμβάνονται 90 μl από την υγρή φάση και μαζί με 10 μl εσωτερικού προτύπου διαλύματος (standard) σφραγίζονται κατάλληλα για ανάλυση στον αέριο χρωματογράφο.

#### 2.4.2. Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στο πλάσμα του αίματος

Για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων του πλάσματος του αίματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Bondia-Pons κ.ά. (2004). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, σε πυρίμαχο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται 1 ml πλάσματος αίματος, 10 μl εσωτερικού προτύπου διαλύματος (standard) και 2 ml μεθυλικού νατρίου (0,5 % w/v) τα οποία θερμαίνονται στους 100°C για 15 min. Στη συνέχεια, αφού κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, προστίθενται 20 ml τριφθορικού βαρίου και θερμαίνονται εκ νέου στους 100°C για 15 min. Στη συνέχεια, αφού κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, προστίθεται 1 ml εξανίου και ακολουθεί ανάμειξη για 15 min. Έπειτα, προστίθενται 2 ml κορεσμένου διαλύματος χλωριούχου νατρίου και ακολουθεί φυγοκέντρηση για 8 min στις 5000 στροφές. Μετά τη φυγοκέντρηση, ακολουθεί προσθήκη άνυδρου θεικού νατρίου και η επάνω στρώση χρησιμοποιείται για ανάλυση σε αέριο χρωματογράφο.

#### 2.4.3. Μέθοδος προσδιορισμού των λιπαρών οξέων στις ζωοτροφές

##### 2.4.3.α Παραλαβή λίπους ζωοτροφών

Για την παραλαβή του λίπους των ζωοτροφών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Sánchez-Machado (2002). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή αρχικά παρασκευάζεται

διάλυμα πυροκατεχόλης, διαλύοντας 1g σε 5 ml μεθανόλης. Το διάλυμα της πυροκατεχόλης διατηρείται στους 4°C στο σκοτάδι και παρασκευάζεται εκ νέου κάθε φορά που διενεργείται προσδιορισμός. Στη συνέχεια, σε σωλήνα Falcon τοποθετούνται 1g αλεσμένου δείγματος ζωοτροφής, 800 ml διαλύματος πυροκατεχόλης και 20 ml KOH (0,5 M σε μεθανόλη). Ο σωλήνας αναδεύεται για 20 min και τοποθετείται σε υδατόλουτρο στους 80°C για 15 min. Κατά την παραμονή του στο υδατόλουτρο ο σωλήνας ανακινείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Έπειτα, ψύχεται σε πάγο και το περιεχόμενο του για λόγους ασφαλείας μεταφέρεται σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα στον οποίο προστίθενται 4 ml απεσταγμένου ύδατος και 20 ml εξανίου. Ο σωλήνας ανακινείται και κατόπιν φυγοκεντρείται στα 373 g για 2 min. Μετά τη φυγοκέντρωση παρατηρείται διαχωρισμός στρώσεων. Έτσι, συλλέγονται 15 ml από το υπερκείμενο και μεταφέρονται σε ποτήρι ζέσεως. Στο υπόλοιπο περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα προστίθενται 15 ml εξανίου και ο σωλήνας φυγοκεντρείται εκ νέου στις ίδιες στροφές. Μετά τη φυγοκέντρωση συλλέγονται 15 ml από το υπερκείμενο και τοποθετούνται και αυτά στο ίδιο ποτήρι ζέσεως. Το ποτήρι ζέσεως μεταφέρεται σε κλίβανο στους 30°C για εξάτμιση, για περίπου 20 ώρες.

#### 2.4.3.β. Μεθυλεστεροποίηση του λίπους των ζωοτροφών

Για τη μεθυλεστεροποίηση του λίπους των ζωοτροφών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Kelly κ.ά. (1998), η οποία περιγράφηκε λεπτομερώς παραπάνω (8.3.1.β).

Η ανάλυση των μεθυλεστέρων του λίπους του γάλακτος, του πλάσματος του αίματος και των ζωοτροφών έγιναν με αέριο χρωματογράφο της εταιρείας Perkin Elmer με στήλη Omegawax 320 (30m×0.32mm, Supelco, Sigma-Adrich Co., USA). Η θερμοκρασία του ανιχνευτή ρυθμίστηκε στους 220°C. Ως αέριο μεταφοράς χρησιμοποιήθηκε το ήλιο. Κάθε λιπαρό οξύ ταυτοποιήθηκε και ποσοτικοποιήθηκε με πρότυπο μίγμα μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων της Supelco, Sigma-Adrich Co., USA.

#### 2.4.4. Ομαδοποιήσεις των λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος, αθροισματικός δείκτης και έμμεσος προσδιορισμός της Δ-9 αφυδρογονάσης.

Οι ομαδοποιήσεις των λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος έγιναν ως εξής:

- Μικρής αλύσου λιπαρά οξέα (MIA) = C6:0 + C8:0 + C10:0 + C11:0
- Μεσαίας αλύσου λιπαρά οξέα (MEA) = C12:0 + C13:0 + C14:0 + C15:0

- Μακράς αλύσου λιπαρά οξέα (MA) = C16:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0 + C23:0 + C24:0
- Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ΠΑΚΛΟ) = CLA + C18:2n6c + C18:2n6t + C18:3n3c + C18:3n6c + C20:2 + C20:3n3c + C20:3n6c + C20:4 + C20:5 + C22:2
- Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MONA) = C14:1 + C15:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1 + VA + C20:1
- Ακόρεστα λιπαρά οξέα (A) = ΠΑΚΛΟ + MONA
- Κορεσμένα / Ακόρεστα (K/A) = (MIA + MEA + MA) / (ΠΑΚΛΟ + MONA)
- CLA: *cis*-9, *trans*-11 C18:2 και
- VA: *trans*-11 C18:1

Ο αθηρωματικός δείκτης (ΑΔ) υπολογίστηκε ως (C12:0+4C14:0 + C16:0) / A, όπως περιγράφεται από τους Ulbricht and Southgate (1991).

Ο προσδιορισμός της Δ-9 αφυδρογονάσης γίνεται έμμεσα, μέσω των λόγων των λιπαρών οξέων : C14:1/C14:0, C16:1/C16:0, C18:1/C18:0 και *cis*-9, *trans*-11 CLA/VA.

## 2.5. Στατιστική ανάλυση

Όλα τα αποτελέσματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ( $\pm$ SEM) για τις προβατίνες και για τις αίγες. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το γραμμικό μοντέλο (GLM) των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων της ανάλυσης διασποράς (ANOVA). Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS έκδοση 8.0

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### 3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### Α.Πείραμα προβάτων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η χημική ανάλυση των μιγμάτων ΣΖ και του σανού μηδικής. Η βασική διαφορά των μιγμάτων της ομάδας του μάρτυρα (Μίγμα Α) και της ομάδας της επέμβασης (Μίγμα Β) ήταν στις ΛΟ (3,05% έναντι 7,62%) και λιγότερο στις ΙΟ (3,85% έναντι 6,27%).

**Πίνακας 2:** Χημική ανάλυση ζωοτροφών κατά την αναλυτική τακτική WEENDE.

ΖΩΟΤΡΟΦΗ	ΞΟ(%)	% ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			
		Τ	ΑΟ	ΛΟ	ΙΟ
Μίγμα Α	89,39	7,98	16,65	3,05	3,85
Μίγμα Β	90,79	7,82	16,16	7,62	6,27
Σανός μηδικής	91,07	8,97	20,75	1,71	28,39

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται το προφίλ των ΛΟ των μιγμάτων Α και Β και του σανού μηδικής ως προς τα βασικότερα ΛΟ. Οι διαφορές στο προφίλ των ΛΟ μεταξύ των δύο μιγμάτων οφείλονται στην προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου στο μίγμα Β.

**Πίνακας 3:** Προφίλ λιπαρών οξέων ζωοτροφών

ΖΩΟΤΡΟΦΗ	% ΛΟ						
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	<i>cis</i> -9 C18:1	C18:2n6c	C18:3n3
Μίγμα Α	1,17	13,54	0,00	2,39	22,55	57,01	3,34
Μίγμα Β	0,82	14,52	1,05	3,61	21,11	54,51	4,39
Σανός μηδικής	2,51	39,41	0,00	7,48	5,24	25,24	20,12

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια καταναλισκόμενη ολική ποσότητα ξηράς ουσίας (από ΧΖ+ΣΖ) κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου όπου δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικώς σημαντική μεταβολή μεταξύ της ομάδας του μάρτυρα και της επέμβασης.

**Πίνακας 4:** Μέση ημερήσια καταναλισκόμενη ποσότητα ΞΟ προβατινών (Kg/ημέρα/ζώο) ( $\pm$  SEM) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	1,74 $\pm$ 0,077	1,93 $\pm$ 0,092	1,81 $\pm$ 0,063	1,76 $\pm$ 0,064
ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (E)	1,75 $\pm$ 0,085	1,92 $\pm$ 0,101	1,88 $\pm$ 0,069	1,86 $\pm$ 0,070
% M/E	100/102	100/100	100/105	100/107

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η μέση καταναλωθείσα ποσότητα λιπαρών οξέων από την τροφή ( $\Sigma Z+XZ$ ) όπου οι διαφορές στην ποσότητα και το είδος των ΛΟ οφείλονται στην προσθήκη του σογιέλαιου και του ιχθυελαίου.

**Πίνακας 5:** Μέση καταναλωθείσα ποσότητα λιπαρών οξέων με την τροφή (σανός μηδικής και μίγμα).

ΛΟ ΟΜΑΔΑ	g/ημέρα						
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	<i>cis</i> -9 C18:1	C18:2n6c	C18:3n3
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	0,754	10,353	0,000	1,909	7,759	21,498	4,186
ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (E)	1,095	18,552	0,866	4,226	18,281	49,159	6,979

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται το μέσο σωματικό βάρος των προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις όπου παρατηρείται μια μικρή μέση μεταβολή βάρους της τάξης του  $\pm 1$  kg περίπου. Ο στόχος ήταν το βάρος των ζώων να παραμείνει ει δυνατόν αμετάβλητο και επομένως μετά από κάθε ζύγιση ανάλογα με τη μείωση ή αύξηση του βάρους, η ποσότητα σιτηρεσίου αυξανόταν ή μειωνόταν αντίστοιχα.

**Πίνακας 6:** Μέσο σωματικό βάρος (Kg) ( $\pm$  SEM) των προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	62,25 $\pm$ 3,775	63,58 $\pm$ 4,067	63,50 $\pm$ 3,865	63,58 $\pm$ 3,986	65,42 $\pm$ 3,801	64,00 $\pm$ 3,825
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	61,20 $\pm$ 4,136	62,50 $\pm$ 4,455	63,00 $\pm$ 4,233	63,60 $\pm$ 4,366	64,30 $\pm$ 4,163	64,00 $\pm$ 3,825



Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται μία εμφανής πτώση της γαλακτοπαραγωγής κατά την πορεία διεξαγωγής του πειράματος λόγω της εξέλιξης της γαλακτικής περιόδου. Η ομαδική γαλακτοπαραγωγή εμφανίζει αύξηση κατά 29% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα.

**Πίνακας 7:** Μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα γάλακτος προβατινών (g/ημέρα/ζώο) ( $\pm$  SEM) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. Το γάλα αναφέρεται σε λιποπεριεκτικότητα 6%. (Η διορθωμένη ( $\Delta$ ) ποσότητα πρόβειου γάλακτος σε λιποπεριεκτικότητα 6% δίνεται από τον τύπο  $\Delta 6\% = (0,28 + 0,12 * \lambda) \Gamma$ , όπου  $\lambda$  = λιποπεριεκτικότητα γάλακτος % και  $\Gamma$  = ποσότητα γάλακτος σε kg.)

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	1.060 $\pm$ 91,9	1.032 $\pm$ 103,5	945 $\pm$ 105,8	814 $\pm$ 88,8
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	1.162 $\pm$ 100,6	1.212 $\pm$ 113,4	1.165 $\pm$ 115,9	1.050 $\pm$ 97,3
<b>% Μ/Ε</b>	100/110	100/117	100/123	100/129

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η μέση λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται μείωση της τάξεως του 14% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική.

**Πίνακας 8:** Μέση λιποπεριεκτικότητα % ( $\pm$  SEM) γάλακτος προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	7,59 $\pm$ 0,453	6,90 $\pm$ 0,410	7,37 $\pm$ 0,423	7,37 $\pm$ 0,448
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	7,49 $\pm$ 0,496	6,89 $\pm$ 0,450	6,53 $\pm$ 0,463	6,36 $\pm$ 0,490
<b>% Μ/Ε</b>	100/98	100/100	100/88	100/86

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια παραχθείσα ποσότητα λίπους του γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται αύξηση στην ομάδα επέμβασης κατά 25% χωρίς όμως αυτό να είναι στατιστικώς σημαντικό.

**Πίνακας 9:** Μέση ημερήσια παραχθείσα ποσότητα λίπους (g/ημέρα/ζώο) ( $\pm$  SEM) γάλακτος προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. (Ποσότητα λίπους=  $\Gamma^*\lambda\%$ )

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	67,3 $\pm$ 5,97	64,1 $\pm$ 6,52	59,6 $\pm$ 6,66	51,2 $\pm$ 5,51
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	73,7 $\pm$ 6,54	75,3 $\pm$ 7,14	71,3 $\pm$ 7,30	63,9 $\pm$ 6,04
<b>% Μ/Ε</b>	100/110	100/117	100/120	100/125

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η μέση πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται μείωση της τάξεως του 7% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως και αυτή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική.

**Πίνακας 10:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των προβατινών σε πρωτεΐνη (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	5,80 $\pm$ 0,230	5,61 $\pm$ 0,165	5,50 $\pm$ 0,186	5,64 $\pm$ 0,160
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	5,87 $\pm$ 0,252	5,57 $\pm$ 0,180	5,24 $\pm$ 0,204	5,24 $\pm$ 0,204
<b>% Μ/Ε</b>	100/101	100/99	100/95	100/93

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών σε λακτόζη όπου παρατηρείται μια μικρή αύξηση της τάξεως του 3% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα.

**Πίνακας 11: Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των προβατινών σε λακτόζη (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.**

ΟΜΑΔΑ \ ΗΜΕΡΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	5,28 $\pm$ 0,065	5,22 $\pm$ 0,055	5,11 $\pm$ 0,080	4,96 $\pm$ 0,074
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	5,32 $\pm$ 0,071	5,16 $\pm$ 0,060	5,29 $\pm$ 0,088	5,10 $\pm$ 0,081
<b>% Μ/Ε</b>	100/101	100/99	100/103	100/103

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε ΣΥΑΛ του γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντική μεταβολή μεταξύ της ομάδας του μάρτυρα και της ομάδας επέμβασης.

**Πίνακας 12: Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των προβατινών σε ΣΥΑΛ (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.**

ΟΜΑΔΑ \ ΗΜΕΡΑ	7 <sup>Η</sup>	14 <sup>Η</sup>	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	11,87 $\pm$ 0,239	11,63 $\pm$ 0,199	11,40 $\pm$ 0,220	11,40 $\pm$ 0,197
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	11,99 $\pm$ 0,261	11,53 $\pm$ 0,218	11,32 $\pm$ 0,241	11,19 $\pm$ 0,216
<b>% Μ/Ε</b>	100/101	100/99	100/99	100/98

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε στερεό υπόλειμμα του γάλακτος των προβατινών όπου παρατηρείται μη στατιστικώς σημαντική μεταβολή μεταξύ της ομάδας του μάρτυρα και της ομάδας επέμβασης όπως και το ΣΥΑΛ που αναφέρθηκε παραπάνω. Ωστόσο, είναι εμφανής μια μείωση της τάξεως του 8% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με αυτή του μάρτυρα.

**Πίνακας 13: Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των προβατινών σε στερεό υπόλειμμα (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.**

ΟΜΑΔΑ \ ΗΜΕΡΑ	7 <sup>η</sup>	14 <sup>η</sup>	28 <sup>η</sup>	42 <sup>η</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	19,46 $\pm$ 0,623	18,52 $\pm$ 0,600	18,77 $\pm$ 0,612	18,76 $\pm$ 0,619
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	19,48 $\pm$ 0,682	17,97 $\pm$ 0,657	17,51 $\pm$ 0,671	17,18 $\pm$ 0,678
<b>% Μ/Ε</b>	100/100	100/97	100/93	100/92

Πρέπει να αναφερθεί μία παρατήρηση που πιθανώς έχει κάποια σημαντική αξία. Στα συστατικά του γάλακτος που παρατηρήθηκε πιο αξιόλογη μείωση (δηλαδή σε πρωτεΐνες, ΣΥΑΛ, ΣΥ) η μείωση αυτή ακολούθησε τη γαλακτική καμπύλη και η κλίση της καμπύλης ήταν μεγαλύτερη την 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη ο πιθανός παράγων καταπόνησης του ζώου λόγω της βιοψίας μαστού και ουράς που πραγματοποιήθηκε στην 33<sup>η</sup> ημέρα δηλαδή σε χρονικό διάστημα 5 ημερών μετά την 3<sup>η</sup> δειγματοληψία και 9 ημερών πριν την 4<sup>η</sup> δειγματοληψία: ίσως αυτή η βιοψία να επέδρασε αρνητικά στην διαδικασία παραγωγής γάλακτος από τις προβατίνες.

**Πίνακας 14:** Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.

	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)					ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxΤ
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΞΟ (kg/ημέρα)	1,81	1,85	0,106	1,75	1,92	1,85	1,81	0,026	0,701 NS	0,000 ***	0,180 NS
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΗ 6% ΛΙΠΟΣ (g/ημέρα)	962,72	1.147,19	134,95	1.110,56	1.122,25	1.055,14	931,86	41,689	0,205 NS	0,001 ***	0,428 NS
ΛΙΠΟΣ (%)	7,31	6,82	0,614	7,54	6,90	6,95	6,86	0,154	0,448 NS	0,000 ***	0,006 **
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΙΠΟΥΣ (g/ημέρα)	60,54	71,05	8,520	70,52	69,68	65,46	57,53	2,671	0,248 NS	0,000 ***	0,679 NS
ΠΡΩΤΕΪΝΗ (%)	5,64	5,49	0,254	5,83	5,59	5,37	5,46	0,086	0,573 NS	0,000 ***	0,088 NS
ΛΑΚΤΟΣΗ (%)	5,14	5,22	0,082	5,30	5,19	5,20	5,03	0,048	0,371 NS	0,000 ***	0,100 NS
ΣΥΑΛ (%)	11,58	11,51	0,301	11,93	11,58	11,36	11,30	0,078	0,830 NS	0,000 ***	0,273 NS
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΑ (%)	18,88	18,03	0,863	19,47	18,24	18,14	17,97	0,226	0,354 NS	0,000 ***	0,009 **

	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)						ΕΠΙΔΡΑΣΗ			
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxΤ
ΣΩΜΑΤΙΚΑ ΒΑΡΗ (kg)	63,72	63,18	5,749	61,73	63,04	63,25	63,59	64,86	64,25	0,337	0,927 NS	0,000 ***	0,122 NS

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα % του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε ΛΟ.

**Πίνακας 15:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του λίπους του γάλακτος προβατινών σε ΛΟ (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις και στις 2 δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	Δ×Τ
<b>C4:0</b>	3,82	3,93	0,189	3,98	3,77	0,115	0,581 NS	0,095 NS	0,959 NS
<b>C6:0</b>	2,81 <sup>a</sup>	2,00 <sup>b</sup>	0,130	2,45	2,36	0,048	0,000 ***	0,080 NS	0,235 NS
<b>C8:0</b>	2,53 <sup>a</sup>	1,52 <sup>b</sup>	0,165	2,05	1,99	0,049	0,000 ***	0,272 NS	0,305 NS
<b>C10:0</b>	7,73 <sup>a</sup>	4,23 <sup>b</sup>	0,548	6,07	5,90	0,172	0,000 ***	0,332 NS	0,240 NS
<b>C11:0</b>	0,34 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,037	0,25	0,26	0,014	0,001 ***	0,315 NS	0,432 NS
<b>C12:0</b>	4,22 <sup>a</sup>	2,61 <sup>b</sup>	0,271	3,43	3,40	0,080	0,000 ***	0,686 NS	0,382 NS
<b>C13:0</b>	0,10	0,09	0,014	0,09	0,10	0,007	0,608 NS	0,312 NS	0,130 NS
<b>C14:0</b>	11,88 <sup>a</sup>	9,59 <sup>b</sup>	0,465	10,79	10,67	0,122	0,001 ***	0,337 NS	0,520 NS
<b>C14:1</b>	0,49	0,38	0,090	0,49 <sup>a</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,033	0,221 NS	0,009 **	0,009 **
<b>C15:0</b>	1,06 <sup>a</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,045	0,95	0,98	0,025	0,003 **	0,254 NS	0,641 NS
<b>C15:1</b>	0,26 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,019	0,23	0,22	0,014	0,004 **	0,623 NS	0,478 NS
<b>C16:0</b>	27,78	25,67	1,167	27,15 <sup>a</sup>	26,29 <sup>b</sup>	0,247	0,104 NS	0,007 **	0,049 *
<b>C16:1</b>	1,74 <sup>a</sup>	1,41 <sup>b</sup>	0,108	1,53	1,61	0,037	0,014 *	0,054 NS	0,567 NS
<b>C17:1</b>	0,22 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,017	0,19	0,17	0,017	0,001 ***	0,442 NS	0,229 NS
<b>C18:0</b>	8,34	7,53	0,860	7,76	8,12	0,212	0,371 NS	0,118 NS	0,178 NS
<b>C18:1 TRANS</b>	0,50 <sup>b</sup>	1,64 <sup>a</sup>	0,080	0,94	1,20	0,120	0,000 ***	0,060 NS	0,042 *
<b>VA</b>	1,58 <sup>b</sup>	9,48 <sup>a</sup>	0,821	5,61	5,46	0,543	0,000 ***	0,786 NS	0,500 NS
<b>CIS9 C18:1</b>	18,34	16,75	1,193	17,24	17,85	0,349	0,215 NS	0,114 NS	0,033 *
<b>TRANS10 C18:1</b>	0,51 <sup>b</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,036	0,70	0,70	0,021	0,000 ***	0,749 NS	0,482 NS
<b>C18:2n6t</b>	0,24 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,039	0,31	0,33	0,012	0,003 **	0,127 NS	0,540 NS
<b>C18:2n6c</b>	3,10	3,86	0,363	3,56	3,40	0,117	0,064 NS	0,219 NS	0,040 *

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	T	Δ×T
<b>C18:3n6</b>	0,07	0,07	0,003	0,06	0,07	0,002	0,484 NS	0,091 NS	0,313 NS
<b>C20:0</b>	0,26 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,039	0,31	0,33	0,012	0,013 *	0,286 NS	0,178 NS
<b>C18:3n3</b>	0,42	0,41	0,048	0,40	0,43	0,015	0,712 NS	0,079 NS	0,549 NS
<b>CLA1</b>	0,99 <sup>b</sup>	4,78 <sup>a</sup>	0,629	2,76	3,01	0,146	0,000 ***	0,116 NS	0,371 NS
<b>CLA2</b>	0,11 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,015	0,14	0,18	0,018	0,000 ***	0,065 NS	0,013 **
<b>C21:0</b>	0,10	0,08	0,012	0,09	0,09	0,005	0,207 NS	0,702 NS	0,149 NS
<b>C22:0</b>	0,16	0,15	0,023	0,16	0,16	0,011	0,824 NS	0,917 NS	0,800 NS
<b>C20:3/C22:1</b>	0,10 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,009	0,09	0,09	0,005	0,011 *	0,301 NS	0,041 *
<b>C23:0</b>	0,12	0,09	0,015	0,10	0,11	0,007	0,204 NS	0,099 NS	0,534 NS
<b>C22:2</b>	0,03	0,07	0,019	0,06	0,04	0,021	0,103 NS	0,311 NS	0,237 NS
<b>C24:0</b>	0,07	0,06	0,006	0,06	0,06	0,003	0,155 NS	0,245 NS	0,912 NS

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι το λίπος του γάλακτος των προβατινών στην ομάδα επέμβασης εμφάνισε στατιστικώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα ΛΟ: C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C15:1, C16:1 και C17:1 και υψηλότερες στα C18:1 *trans,trans*-11 C18:1 (VA), *trans*-10 C18:1, C18:2n6t, C20:0, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1) και *trans*-10,*cis*-12 C18:2 (CLA2) σε σχέση με το λίπος του γάλακτος των προβατινών της ομάδας του μάρτυρα. Αμετάβλητη συγκέντρωση παρουσίασε το C18:3n6.

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται οι σχέσεις των λιπαρών οξέων του γάλακτος των προβατινών.

**Πίνακας 16:** Σχέσεις ΛΟ ( $\pm$  SEM) (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στο γάλα προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΣΧΕΣΕΙΣ ΛΟ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>Η</sup>	42 <sup>Η</sup>	SEM	Δ	Τ	Δ×Τ
ΜΙΑ	17,23 <sup>a</sup>	11,85 <sup>b</sup>	0,729	14,80	14,27	0,305	0,000 ***	0,118 NS	0,287 NS
ΜΕΑ	45,03 <sup>a</sup>	38,83 <sup>b</sup>	1,287	42,42 <sup>a</sup>	41,44 <sup>b</sup>	0,395	0,001 ***	0,036 *	0,114 NS
ΜΑ	8,95	8,22	0,902	8,39	8,78	0,233	0,443 NS	0,126 NS	0,190 NS
ΠΑΚΛΟ	5,06 <sup>b</sup>	9,87 <sup>a</sup>	0,821	7,38	7,54	0,212	0,000 ***	0,469 NS	0,694 NS
ΜΟΝΑ	23,64 <sup>b</sup>	31,15 <sup>a</sup>	0,905	26,92 <sup>b</sup>	27,87 <sup>a</sup>	0,387	0,000 ***	0,037 *	0,147 NS
Κ/Α	2,51 <sup>a</sup>	1,44 <sup>b</sup>	0,141	2,04 <sup>a</sup>	1,91 <sup>b</sup>	0,050	0,000 ***	0,026 *	0,057 NS
ΑΔ	2,80 <sup>a</sup>	1,63 <sup>b</sup>	0,185	2,30 <sup>a</sup>	2,14 <sup>b</sup>	0,060	0,000 ***	0,029 *	0,059 NS
C14:1/C14:0	0,04	0,04	0,010	0,05 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,003	0,756 NS	0,042 *	0,016 *
C16:1/C16:0	0,07	0,06	0,006	0,06 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,002	0,114 NS	0,003 **	0,840 NS
C18:1/C18:0	2,34	2,70	0,331	2,52	2,52	0,039	0,298 NS	0,963 NS	0,997 NS
CLA1/VA	0,64 <sup>a</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,065	0,56	0,57	0,019	0,048 *	0,681 NS	0,171 NS
ω3/ω6	0,15 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,005	0,13	0,14	0,003	0,000 ***	0,056 NS	0,484 NS

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΜΙΑ και ΜΕΑ, ενώ οι λόγοι των ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις ήταν: Κ/Α, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1)/*trans*-11 C18:1 (VA) και ω3/ω6 καθώς και ο ΑΔ. Αμετάβλητος παρέμεινε ο λόγος C14:1/C14:0.



Στον Πίνακα 17 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα % του λίπους του αίματος προβατινών.

**Πίνακας 17: Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) σε ΛΟ (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στο αίμα προβατινών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις και στις 2 δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.**

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ( $\Delta$ )			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (T)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	27 <sup>H</sup>	41 <sup>H</sup>	SEM	$\Delta$	T	$\Delta \times T$
<b>C14:0</b>	0,48 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,064	0,38	0,41	0,058	0,028 *	0,644 NS	0,072 NS
<b>C14:1</b>	0,16	0,14	0,030	0,12	0,18	0,031	0,448 NS	0,061 NS	0,068 *
<b>C15:0</b>	0,67 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,069	0,55	0,63	0,071	0,041 *	0,283 NS	0,475 NS
<b>C15:1</b>	0,20	0,18	0,041	0,15	0,23	0,048	0,560 NS	0,124 NS	0,124 NS
<b>C16:0</b>	17,20 <sup>a</sup>	13,96 <sup>b</sup>	0,463	15,62	15,55	0,331	0,000 ***	0,845 NS	0,015 *
<b>C16:1</b>	0,79	0,66	0,072	0,82 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,105	0,118 NS	0,092 *	0,841 NS
<b>C17:0</b>	1,01	0,86	0,079	0,88	0,98	0,115	0,080 NS	0,413 NS	0,377 NS
<b>C17:1</b>	0,23	0,24	0,060	0,22	0,24	0,075	0,912 NS	0,794 NS	0,715 NS
<b>C18:0</b>	24,49	21,16	1,609	22,40	23,25	0,726	0,068 NS	0,271 NS	0,052 NS
<b>C18:1 TRANS</b>	0,49 <sup>b</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,122	0,70	0,57	0,081	0,047 *	0,156 NS	0,527 NS
<b>VA</b>	1,25 <sup>b</sup>	5,87 <sup>a</sup>	1,088	3,53	3,59	0,490	0,002 **	0,913 NS	0,700 NS
<b>CIS9 C18:1</b>	12,79 <sup>a</sup>	9,92 <sup>b</sup>	1,106	11,14	11,57	0,631	0,029 *	0,506 NS	0,619 NS
<b>TRANS10 C18:1</b>	1,03	0,89	0,075	0,97	0,94	0,066	0,100 NS	0,473 NS	0,969 NS
<b>C18:2n6t</b>	0,43 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,050	0,40	0,34	0,059	0,036 *	0,294 NS	0,095 NS
<b>C18:2n6c</b>	29,65 <sup>b</sup>	35,14 <sup>a</sup>	1,312	33,11	31,68	0,744	0,002 **	0,086 NS	0,382 NS
<b>C18:3n6</b>	0,38	0,30	0,073	0,34	0,34	0,076	0,257 NS	0,929 NS	0,130 NS
<b>C18:3n3</b>	1,61	1,66	0,111	1,63	1,64	0,096	0,681 NS	0,960 NS	0,960 NS
<b>CLA1</b>	0,17	0,14	0,126	0,26	0,05	0,116	0,800 NS	0,106 NS	0,428 NS
<b>CLA2</b>	0,18	0,16	0,157	0,23	0,11	0,131	0,941 NS	0,391 NS	0,721 NS
<b>CLA3</b>	0,01	0,06	0,027	0,02	0,06	0,037	0,076 NS	0,282 NS	0,564 NS
<b>C21:0</b>	0,03 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,063	0,17	0,24	0,054	0,000 ***	0,217 NS	0,742 NS

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	27 <sup>H</sup>	41 <sup>H</sup>	SEM	Δ	T	Δ×T
<b>C20:3</b>	0,38 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,052	0,34	0,23	0,086	0,005 **	0,201 NS	0,223 NS
<b>C22:0</b>	0,55	0,45	0,105	0,56	0,45	0,098	0,366 NS	0,275 NS	0,275 NS
<b>C20:3/C22:1</b>	2,45 <sup>a</sup>	1,62 <sup>b</sup>	0,169	2,14 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	0,090	0,001 ***	0,047 *	0,418 NS
<b>C20:4</b>	0,21	0,15	0,093	0,24	0,12	0,089	0,538 NS	0,213 NS	0,341 NS
<b>C23:0</b>	0,50 <sup>b</sup>	1,73 <sup>a</sup>	0,160	1,08	1,16	0,057	0,000 ***	0,199 NS	0,009 **
<b>C24:0</b>	0,62 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,093	0,40	0,59	0,105	0,026 *	0,095 NS	0,498 NS
<b>C24:1</b>	0,41 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,070	0,24	0,35	0,077	0,011 *	0,173 NS	0,285 NS
<b>C22:6</b>	1,64	1,69	0,334	1,37 <sup>b</sup>	1,96 <sup>a</sup>	0,240	0,880 NS	0,036 *	0,033 *

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, τα ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στο πλάσμα του αίματος των προβατινών της ομάδας της επέμβασης ήταν: C14:0, C15:0, C16:0, *cis*-9 C18:1, C18:2n6t, C20:3, C24:0 και C24:1.

Επίσης, στατιστικώς σημαντική αύξηση παρουσίασαν τα ΛΟ: C18:1 *trans*, *trans*-11 C18:1 (VA), C18:2n6c, C21:0 και C23:0.

## Β.Πείραμα αγών

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζεται η χημική ανάλυση των μιγμάτων ΣΖ και του σανού μηδικής. Η βασική διαφορά των μιγμάτων της ομάδας του μάρτυρα (Μίγμα Α) και της ομάδας της επέμβασης (Μίγμα Β) ήταν στις ΛΟ (3,05% έναντι 7,62%) και λιγότερο στις ΙΟ (3,85% έναντι 6,27%).

**Πίνακας 18:** Χημική ανάλυση ζωοτροφών κατά την αναλυτική τακτική WEENDE.

ΖΩΟΤΡΟΦΗ	ΞΟ(%)	% ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			
		Τ	ΑΟ	ΛΟ	ΙΟ
Μίγμα Α	89,39	7,98	16,65	3,05	3,85
Μίγμα Β	90,79	7,82	16,16	7,62	6,27
Σανός μηδικής	91,35	8,90	17,98	1,62	29,22

Στον Πίνακα 19 παρουσιάζεται το προφίλ των ΛΟ των μιγμάτων Α και Β και του σανού μηδικής ως προς τα βασικότερα ΛΟ. Οι διαφορές στο προφίλ των ΛΟ μεταξύ των δύο μιγμάτων οφείλονται στην προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου στο μίγμα Β.

**Πίνακας 19:** Προφίλ λιπαρών οξέων ζωοτροφών

ΖΩΟΤΡΟΦΗ	% ΛΟ						
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	<i>cis</i> -9 C18:1	C18:2n6c	C18:3n3
Μίγμα Α	1,17	13,54	0,00	2,39	22,55	57,01	3,34
Μίγμα Β	0,82	14,52	1,05	3,61	21,11	54,51	4,39
Σανός μηδικής	2,09	37,47	0,00	7,84	5,00	24,99	22,62

Στον Πίνακα 20 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια καταναλισκόμενη ολική ποσότητα ξηράς ουσίας (από ΧΖ+ΣΖ) κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου όπου δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικώς σημαντική μεταβολή μεταξύ της ομάδας του μάρτυρα και της επέμβασης.

**Πίνακας 20:** Μέση ημερήσια καταναλισκόμενη ποσότητα ΞΟ αγών (Kg/ημέρα/ζώο) ( $\pm$  SEM) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>η</sup>	14 <sup>η</sup>	21 <sup>η</sup>	28 <sup>η</sup>	35 <sup>η</sup>	42 <sup>η</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑ (Μ)	1,86 $\pm$ 0,104	2,10 $\pm$ 0,113	2,15 $\pm$ 0,111	2,16 $\pm$ 0,107	2,10 $\pm$ 0,118	2,16 $\pm$ 0,112
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)	1,99 $\pm$ 0,104	2,16 $\pm$ 0,113	2,24 $\pm$ 0,111	2,19 $\pm$ 0,107	2,13 $\pm$ 0,118	2,16 $\pm$ 0,112
% Μ/Ε	100/106	100/103	100/105	100/101	100/101	100/100

Στον Πίνακα 21 παρουσιάζεται η μέση καταναλωθείσα ποσότητα λιπαρών οξέων από την τροφή (ΣΖ+ΧΖ) όπου οι διαφορές στην ποσότητα και το είδος των ΛΟ οφείλονται στην προσθήκη του σογιέλαιου και του ιχθυελαίου.

**Πίνακας 21: Μέση καταναλωθείσα ποσότητα λιπαρών οξέων με την τροφή (σανός μηδικής και μίγμα).**

ΛΟ ΟΜΑΔΑ	g/ημέρα						
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	<i>cis</i> -9 C18:1	C18:2n6c	C18:3n3
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	0,802	11,794	0,000	2,314	8,775	24,523	5,442
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (Ε)</b>	1,141	20,283	0,961	4,768	20,263	54,574	8,239

Στον Πίνακα 22 παρουσιάζεται το μέσο σωματικό βάρος των αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις όπου παρατηρείται μια μικρή μέση μεταβολή βάρους της τάξης του  $\pm 3$  kg περίπου. Αυτή η συνεχής αύξηση του σωματικού βάρους των ζώων οδηγεί στο συμπέρασμα της ύπαρξης πλεονάσματος ενέργειας στο σύνολο. Ο στόχος ήταν το βάρος των ζώων να παραμείνει ει δυνατόν αμετάβλητο και επομένως μετά από κάθε ζύγιση ανάλογα με τη μείωση ή αύξηση του βάρους, η ποσότητα σιτηρεσίου αυξανόταν ή μειωνόταν αντίστοιχα. Η μικρή μεταβολή του σωματικού βάρους που καταγράφηκε μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογική.

**Πίνακας 22: Μέσο σωματικό βάρος ( Kg) ( $\pm$  SEM) των αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου.**

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)</b>	42,58 $\pm$ 2,868	44,58 $\pm$ 2,934	45,50 $\pm$ 3,043	44,75 $\pm$ 2,998	45,67 $\pm$ 2,945	44,92 $\pm$ 2,819
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)</b>	42,92 $\pm$ 2,868	44,67 $\pm$ 2,934	45,00 $\pm$ 3,043	45,17 $\pm$ 2,998	46,58 $\pm$ 2,945	45,92 $\pm$ 2,819

Στον Πίνακα 23 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα γάλακτος των αιγών όπου παρατηρείται μία εμφανής πτώση της γαλακτοπαραγωγής κατά την πορεία διεξαγωγής του πειράματος λόγω της εξέλιξης της γαλακτικής περιόδου. Η ομαδική γαλακτοπαραγωγή εμφανίζει αύξηση κατά 23% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα.

**Πίνακας 23:** Μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα γάλακτος αιγών (g/ημέρα/ζώο) ( $\pm$  SEM) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. Το γάλα αναφέρεται σε λιποπεριεκτικότητα 4%. (Η διορθωμένη ( $\Delta$ ) ποσότητα αίγιου γάλακτος σε λιποπεριεκτικότητα 4% δίνεται από τον τύπο  $\Delta 4\% = (0,4 + 0,15 * \lambda) \Gamma$ , όπου  $\lambda$  = λιποπεριεκτικότητα γάλακτος % και  $\Gamma$  = ποσότητα γάλακτος σε kg. )

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	2.365 $\pm$ 244,2	2.267 $\pm$ 226,6	2.218 $\pm$ 230,0	2.244 $\pm$ 236,3	2.147 $\pm$ 260,5	2.014 $\pm$ 207,8
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	2.550 $\pm$ 244,2	2.705 $\pm$ 226,6	2.755 $\pm$ 230,0	2.614 $\pm$ 236,3	2.491 $\pm$ 260,5	2.474 $\pm$ 207,8
% M/E	100/108	100/119	100/124	100/116	100/116	100/123

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζεται η μέση λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος των αιγών η οποία ήταν σχεδόν σταθερή σε κάθε ομάδα κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. Ωστόσο, στις αίγες παρατηρήθηκε αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος της τάξεως του 18% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική.

**Πίνακας 24:** Μέση λιποπεριεκτικότητα % ( $\pm$  SEM) γάλακτος αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	3,66 $\pm$ 0,236	3,47 $\pm$ 0,233	3,33 $\pm$ 0,245	3,34 $\pm$ 0,231	3,03 $\pm$ 0,225	3,21 $\pm$ 0,186
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	4,14 $\pm$ 0,236	3,98 $\pm$ 0,233	3,99 $\pm$ 0,245	4,00 $\pm$ 0,231	3,57 $\pm$ 0,225	3,78 $\pm$ 0,186
% M/E	100/113	100/115	100/120	100/120	100/118	100/118

Στον Πίνακα 25 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια παραχθείσα ποσότητα λίπους στο γάλα των αιγών όπου παρατηρείται αύξηση κατά 30% στην ομάδα επέμβασης χωρίς να είναι αυτό στατιστικώς σημαντικό.

**Πίνακας 25:** Μέση ημερήσια παραχθείσα ποσότητα λίπους ( $\pm$  SEM) γάλακτος αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. (Ποσότητα λίπους=  $\Gamma$ \*λ%)

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	90,6 $\pm$ 8,23	84,9 $\pm$ 7,17	82,2 $\pm$ 8,77	83,1 $\pm$ 8,02	76,0 $\pm$ 8,88	73,1 $\pm$ 6,64
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	101,8 $\pm$ 8,23	106,0 $\pm$ 7,17	108,6 $\pm$ 8,77	102,5 $\pm$ 8,02	93,3 $\pm$ 8,88	95,3 $\pm$ 6,64
% M/E	100/124	100/125	100/132	100/123	100/123	100/130

Στον Πίνακα 26 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του γάλακτος των αιγών όπου παρατηρείται ότι η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα του γάλακτος των αιγών παρουσίασε αύξηση μετά την πάροδο ενός χρονικού διαστήματος τριών εβδομάδων κατά το οποίο οι αίγες προσαρμόστηκαν στις νέες διατροφικές συνήθειες. Παρόλα αυτά, η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα εμφάνισε μια μείωση της τάξεως του 8% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα.

**Πίνακας 26:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των αιγών σε πρωτεΐνη (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	2,78 $\pm$ 0,103	2,76 $\pm$ 0,090	2,77 $\pm$ 0,085	2,87 $\pm$ 0,084	2,96 $\pm$ 0,119	2,88 $\pm$ 0,080
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	2,52 $\pm$ 0,103	2,53 $\pm$ 0,090	2,49 $\pm$ 0,085	2,61 $\pm$ 0,084	2,70 $\pm$ 0,119	2,64 $\pm$ 0,080
% M/E	100/90	100/92	100/90	100/91	100/91	100/92

Στον Πίνακα 27 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε λακτόζη του γάλακτος των αιγών όπου παρατηρείται μία μικρή πτώση σε κάθε ομάδα κατά την διάρκεια της εξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας, αλλά ανάμεσα στην ομάδα του μάρτυρα και της επέμβασης δεν παρουσιάζεται καμία μεταβολή. Αυτή η μεταβολή των

επιπέδων της λακτόζης ίσως θα μπορούσε να ερμηνευθεί με την ολοένα και περισσότερη μεταβολική διάσπαση της γλυκόζης (γλυκόλυση) προς παραγωγή ενέργειας με τη μορφή ATP που είναι απαραίτητη για να συντηρήσει την ενεργοβόρα διαδικασία της γαλακτοπαραγωγής.

**Πίνακας 27:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των αιγών σε λακτόζη (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	4,66 $\pm$ 0,089	4,62 $\pm$ 0,087	4,58 $\pm$ 0,069	4,57 $\pm$ 0,065	4,39 $\pm$ 0,071	4,38 $\pm$ 0,039
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	4,51 $\pm$ 0,089	4,51 $\pm$ 0,087	4,48 $\pm$ 0,069	4,53 $\pm$ 0,065	4,34 $\pm$ 0,071	4,39 $\pm$ 0,039
% M/E	100/97	100/98	100/98	100/99	100/99	100/100

Στον Πίνακα 28 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα του γάλακτος των αιγών σε ΣΥΑΛ όπου παρατηρείται μια μείωση της τάξεως του 3% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, χωρίς να είναι στατιστικώς σημαντική.

**Πίνακας 28:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος των αιγών σε ΣΥΑΛ (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (M)	8,23 $\pm$ 0,182	8,18 $\pm$ 0,164	8,14 $\pm$ 0,145	8,24 $\pm$ 0,140	8,14 $\pm$ 0,150	8,05 $\pm$ 0,111
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (E)	7,83 $\pm$ 0,182	7,84 $\pm$ 0,164	7,77 $\pm$ 0,145	7,94 $\pm$ 0,140	7,84 $\pm$ 0,150	7,84 $\pm$ 0,111
% M/E	100/95	100/96	100/95	100/96	100/96	100/97

Στον Πίνακα 29 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε στερεό υπόλειμμα του γάλακτος των αιγών όπου παρατηρείται μια αύξηση της τάξεως του 3% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, χωρίς να είναι στατιστικώς σημαντική.

**Πίνακας 29:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος αιγών σε στερεό υπόλειμμα (%) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΗΜΕΡΑ ΟΜΑΔΑ	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (Μ)	11,88 $\pm$ 0,395	11,64 $\pm$ 0,381	11,47 $\pm$ 0,364	11,58 $\pm$ 0,348	11,17 $\pm$ 0,347	11,26 $\pm$ 0,276
ΕΠΕΜΒΑΣΗ (Ε)	11,97 $\pm$ 0,395	11,81 $\pm$ 0,381	11,75 $\pm$ 0,364	11,93 $\pm$ 0,348	11,40 $\pm$ 0,347	11,61 $\pm$ 0,276
% Μ/Ε	100/101	100/101	100/102	100/103	100/102	100/103



**Πίνακας 30: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.**

	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)							ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	7 <sup>H</sup>	14 <sup>H</sup>	21 <sup>H</sup>	28 <sup>H</sup>	35 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxΤ
<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΞΟ (kg/ημέρα)</b>	2,09	2,15	0,154	1,92	2,13	2,20	2,18	2,11	2,16	0,020	0,717 NS	0,000 ***	0,055 NS
<b>ΣΩΜΑΤΙΚΑ ΒΑΡΗ (kg)</b>	44,67	45,04	4,134	42,75	44,63	45,25	44,96	46,13	45,42	0,289	0,930 NS	0,000 ***	0,136 NS
<b>ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΗ 4% ΛΙΠΟΣ (g/ημέρα)</b>	2.209,08	2.598,03	323,865	2.457,62	2.486,13	2.486,48	2.428,79	2.318,62	2.243,71	55,151	0,257 NS	0,000 ***	0,061 NS
<b>ΛΙΠΟΣ (%)</b>	3,34	3,91	0,290	3,90	3,72	3,66	3,67	3,30	3,50	0,104	0,077 NS	0,000 ***	0,948 NS
<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΙΠΟΥΣ (g/ημέρα)</b>	81,65	101,23	10,625	96,16	95,45	95,37	92,83	84,66	84,16	2,920	0,095 NS	0,000 ***	0,221 NS
<b>ΠΡΩΤΕΪΝΗ (%)</b>	2,84	2,58	0,116	2,65	2,64	2,63	2,74	2,83	2,76	0,046	0,054 NS	0,001 ***	0,998 NS
<b>ΛΑΚΤΟΖΗ (%)</b>	4,53	4,46	0,088	4,58	4,57	4,53	4,55	4,36	4,39	0,037	0,448 NS	0,000 ***	0,366 NS
<b>ΣΥΑΛ (%)</b>	8,16	7,84	0,199	8,03	8,01	7,96	8,09	7,99	7,94	0,053	0,138 NS	0,130 NS	0,660 NS
<b>ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΑ (%)</b>	11,50	11,75	0,467	11,92	11,73	11,61	11,76	11,29	11,44	0,135	0,606 NS	0,000 ***	0,920 NS

Στον Πίνακα 31 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα του γάλακτος των αιγών σε ΛΟ.

**Πίνακας 31:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) του γάλακτος αιγών (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στις δύο διατροφικές επεμβάσεις και στις 2 δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxT
C4:0	2,80	2,83	0,139	2,86	2,76	0,069	0,825 NS	0,186 NS	0,743 NS
C6:0	2,88	2,77	0,100	2,86	2,79	0,041	0,288 NS	0,117 NS	0,768 NS
C8:0	3,30	2,98	0,179	3,16	3,12	0,033	0,112 NS	0,191 NS	0,901 NS
C10:0	11,77 <sup>a</sup>	9,36 <sup>b</sup>	0,502	10,65	10,47	0,100	0,001 ***	0,093 NS	0,061 NS
C11:0	0,17	0,17	0,015	0,18	0,16	0,029	0,672 NS	0,580 NS	0,867 NS
C12:0	4,95 <sup>a</sup>	3,21 <sup>b</sup>	0,280	4,02	4,14	0,065	0,000 ***	0,098 NS	0,579 NS
C13:0	0,08	0,08	0,006	0,07	0,09	0,006	0,251 NS	0,080 NS	0,705 NS
C14:0	10,44 <sup>a</sup>	8,32 <sup>b</sup>	0,331	9,21 <sup>b</sup>	9,54 <sup>a</sup>	0,145	0,000 ***	0,047 *	0,610 NS
C14:1	0,37 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,042	0,26	0,36	0,063	0,019 *	0,149 NS	0,692 NS
C15:0	0,86	0,82	0,080	0,86	0,83	0,050	0,621 NS	0,637 NS	0,194 NS
C15:1	0,31	0,20	0,061	0,23	0,28	0,051	0,116 NS	0,332 NS	0,207 NS
C16:0	27,33	24,63	1,294	26,30	25,67	0,326	0,063 NS	0,083 NS	0,483 NS
C16:1	0,84	0,94	0,084	0,94	0,84	0,062	0,247 NS	0,143 NS	0,854 NS
C17:1	0,18	0,17	0,008	0,14 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,016	0,220 NS	0,003 **	0,959 NS
C18:0	10,65 <sup>a</sup>	6,98 <sup>b</sup>	0,787	8,47 <sup>b</sup>	9,16 <sup>a</sup>	0,185	0,001 ***	0,004 **	0,302 NS
C18:1 TRANS	0,35 <sup>b</sup>	1,46 <sup>a</sup>	0,163	1,02	0,80	0,193	0,000 ***	0,287 NS	0,857 NS
VA	1,91 <sup>b</sup>	10,83 <sup>a</sup>	1,344	7,27	5,47	1,037	0,000 ***	0,113 NS	0,997 NS
C15:0 C18:1	15,24	13,34	0,963	13,45	15,13	1,008	0,077 NS	0,128 NS	0,848 NS
TRANS10 C18:1	0,53 <sup>b</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,031	0,69	0,74	0,032	0,000 ***	0,141 NS	0,244 NS
C18:2n6t	0,21	0,24	0,024	0,24	0,21	0,014	0,237 NS	0,059 NS	0,409 NS
C18:2n6c	3,01 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	0,299	3,42	3,61	0,096	0,007 **	0,074 NS	0,598 NS

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	Δ×Τ
<b>C18:3n6</b>	0,06	0,07	0,004	0,07	0,07	0,007	0,059 NS	0,736 NS	0,163 NS
<b>C20:0</b>	0,19	0,20	0,015	0,21	0,18	0,016	0,450 NS	0,108 NS	0,242 NS
<b>C18:3n3</b>	0,40	0,45	0,043	0,41	0,45	0,020	0,260 NS	0,085 NS	0,112 NS
<b>CLA1</b>	0,57 <sup>b</sup>	4,05 <sup>a</sup>	0,376	2,44	2,17	0,149	0,000 ***	0,103 NS	0,153 NS
<b>CLA2</b>	0,08 <sup>b</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,010	0,16	0,17	0,008	0,000 ***	0,477 NS	0,273 NS
<b>C21:0</b>	0,06	0,08	0,009	0,06 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,008	0,095 NS	0,043 *	0,009 **
<b>C22:0</b>	0,07	0,08	0,007	0,09 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,006	0,103 NS	0,000 ***	0,057 NS
<b>C20:3/C22:1</b>	0,13	0,11	0,010	0,09 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,006	0,080 NS	0,000 ***	0,560 NS
<b>C23:0</b>	0,07 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,006	0,07	0,08	0,013	0,014 *	0,950 NS	0,753 NS
<b>C22:2</b>	0,00 <sup>b</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,006	0,02 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,006	0,008 **	0,003 **	0,008 **
<b>C24:0</b>	0,06 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,007	0,07 <sup>b</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,008	0,000 ***	0,004 **	0,006 **

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι το λίπος του γάλακτος των αιγών στην ομάδα επέμβασης εμφάνισε στατιστικώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα ΛΟ: C10:0, , C12:0, C14:0, C14:1, C18:0 και υψηλότερες στα C18:1 *trans,trans*-11 C18:1 (VA), *trans*-10 C18:1, C18:2n6c, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1), *trans*-10,*cis*-12 C18:2 (CLA2), C23:0, C22:2 και C24:0 σε σχέση με το λίπος του γάλακτος των αιγών της ομάδας του μάρτυρα. Αμετάβλητη συγκέντρωση παρουσίασε το C11:0.

Στον Πίνακα 32 παρουσιάζονται οι σχέσεις των ΛΟ του γάλακτος των αιγών.

**Πίνακας 32:** Σχέσεις ΛΟ ( $\pm$  SEM) (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στο γάλα αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΣΧΕΣΕΙΣ ΛΟ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	Δ×Τ
ΜΙΑ	20,91 <sup>a</sup>	18,10 <sup>b</sup>	0,714	19,72 <sup>a</sup>	19,30 <sup>b</sup>	0,185	0,003 **	0,046 *	0,378 NS
ΜΕΑ	43,67 <sup>a</sup>	37,06 <sup>b</sup>	1,328	40,46	40,27	0,397	0,001 ***	0,639 NS	0,519 NS
ΜΑ	11,18 <sup>a</sup>	7,45 <sup>b</sup>	0,700	8,91 <sup>b</sup>	9,72 <sup>a</sup>	0,197	0,000 ***	0,002 **	0,802 NS
ΠΑΚΛΟ	4,45 <sup>b</sup>	9,21 <sup>a</sup>	0,571	6,85	6,81	0,163	0,000 ***	0,811 NS	0,119 NS
ΜΟΝΑ	19,72 <sup>b</sup>	28,10 <sup>a</sup>	0,987	24,00	23,82	0,349	0,000 ***	0,629 NS	0,521 NS
Κ/Α	3,16 <sup>a</sup>	1,69 <sup>b</sup>	0,156	2,42	2,43	0,064	0,000 ***	0,990 NS	0,488 NS
ΑΔ	3,09 <sup>a</sup>	1,65 <sup>b</sup>	0,163	2,36	2,39	0,075	0,000 ***	0,705 NS	0,787 NS
C14:1/C14:0	0,04	0,03	0,004	0,03	0,04	0,006	0,128 NS	0,093 NS	0,889 NS
C16:1/C16:0	0,03	0,04	0,004	0,04	0,03	0,002	0,119 NS	0,177 NS	0,485 NS
C18:1/C18:0	1,52 <sup>b</sup>	2,27 <sup>a</sup>	0,126	1,91	1,88	0,137	0,000 ***	0,795 NS	0,629 NS
CLA1/VA	0,45	0,65	0,299	0,36	0,75	0,305	0,517 NS	0,233 NS	0,563 NS
ω3/ω6	0,16 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,012	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,005	0,042 *	0,021 *	0,036 *

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΜΙΑ, ΜΕΑ και ΜΑ, ενώ οι λόγοι των ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις ήταν: Κ/Α και ω3/ω6 καθώς και ο ΑΔ.

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές αυξήσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΠΑΚΛΟ και ΜΟΝΑ, καθώς και ο λόγος C18:1/C18:0.

Στον Πίνακα 33 παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα του λίπους του αίματος σε ΛΟ.

**Πίνακας 33:** Μέση περιεκτικότητα ( $\pm$  SEM) σε ΛΟ (g/100 g ολικών λιπαρών οξέων) στο αίμα αιγών στις δύο διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	28 <sup>H</sup>	42 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxT
<b>C14:0</b>	0,46 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,031	0,42 <sup>a</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,023	0,000 ***	0,009 **	0,207 NS
<b>C14:1</b>	0,18 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,019	0,15	0,15	0,021	0,009 **	0,819 NS	0,410 NS
<b>C15:0</b>	0,62 <sup>a</sup>	0,53 <sup>b</sup>	0,031	0,62 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,017	0,015 *	0,001 ***	0,089 NS
<b>C15:1</b>	0,36 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,032	0,35 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,033	0,015 *	0,044 *	0,902 NS
<b>C16:0</b>	15,19 <sup>a</sup>	13,29 <sup>b</sup>	0,302	14,69 <sup>a</sup>	13,78 <sup>b</sup>	0,235	0,000 ***	0,003 **	0,159 NS
<b>C16:1</b>	0,64	0,41	0,125	0,72 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,082	0,097 NS	0,001 ***	0,057 NS
<b>C17:0</b>	1,34	1,50	0,102	1,46	1,38	0,072	0,166 NS	0,299 NS	0,229 NS
<b>C17:1</b>	0,26	0,18	0,042	0,19	0,25	0,043	0,076 NS	0,177 NS	0,865 NS
<b>C18:0</b>	25,24 <sup>a</sup>	21,34 <sup>b</sup>	0,706	22,41 <sup>b</sup>	24,17 <sup>a</sup>	0,485	0,000 ***	0,005 *	0,514 NS
<b>C18:1 TRANS</b>	0,33 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,070	0,49	0,68	0,108	0,000 ***	0,106 NS	0,618 NS
<b>VA</b>	0,96 <sup>b</sup>	11,37 <sup>a</sup>	0,605	6,36	5,97	0,475	0,000 ***	0,425 NS	0,423 NS
<b>CIS9 C18:1</b>	13,21 <sup>a</sup>	7,78 <sup>b</sup>	0,545	10,58	10,41	0,664	0,000 ***	0,799 NS	0,492 NS
<b>TRANS10 C18:1</b>	0,96 <sup>b</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,178	1,09	1,24	0,166	0,046 *	0,376 NS	0,274 NS
<b>C18:2n6t</b>	0,34	0,42	0,076	0,30	0,46	0,077	0,292 NS	0,072 NS	0,252 NS
<b>C18:2n6c</b>	30,43	32,68	1,124	30,99 <sup>b</sup>	32,11 <sup>a</sup>	0,470	0,074 NS	0,038 *	0,339 NS
<b>C18:3n6</b>	0,36 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,040	0,29	0,22	0,037	0,000 ***	0,084 NS	0,370 NS
<b>C18:3n3</b>	1,36	1,35	0,081	1,48 <sup>a</sup>	1,23 <sup>b</sup>	0,045	0,928 NS	0,000 ***	0,203 NS
<b>CLA1</b>	0,04 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,015	0,10 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,017	0,014 *	0,001 ***	1,000 NS
<b>CLA2</b>	0,05 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,021	0,14 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,020	0,021 *	0,000 ***	0,454 NS
<b>CLA3</b>	0,00 <sup>b</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,010	0,07	0,02	0,029	0,000 ***	0,086 NS	0,086 NS

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (Δ)			ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ (Τ)			ΕΠΙΔΡΑΣΗ		
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	SEM	27 <sup>H</sup>	41 <sup>H</sup>	SEM	Δ	Τ	ΔxΤ
<b>C21:0</b>	0,05 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,037	0,23 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,028	0,000 ***	0,000 ***	0,032 *
<b>C20:3</b>	0,27 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,032	0,20	0,24	0,041	0,010 **	0,279 NS	0,055 NS
<b>C22</b>	0,48	0,39	0,063	0,42	0,45	0,016	0,178 NS	0,076 NS	0,125 NS
<b>C20:3/C22:1</b>	3,16 <sup>a</sup>	1,69 <sup>b</sup>	0,158	2,41	2,45	0,043	0,000 ***	0,390 NS	0,000 ***
<b>C20:4</b>	0,04 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,032	0,14 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,032	0,024 *	0,005 **	0,204 NS
<b>C23</b>	0,72 <sup>b</sup>	1,44 <sup>a</sup>	0,186	1,53 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,191	0,003 **	0,001 ***	0,001 ***
<b>C24</b>	0,52 <sup>a</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,068	0,34	0,40	0,046	0,001 ***	0,181 NS	0,428 NS
<b>C24:1</b>	0,23 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,026	0,18	0,12	0,028	0,000 ***	0,058 NS	0,457 NS
<b>C22:6</b>	2,20	1,47	0,512	1,66	2,02	0,440	0,183 NS	0,428 NS	0,656 NS

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, τα ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στο πλάσμα του αίματος των αιγών της ομάδας της επέμβασης ήταν: C14:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:0, C18:0, *cis*-9 C18:1, C18:3n6, C20:3, C24:0 και C24:1.

Επίσης, στατιστικώς σημαντική αύξηση παρουσίασαν τα ΛΟ: C18:1 *trans*, *trans*-11 C18:1 (VA), *trans*-10 C18:1, *cis*-9,*trans*-11 C18:2 (CLA1), *trans*-10, *cis*-12 C18:2 (CLA2), CLA3, C21:0, C20:4 και C23:0.

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

### 4.ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

#### 4.1.Σχολιασμός αποτελεσμάτων πειράματος προβάτων

##### 4.1.1 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην κατανάλωση της τροφής, τη γαλακτοπαραγωγή και τη χημική σύσταση του γάλακτος.

Η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο αγελάδων γαλακτοπαραγωγής αποτελεί έναν τρόπο για την αύξηση της πρόσληψης και της αποτελεσματικότητας της ενέργειας στην πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής σε υψηλών αποδόσεων ζώα με σκοπό την αύξηση της γαλακτοπαραγωγής, χωρίς όμως αυτό να περιορίζει την κινητοποίηση του σωματικού λίπους (Chilliard κ.ά., 1993). Η προσθήκη λίπους σε σιτηρέσια μικρών μηρυκαστικών προτάθηκε από πολλούς μελετητές (Casals & Caja, 1993, Casals κ.ά., 1999) για τις περιόδους που η βοσκή είναι πτωχή και ανεπαρκής να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των ζώων. Επειδή αυτή η περίοδος ταυτίζεται με τον εγκλεισμό των ζώων στο στάβλο και τη χορήγηση συμπληρωματικής τροφής (χονδροειδών και συμπυκνωμένων ζωοτροφών), η προσθήκη λίπους θα μπορούσε να αντικαταστήσει μέρος των δημητριακών καρπών και να αποτραπεί η μείωση του λίπους του γάλακτος λόγω της μη κάλυψης των αναγκών των ζώων. Οι Casals & Caja (1993) αναφέρουν ότι η αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου του σιτηρεσίου μπορεί να μειώσει την ανάγκη σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές και να βελτιώσει την αναλογία συμπυκνωμένες/χονδροειδείς ζωοτροφές. Με αυτό τον τρόπο, θα μπορούσε να αυξηθεί και η ποσότητα του παραγόμενου λίπους στο γάλα. Αυτό προτάθηκε από τους Morand-Fehr κ.ά. (2000).

Στην παρούσα μελέτη, η γαλακτοπαραγωγή των προβατινών της ομάδας επέμβασης παρουσίασε μία αύξηση της τάξης του 29% χωρίς να είναι όμως στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 7). Η ποσότητα του λίπους αυξήθηκε στην ομάδα επέμβασης κατά 25% χωρίς αυτό να είναι στατιστικώς σημαντικό (Πίνακας 9), ενώ η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών παρουσίασε μείωση της τάξεως του 14% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 8). Επίσης, και η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών παρουσίασε μείωση της τάξεως του 7% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως και αυτή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 10). Τέλος όσον αφορά τη λακτόζη του γάλακτος των

προβατινών της συγκεκριμένης μελέτης, παρουσίασε μια αύξηση της τάξεως του 3% (Πίνακα 11).

Τα αποτελέσματα που έχουν παρατηρηθεί στα πρόβατα έχουν αναθεωρηθεί από αρκετούς μελετητές (Casals & Caja, 1993, Chilliard & Bocquier, 1993, Caja & Bocquier, 2000), οι οποίοι όλοι συμφωνούν στο ότι υπάρχουν πολύ λίγες μελέτες που αφορούν στα πρόβατα. Παρόλα αυτά, έχει παρατηρηθεί αύξηση στις μελέτες που αφορούν τα πρόβατα λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που έχουν παρατηρηθεί στις αγελάδες και στις αίγες (Caja & Bocquier, 2000, Bocquier & Caja, 2001). Αυτές οι μελέτες αφορούν κυρίως στην επίδραση που έχουν τα μερικώς προστατευμένα λίπη στην παραγωγή και τη σύνθεση του γάλακτος. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε πειράματα τα άλατα ασβεστίου των ΛΟ με μακρές αλυσίδες όπως το φοινικέλαιο (Pérez Hernández κ.ά., 1986, Casals κ.ά., 1989, 1991, 1992a,b, 1999, Sklan κ.ά., 1990, Rossi κ.ά., 1991, Horton κ.ά., 1992, Casals & Caja, 1993), καθώς και άλατα ασβεστίου ΛΟ του ελαιολάδου (Pérez Alba κ.ά., 1997, Antogiovanni κ.ά., 2002, Dobarganes García κ.ά., 2005). Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα ελαιούχα σπέρματα μαζί με ασβεστούχα άλατα ΛΟ φοινικέλαιου (Osuna κ.ά., 1998). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ασβεστούχα άλατα των ακόρεστων ΛΟ είναι μερικώς μόνο προστατευμένα από τη βιοϋδρογόνωση στην ΜΚ, όπως παρατηρήθηκε από τους Ferlay κ.ά. (1992) για τις αγελάδες με τη χορήγηση ασβεστούχων αλάτων ελαιοκράμβης (πλούσιας σε ΠΑΚΛΟ) και πρόσφατα από τους Dobarganes García κ.ά. (2005) για τις προβατίνες με τη χορήγηση ασβεστούχων αλάτων ελαιολάδου (το C18:2 μη προστατευμένο και το ελαϊκό οξύ μερικώς προστατευμένο αν και δεν μπορεί να διευκρινιστεί αν υδρογονώθηκε στην ΜΚ και έπειτα ξανά αφυδρογονώθηκε στο μαστικό αδένα).

Σε όλες τις μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα τόσο σε γαλακτοπαραγωγά όσο και κρεοπαραγωγικά πρόβατα έχει παρατηρηθεί ότι η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο μπορεί να αυξήσει την παραγωγή γάλακτος μόνο εφόσον έχουν καλυφθεί οι ενεργειακές ανάγκες των ζώων, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται με μια συγκεκριμένη ποσότητα καταναλισκόμενης τροφής (Horton κ.ά., 1992, Pérez Alba κ.ά., 1997). Παρόλα αυτά, και ανεξάρτητα από την κατανάλωση τροφής, η παραγωγή γάλακτος δεν διέφερε σημαντικά. Σύμφωνα με τους Casals κ.ά. (1999), όπως στην περίπτωση των αγελάδων, όταν τα ζώα έχουν μία σχετικά μεγάλη παραγωγική ικανότητα γάλακτος και η κατανάλωση τροφής μειωθεί, τότε η μειωμένη κατανάλωση τροφής θα αντισταθμιστεί από την κινητοποίηση των σωματικών αποθεμάτων και η



παραγωγή γάλακτος στο τέλος θα είναι ίδια με αυτή που θα επιτυγχάνονταν με μεγαλύτερη κατανάλωση τροφής. Γι' αυτό τον λόγο, οι Casals κ.ά. (1999) παρατήρησαν μία επιδείνωση στη σωματική κατάσταση των προβάτων στην αρχή της γαλακτικής περιόδου ως αποτέλεσμα της οποίας δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στην παραγωγή γάλακτος από την μειωμένη κατανάλωση τροφής, η οποία έλαβε χώρα αργότερα. Όμως, ενώ η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο των αγελάδων μετά την κορυφή της γαλακτοπαραγωγής αύξησε την παραγωγή γάλακτος (αναθεωρήσεις των Chilliard, 1993, Chilliard & Ferlay, 2004), δεν παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής γάλακτος στις προβατίνες μετά την κορυφή της γαλακτοπαραγωγής (βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις των Chilliard & Bocquier, 1993, Bocquier & Caja, 2001). Έτσι, οι διαφορές αυτών των δύο ειδών έγκειται σε πεπτικούς και/ή μεταβολικούς παράγοντες που σχετίζονται με τη χρήση των συστατικών της τροφής για την παραγωγή γάλακτος χωρίς αυτό να εξαρτάται μόνο από το ενεργειακό ισοζύγιο των ζώων.

Στις περισσότερες μελέτες αναφέρεται ότι η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο προβάτων προκαλεί αύξηση του λίπους του γάλακτος, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στην παρούσα μελέτη. Αυτή η αύξηση εξαρτάται από το είδος του λίπους που χρησιμοποιείται, τη συγκέντρωση χορήγησης του, το στάδιο της γαλακτοπαραγωγικής περιόδου και άλλους παράγοντες. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται μία συνολική αύξηση στην παραγωγή λίπους (Pérez Hernández κ.ά., 1986, Horton κ.ά., 1989, Rossi κ.ά., 1991, Pérez Alba κ.ά., 1997, Casals κ.ά., 1999). Σημαντικοί παράγοντες γι' αυτή την αύξηση είναι η αναλογία χονδροειδείς/συμπυκνωμένες ζωοτροφές και η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών και του λίπους του σιτηρεσίου. Όσον αφορά το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής, η αύξηση της συγκέντρωσης του λίπους του γάλακτος παρατηρείται κατά το πρώτο στάδιο της γαλακτοπαραγωγής και στη συνέχεια μειώνεται, καθώς η γαλακτοπαραγωγή προχωρά. Σύμφωνα με τους Casals κ.ά. (1999), αυτό εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα μεταφοράς του λίπους της τροφής στο παραγόμενο γάλα. Στην έναρξη της γαλακτοπαραγωγής, η αυξημένη κατανάλωση συμπυκνωμένων ζωοτροφών και συνεπώς λίπους οδηγεί στην αυξημένη συγκέντρωση λίπους στο γάλα που παρατηρείται σε αυτή τη φάση της γαλακτοπαραγωγής. Καθώς η γαλακτοπαραγωγή προχωρά και καθώς το σωματικό βάρος και η σωματική κατάσταση των ζώων επανέρχεται, το μεγαλύτερο μέρος του λίπους της τροφής εναποτίθεται στον λιπώδη ιστό και λιγότερο εκκρίνεται στον μαστικό αδένα για τη λιποσύνθεση του γάλακτος. Οι Caja & Bocquier (2000) αναφέρουν ότι η μεταφορά του λίπους που χορηγείται με την τροφή σε πρόβατα με τη μορφή των ασβεστούχων αλάτων στο λίπος

του γάλακτος είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο ανάπτυξης από ότι κατά την περίοδο της γαλακτοπαραγωγής. Οι ίδιοι μελετητές αναφέρουν ότι η βέλτιστη κατανάλωση λίπους για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ποσότητας λίπους στο γάλα είναι τα 120 και 70 g/ζώο/ημέρα για την περίοδο ανάπτυξης και γαλακτοπαραγωγής αντίστοιχα.

Οι Pérez Hernández κ.ά. (1986) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση του λίπους του γάλακτος προβάτων αυξήθηκε όταν πραγματοποιήθηκε προσθήκη μιας μεγάλης ποσότητας λίπους στο σιτηρέσιο. Όταν η προσθήκη λίπους σταμάτησε, η σύσταση του γάλακτος επανήλθε στις αρχικές τιμές μετά από 7 ημέρες από τη διακοπή της προσθήκης του λίπους, αλλά αύξηση του λίπους του γάλακτος παρατηρήθηκε ξανά όταν χορηγήθηκε πάλι συμπληρωματικά λίπος.

Οι Ζέρβας κ.ά. (1990) αναφέρουν ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο προβάτων σε ποσοστό 30% αύξησε σημαντικά τη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος και μείωσε την περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες. Η αύξηση ήταν 13,8% και η μείωση 5,8% αντίστοιχα. Η ημερήσια παραγωγή γάλακτος δεν διέφερε σημαντικά, αν και ήταν μεγαλύτερη κατά 7%, όταν τα πρόβατα διατρέφονταν με σιτηρέσιο που περιείχε βαμβακόσπορο, σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Η διορθωμένη όμως γαλακτοπαραγωγή σε 6% λιποπεριεκτικότητα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη προφανώς λόγω της αυξημένης λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος (7,4% έναντι 6,5%).

Οι Gómez-Cortés κ.ά. (2008) αναφέρουν ότι η προσθήκη ελαιόλαδου στο σιτηρέσιο προβάτων δεν επηρέασε την κατανάλωση της ξηράς ουσίας, αλλά αύξησε την ποσότητα του γάλακτος και έτεινε να αυξήσει την ποσότητα του λίπους, της πρωτεΐνης και των ολικών στερεών στο γάλα. Η προσθήκη του ελαιόλαδου δεν επηρέασε τη λιποπεριεκτικότητα και την περιεκτικότητα σε ολικά στερεά του γάλακτος, αλλά μείωσε την πρωτεΐνοπεριεκτικότητα του γάλακτος. Οι ίδιοι ερευνητές παρατήρησαν ότι η προσθήκη 6% σογιέλαιου δεν μετέβαλε την κατανάλωση τροφής ούτε την παραγωγή του γάλακτος των προβάτων.

Οι Mele κ.ά. (2006) αναφέρουν ότι η προσθήκη σογιέλαιου σε σιτηρέσια προβάτων με υψηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών και χαμηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών αύξησε την ποσότητα γάλακτος και τη διορθωμένη γαλακτοπαραγωγή (6,5% λίπος), ενώ το χαμηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών μείωσε την ποσότητα του γάλακτος. Η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα ήταν χαμηλότερη στα σιτηρέσια με το σογιέλαιο.

Οι Castro κ.ά. (2009) μελέτησαν την προσθήκη ηλιέλαιου ή υδρογονωμένου φοινικέλαιου σε σιτηρέσια προβάτων και παρατήρησαν ότι η προσθήκη

υδρογονωμένου φοινικέλαιου προκάλεσε αύξηση στη γαλακτοπαραγωγή, χωρίς να επηρεαστεί η λιποπεριεκτικότητα και η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος.

Οι Toral κ.ά. (2010) μελέτησαν την προσθήκη ιχθυελαίου σε συνδυασμό ή χωρίς την προσθήκη ηλιέλαιου σε σιτηρέσιο προβάτων με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών. Η προσθήκη ιχθυελαίου προκάλεσε την μείωση της κατανάλωσης της ξηράς ουσίας σε σχέση με το σιτηρέσιο-μάρτυρα (-15%), η οποία σε συνδυασμό με τη προσθήκη ηλιέλαιου οδήγησε σε σημαντική μείωση της γαλακτοπαραγωγής (-13%). Η προσθήκη ελαίων μείωσε την περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη, ενώ η προσθήκη ιχθυελαίου μείωσε την περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος κατά 21%, η οποία όταν συνδυάστηκε με την προσθήκη ηλιέλαιου μείωσε ακόμη περισσότερο την περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος κατά 27%, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όπου ο συνδυασμός σογιέλαιου και ιχθυελαίου μείωσε την περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη κατά 7%, ενώ την περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος κατά 14%. Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη, η προσθήκη του σογιέλαιου και του ιχθυελαίου δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή στην κατανάλωση της ΞΟ.

Οι Gómez-Cortés κ.ά. (2011) χορήγησαν σταδιακά αυξανόμενες ποσότητες ηλιέλαιου (17, 34, 51 g/kg ΞΟ) σε πρόβατα, οι οποίες δεν επηρέασαν τη γαλακτοπαραγωγή, το λίπος, την πρωτεΐνη και τη λακτόζη του γάλακτος.

Στα πρόβατα κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής, έχει παρατηρηθεί ότι η προσθήκη λίπους προκαλεί μικρή μείωση στην ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος ή καμία απολύτως μεταβολή (Robinson, 1986, Kovessy κ.ά., 1987, Casals κ.ά., 1991, 1992b), ενώ οι Pérez Hernández κ.ά. (1986) παρατήρησαν μια μικρή αύξηση. Όμως, η προσθήκη λίπους έχει σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα στην ποσότητα της πρωτεΐνης σε προχωρημένα στάδια γαλακτοπαραγωγής.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν και με το πείραμα των Frutos κ.ά. (2009) σε πρόβατα φυλής Assaf στα οποία χορήγησαν ηλιέλαιο, ιχθυέλαιο και συνδυασμό των δύο σε ποσότητα 20 g/Kg σιτηρεσίου, 10 g/Kg σιτηρεσίου και 20 g ηλιελαίου + 10 g ιχθυελαίου / Kg σιτηρεσίου αντίστοιχα. Και στις τρεις διατροφικές επεμβάσεις σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα παρουσιάστηκε μείωση της πρωτεϊνοπεριεκτικότητας του γάλακτος. Η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος στην επέμβαση με ιχθυέλαιο εμφάνισε μείωση σε ποσοστό της τάξεως του 21% σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, ενώ στην επέμβαση που περιείχε ηλιέλαιο και ιχθυέλαιο μειώθηκε 27% η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος και η γαλακτοπαραγωγή 13%. Η

λιποπεριεκτικότητα παρουσίασε μεγαλύτερη πτώση σε σχέση με τη λιποπεριεκτικότητα της παρούσας μελέτης.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και σε πείραμα, χορήγησης 2,4 g/ημέρα προστατευμένου σε κάψα CLA που περιείχε *trans*-10, *cis*-12 CLA, σε πρόβατα όπου παρατηρήθηκε και σε αυτή την περίπτωση μείωση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος (Lock κ.ά., 2006). Το CLA είναι λιπαρό οξύ το οποίο προκαλεί MFD, όταν χορηγηθεί στο σιτηρέσιο ως συμπλήρωμα. Σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, στην ομάδα επέμβασης μειώθηκε η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος από 6,4% σε 4,9%, η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος παρέμεινε ανεπηρέαστη, ενώ η γαλακτοπαραγωγή αυξήθηκε από 1,47 σε 1,61 Kg/ημέρα. Αντίθετα αποτελέσματα όσον αφορά την ποσότητα του γάλακτος και τη σύστασή του παρατηρήθηκαν σε προβατίνες της φυλής Sarda, οι οποίες διετράφησαν με σιτηρέσια με δύο επίπεδα XZ/ΣZ συμπληρωμένα ή όχι με μη προστατευμένο σογιέλαιο (Mele κ.ά. 2002). Σε μελέτη του Stapples (2006), αγελάδες που διετράφησαν με σιτηρέσιο το οποίο περιείχε ιχθυέλαιο, παρουσίασαν μείωση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Τα ιχθυέλαια, όπως έχει αναφερθεί, μειώνουν την πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος στις αγελάδες.

#### **4.1.2 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στο προφίλ των ΛΟ του λίπους του γάλακτος.**

Η προσθήκη λίπους στα σιτηρέσια γαλακτοπαραγωγών μηρυκαστικών χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες τόσο από ερευνητές όσο και από παραγωγούς με σκοπό την τροποποίηση της γαλακτοπαραγωγής και του ενεργειακού μεταβολισμού των ζώων (Lock & Shingfield, 2004), καθώς και της σύστασης των ΛΟ του γάλακτος (Givens & Shingfield, 2006, Palmquist κ.ά., 1993, Chilliard κ.ά., 2006, Chilliard κ.ά., 2000). Η επίδραση της προσθήκης λίπους εξαρτάται από την πηγή και τη μορφή του λίπους. Οι προσπάθειες τροποποίησης μιας κατηγορίας ΛΟ μπορεί να προκαλέσει αλλαγές σε άλλα λιπαρά οξέα, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ευεργετικό ή όχι για την υγεία του καταναλωτή. Για αυτό, τα σιτηρέσια που μειώνουν τα ΚΛΟ του γάλακτος και αυξάνουν τα ΠΑΚΛΟ και/ή το συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (CLA) έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αναλογίας των *trans*-18:1 λιπαρών οξέων, η επίδραση των οποίων στην ανθρώπινη υγεία είναι αμφιλεγόμενη (Lock κ.ά., 2005, Roy κ.ά., 2007, Bauchart κ.ά., 2007). Έτσι, η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο μπορεί μερικές φορές να αλλάξει την

απόδοση των ζώων σε γάλα (κατανάλωση τροφής, ποσότητα γάλακτος και/ή ποσότητα πρωτεΐνης και λίπους) και να αποτελέσει οικονομικό κέρδος για τους παραγωγούς.

Τα αποτελέσματα του πειράματός μας δείχνουν ότι το λίπος του γάλακτος των προβατινών στην ομάδα επέμβασης εμφάνισε στατιστικώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα ΛΟ: C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C15:1, C16:1 και C17:1 και υψηλότερες στα C18:1 *trans,trans*-11 C18:1 (VA), *trans*-10 C18:1, C18:2n6t, C20:0, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1) και *trans*-10,*cis*-12 C18:2 (CLA2) σε σχέση με το λίπος του γάλακτος των προβατινών της ομάδας του μάρτυρα. Αμετάβλητη συγκέντρωση παρουσίασε το C18:3n6.

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΜΙΑ και ΜΕΑ, ενώ οι λόγοι των ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις ήταν: Κ/Α, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1)/*trans*-11 C18:1 (VA) και ω3/ω6 καθώς και ο ΑΔ.

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές αυξήσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΠΑΚΛΟ και ΜΟΝΑ. Αμετάβλητος παρέμεινε ο λόγος C14:1/C14:0.

Οι Ζέρβας κ.ά. (1990) αναφέρουν ότι η προσθήκη βαμβακόσπορου σε σιτηρέσιο προβάτων σε ποσοστό 30% μείωσε την αναλογία του συνόλου των κορεσμένων ΛΟ (C4:0 – C18:0) κατά 6,6% με αντίστοιχη αύξηση των ακόρεστων ΛΟ και αύξηση του μεγάλου μοριακού βάρους ΛΟ, με 18 άτομα άνθρακα κατά 11%. Τα ΛΟ με C6:0 έως και C14:0 είχαν σημαντικά μικρότερη τιμή που κυμαινόταν μεταξύ 25-50%, ενώ τα ΛΟ με C18 εμφάνιζαν μεγαλύτερη τιμή κατά 20 έως και 60% στην ομάδα που διατρεφόταν με βαμβακόσπορο. Στην παρούσα μελέτη, η προσθήκη των ελαίων προκάλεσε μείωση στο σύνολο των κορεσμένων ΛΟ (C4:0 – C15:0) της τάξης του 17% (C15:0) έως του 53% (C11:0), με εξαίρεση το C20:0 που παρουσίασε αύξηση της τάξης του 46%.

Οι Pérez Alba κ.ά. (1997) και οι Antongiovanni κ.ά (2002) πρόσθεσαν στο σιτηρέσιο προβάτων Manchega ή Massese ασβεστούχα άλατα ΛΟ ελαιολάδου. Τα ζώα στα οποία χορηγήθηκε αυτό το λίπος παρήγαγαν γάλα με μικρότερη συγκέντρωση ΚΛΟ μικρής και μεσαίας αλύσου (C6-C16) και C18:2 και μεγαλύτερη συγκέντρωση C18:1 και C18:0. Σύμφωνα με τους Pérez Alba κ.ά. (1997), αυτή η μεταβολή δεν οφείλεται στην μειωμένη παραγωγή του οξικού οξέος διότι η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών δεν επηρεάστηκε σημαντικά, αλλά ούτε σε διάλυση (dilution) διότι η

λιποπεριεκτικότητα παρέμεινε αμετάβλητη. Η μειωμένη συγκέντρωση των μικρής και μεσαίας αλύσου ΛΟ οφείλεται στην μειωμένη παραγωγή αυτών των ΛΟ από τον μαστικό αδένα λαμβάνοντας υπόψη ότι τα *trans* C18:1 λιπαρά οξέα αποτελούν παρεμποδιστές της *de novo* σύνθεσής των ΛΟ και ότι αυτά τα ΛΟ ανιχνεύονται στο γάλα των ζώων στα οποία χορηγήθηκε συμπληρωματικά λίπος. Η αύξηση της αναλογίας του C18:0 μπορεί να οφείλεται στην άμεση ενσωμάτωσή του στο σιτηρέσιο, αν και θα μπορούσε να παραχθεί στην ΜΚ από την υδρογόνωση του C18:1, το οποίο αποτελεί το πιο άμεσα ενσωματωμένο λιπαρό οξύ.

Οι Mele κ.ά. (2006) μελέτησαν την επίδραση της προσθήκης σογιέλαιου σε σιτηρέσια προβάτων με διαφορετικά ποσοστά χονδροειδών ζωοτροφών. Αναφέρουν ότι η προσθήκη σογιέλαιου στο σιτηρέσιο των προβάτων προκάλεσε μείωση των μικρής και μεσαίας αλύσου ΛΟ, με εξαίρεση το βουτυρικό οξύ, το οποίο αυξήθηκε. Τα σιτηρέσια με μικρό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών αύξησαν σημαντικά τα C10 έως C17 λιπαρά οξέα. Η προσθήκη σογιέλαιου και το ποσοστό των χονδροειδών ζωοτροφών επηρέασαν τόσο το λινελαϊκό οξύ (C18:2 n-6) όσο και το λινολενικό οξύ (C18:3 n-3) σε διαφορετικά ποσοστά. Όταν πραγματοποιήθηκε προσθήκη σογιέλαιου στο σιτηρέσιο, η αύξηση του λινελαϊκού οξέος καθορίστηκε και από το ποσοστό των χονδροειδών ζωοτροφών. Όταν στο σιτηρέσιο συμμετείχε μικρό ποσοστό χονδροειδών, η προσθήκη του σογιέλαιου αύξησε το λινελαϊκό οξύ στο λίπος του γάλακτος κατά 3%, ενώ όταν το ποσοστό των χονδροειδών ήταν υψηλό, η προσθήκη του σογιέλαιου αύξησε το λινελαϊκό οξύ στο λίπος του γάλακτος κατά 20%.

Όλα τα *cis* και *trans* ισομερή του C18:1 αυξήθηκαν με την προσθήκη του σογιέλαιου, ενώ η επίδραση του ποσοστού των χονδροειδών ζωοτροφών ήταν σημαντική μόνο για το *trans*-10 C18:1, το βασενικό οξύ (*trans*-11C18:1), το *trans*-12 C18:1, το *cis*-12 C18:1, το *cis*-14 C18:1 και *cis*-15 C18:1. Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ της προσθήκης σογιέλαιου και του ποσοστού των χονδροειδών ζωοτροφών. Η προσθήκη σογιέλαιου σε σιτηρέσιο με χαμηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των *trans*-10 C18:1, *trans*-12 C18:1 και *cis*-12 C18:1, ενώ η προσθήκη σογιέλαιου σε σιτηρέσιο με υψηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των βασενικού οξέος (*trans*-11C18:1), *cis*-11 C18:1 και *cis*-15 C18:1.

Οι Mele κ.ά. (2007) μελέτησαν την προσθήκη εξωθημένου λινόσπορου σε σιτηρέσιο προβάτων και παρατήρησαν μείωση στα ΚΛΟ του γάλακτος και αύξηση στα *trans* λιπαρά οξέα, μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Οι

συγκεντρώσεις του ρουμενικού οξέος (*cis-9, trans-11 CLA*) και του βασενικού οξέος (*VA-trans-11 C18:1*) παρουσίασαν αύξηση φτάνοντας στη μέγιστη τιμή 7-8 εβδομάδες μετά την προσθήκη του λινόσπορου. Στην παρούσα μελέτη, η προσθήκη του σογιέλαιου και του ιχθυελαίου τετραπλασίασε τη συγκέντρωση του ρουμενικού οξέος και πενταπλασίασε τη συγκέντρωση του βασενικού οξέος.

Οι Gómez-Cortés κ.ά. (2008) μελέτησαν την προσθήκη 6% σογιέλαιου σε σιτηρέσιο προβάτων με αναλογία ΧΖ/ΣΖ=20:80. Παρατήρησαν μία μείωση στα ΛΟ με 6 άτομα άνθρακα έως 16 άτομα άνθρακα, ενώ μία αύξηση στα C18:0, C18:1 ισομερή και το CLA. Οι συγκεντρώσεις των CLA και *trans-11 C18:1* (βασενικό οξύ) αυξήθηκε από 1,04 σε 3,44 και 2,08 σε 6,20 g/100 g του συνόλου των ΛΟ αντίστοιχα. Όμως, η προσθήκη σογιέλαιου αύξησε το *trans-10 C18:1* και άλλα ισομερή του *trans C18:1*, γεγονός το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όπου η συγκέντρωση του *trans-10 C18:1* αυξήθηκε κατά 75%.

Οι Gómez-Cortés κ.ά. (2008) μελέτησαν την προσθήκη 6% μη προστατευμένου ελαιολάδου σε σιτηρέσιο προβάτων. Η προσθήκη αυτή αύξησε τη συγκέντρωση των μονοακόρεστων ΛΟ στην τροφή των ζώων και αυτό οδήγησε στην αύξηση αυτών των λιπαρών οξέων στο γάλα εις βάρος των ΚΛΟ. Η μείωση στα ποσοστά των C10:0, C12:0, C14:0 και C16:0 ήταν αξιοσημείωτα σημαντική. Στην παρούσα μελέτη, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα με τη μεγαλύτερη μείωση ήταν το C11:0 (-53%) και το C10:0 (-45%). Το C18:0 και τα περισσότερα ισομερή του C18:1 αυξήθηκαν με την προσθήκη του ελαιολάδου, ενώ τα *cis-9 C14:1*, C16:1, C17:1 και C20:1 μειώθηκαν σημαντικά, το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όπου το C16:1 και C17:1 παρουσίασαν μείωση της τάξης του 19% και 36% αντίστοιχα. Τα ποσοστά του λινελαϊκού οξέος μειώθηκαν σημαντικά με την προσθήκη του ελαιολάδου, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στα ποσοστά των μη συζευγμένων ισομερών C18:2. Μία μείωση παρατηρήθηκε στο *cis-9, trans-11 C18:2* (ρουμενικό οξύ), ενώ αύξηση παρατηρήθηκε στο *trans-7, cis-9 C18:2* και στο *trans-9, cis-11 C18:2*. Τα περισσότερα *trans C18:1* και κυρίως το *trans-10 C18:1* (5πλασια ποσότητα) αυξήθηκαν. Ενώ, το *trans-11 C18:1* (βασενικό οξύ) δεν αυξήθηκε με την προσθήκη του ελαιολάδου. Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη, το *trans-11 C18:1* πενταπλασιάστηκε όπως και το *cis-9, trans-11 C18:2* (ρουμενικό οξύ), το οποίο τετραπλασιάστηκε.

Η μείωση των ΚΛΟ με 6 έως 16 άτομα άνθρακα οφείλεται στη μειωμένη *de novo* σύνθεση τους από το μαστικό αδέν. Αυτή η μείωση μπορεί να οφείλεται στη μεταφορά στον μαστικό αδέν περισσότερων μακράς αλύσου ΛΟ, τα οποία

προέρχονται από την τροφή και από την ΜΚ. Τα μακράς αλύσου ΛΟ συναγωνίζονται στην εστεροποίηση τα μεσαίας αλύσου ΛΟ, τα οποία συντίθενται στον μαστικό αδένα, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει με τη σειρά του στην παρεμπόδιση των λιπογενετικών ενζύμων (Palmquist κ.ά., 1993). Αυτή η επίδραση μπορεί να είναι πιο έντονη όταν τα ΛΟ είναι περισσότερο ακόρεστα και περιέχουν περισσότερους *trans* διπλούς δεσμούς (Chilliard & Ferlay, 2004). Όταν, λοιπόν, η βιοδιαθεσιμότητα των C18 λιπαρών οξέων αυξάνει ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης προσλαμβανόμενης ποσότητας τους από την τροφή, η *de novo* σύνθεση των λιπαρών οξέων από 10 άτομα άνθρακα μέχρι 16 άτομα άνθρακα μειώνεται όπως και η συγκέντρωσή τους στο γάλα. Σε μία μελέτη των Chiofalo κ.ά. (2004) όπου χορηγήθηκε ελαιοπλακούντας σε πρόβατα, παρατηρήθηκε επίσης μείωση στα μεσαίας αλύσου ΚΛΟ και αύξηση στα C18:0 και C18:1 λιπαρά οξέα.

Η έκκριση του C18:0 στο γάλα μπορεί να αυξηθεί είτε με την αύξηση της προσλαμβανόμενης ποσότητας στεατικού οξέος από την τροφή είτε με την προσθήκη ακόρεστων C18 ΛΟ, τα οποία μπορούν να υδρογονωθούν πλήρως στην ΜΚ. Επίσης, το *cis*-9 C18:1 μπορεί να είναι αποτέλεσμα διατροφής ή αποτέλεσμα της δράσης της Δ-9 αφυδρογονάσης στο C18:0 στον μαστικό αδένα. Όταν μη προστατευμένα φυτικά έλαια πλούσια σε ελαϊκό οξύ χορηγούνται στα μηρυκαστικά, τότε παρατηρείται αύξηση του στεατικού οξέος που παράγεται στην ΜΚ, το οποίο μετατρέπεται μερικώς σε ελαϊκό οξύ στο μαστικό αδένα (Chilliard & Ferlay, 2004).

Οι Castro κ.ά. (2009) μελέτησαν την προσθήκη ηλιέλαιου ή υδρογονωμένου φοινικέλαιου σε σιτηρέσια προβάτων και παρατήρησαν αύξηση των C14:1, C16:1 και C16:0 και μείωση των C18:0 και C18:1 *cis*-9 στο λίπος του γάλακτος με την προσθήκη του υδρογονωμένου φοινικέλαιου. Επίσης, η προσθήκη του ηλιέλαιου αύξησε τη συγκέντρωση του βασενικού οξέος στο λίπος του γάλακτος κατά 36% και τη συγκέντρωση του *cis*-9, *trans*-11 CLA κατά 29% σε σχέση με το σιτηρέσιο-μάρτυρα. Η προσθήκη του υδρογονωμένου φοινικέλαιου οδήγησε σε αύξηση του *cis*-9, *trans*-11 CLA στο λίπος του γάλακτος κατά 15% σε σχέση με το σιτηρέσιο-μάρτυρα. Στην παρούσα μελέτη, η αύξηση του βασενικού οξέος ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη (της τάξης του 500%), ενώ η αύξηση του *cis*-9, *trans*-11 CLA ήταν της τάξης του 383%.

Οι Toral κ.ά. (2010), οι οποίοι μελέτησαν την προσθήκη ιχθυελαίου με ή χωρίς την προσθήκη ηλιέλαιου σε σιτηρέσιο προβάτων με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών παρατήρησαν ότι η προσθήκη ηλιέλαιου μείωσε τη συγκέντρωση των ΚΛΟ με 6 έως 16 άτομα άνθρακα, το οποίο οφείλεται στην παρεμπόδιση της *de novo*



σύνθεσης των λιπαρών οξέων στον μαστικό αδένα είτε από τα ΠΑΚΛΟ της τροφής είτε από τους μεταβολίτες τους (Palmquist & Grinari, 2006, Kadegowda κ.ά., 2009).

Η προσθήκη του ιχθυελαίου επηρέασε μόνο τη συγκέντρωση του C18:0 προκαλώντας μια μικρή μείωση, η οποία οφείλεται στη δράση των ω-3 ΠΑΚΛΟ, κυρίως του εικοσιδύοεξαενοϊκού οξέος (DHA) που υπάρχει στο ιχθυέλαιο και αποτελεί πιθανό παρεμποδιστή της μείωσης του *trans*-C18:1 στη MK, που θα προκαλούσε η συσσώρευση του βασενικού οξέος (VA) στην MK (Loor κ.ά., 2005, Palmquist κ.ά., 2005). Η προσθήκη, λοιπόν, του ιχθυελαίου αύξησε τη συγκέντρωση του βασενικού οξέος (VA) στο γάλα προκαλώντας μεγαλύτερη αύξηση όταν συνδυάστηκε με την προσθήκη ηλιέλαιου.

Η προσθήκη 100g/ημέρα σογιέλαιου σε σιτηρέσιο προβάτων με υψηλό ποσοστό χονδροειδών ζωοτροφών αύξησε την ποσότητα του *cis*-9,*trans*-11 CLA από 0,4% σε 2,2% του συνόλου των ΛΟ του γάλακτος (Antongiovanni κ.ά., 2004). Αυτή η αύξηση είναι μικρότερη από αυτή που παρατηρήθηκε στις αίγες, όταν προστέθηκαν στο σιτηρέσιο 130g/ημέρα ηλιέλαιου (Chilliard κ.ά., 2006). Η αλληλεπίδραση μεταξύ αναλογίας συμπυκνωμένων/χονδροειδείς ζωοτροφές και προσθήκης σογιέλαιου μελετήθηκε στα πρόβατα από τους Antongiovanni κ.ά. (2004). Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που έχουν παρατηρηθεί στις αγελάδες (Chilliard & Ferlay, 2004) και στις αίγες, η συγκέντρωση του *trans*-11 C18:1 και του *cis*-9,*trans*-11 CLA στο γάλα αυξήθηκε με την προσθήκη του ελαίου και η αύξηση ήταν μεγαλύτερη όταν προστέθηκε σε σιτηρέσιο με υψηλό ποσοστό χονδροειδών, ενώ η συγκέντρωση του *trans*-10-C18:1 (και σε ένα μικρότερο ποσοστό του *trans*-10,*cis*12 CLA) αυξήθηκε είτε όταν το σιτηρέσιο αποτελούνταν από μεγάλο ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών είτε με την προσθήκη του ελαίου.

Η περιεκτικότητα του γάλακτος των προβάτων σε CLA, όταν το σιτηρέσιο δεν περιείχε έλαιο ήταν κάτω από το 1% των ολικών λιπιδίων (0,5% και 0,7% αντίστοιχα για τα σιτηρέσια με υψηλό ποσοστό XZ/χωρίς προσθήκη ελαίου και χαμηλό ποσοστό XZ/χωρίς προσθήκη ελαίου). Η συγκέντρωση του CLA ήταν υψηλότερη όταν χορηγήθηκε στα πρόβατα το σιτηρέσιο με προσθήκη σογιέλαιου. Γενικά, όλα τα ισομερή του CLA αυξήθηκαν όταν προστέθηκε στο σιτηρέσιο το σογιέλαιο, με εξαίρεση τα *cis*-13, *trans*-15 CLA και *cis*-12, *trans*-14 CLA, τα οποία παρέμειναν αμετάβλητα. Η επίδραση της αναλογίας των χονδροειδών/συμπυκνωμένες ζωοτροφές ήταν σημαντική μόνο για το *trans*-10, *cis*-12 CLA ισομερές. Για τις περιπτώσεις των *cis*-9, *trans*-11 CLA (ρουμενικό οξύ), *trans*-11, *cis*-13 CLA και *trans*-10, *cis*-12 CLA,

η αλληλεπίδραση των χονδροειδών ζωοτροφών και ελαίου ήταν σημαντική. Οι συγκεντρώσεις στο γάλα των δύο πρώτων ισομερών ήταν υψηλότερες όταν στα πρόβατα χορηγήθηκε το σιτηρέσιο με υψηλό ποσοστό χονδροειδών και προσθήκη σογιέλαιου, ενώ η συγκέντρωση του *trans*-10, *cis*-12 CLA ήταν η μεγαλύτερη, όταν χορηγήθηκε το σιτηρέσιο με χαμηλό ποσοστό ΧΖ και προσθήκη σογιέλαιου.

Οι Toral κ.ά. (2010), οι οποίοι μελέτησαν την προσθήκη ιχθυελαίου με ή χωρίς την προσθήκη ηλιέλαιου σε σιτηρέσιο προβάτων με υψηλό ποσοστό συμπυκνωμένων ζωοτροφών παρατήρησαν ότι αυξήθηκε το *trans*-9, *cis*-11 CLA και μειώθηκε κατά 63% το C18:0. Η προσθήκη ελαίων βελτίωσε την περιεκτικότητα του γάλακτος σε ρουμενικό οξύ (*cis*-9, *trans*-11 CLA- 4πλάσια αύξηση) όπως ακριβώς και στην παρούσα μελέτη, ενώ η προσθήκη ιχθυελαίου αύξησε στο γάλα τα ω-3 ΠΑΚΛΟ, κυρίως το DHA (με μέση περιεκτικότητα 0,29 και 0,38% του συνόλου των ΛΟ για σιτηρέσιο με προσθήκη ιχθυελαίου και ηλιέλαιου και σιτηρέσιο με προσθήκη μόνο ιχθυελαίου αντίστοιχα). Επίσης, η προσθήκη ιχθυελαίου μείωσε την αναλογία ω-6:ω-3 ΛΟ περίπου κατά 50% σε σχέση με το σιτηρέσιο-μάρτυρα. Τέλος, η προσθήκη των ελαίων αύξησε τη συγκέντρωση των *trans* ΛΟ, κυρίως του *trans*-11 C18:1 (βασενικό οξύ), αλλά και του *trans*-10 C18:1.

Τέλος, σε μία πιο πρόσφατη μελέτη (Gómez-Cortés κ.ά., 2011) όπου χορηγήθηκαν σταδιακά αυξανόμενες ποσότητες ηλιέλαιου (17, 34, 51 g/kg ΞΟ) σε πρόβατα παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη. Στη συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρήθηκε αύξηση στο βασενικό (*trans*-11 C18:1) και ρουμενικό οξύ (*cis*-9, *trans*-11 CLA) και μείωση στα ΚΛΟ του γάλακτος. Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση στη συσσώρευση του *trans*-10 C18:1.

#### **4.2.Σχολιασμός αποτελεσμάτων πειράματος αιγών**

##### **4.2.1 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην κατανάλωση της τροφής, τη γαλακτοπαραγωγή και τη χημική σύσταση του γάλακτος.**

Στη μελέτη μας, σε αντίθεση με τα πρόβατα, στις αίγες παρατηρήθηκε αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος της τάξεως του 18% στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 24). Επίσης, στις αίγες η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη και λακτόζη δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντική μεταβολή. Η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα εμφάνισε μια μείωση της τάξεως του 8% στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ η λακτόζη παρέμεινε σταθερή ( Πίνακας 26 και 27, αντίστοιχα). Τέλος, η

γαλακτοπαραγωγή παρουσίασε μία αύξηση της τάξης του 23% (Πίνακας 23), χωρίς να είναι στατιστικώς σημαντική, ενώ η ποσότητα του λίπους αυξήθηκε κατά 30% χωρίς και αυτή να είναι στατιστικώς σημαντική.

Πολλοί μελετητές έχουν ασχοληθεί με την προσθήκη λίπους σε σιτηρέσια αιγών (Morand-Fehr & Sauvant, 1980, Sauvant κ.ά., 1986, Polidori κ.ά., 1991, Chilliard & Bocquier, 1993, Casals & Caja, 1993, Morand-Fehr κ.ά., 1982, 2000, Schmidely & Sauvant, 2001, Chilliard κ.ά., 2003a, Mele κ.ά., 2005, Bernard κ.ά., 2005, AL-Sultan, 2007, Mele κ.ά., 2008, Bonnet κ.ά., 2009). Πρέπει να σημειωθεί ότι η χορήγηση σιτηρεσίων πολύ πτωχών σε λίπος σε αίγες μείωσε την γαλακτοπαραγωγή και την ποσότητα του λίπους του γάλακτος των αιγών και αυτό αναιρέθηκε με την προσθήκη λίπους (Delage & Fehr, 1967, Morand-Fehr κ.ά., 1984a).

Σε πέντε μελέτες (Morand-Fehr κ.ά., 1984a, Morand-Fehr κ.ά., 1986, Morand-Fehr κ.ά., 1987, Brown-Crowder κ.ά., 2001, Mele κ.ά., 2005), οι οποίες αφορούσαν την προσθήκη λίπους σε σιτηρέσια αιγών κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής, παρατηρήθηκε αύξηση της γαλακτοπαραγωγής (+0,1% έως +0,4% kg/ημέρα ή μεγαλύτερη, όταν το σιτηρέσιο-μάρτυρας ήταν πολύ πτωχό σε λίπος) και της ποσότητας του λίπους του γάλακτος (+2 έως +7 g/kg). Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος είχε μεγάλη παραλλακτικότητα. Το υπολογιζόμενο ενεργειακό ισοζύγιο αυξήθηκε ή μειώθηκε ανάλογα με την κατανάλωση της ΞΟ και της ενέργειας, καθώς και την έκκριση του λίπους του γάλακτος. Σε τρεις άλλες μελέτες, οι οποίες αφορούσαν την προσθήκη λίπους σε σιτηρέσια αιγών κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής, η γαλακτοπαραγωγή και η ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος δεν μεταβλήθηκαν, ενώ η ποσότητα του λίπους του γάλακτος αυξήθηκε είτε επρόκειτο για την προσθήκη προστατευμένων σπερμάτων ηλίανθου (15% των συμπυκνωμένων ζωοτροφών) (Morand-Fehr κ.ά., 1984a), είτε εξωθημένων σπερμάτων σόγιας (160 g/ημέρα) (Morand-Fehr κ.ά., 1984b) ή ασβεστούχων αλάτων φοινικέλαιου (100 g/ημέρα) (Martin κ.ά., 1999). Δεν παρατηρήθηκαν σαφείς τάσεις της επίδρασης της προσθήκης λίπους στο σωματικό βάρος των αιγών ή την κινητοποίηση του σωματικού λίπους κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής είναι περιορισμένα λόγω της έλλειψης ακρίβειας, η οποία σχετίζεται με πιθανές διαφορές στο δυναμικό των ζώων και την περιορισμένη χρήση συμμεταβλητών, όταν η προσθήκη λίπους αρχίζει πριν ή αμέσως μετά τον τοκετό (Chilliard κ.ά., 2003).

Σε αντίθεση με ό,τι παρατηρείται στις αγελάδες (Chilliard κ.ά., 2001), η προσθήκη λίπους σε σιτηρέσια αιγών κατά το μέσο ή το τέλος της γαλακτοπαραγωγής δεν αύξησε την γαλακτοπαραγωγή, ενώ αύξησε πάντα την ποσότητα του λίπους του γάλακτος αδρά (+5,7 g/kg σε αρκετές μελέτες) (Astrup κ.ά., 1985, Gelaye & Amoah, 1988, Lu, 1993, Daccord, 1987, De Maria Ghionna κ.ά., 1987, The κ.ά., 1994, Rousselot κ.ά., 1995, Baldi κ.ά., 1992, Mir κ.ά., 1999, Ferlay κ.ά., Rouel κ.ά., Bernard κ.ά., Bartocci κ.ά., 1988, Lanzani κ.ά., 1985, Hadjipanayiotou, 1999). Οι διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν ήταν παρόμοιες ανεξάρτητα από το είδος του λίπους που χρησιμοποιήθηκε: ελεύθερα κορεσμένα λιπαρά οξέα, ασβεστούχα άλατα ή τριγλυκερίδια, ζωικό λίπος, φυτικά έλαια (έλαια πλούσια σε C18:1-, C18:2- ή C18:3 λιπαρά οξέα, προστατευμένα ή μη έλαια), ελαιούχα σπέρματα (ολόκληρα, συνθλιμένα, εξωθημένα ή επεξεργασμένα με φορμαλδεΰδη) (Chilliard κ.ά., 2003, Schmidely & Sauvant, 2001). Σε αντίθεση με ό,τι παρατηρήθηκε στις αγελάδες (Bauman & Griinari, 2001), η ποσότητα του λίπους του γάλακτος των αιγών δεν μειώθηκε ακόμα και όταν προστέθηκαν σε σιτηρέσια με μικρό ποσοστό ινωδών ουσιών φυτικά έλαια πλούσια σε ΠΑΚΛΟ (Rouel κ.ά.). Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος παρουσίασε μεγάλη παραλλακτικότητα, όπως και στην περίπτωση της πρώτης φάσης της γαλακτοπαραγωγής που αναφέρθηκε παραπάνω. Η αύξηση του σωματικού βάρους ήταν μεγαλύτερη (Baldi κ.ά., 1992), μικρότερη (Gelaye & Amoah, 1988) ή αμετάβλητη (Rouel κ.ά.) κατά την προσθήκη λίπους στα σιτηρέσια αιγών κατά το μέσο ή το τέλος της γαλακτοπαραγωγής.

Η επίδραση της προσθήκης λίπους στην έκκριση του λίπους του γάλακτος μπορεί να είναι μικρότερη κατά το μέσο της γαλακτοπαραγωγής σε σχέση με την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με το γεγονός ότι τα αναβολικά ένζυμα του λιπώδους ιστού των αιγών που σχετίζονται με την *de novo* λιπογένεση και η λιποπρωτεϊνική λιπάση (ένα ένζυμο το οποίο σχετίζεται με την παραλαβή από τις λιποπρωτεΐνες του αίματος ΛΟ της τροφής, τα οποία απορροφούνται από το έντερο) είναι πιο ενεργά μετά την κορυφή της γαλακτοπαραγωγής από ό,τι σε προωριότερα στάδια (Chilliard κ.ά., 1977, 1979a) διότι σχετίζονται θετικά με το ενεργειακό ισοζύγιο (Chilliard κ.ά., 1987). Η κινητοποίηση του σωματικού λίπους κυριαρχεί κατά την πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής και αυτό ευνοεί την προώθηση των ΛΟ της τροφής προς τον μαστικό αδένα (Chilliard, 1993). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγαλύτερο μέρος των εξωγενών ΛΟ να κατακρατείται από τον λιπώδη ιστό μετά την κορυφή της γαλακτοπαραγωγής (Chilliard κ.ά., 1991). Όμως, σε

αντίθεση με την έκκριση του λίπους του γάλακτος, η μέγιστη ανταπόκριση στην ποσότητα του λίπους του γάλακτος παρατηρήθηκε κατά την τελευταία φάση της γαλακτοπαραγωγής ή σε αίγες χαμηλών αποδόσεων, το οποίο οφείλεται πιθανόν στο ότι τα ΛΟ της τροφής ήταν λιγότερο διαλυτά στο γάλα αυτών των ζώων.

Η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο αιγών στην πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής προκαλεί αύξηση της ποσότητας του γάλακτος με ταυτόχρονη αύξηση της λιποπεριεκτικότητας, ενώ η επίδραση στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης ποικίλλει (Morand-Fehr κ.ά, 1984, 1986, 1987, Brown-Crowder κ.ά., 2001). Η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο αιγών στη μέση ή στο τέλος της γαλακτοπαραγωγής, αν και δεν επηρεάζει την παραγωγή γάλακτος, αυξάνει την λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος, ενώ η επίδραση στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης ποικίλλει, όπως και στην πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής (Chilliard & Bocquier, 1993). Σε σχέση με αυτά τα αποτελέσματα, οι Chilliard κ.ά. (2003) αναφέρουν, αφού ανέλυσαν τους μεταβολικούς παράγοντες που επηρεάζουν την έκκριση του λίπους του γάλακτος, ότι σε αντίθεση με την ποσότητα του λίπους του γάλακτος, η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος είναι αυξημένη στο τέλος της γαλακτοπαραγωγής (Bernard κ.ά., 2005a). Όμως, οι Sauvant κ.ά. (1986) αναφέρουν ότι η δυνατότητα μεταφοράς λιπιδίων της τροφής στο λίπος του γάλακτος είναι μεγαλύτερη όταν η προσθήκη λίπους πραγματοποιείται στην πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής δεδομένου ότι το σιτηρέσιο είναι πλούσιο σε χονδροειδείς ζωοτροφές. Η μεγάλη περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές ευνοεί την αναβολική λειτουργία του λιπώδους ιστού με αποτέλεσμα την μειωμένη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος.

Έχει παρατηρηθεί ότι όταν το σιτηρέσιο των αιγών είναι φτωχό σε λίπος, τότε η ποσότητα του λίπους του γάλακτος μειώνεται (Delage & Fehr, 1967, Morand-Fehr κ.ά., 1984). Σύμφωνα με τους Morand-Fehr κ.ά. (2000) είναι αξιοσημείωτο ότι στις αίγες κατά την προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο, δεν παρατηρείται μείωση στην ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος. Οι Casals & Caja (1993) αναφέρουν ότι έχουν γίνει περισσότερες μελέτες με προσθήκη διαφορετικών ειδών λίπους σε σιτηρέσια αιγών παρά προβάτων. Πριν τη χρήση προστατευμένων λιπών, όπως των αλάτων ασβεστίου, πολλά είδη λίπους είχαν χρησιμοποιηθεί όπως φυτικά έλαια, ζωικά λίπη και ελαιούχα σπέρματα, η χρήση των οποίων οδήγησε σε αυξημένη παραγωγή γάλακτος και αυξημένη συγκέντρωση λίπους και πρωτεΐνης (Delage & Fehr, 1967, Morand-Fehr κ.ά., 1984, Daccord, 1987).

Η προσθήκη προστατευμένου λίπους μαζί με τις συμπυκνωμένες ζωοτροφές αποτελεί την πιο συνήθη μέθοδο προσθήκης λίπους με σκοπό την αύξηση της ποσότητας λίπους στο γάλα (DeMaria Ghionna κ.ά., 1987, Baldi κ.ά., 1988, 1992, Polidori κ.ά., 1989, Guevara κ.ά., 1992, 1994, Gafo κ.ά., 1995, Rousselot κ.ά., 1995, Brown-Crowder κ.ά., 1996, Pérez κ.ά., 1998, Martín κ.ά., 1999, Sanz Sampelayo κ.ά., 2000, 2002a, 2004). Η αύξηση εξαρτάται από την ποσότητα του λίπους του σιτηρεσίου, την παραγωγική ικανότητα των ζώων και το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής.

Οι Chilliard κ.ά. (2003a, 2005a, 2006) αναφέρουν ότι σε αντίθεση με τις αγελάδες, η προσθήκη ΠΑΚΛΟ (PUFA) (φυτικά έλαια πλούσια σε PUFA) στα σιτηρέσια αιγών δεν μειώνει την λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος), γεγονός το οποίο παρατηρήθηκε και στην παρούσα μελέτη (Lanzani κ.ά., 1985, Daccord, 1987, Bartocci κ.ά., 1988, Baldi κ.ά., 1992, Hadjipanayiotou, 1999, Mir κ.ά., 1999, Schmidely & Sauvant, 2001, Bernard κ.ά., 2005a,c), ακόμα και αν τα σιτηρέσια είναι πλούσια σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές με πολύ άμυλο (Mele κ.ά., 2005, Rouel κ.ά., 2005. Όμως, η ανταπόκριση είναι μικρότερη όταν το σιτηρέσιο αποτελείται από ενσίρωμα αραβοσίτου σε σχέση με το σιτηρέσιο που αποτελείται από σανούς είτε επειδή η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος ήταν υψηλότερη με το ενσίρωμα αραβοσίτου πριν την προσθήκη λίπους είτε επειδή η προσθήκη λίπους στο ενσίρωμα αραβοσίτου οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής του *trans10-C18:1* μέσω της βιοϋδρογόνωσης, το οποίο ΛΟ συνδέεται με την παρεμπόδιση της λιποσύνθεσης στο μαστικό αδένια (Chilliard & Ferlay, 2004).

Οι Bernard κ.ά. (2009) αναφέρουν ότι η προσθήκη ηλιέλαιου στο σιτηρέσιο αιγών που είχε ως βάση το ενσίρωμα αραβοσίτου αύξησε την ποσότητα γάλακτος και πρωτεΐνης, ενώ η προσθήκη λινελαίου στο σιτηρέσιο αιγών που είχε ως βάση το ενσίρωμα αραβοσίτου αύξησε την ποσότητα λίπους και την λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος. Οι Mele κ.ά. (2008) αναφέρουν ότι η προσθήκη σογιέλαιου σε σιτηρέσια αιγών αύξησε σημαντικά την ποσότητα γάλακτος και λίπους, καθώς και την λιποπεριεκτικότητα. Τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετητών συμφωνούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

Οι Bernard κ.ά. (2005) μελέτησαν την προσθήκη προστατευμένων σπερμάτων λινόσπορου και ελαϊκού οξέος από ηλιέλαιο σε σιτηρέσιο αιγών με αναλογία ΧΖ : ΣΖ= 55:45 και παρατήρησαν ότι τα προστατευμένα σπέρματα λίνου μείωσαν σημαντικά την ποσότητα γάλακτος και αύξησαν την λιποπεριεκτικότητα, την ποσότητα λίπους και την

ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος. Ενώ, η προσθήκη ελαϊκού οξέος από ηλιέλαιο αύξησε την λιποπεριεκτικότητα και την ποσότητα λίπους.

Η επίδραση της προσθήκης ιχθυελαίου σε σιτηρέσια αιγών δεν έχει μελετηθεί αρκετά, αλλά φαίνεται ότι διαφέρει σε σχέση με την προσθήκη άλλων λιπών. Όταν χορηγείται ιχθυέλαιο σε μη προστατευμένη μορφή, παρατηρείται μείωση στην κατανάλωση της ξηράς ουσίας και στην παραγωγή γάλακτος, ενώ η λιποπεριεκτικότητα αυξάνεται (Kitessa κ.ά., 2001b). Αντίθετα αποτελέσματα παρατηρούνται κατά την προσθήκη μη προστατευμένου ιχθυελαίου σε σιτηρέσια αγελάδων όπου παρατηρείται μείωση στην κατανάλωση της τροφής, αλλά παρόλο αυτά η παραγωγή γάλακτος αυξάνεται ενώ η λιποπεριεκτικότητα είναι μικρότερη (Chilliard & Doreau, 1997).

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπου η προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου αύξησε την ποσότητα του λίπους του γάλακτος, ο AL-Sultan (2007) αναφέρει ότι η προσθήκη μη προστατευμένου ιχθυελαίου σε αίγες μείωσε την ποσότητα του λίπους του γάλακτος την 3η εβδομάδα αυξανόμενης προσθήκης 1% ιχθυελαίου (μείωση 7,4%) και την 7<sup>η</sup> εβδομάδα αυξανόμενης προσθήκης 2% ιχθυελαίου (μείωση 14,8%). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στα ολικά στερεά, στην ποσότητα της πρωτεΐνης και την λακτόζη.

Όταν στα σιτηρέσια αιγών προστέθηκε μερικώς προστατευμένο ιχθυέλαιο, δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στην κατανάλωση της τροφής, στην παραγωγή γάλακτος ή στην λιποπεριεκτικότητα ( Kitessa κ.ά., 2001b). Αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Léger κ.ά. (1994), οι οποίοι μελέτησαν την προσθήκη 4g/ημέρα EPA (C20:5) + DHA (C22:6), των κυριότερων ΠΑΚΛΟ του ιχθυελαίου στο δωδεκαδάκτυλο των αιγών. Σε αυτή τη μελέτη παρατηρήθηκε μείωση στη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος, το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα μελέτης που διεξάχθηκε σε αγελάδες κάτω από τις ίδιες συνθήκες (Chilliard κ.ά., 2000, 2001). Οι Kitessa κ.ά. (2001b), οι Pérez κ.ά. (1998) και οι Sanz Sampelayo κ.ά. (2000, 2002a), οι οποίοι πρόσθεσαν στα σιτηρέσια των αιγών κατά το μέσο της γαλακτοπαραγωγής διαφορετικές συγκεντρώσεις ιχθυελαίου με τη μορφή των ασβεστούχων αλάτων των λιπαρών του οξέων, παρατήρησαν ότι η κατανάλωση ξηράς ουσίας, η ποσότητα γάλακτος και η λιποπεριεκτικότητα παρέμειναν αμετάβλητες. Αντίθετα, όταν η ίδια προσθήκη πραγματοποιήθηκε στο τέλος της γαλακτοπαραγωγής, παρατηρήθηκε αύξηση στην παραγωγή του γάλακτος, καθώς και στη λιποπεριεκτικότητα και την πρωτεΐνοπεριεκτικότητα, ενώ η περίοδος γαλακτοπαραγωγής επιμηκύνθηκε (Sanz Sampelayo κ.ά., 2004).

Οι Martínez Marín κ.ά. (2011) μελέτησαν την προσθήκη 48 g/ημέρα ηλιέλαιου με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος, ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος ή λινελαίου σε σιτηρέσια αιγών και παρατήρησαν τη μέγιστη γαλακτοπαραγωγή όταν χορηγήθηκε ηλιέλαιο με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος, ενώ το λίπος του γάλακτος ήταν περισσότερο, όταν χορηγήθηκε ηλιέλαιο με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος και λινέλαιο.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασε και το πείραμα των Metel κ.ά. (2005) που πραγματοποίησαν με αίγες της φυλής Saanen, στις οποίες χορήγησαν σογιέλαιο με το σιτηρέσιο και παρατήρησαν αύξηση στην ποσότητα και στη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος, ενώ οι πρωτεΐνες του γάλακτος και η καζεΐνη δεν επηρεάστηκαν. Σε πείραμα των Ronai κ.ά. (2007) με γαλακτοπαραγωγές αίγες φυλής Alpine, οι οποίες διετράφησαν με σιτηρέσιο που περιείχε συμπλήρωμα CLA, παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα : η γαλακτοπαραγωγή και η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα του γάλακτος στην ομάδα επέμβασης δεν επηρεάστηκαν από την προσθήκη του CLA στο σιτηρέσιο, ενώ σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, η λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα μειώθηκε κατά 4,8% στην ομάδα επέμβασης που εχορηγείτο με το σιτηρέσιο σε ποσότητα 30 g/ημέρα CLA και 17,6% στην ομάδα επέμβασης με προσθήκη 60 g CLA /ημέρα. Σε πείραμα των Zucali κ.ά. (2007) με αίγες, παρουσιάστηκε αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος στην ομάδα επέμβασης που περιείχε στο σιτηρέσιο της 6% σπέρματα ηλιάνθου σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, ενώ η πρωτεϊνοπεριεκτικότητα δεν διέφερε σημαντικώς μεταξύ των δύο ομάδων. Επίσης, παρόμοια αποτελέσματα, αύξηση της λιποπεριεκτικότητας στο γάλα αιγών φυλής Alpine διαπίστωσαν οι Bonnet κ.ά. ( 2009) σε πείραμα στο οποίο καταρτίστηκε σιτηρέσιο που περιείχε ηλιέλαιο ή λινέλαιο. Το λινέλαιο προκάλεσε αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος κατά 14%, όταν αυτό προστέθηκε σε ποσοστό 6,2% ΞΟ του σιτηρεσίου. Το ίδιο συνέβη και με το ηλιέλαιο το οποίο προκάλεσε αύξηση της λιποπεριεκτικότητας όταν προστέθηκε σε ποσοστό 6,1% ΞΟ του σιτηρεσίου. Και στις δύο διατροφικές επεμβάσεις με έλαιο, σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, εμφανίστηκε αύξηση της περιεκτικότητας του γάλακτος σε λακτόζη (12% στην επέμβαση με ηλιέλαιο και 8% στην επέμβαση με λινέλαιο), ενώ η γαλακτοπαραγωγή ήταν υψηλότερη στις αίγες που διετράφησαν με ηλιέλαιο.



Τα αποτελέσματα που έχουν παρατηρηθεί στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, στις αίγες και στα πρόβατα δείχνουν ότι η επίδραση της προσθήκης λίπους ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το είδος:

- Η γαλακτοπαραγωγή αυξάνεται στις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής κατά το μέσο της γαλακτοπαραγωγής, ενώ δεν παρατηρείται το ίδιο στις αίγες και στα πρόβατα
- Η ποσότητα του λίπους του γάλακτος (και η έκκριση λίπους) αυξάνεται σημαντικά στα πρόβατα και στις αίγες, αλλά όχι πάντα στις αγελάδες όπου μπορεί συχνά να μειωθεί ή να μην μεταβληθεί
- Η ποσότητα της πρωτεΐνης του γάλακτος μειώνεται στις αγελάδες και στα πρόβατα, αλλά όχι στις αίγες. Η έκκριση της πρωτεΐνης του γάλακτος μειώνεται στα πρόβατα, αλλά δεν μεταβάλλεται στις αγελάδες και στις αίγες.

Οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των ειδών των μηρυκαστικών δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν διότι υπάρχουν λιγότερες μελέτες που αφορούν τα πρόβατα και τις αίγες σε σχέση με τις αγελάδες. Οι διαφορές μπορεί να οφείλονται σε πολύπλοκες πεπτικές και μεταβολικές αλληλεπιδράσεις (όπως παρατηρείται στις αγελάδες) μεταξύ του βασικού σιτηρεσίου (είδος και αναλογία χονδροειδών και συμπυκνωμένων ζωοτροφών), της προσθήκης λίπους (είδος και τεχνολογική επεξεργασία, δόση και/ή διάρκεια χορήγησης) και των χαρακτηριστικών των ζώων (είδος, φυλή, στάδιο γαλακτοπαραγωγής, δυναμικό γαλακτοπαραγωγής κ.ά.) (Chilliard κ.ά., 2000, Bauman & Griinari, 2001). Επίσης, ο ρυθμός διέλευσης της τροφής μπορεί να είναι μεγαλύτερος στις αίγες και τα πρόβατα σε σχέση με τις αγελάδες, πράγμα το οποίο μειώνει την επίδραση της ΜΚ στα ΛΟ του λίπους της τροφής τα οποία ΛΟ με τη σειρά τους επηρεάζουν τη σύνθεση του λίπους στο μαστικό αδέννα (Sanz Sampelayo κ.ά., 2007).

#### **4.2.2 Η επίδραση της προσθήκης λίπους στο προφίλ των ΛΟ του λίπους του γάλακτος.**

Όσον αφορά τα ΛΟ του λίπους του γάλακτος των αιγών της ομάδας επέμβασης του πειράματός μας παρατηρήθηκαν στατιστικώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα ΛΟ: C10:0, , C12:0, C14:0, C14:1, C18:0 και υψηλότερες στα C18:1 *trans,trans*-11 C18:1 (VA), *trans*-10 C18:1, C18:2n6c, *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA1), *trans*-10,*cis*-12 C18:2

(CLA2), C23:0, C22:2 και C24:0 σε σχέση με το λίπος του γάλακτος των αιγών της ομάδας του μάρτυρα. Αμετάβλητη συγκέντρωση παρουσίασε το C11:0.

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΜΙΑ, ΜΕΑ και ΜΑ, ενώ οι λόγοι των ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές μειώσεις ήταν: Κ/Α και ω3/ω6 καθώς και ο ΑΔ.

Οι συγκεντρώσεις των ομαδοποιημένων ΛΟ που παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές αυξήσεις στην ομάδα της επέμβασης ήταν: ΠΑΚΛΟ και ΜΟΝΑ, καθώς και ο λόγος C18:1/C18:0.

Η δυνατότητα μείωσης των μεσαίας αλύσου ΚΛΟ (C10:0-C16:0) στις αίγες είναι μεγάλη, όπως και στις αγελάδες. Για παράδειγμα, σε σιτηρέσια που είχαν ως βάση τις ΧΖ, αυτά τα τέσσερα λιπαρά οξέα αποτελούσαν το 59% στο γάλα των αιγών ενώ μειώθηκαν στο 38% μετά την προσθήκη λινελαίου ή στο 33% όταν προστέθηκε και βιταμίνη Ε μαζί με το λινέλαιο (Chilliard & Ferlay, 2004). Η συγκέντρωση των ΚΛΟ, τα οποία θεωρούνται σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για την αθηρογένεση (C12:0, C14:0 και C16:0) (Ulbricht & Southgate, 1991) ήταν 43-50 g/100 g λιπαρών οξέων στο γάλα των αιγών που ελάμβαναν σιτηρέσια μάρτυρες, ενώ μειώθηκε στο 26-35 g/100 g λιπαρών οξέων όταν προστέθηκε λίπος στα σιτηρέσια (Chilliard κ.ά., 2007). Οι συγκεντρώσεις των μικρής αλύσου ΛΟ στο γάλα των αιγών (C4:0, C6:0 και σε μικρότερο ποσοστό C8:0) παραμένουν αμετάβλητες ή μειώνονται ελαφρώς με την προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο ή με την κινητοποίηση σωματικού λίπους (Chilliard κ.ά., 2003). Στην παρούσα μελέτη, μειώθηκε η συγκέντρωση των ΚΛΟ (C10:0, C12:0, C14:0 και C18:0), ενώ αυξήθηκε η συγκέντρωση των C23:0 και C24:0.

Στις αίγες, στην σύγκριση μεταξύ σιτηρεσίων που συνδυάζουν διαφορετικά ποσοστά χονδροειδών ζωοτροφών, συμπυκνωμένων ζωοτροφών και ελαιούχων σπερμάτων φαίνεται ότι η υψηλή συγκέντρωση των C18:0 και *cis*-9 C18:1 (13-17% και 23-29% του συνόλου των ΛΟ αντίστοιχα) επιτεύχθηκε είτε με την προσθήκη μη προστατευμένου ηλιέλαιου (πλούσιο σε ελαϊκό οξύ) είτε με την προσθήκη ολόκληρων μη επεξεργασμένων ελαιούχων σπερμάτων με κατάταξη λούπινο > σόγια > λινόσπορος > ηλιάνθος > ελαιοκράμβη (Chilliard & Ferlay, 2004, Andrade & Schmidely, 2006, Bernard κ.ά., 2005, Chilliard κ.ά., 2006). Επίσης, τα εξωθημένα σπέρματα σόγιας αύξησαν τα C18:0 και *cis*-9 C18:1 (Schmidely κ.ά., 2005).

Παρόλα αυτά, στις αίγες, η ποσοστιαία αναλογία του *cis*-9 C18:1 δεν μεταβλήθηκε ή ελαφρώς αυξήθηκε με την προσθήκη λινελαίου ή ηλιέλαιου ή

εξωθημένων σπερμάτων, αν και το C18:0 αυξήθηκε σημαντικά (Chilliard κ.ά., 2007). Γι' αυτό τον λόγο, η επίδραση στο *cis*-9 C18:1 διαφέρει μεταξύ αιγών και αγελάδων. Στις αγελάδες, λοιπόν, παρατηρείται ότι η αναλογία *cis*-9 C18:1/C18:0 δεν μειώνεται σημαντικά ή αυξάνεται με την προσθήκη ηλιέλαιου, σογιέλαιου ή λινελαίου (-0,06 έως -0,17, +0,03) (Offer κ.ά., 1999), +0,24 (Rego κ.ά., 2005), +0,15 έως -0,42 (Roy κ.ά., 2006), +0,04 έως -0,29 (Bell κ.ά., 2006), -0,16 έως -0,35 (Bu κ.ά., 2007). Από την άλλη πλευρά, στις αίγες, αυτή η αναλογία μειώνεται σημαντικά με την κατάταξη ηλιέλαιο – πλούσιο σε ελαϊκό οξύ (-0,60 σε 4 ομάδες επέμβασης) < ηλιέλαιο – πλούσιο σε λινελαϊκό οξύ (-0,77 σε 4 ομάδες επέμβασης) < λινέλαιο (-0,88 σε 10 ομάδες επέμβασης) < εξωθημένα σπέρματα (-1,09 σε 2 ομάδες επέμβασης) (Chilliard κ.ά., 2007). Αυτό υποδεικνύει ότι η ο βαθμός αφυδρογόνωσης του C18:0 μειώνεται περισσότερο με σιτηρέσια που αυξάνουν περισσότερο τη διαθεσιμότητα των ΠΑΚΛΟ και/ή των *trans* ΛΟ για τον μαστικό αδένα των αιγών, επειδή αυτά τα λιπαρά οξέα είναι πιθανοί παρεμποδιστές της Δ-9 αφυδρογονάσης (Bernard κ.ά., 2007, Bernard κ.ά., 2005). Περαιτέρω έρευνες πρέπει να διεξαχθούν έτσι ώστε να γίνει κατανοητό αν η διαφορά μεταξύ των αιγών και των αγελάδων οφείλεται σε διαφορές στη βιοϋδρογόνωση ή στη ρύθμιση της Δ-9 αφυδρογονάσης στον μαστικό αδένα. Αρκετά δεδομένα αποδεικνύουν ότι η Δ-9 αφυδρογονάση του μαστικού αδένα των αιγών είναι πιο ευαίσθητη στα σιτηρέσια που είναι πλούσια σε ΠΑΚΛΟ σε σχέση με αυτή των αγελάδων (Bernard κ.ά., 2007). Η βιταμίνη E, όταν προστέθηκε σε σιτηρέσια μαζί με το λινέλαιο μείωσε περαιτέρω τον λόγο αφυδρογόνωσης, ενώ ταυτόχρονα αύξησε περαιτέρω το *trans*-C18:1 και C18:2 στο γάλα (Chilliard & Ferlay, 2004, Chilliard κ.ά., 2007). Τέλος, η ικανότητα του ηλιέλαιου πλούσιου σε ελαϊκό οξύ να αυξήσει το *cis*-9 C18:1 στο γάλα μπορεί να οφείλεται στο ότι αυξάνει ταυτόχρονα τη διαθεσιμότητα του C18:0 και τη ροή στο δωδεκαδάκτυλο του *cis*-9 C18:1 που έχει διαφύγει από την ΜΚ χωρίς να αυξάνει σημαντικά τα *trans* ΛΟ, που παρεμποδίζουν τη Δ-9 αφυδρογονάση στο μαστικό αδένα.

Η χρήση των σπερμάτων λούπινου είναι ενδιαφέρουσα διότι αυτά τα σπέρματα που είναι πλούσια σε *cis*-9 C18:1 και C18:2n-6 είναι τα μόνα που δεν μείωσαν τον λόγο αφυδρογόνωσης του C18:0 και δεν αύξησαν (ή και ακόμα μείωσαν) τα ΠΑΚΛΟ και τις ποσοστιαίες αναλογίες του *trans*-11 C18:1 στο γάλα των αιγών (Chilliard κ.ά., 2003), πράγμα το οποίο υποδηλώνει ότι τα ΠΑΚΛΟ του λούπινου υδρογονώθηκαν στο σύνολό τους παρά το γεγονός ότι καταναλώθηκαν ως μη επεξεργασμένα σπέρματα.

Η αναλογία του C18:2n-6 στο γάλα των αιγών κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3%, όταν δεν προστίθεται λίπος στο σιτηρέσιο. Όταν χορηγούνται συμπληρωματικά σπέρματα ή έλαια πλούσια σε C18:2n-6 όπως η σόγια ή ο ηλιάνθος, η αναλογία αυτή σπάνια ξεπερνά τις τιμές του μάρτυρα πάνω από το 1,5% (Bernard κ.ά., 2005, Schmidely κ.ά., 2005, Chilliard κ.ά., 2007). Συγκρίνοντας την επίδραση που είχε το ηλιέλαιο και τα σπέρματα ηλιάνθου στο γάλα των αιγών φαίνεται ότι το C18:2n-6 των σπερμάτων κατά ένα παράδοξο τρόπο υδρογονώθηκε πιο πολύ σε C18:0 σε σχέση με το C18:2n-6 του ηλιέλαιου, το οποίο ανευρέθηκε είτε άθικτο είτε με τη μορφή του *trans*-11 C18:1 και *cis*-9, *trans*-11 CLA στο γάλα (Chilliard κ.ά., 2003). Μπορεί να θεωρηθεί, λοιπόν, ότι η απελευθέρωση των λιπιδίων των σπερμάτων ήταν αργή, πράγμα το οποίο ενέτεινε την υδρογόνωσή τους. Το ίδιο παρατηρήθηκε και με τα σπέρματα λούπινου, που είναι πλούσια σε C18:2n-6 και αύξησαν σημαντικά το C18:0 και *cis*-9 C18:1 στο γάλα, ενώ μείωσαν το C18:2n-6 και *cis*-9, *trans*-11 CLA. Αυτό εξηγεί γιατί τα ελαιούχα σπέρματα είναι πιο αποτελεσματικά στην αύξηση του C18:0 και *cis*-9 C18:1 από ό,τι τα ελεύθερα έλαια (Chilliard κ.ά., 2007).

Η προσθήκη λινελαίου στα σιτηρέσια αιγών μείωσε την ποσοστιαία αναλογία του C18:2n-6, ενώ αύξησε την ποσοστιαία αναλογία του C18:3n-3. Αντίθετα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν μεταξύ αυτών των δύο ΠΑΚΛΟ, όταν ηλιέλαιο (πλούσιο σε C18:2n-6) προστέθηκε στο σιτηρέσιο αιγών. Αυτό δείχνει ότι τα διαφορετικά ΠΑΚΛΟ δεν εκκρίνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, αλλά και ότι αυτή η υποκατάσταση παρατηρείται πιο λίγο στις αγελάδες σε σχέση με τις αίγες (Chilliard κ.ά., 2007).

Έχουν διεξαχθεί λίγες μελέτες με προσθήκη λινέλαιου ή σπερμάτων λινόσπορου στα σιτηρέσια αιγών. Η συγκέντρωση του C18:3n-3 στο γάλα υποδεικνύει ότι το C18:3n-3 που προέρχεται από ολόκληρα μη επεξεργασμένα σπέρματα λίνου υδρογονώθηκε περισσότερο σε C18:0 σε σχέση με το C18:3n-3 που προέρχεται από λινέλαιο (Chilliard κ.ά., 2003), πράγμα το οποίο συμφωνεί και με το ό,τι παρατηρήθηκε για το C18:2n-6 του ηλιάνθου. Η προσθήκη εξωθημένων σπερμάτων λινόσπορου (+3,6% έλαιο επί της Ξ.Ο. του σιτηρεσίου που βασίζεται στις ΧΖ) αύξησε περισσότερο το C18:3n-3 (+1,9 g/100 g λιπαρών οξέων) σε σχέση με την προσθήκη λινελαίου (+0,9 g/100 g λιπαρών οξέων) (Chilliard κ.ά., 2007). Η προσθήκη εξωθημένου λινόσπορου (ίσης με την προσθήκη 1,5% ελαίου επί της Ξ.Ο. του σιτηρεσίου) δεν αύξησε σημαντικά το C18:3n-3 (+0,5 g/100 g λιπαρών οξέων) (Nudda κ.ά., 2006). Η επεξεργασία με φορμαλδεΰδη ολόκληρων σπερμάτων λινόσπορου αύξησε τη

συγκέντρωση του C18:3n-3 στο γάλα των αιγών περισσότερο από ό,τι τα μη επεξεργασμένα σπέρματα (+1,1 έναντι +0,6 g/100 g λιπαρών οξέων), αλλά όχι περισσότερο από την προσθήκη μη προστατευμένου ελαίου (+1,3) (Chilliard κ.ά., 2003, Bernard κ.ά., 2005). Η αναλογία C18:3n-3/C18:2n-6 αυξήθηκε απότομα με την προσθήκη λινελαίου (130 g/ημέρα) και πιο πολύ με την προσθήκη εξωθημένων σπερμάτων λίνου (Chilliard κ.ά., 2007). Τελικά, η συγκέντρωση του C18:3n-3 στο γάλα των αιγών επηρεάστηκε πιο πολύ από την προσθήκη επεξεργασμένων ή μη επεξεργασμένων σπερμάτων λίνου ή λινελαίου σε σχέση με τη συγκέντρωσή του στο γάλα των αγελάδων (Chilliard & Ferlay, 2004, Chilliard κ.ά., 2007). Αυτό μπορεί να σχετίζεται με το γεγονός ότι η αναλογία του C18:3n-3 στο πλάσμα και το γάλα των αιγών ήταν διπλάσια σε σχέση με αυτή των αγελάδων και ότι η συσχέτιση του C18:3n-3 στο γάλα και στο πλάσμα ήταν μεγαλύτερη στις αίγες (Chilliard κ.ά., 2007).

Υπάρχουν λίγες μελέτες που αφορούν την επίδραση της προσθήκης στο σιτηρέσιο αιγών ελαίων θαλάσσιων οργανισμών με σκοπό να αυξηθεί το EPA και DHA στο γάλα. Η ικανότητα μεταφοράς των δύο αυτών ΛΟ από την τροφή στο γάλα ήταν μικρή (4-5%), όταν χρησιμοποιήθηκαν μη προστατευμένα έλαια λόγω της αυξημένης βιοϋδρογόνωσης, ενώ αυξήθηκε έως ένα βαθμό όταν χρησιμοποιήθηκαν προστατευμένα έλαια (Kitessa κ.ά., 2001, Sanz Sampelayo κ.ά., 2007).

Οι Martínez Marín κ.ά. (2011) μελέτησαν την προσθήκη 48 g/ημέρα ηλιέλαιου με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος, ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος ή λινελαίου σε σιτηρέσια αιγών και παρατήρησαν ότι η αναλογία ω-6:ω-3 ΛΟ μειώθηκε με την προσθήκη λινελαίου, αυξήθηκε με την προσθήκη ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος και δεν μεταβλήθηκε με την προσθήκη ηλιέλαιου με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος. Στην παρούσα μελέτη, η αναλογία ω3:ω6 μειώθηκε με την προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου (-19%).

Οι διαιτητικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του *trans*-11 C18:1 και CLA είναι βασικά οι ίδιοι στις αίγες και στις αγελάδες. Υπάρχει μία ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του *cis*-9, *trans*-11 CLA και του *trans*-11 C18:1 στο γάλα και μιας πληθώρας σιτηρεσίων στις αίγες (Chilliard κ.ά., 2003) όσο και στις αγελάδες (Griinari & Bauman, 1999, Secchiari κ.ά., 2003, Bell κ.ά., 2006). Στην παρούσα μελέτη, η συγκέντρωση του *trans*-11 C18:1 ήταν σχεδόν 5 φορές μεγαλύτερη στην ομάδα επέμβασης σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα, ενώ η συγκέντρωση του *cis*-9, *trans*-11 CLA ήταν 6 φορές μεγαλύτερη. Παρόλα αυτά, σε 36 σιτηρέσια που μελετήθηκαν στις αίγες, η αναλογία *cis*-9, *trans*-11 CLA/*trans*-11 C18:1

ήταν 0,6-0,7 για τα σιτηρέσια μάρτυρες σε σύγκριση με το 0,3-0,5 που μετρήθηκε στα σιτηρέσια με προσθήκη λίπους. Οι συνδυασμοί πέντε διαφορετικών χονδροειδών ζωοτροφών χωρίς προσθήκη ελαίου ή με προσθήκη ελαίων πλούσιων σε *cis-9 C18:1*, *C18:2n-6* ή *C18:3n-3* λιπαρών οξέων οδήγησαν σε ένα σημαντικό εύρος τιμών του *cis-9*, *trans-11 CLA*: από 0,3 σε 5,1% του συνόλου των ΛΟ. Ο κύριος παράγοντας στον οποίο οφειλόταν αυτή η διακύμανση ήταν η προέλευση του ελαίου, με ηλιάνθο πλούσιο σε *C18:2n-6* ≥ λιναρόσπορο πλούσιο σε *C18:3n-3* >> ηλιάνθο πλούσιο σε *cis-9 C18:1* > χωρίς προσθήκη ελαίου. Η επίδραση ελαίου πλούσιου σε *cis-9 C18:1* σχετίζεται με μια πιθανή ισομερίωση του *cis-9 C18:1* σε *trans-11 C18:1* στην MK (Mosley κ.ά., 2002) ή μπορεί να οφείλεται στην παρεμπόδιση του τελευταίου σταδίου της υδρογόνωσης των ΠΑΚΛΟ της τροφής. Η επίδραση των εξωθημένων σπερμάτων λίνου ή σπερμάτων ηλιάνθου ήταν μικρότερη σε σχέση με αυτή των ίδιων δόσεων ελαίων (Chilliard κ.ά., 2007).

Λίγα δεδομένα είναι διαθέσιμα για την επίδραση της χορήγησης φυτικών ελαίων στα διάφορα ισομερή των *C18:1* και *C18:2* στο γάλα των αιγών. Το *cis-9*, *trans-11 CLA* αποτελεί το πιο σημαντικό ισομερές του CLA και η συγκέντρωσή του ποικίλει λόγω της σύνθεσής του στο μαστικό αδένα από τη Δ-9 αφυδρογονάση. Επίσης, αυτό το ένζυμο πιθανά συνθέτει και το *trans-7*, *cis-9 CLA* (Corl κ.ά., 2002). Αυτό το ισομερές δεν μπορεί να διαχωριστεί από τα υπόλοιπα ισομερή του CLA σε μελέτες που χρησιμοποιούν μόνο GLC για την ανάλυση του προφίλ των ΛΟ του γάλακτος. Τα αποτελέσματα των πρώτων μελετών έδειξαν ότι το *trans-7*, *cis-9 CLA* αυξάνεται στις αίγες με σιτηρέσια με ηλιέλαιο πλούσιο σε ελαϊκό οξύ (Ferlay κ.ά., 2003) γεγονός το οποίο έχει παρατηρηθεί και στις αγελάδες. Η προσθήκη λινελαίου αυξάνει στο γάλα των αιγών το *cis-9*, *cis-11* και/ή το *trans-11*, *cis-13 CLA*, ενώ το *trans-10*, *cis-12 CLA* ανιχνεύεται σε μικροποσότητες στο γάλα των αιγών (Chilliard κ.ά., 2006, Andrade & Schmidely, 2006). Στην παρούσα μελέτη, η προσθήκη σογιέλαιου και ιχθυελαίου αύξησε τη συγκέντρωση του *trans-10*, *cis-12* από 0,08 σε 0,25 g/100 g ολικών λιπαρών οξέων (+213%).

Οι Martínez Marín κ.ά. (2011) μελέτησαν την προσθήκη 48 g/ημέρα ηλιέλαιου με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος, ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος ή λινελαίου σε σιτηρέσια αιγών και παρατήρησαν ότι η προσθήκη ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος και η προσθήκη λινελαίου αύξησαν την αναλογία του βασενικού (*trans-11 C18:1*) και του ρουμενικού (*cis-9*, *trans-11 CLA*) οξέος. Το *trans-10 C18:1* παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις περιπτώσεις παρόλο

που η προσθήκη ηλιέλαιου με υψηλή συγκέντρωση ελαϊκού οξέος και η προσθήκη ηλιέλαιου με κανονική συγκέντρωση ελαϊκού οξέος προκάλεσε αύξηση του. Η προσθήκη των ελαίων της παρούσας μελέτης αύξησε τη συγκέντρωση του βασενικού οξέος (5 φορές περίπου) και τη συγκέντρωση του ρουμενικού οξέος (6 φορές περίπου).

## ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

### 5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσθήκη σογιέλαιου (5%) και ιχθυελαίου (1%) στο σιτηρέσιο των προβάτων και των αιγών δεν προκάλεσε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στην κατανάλωση της ΞΟ, στη γαλακτοπαραγωγή και τη χημική σύσταση του γάλακτος. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε αύξηση στη γαλακτοπαραγωγή και την ποσότητα λίπους τόσο στα πρόβατα όσο και τις αίγες. Όμως, τα δύο είδη δεν αντέδρασαν το ίδιο στην προσθήκη των ελαίων όσον αφορά τη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος. Τα πρόβατα παρουσίασαν μείωση στη λιποπεριεκτικότητα, ενώ οι αίγες παρουσίασαν αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Παρόλα αυτά, η προσθήκη των ελαίων κατόρθωσε να τροποποιήσει τη σύνθεση των ΛΟ του λίπους του γάλακτος τόσο των προβάτων όσο και των αιγών με απώτερο σκοπό την προστασία της υγείας του καταναλωτή. Δηλαδή, παρατηρήθηκε αύξηση των ΠΑΚΛΟ και ΜΟΝΑ εις βάρος των ΚΛΟ και οι λόγοι Κ/Α, ω3:ω6 και ο αθηρωματικός δείκτης παρουσίασαν μείωση. Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν στη σύσταση των ΛΟ του λίπους του γάλακτος συμφωνούν με τις διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση των ΛΟ που βρίσκονται στο αίμα των ζώων (αφορά τα ΛΟ που προέρχονται από την απορρόφηση λιπιδίων της τροφής ή την κινητοποίηση του σωματικού λίπους κατά την έναρξη κυρίως της γαλακτοπαραγωγής). Για τις διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο ειδών, κυρίως στη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AbuGhazaleh A.A, Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur K.F., (2003). Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles. *Journal of Dairy Science*, 86: 944-953.
- AbuGhazaleh A.A, Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur K.F., (2004). Conjugated linoleic acid increases in milk when cows fed fish meal and extruded soybeans for an extended period of time. *J Dairy Sci.* 87: 1758-1766.
- Addis M., Cabiddu A., Pinna G., Decandia M., Piredda G., Pirisi A., Molle G., (2005). Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid *cis-9, trans-11*. *Journal of Dairy Science*, 88: 3443-3454.
- Alonso L., Fontecha J., Lozada L., Fraga M.J., Juarez M., (1999). Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain and trans fatty acids. *Journal of Dairy Science*, 82: 878-884.
- Al Sultan S.I., (2007). Influence of feeding different concentration of fish oil on milk composition of Awasi goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6 (1): 57-60.
- Andrade P.V.D., Schmidely Ph., (2006). Effect of duodenal infusion of *trans*-10, *cis*-12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. *Reprod. Nutr.Dev*, 46: 31-48.
- Andrade P.V.D., Schmidely Ph., (2006). Influence of percentage of concentrate in combination with rolled canola seeds on performance, rumen fermentation and milk fatty acid composition in dairy goats. *Livest Sci* 104: 77-90.
- Antongiovanni M., Mele M., Buccioni A., Petacchi F., Serra A., Melis M.P., Cordebbu L., Banni S., Secchiari P., (2004). Effect of forage/concentrate ratio and oil supplementation on C18:1 and CLA isomers in milk fat from Sarda ewes. *Journal of Animal Feed Science*, 13 (Suppl.1), 669-672.
- Baldi A., Corino C., Simondi C., Tiberio F., (1988). Calcium soap utilization in lactating goats. Modification of some haematological parameters. In:XLII Conv.Società Italiana Science Veterinaire, Mantova, pp.1113-1135.
- Baldi A., Cheli F., Corino C., Dell'Orto V., Polidori F., (1992). Effects of feeding calcium salts of long chain fatty acids on milk yield, milk composition and plasma parameters of lactating goats. *Small Ruminantns Research*, 6: 303-310.
- Banni S., Carta G., Angioni E., Murru E., Scanu P., Melis M.P., Bauman D.E., Fischer S.M., (2001). Distribution of conjugated linoleic acid and metabolites in different lipid fractions in the rat liver. *J.Lipid Res.* 42: 1056-1061.
- Bartocci S., Terzano G.M., Omero A., Borghese A., (1988). Cottonseed utilization in diets for lactating goats. *Nota I. Ann. Ist. Sper. Zootec*, 21: 135-146.
- Bauchart D., Roy A., Lorenz S., Chardigny J.M., Ferlay A., Gruffat D., Sebedio J.L., Chilliard Y., Durand D., (2007). Butters varying in *trans* 18:1 and *cis-9,trans-11* conjugated linoleic

- acid modify plasma lipoproteins in the hypercholesterolemic rabbit. *Lipids* 42: 123-133.
- Bauman D.E., Griinari J.M., (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat:low fat syndrome. *Livest. Prod. Sci.*, 70: 15-29.
- Bauman D.E., Griinari J.M., (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 23: 203-227.
- Bell J.A., Griinari J.M., Kennely J.J., (2006). Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. *J Dairy Sci* 89: 733-748.
- Bernard L., Leroux C., Bonnet M. Rouel J., Martin P., Chilliard Y., (2005a). Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in mammary gland and adipose tissues of lactating goats. *Journal of Dairy Research*, 72: 250-255.
- Bernard L., Rouel J., Leroux C., Ferlay A., Faulconnier Y., Legrand P., Chilliard Y., (2005c). Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed vegetable lipids. *Journal of Dairy Science*, 88: 1478-1489.
- Bernard L., Leroux C., Chilliard Y., (2008). Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. *Adv Exp Med Biol*, Volume 606, Part I, pp.67-108.
- Bernard L., Bonnet M., Leroux C., Shingfield K.J., Chilliard Y., (2009). Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed maize silage-based diets. *J.Dairy Sci.* 92: 6083-6094.
- Bickerstaffe R., Noakes D.E., Anninon E.F., (1972). Quantitative aspects of fatty acid biohydrogenation, absorption and transfer into milk fat in the lactating goat, with special reference to the *cis*- and *trans*-isomers of octadecenoate and linoleate. *Biochem.J.*, 130: 607-617.
- Boza J., Sanz Sampelayo M.R., (1997). Nutritional aspects of goat milk. *Ann. Acad. Cienc.Vet. Andalucía Oriental*, 10: 109-139.
- Brown-Crowder I.E., Hart S.P., Cameron M., Sahl T., Goetsch A.L., (2001). Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Small Ruminant Research*, 39: 233-241.
- Bu D.P., Wang J.Q., Dhiman T.R., Liu S.J., (2007). Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *J Dairy Sci.* 90: 998-1007.
- Calderón I., De Peters E.J., Smith N.E., Franke A.A, (1984). Composition of goat's milk: changes within milking and effects of a high concentrate diet. *Journal of Dairy Science*, 67: 1905-1911.

- Casals R., Caja G., (1993). Relevance of using lipid supplements in sheep and goat feeding in arid zones. *Seminar on the ruminant nutrition in arid and mountain zones and their relationship with the maintenance of natural resources. Granada, Spain.* pp.173-193.
- Castro T., Manso T., Jimeno V., Del Alamo M., Mantecón A.R., (2009). Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linolenic acid (CLA) in milk. *Small Ruminants Research*, 84: 47-53.
- Chilliard Y., Gagliostro G., Flechet J., Lefaiivre J., Sebastian I., (1991). Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows, 5. Milk fatty acids and adipose tissue lipogenic activities. *J.Dairy Sci.* 74: 1844-1854.
- Chilliard Y., Doreau M., Gagliostro G., Elmeddah Y., (1993). Protected (encapsulated or calcium soaps) lipids in dairy cow diets. Effects on production and milk composition. *Prod Anim* 6: 139-150.
- Chilliard Y., Bocquier F., (1993). Effects of fat supplementation on milk yield and composition in dairy goats and ewes. In: Camera di Commercio Industria Artigiano Agricoltura di Varese, (Ed.), Proceedings, 5th International Symposium on La Qualita nelle produzioni die piccoli ruminanti. Varese, pp.61-78.
- Chilliard Y., Doreau M., (1997). Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 64: 173-179.
- Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M., Doreau M., (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49: 181-205.
- Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M., (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.*, 70: 31-48.
- Chilliard Y., Lamberet G., (2001). Biochemical characteristics of goat milk lipids and lipolytic system. A comparison with cows and human milk. Effect of lipid supplementation. In: Freund, G. (Ed), Goat milk quality, raw material for cheesemaking. Institut Technique des Produits Laitiers Caprins (ITPLC). Surgeres, France, pp. 71-114.
- Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lamberet G., (2003a). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86: 1751-1770.
- Chilliard Y. and Ferlay A., (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod.Nutr.Dev.*, 44: 467-492.
- Chilliard Y., Rouel J., Ferlay A., Bernard L., Gaborit P., Raynal-Ljutovac K., Lauret A., Leroux C., (2006). Optimising goat milk and cheese fatty acid composition: effects of genotype, feeding factors and dairy technology. In: Williams C., Buttriss J., (Eds.), 'Improving the fat content of foods' Woodhead Publishing Ltd. Pp. 281-312.

- Chilliard Y., Ollier S., Rouel J., Bernard L., Leroux C., (2006). Milk fatty acid profile in goats receiving high forage or high concentrate diets supplemented or not, with either whole rapeseeds or sunflower oil. In: Book of Abstracts of the 57<sup>th</sup> Annual Meeting of European Association for Animal Production, Antalya Turkey , 17-20 September 2006. Ed. Van der Honing Y., Wageningen Academic Publishers, Wageningen (The Netherlands), p.296.
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Doreau M., (2007). Diet, tumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur.J.Lipid Sci.Technol.* 109: 828-855.
- Chouinard P.Y., Corneau L., Saebo A., Bauman D.E., (1999). Milk yield and composition during abomasal infusion of conjugated linoleic acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82: 2737-2745.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B., Bosset J.O., (2002). Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatographic. *Int.Dairy.J.* 12: 649-659.
- Collomb M., Sieber R., Bütikofer U., (2004). CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* 39: 355-364.
- Corl B.A., Baumgard L.H., Griinari J.M., Delmonte P., Morehouse K.M., Yurawecz M.P., Bauman D.E., (2002). *Trans-7, cis-9* CLA is synthesized endogenously by delta9-desaturase in dairy cows. *Lipids* 37: 681-688.
- Dabadie H., Peuchant E., Bernard M., LeRuyet P., Mendy F., (2005). Moderate intake of myristic acid in sn-2 position has beneficial lipidic effects and enhances DHA of cholesteryl esters in an interventional study. *J.Nutr.Biochem.* 16: 375-382.
- Daccord R., (1987). Effect of addition of animal or vegetable fat to a hay based diet on digestibility and nitrogen balance in the lactating goat. *Ann.Zootech.* 36: 329 (Abstr.).
- Delage J., Fehr P.M., (1967). Influence of dietary lipids on the secretion of fatty acids in the mammary gland of the goat. I. Influence of lipid content in the diet on the milk fat rate and fatty acid composition. *Ann.Biol.Anim.Biochim.Biophys.* 7: 437-444.
- De la Torre, A., Debiton E., Durand D., Chardigny J.M., Berdeaux O., Loreau O., Barthomeuf C., Bauchart D., Gruffat D., (2005). Conjugated linoleic acid isomers and their conjugated derivatives inhibit growth of human cancer cell lines. *Anticancer Res.* 25: 3943-3949.
- DeMaria Ghionna C., Bartocci S., Terzano G.M., Borghese A. (1987). Calcium salt of fatty acids in the lactating goat feeding. I. Effect on milk production and on milk fat and protein content. *Ann.Ist.Sper.Zootec.* 20: 231-242.
- Dewhurst R.J., Shingfield K.J., Lee M.R.F., Scollan N.D., (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim Feed Sci Technol.* 131: 168-206.
- Dhiman T.R., Anand G.R., Satter L.D., Pariza M.W. (1999). Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, 82: 2136-2156.

- Dhiman T.R., Satter L.D., Pariza M.W., Galli M.P., Albright K., Tolosa M.X., (2000). Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J Dairy Sci* 83: 1016-1027.
- DiTrana A., Cifuni G.F., Braghieri A., Fedele V., Claps S., Rubino R., (2003). Influence of feeding system and season on CLA content in goat milk. In: Abstract, 54<sup>th</sup> Annual Meeting of European Association for Animal Production, Rome, Italy, 31 August – 3 September, Rome, p. 350.
- Doreau M., Chilliard Y., Bauchart D., Michalet-Doreau B., (1991). Influence of different fat supplements on digestibility and ruminal digestion in cows. *Ann Zootech* 40: 19-30.
- Doreau M., Chilliard Y., (1999). An atypical case of butterfat drop with diets supplemented with vegetable fat. *6emes Recontres Recherches Ruminants*, Paris (France), 6: 314.
- Ferlay A., Chilliard Y., Doreau M., (1992). Effects of calcium salts differing in fatty acids composition on duodenal and milk fatty acids profiles in dairy cows. *J Sci Food Agric.* 60: 31-37.
- Ferlay A., Rouel J., Chabosseau J.M., Capitan P., Raynal-Ljutovac K., Chilliard Y., (2003). Interactions between raygrass preservation and high-oleic sunflower oil supplementation on goat milk composition, including *trans* and conjugated fatty acids. In: Book of Abstracts of the 54<sup>th</sup> Annual Meeting of European Association for Animal Production, Rome, Italy, 31 August-3 September 2003. Ed. Van der Honing Y., Wageningen Academic Publishers, Wageningen (The Netherlands), p.350.
- Ferlay A., Capitan P., Ollier A., Chilliard Y., (2003). Interactions between nature of forage and oil supplementation on cow milk composition. 3. Effects on kinetics and percentages of milk CLA and *trans* fatty acids. In: Book of Abstracts of the 54<sup>th</sup> Annual Meeting of European Association for Animal Production, Rome, Italy, 31 August-3 September 2003. Ed. Van der Honing Y., Wageningen Academic Publishers, Wageningen (The Netherlands), p.120.
- Gafo C., Caja G., Peris S., Molina E., Casals R., (1995). Calcium soaps of fatty acids in the Murciano-Granadina goat during lactation. Productive and metabolic parameters. *Información Técnica Económica Agraria* 16: 738-740.
- Gagliostro G.A., Rodriguez A., Pellegrini P., Gatti P.M.G., Castaneda R.A., Colombo D., Chilliard Y., (2006). Efectos del suministro de aceite de pescado solo o en combinacion con aceite de girasol sobre las concentraciones de acido linoleico conjugado (CLA) y omega 3 (*n-3*) en leche de cabra. *Rev Argent Prod Anim* 26: 71-87.
- García Unciti M., (1996). Therapeutic utility of the medium-chain triglycerides. Ketogenic diets in the infantile epilepsy. *Nutr.Clin.* 16: 7-35.
- Givens D.I., Shingfield K.J., (2006). Optimizing dairy milk fatty acid composition. In: improving the fat content of foods. Eds. Williams C., Buttriss J., Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK), pp.252-280.
- Glasser F., Doreau M., Ferlay A., Looor J.J., Chilliard Y., (2007). Milk fatty acids: Mammary synthesis could limit transfer from duodenum in cows. *Eur L Lipid Sci Technol.*

- Gómez-Cortés P., Frutos P., Mantecón A.R, Juárez M., de la Fuente M.A., Hervas G., (2008). Addition of olive oil to dairy ewe diets: effect on milk fatty acid profile and animal performance. *Journal of Dairy Science*, 91: 3119-3127.
- Gómez-Cortés P., Frutos P., Mantecón A.R, Juárez M., de la Fuente M.A., Hervas G., (2008). Milk production, Conjugated Linoleic Acid Content, and In Vitro Ruminal Fermentation in Response to High Levels of Soybean Oil in Dairy Ewe Diet. *J.Dairy Sci.* 91: 1560-1569.
- Gómez-Cortés P., Toral P.G., Frutos P., Juárez M., de la Fuente M.A., Hervas G., (2011). Effect of supplementation of dairy sheep diet with incremental amounts of sunflower oil on animal performance and milk fatty acid profile. *Food Chemistry*, 125: 644-651.
- Griinari J.M., Dwyer D.A., McGuire M.A., Bauman D.E., Palmquist D.L., Nurmela K.V., (1998). *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81: 1251-1261.
- Griinari J.M., Bauman D.E., (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Eds. Yurawecz M.P., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Pariza M.W., Nelson G.J., AOCS Press, Champaign, IL (USA), pp.180-200.
- Griinari J.M., Bauman D.E., (2003). Update on theories of diet-induced milk fat depression and potential applications. *Recent advances in Animal Nutrition* (Garnsworthy P.C., Wiseman J., eds). Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 115-156
- Guevara G.J., Guerrero G.G., Contreras L.C., Bermúdez E., (1992). Bypass fat supplementation on goat milk production and composition. In: Lokeshwar R. (Ed.) *Proceedings V International Conference on Goats*. International Goat Association, vol I, New Delhi, India, p.166 (Abstr.).
- Guevara G.J., Contreras L.C., Guerrero G.G., Bermúdez E., (1994). Utilization of different levels of bypass fat. Effect on milk production and milk fat content at the beginning of the lactation. In: *Proceedings, VII, Reunión Nacional de Producción, Caprina*, San Carlos de Bariloche, Argentina, p.53 (Abstr.).
- 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.
- Hadjipanayiotou M., (1999). Feeding ensiled crude olive cake to lactating Chios ewes, Damascus goats and Friesian cows. *Livest. Prod.Sci.* 59: 61-66.
- Haenlein G.F.W., (1992). Role of goat meat and milk in human nutrition. In: Lokeshwar R.R., (Ed.) *Proceedings of the V International Conference on Goats*, vol. II. International Goat Association, New Delhi, India pp.575-580.
- Haenlein G.F.W., (1996). Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. In: *Proceedings of the IDF/CIRVAL Seminar Production, Utilization of Ewe, Goat, Milk* vol.9603, Internat.Dairy Fed.Publ., Brussels, Belgium pp.159-179.
- Haenlein G.F.W., (2001). Past, present and future perspectives of small ruminant research. *Journal of Dairy Science*, 84: 2097-2115.

- Haenlein G.F.W., (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51: 155-163.
- Harfoot C.G., Hazlewood G.P., (1997). Lipid metabolism in the rumen. In: The rumen microbial ecosystem. Eds. Hobson P.N., Stewart C.S., Blackie Academic & Professional, London (UK) pp.382-426.
- Harvatine K.J., Bauman D.E., (2007). Recent advances in milk fat depression: 1. Time course of milk fat depression and 2. Adipose tissue lipogenesis during milk fat depression. *Department of Animal Science, Cornell University*.
- Jenkins T.C., Fellner V., McGuffey R.K., (2003). Monensin by fat interactions on *trans* fatty acids in cultures of mixed ruminal microorganisms grown in continuous fermentors fed corn or barley. *J Dairy Sci*, 86: 324-330.
- Jenkins T.C., (2006). Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation. In: 4th Euro Fed Lipid Congress 'Oils, Fats and Lipids for a Healthier Future'. Euro Fed Lipid, Frankfurt (Germany), p.554.
- Kadegowda A.K.G., Bionaz M., Piperova L.S., Erdman A., Looor J.J., (2009). Peroxisome proliferators-activated receptor- $\gamma$ - activation and long-chain fatty acids lipogenic gene networks in bovine mammary epithelial cells to various extents. *J.Dairy.Sci.* 92: 4276-4289.
- Kepler C.R., Tove S.B., (1967). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J.Biol.Chem.*, 242: 5686-5692.
- Kitessa S.M., Gulati S.K., Ashes J.R., Fleck E., Scott T.W., Nichols P.D., (2001). Utilisation of fish oil in ruminants. I. Fish oil metabolism in sheep. *Anim.Feed Sci.Technol.*,89: 189-199.
- Kitessa S.M., Gulati S.K., Ashes J.R., Fleck E., Scott T.W., Nichols P.D., (2001b). Utilisation of fish oil in ruminants. II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. *Anim.Feed Sci.Technol.*,89: 201-208.
- Knopp R.H., Retzlaff B.M., (2004). Saturated fat prevents coronary artery disease? An American paradox. *Am.J Clin Nutr.* 80: 1102-1103.
- Lanzani A., Bondioli P., Mariani C., Fedele E., Polidori F., Dell'Orto V., Corino C., Guisi A., Contarini G., Ferro E., (1985). Utilization in lactating goats of a liquid feed supplemented with protected fat. Atti 6<sup>é</sup> Congr. Naz. Scientific Association of Animal Production (ASPA). Bologna, Italy, pp.87-92.
- LeDoux M., Rozeau A., Bas P., Sauvant D., (2002). Occurrence of *trans*-C18:1 fatty acid isomers in goat milk: Effect of two dietary regimens. *Journal of Dairy Science*, 85: 190-197.
- Leger C., Sauvant D., Hervieu J., Ternois F., (1994). Influence of duodenal infusions of EPA and DHA on the lipidic milk secretion of the dairy goat. *Ann. Zootech*, 43: 297 (Abstr.).
- Lock A.L., Shingfield K.J., (2004). Optimising milk composition. In: Dairying- Using science to meet consumer's needs. Eds. Kebreab E., Mills J., Beever D.E., Occasional Publication

No 29 of the British Society of Animal Science Nottingham University Press, Loughborough (UK) pp.107-108.

- Lock A.L, Parodi P.W., Bauman D.E., (2005). The biology of trans fatty acids: Implications for human health and the dairy industry. *Aust.J.Dairy Technol.* 60: 134-142.
- Loor J.J., Ueda K., Ferlay A., Chilliard Y., Doreau M., (2004). Biodydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2472-2485.
- Loor J.J., Ferlay A., Ollier A., Doreau M., Chilliard Y., (2005). Relationship among *trans* and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*, 88:726-740.
- Loor J.J., Doreau M., Chardigny J.M., Ollier A., Sebedio J.L., Chilliard Y., (2005). Effects of ruminal or duodenal supply of fish oil on milk fat secretion and profiles of *trans*-fatty acids and conjugated linoleic acid isomers in dairy cows fed maize silage. *Anim.Feed Sci.Technol.* 119: 227-246.
- Loor J.J., Ferlay A., Ollier A., Ueda K., Doreau M., Chilliard Y., (2005). High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter *trans* and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *J Dairy Sci.* 88: 3986-3999.
- Loor J.J., Ueda K., Ferlay A., Chilliard Y., Doreau M., (2005). Intestinal flow and digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids (CLA) in dairy cows fed a high-concentrate diet supplemented with fish oil, linseed oil, or sunflower oil. *Anim Feed Sci Technol* 119: 203-225.
- Lopez-Miranda J., Pérez-Martinez P., Pérez-Jimenez F., (2006). Health benefits of monounsaturated fatty acids. In: Improving the fat content of foods.Eds. Williams C., Buttriss J., Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK), pp.71-106.
- Martín L., Rodríguez P., Rota A., Rojas A., Pascual M.R., Patón D., Tovar J., (1999). Effect of protected fat supplementation to lactating goats on growth and fatty acid composition of perirenal fat in goat kids. *Anim.Sci.*, 68: 195-200.
- Martínez Marín A.L., Gómez-Cortés P., Gómez Castro A.G., Juárez M., Pérez Alba L.M., Pérez Hernández M., De la Fuente M.A., (2011). Animal performance and milk fatty acid profile of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils. *Journal of Dairy Science*, 94: 5359-5368.
- Mele M., Serra A., Raffanelli M.R., Conte G., Secchiari P., (2005). Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield and quality from dairy goats. *Ital.J.Anima.Sci.* 4: (Suppl.2), 392-394.
- Mele M., Buccioni A., Pettachi F., Serra A., Banni S., Antongiovanni M., Secchiari P., (2006). Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. *Anim.Res.* 55: 273-285.



- Mele M., Serra A., Conte G., Pollicardo A., Del Viva M., Secchiari P., (2007). Whole extruded linseed in the diet of dairy ewes during early lactation: effect on the fatty acid composition of milk and cheese. *Ital.J.Anim.Sci.* 6 (Suppl.1), 560-562.
- Mele M., Serra A., Buccioni A., Conte G., Pollicardo A., Secchiari P., (2008). Effect of soybean oil supplementation on milk fatty acid composition from Saanen goats fed diets with different forage:concentrate ratios. *Ital.J.Anim.Sci.* 7: 297-311.
- Minihane A.M., Lovegrove J.A., (2006). Health benefits of polyunsaturated fatty acids (PUFAs). In: improving the fat content of foods. Eds. Williams C., Buttriss J., Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK) pp.107-140.
- Mir Z., Goonewardene L.A., Okine E., Jaegar S., Scheer H.D., (1999). Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*, 33: 137-143.
- Morand-Fehr P., Sauvant D., (1980). Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *J.Dairy Sci.*, 63: 1671-1680.
- Morand-Fehr P., Chilliard Y., Sauvant D., (1982). Goat milk and its components: secretory mechanism and influence of nutritional factors. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Goats, Tuscon, Arizona, USA, pp.113-121.
- Morand-Fehr P., Sauvant D., Bas P., (1984). Utilization of fats in ruminants. Experiments in lactating goats. In: Cycle Approfondi d' Alimentation Animale (CAAA). Nov 8, Association pour le Developpement de l' Enseignement du Perfectionnement et de la Recherche a l'Institut National Agronomique Paris- Grignon (ADEPRINA). Paris, France, pp.D1-D2.
- Morand-Fehr P., Bas P., Sauvant D., Hervieu J., Chilliard Y., (1986). Influence of the concentrate nature on the goat metabolism at the end of gestation and the beginning of lactation. *Reprod.Nutr.Pevolop.* 26: 349-350.
- Morand-Fehr P., Bas P., Sauvant D., (1987). Influence of the nature and quantity of lipids in the diets on the secretion of milk and milk fat in the goat. *Reprod.Nutr.Develop.* 27: 309-310.
- Morand-Fehr P., Sanz Sampelayo M.R., Fedele Y.V., Le Frileux Y., Eknaes M., Schmidely Ph., Giger Reverding S., Bas P., Rubino R., Havrevoll Ø., Sauvant D., (2000). Effect of feeding on the quality of goat milk and cheeses. In: Proceedings of the Seventh International Conference on Goats, Tours, France, Tome I, pp.53-58.
- Mosley E.E., Powell G.L., Riley M.B., Jenkins T.C., (2002). Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *J Lipid Res.* 43: 290-296.
- Mosley S.A., Mosley E.E., Hatch B., Szasz J.I., Corato A., Zacharias N., Howes D., McGuire M.A., (2007). Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J Dairy Sci* 90: 987-993.
- Nielsen T.S., Straarup E.M., Vestergaard M., Sejrsen K., (2006). Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, *trans*-C18:1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reprod Nutr Dev* 46: 699-712.

- Nudda A., Mele M., Battacone G., Usai M.G., Macciota N.P.P., (2003). Comparison of conjugated linoleic acid (CLA) content in milk of ewes and goats with the same dietary regiments. *Ital. J. Anim.Sci.* 2 (Suppl.1), 515-517.
- Nudda A., McGuire M.A., Battacone G., Pulina G., (2005). Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *J.Dairy.Sci.* 88: 1311-1319.
- Nudda A., Battacone G., Usai M.G., Fancellu S., Pulina G., (2006). Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in goat milk. *J.Dairy Sci.* 89: 277-282.
- Offer N.W., Marsden M., Dixon J., Speake B.K., Thacker F.E., (1999). Effect of dietary fat supplements on levels of *n-3* poly-unsaturated fatty acids, *trans* acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *Anim Sci* 69: 613-625.
- Onetti S.G., Shaver R.D., McGuire M.A., Grummer R.R., (2001). Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed on corn silage-based diets. *J Dairy Sci* 84:2751-2759.
- Palmquist D.L., Jenkins T.C., (1980). Fat in lactation rations: Review. *J Dairy Sci* 63: 1-14.
- Palmquist D.L., Beaulieu A.D. and Barbano D.M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*, 76: 1753-1771.
- Palmquist D.L., Lock A.L., Shingfield K.J., Bauman D.E., (2005). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. Pages 179-217 in *Advances in Food and Nutrition Research*, Vol. 50, Taylor S.L., ed. Elsevier Academic Press , San Diego, CA.
- Palmquist D.L., and Griinari J.M., (2006). Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Anim.Feed Sci. Technol.* 131: 358-369.
- Parodi P.W., (2004). Milk fat in human nutrition. *Aust.J.Dairy Technol.*, 59: 3-59.
- Perez L., Sans Sampelayo M.R., Gil Extremera F., Boza J., (1998). Production of a more healthy goat milk. Use of diets supplemented with protected fat rich in PUFAs. In: Flamant J.C., Gabina D., Espejo Diaz M., (Eds.), *Proceedings International Symposium Basis of the quality of typical mediterranean animal products*. EAAP Publication No 90, Wageningen , (NL), pp.203-208.
- Piperova L.S., Teter B.B., Bruckental I., Sampugna J., Mills S.E., Yurawecz M.P., Fritsche J., Ku K., Erdman R.A., (2000). Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet. *J Nutr* 130: 2568-2574.
- Polidori F., Cheli F., Baldi A., Corino C., Dell'Orto V., (1989). Quantitative and qualitative characteristics of goat milk. Effects of using a diet supplemented with calcium soap. In: Greppi G.F., Corti M., (Eds.), *Atti del XXIV Simposio Internazionale di Zootecnia, Piccoli ruminanti oggi*, Milano, Italy, pp.149-153.

- Polidori F., Baldi A., Cheli F., Pulina G., (1991). Feeding and quality of goat milk. In: Enne G., Greppi G.F., (Eds.), III Simposio Internazionale : Qualita del latte ovino-caprino, Varese, Italy, pp.105-134.
- Pottier J., Focant M., Debier C., De Buysser G., Goffe C., Mignolet E., Froidmont E., Larondelle Y., (2006). Effect of dietary vitamin E on rumen biohydrogenation pathways and milk fat depression in dairy cows fed high-fat diets. *J Dairy Sci* 89: 685-692.
- Precht D., Molquentin J. (1996). Rapid analysis of the isomers of *trans*-octadecenoic acid in milk fat. *Int.Dairy J.*, 6: 791-809.
- Rego O.A., Rosa H.J.D., Portugal P.V., Franco T., Vouzela C.M., Borba E.S., Bessa R.J.B., (2005). The effects of supplementation with sunflower and soybean oils on the fatty acid profile of milk fat from grazing dairy cows. *Anim Res* 54: 17-24.
- Rouel J., Bruneteau E., Guillouet P., Ferlay A., Gaborit P., Leloutre L., Chilliard Y., (2005). Goat dairy performances according to dietary forage:concentrate ratio and/or high doses of sunflower or linseed oil, or extruded mixture of seeds. In: 56th Annual Meeting of european Association for animal Production , 5-8 June 2005, Uppsala, Sweden, Wageningen Academic Publishers (NL), p.280.
- Rousselot M.C., Broqua C.B., de Araujo C., Borgida L.P., (1995). Effects of the fiber and protected fat on the goat milk composition. *Ann.Zootech.* 44 (Suppl.) 376 (Abstr.).
- Roy A., Ferlay A., Shingfield K.J., Chilliard Y., (2006). Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on trans C18:1 fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. *Anim Sci* 82: 479-492.
- Roy A., Chardigny J.M., Bauchart D., Ferlay A., Lorenz S., Durand D., Gruffat D., Faulconnier Y., Sebedio J.L., Chilliard Y., (2007). Butters rich either in trans-10 C18:1 or in trans-11 C18:1 plus cis-9, trans-11 CLA differentially affect plasma lipids and aortic fatty streak in experimental atherosclerosis in rabbits. *Animal.*, 1: 467-476.
- Ryhanen E.L., Tallavaara K., Griinari J.M., Jaakkola S., Mantere-Alhonen S., Shingfield K.J., (2005). Production of conjugated linoleic acid enriched milk and dairy products from cows receiving grass silage supplemented with a cereal-based concentrate containing rapeseed oil. *Int Dairy J.*, 15: 207-217.
- Sanz Sampelayo M.R., Martin Alonso J.J., Moron D., Perez L., Boza J., (2000). Production of healthier goat milk. Use of a concentrate supplemented with a protected fat rich in PUFA. *J.Physiol.Biochem.* 56: 231-236.
- Sanz Sampelayo M.R., Perez L., Martin Alonso J.J., Amigo L., Boza J., (2002a). Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. *Small Ruminant Research*, 43: 141-148.

- Sanz Sampelayo M.R., Martin Alonso J.J., Perez L., Gil Extremera F., Boza J., (2004). Dietary supplements for lactating goats by polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplement withdrawal. *J. Dairy Sci.* 87: 1796- 1802.
- Sanz Sampelayo M.R., Chilliard Y., Schmidely Ph., Boza J., (2007). Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 42-63.
- Sauvant D., Morand-Fehr P., Bas P., (1986). The relevance of lipids in the concentrates. Observations carried out in the goat. *Les Dossiers de l'Elevage* 5: 51-57.
- Schmidely Ph., Sauvant D. (2001). Fat content and composition of small ruminant milk: effects of fat content in the concentrate. *INRA Prod.Anim.* 14: 337-354.
- Schmidely Ph., Morand-Fehr P. (2004). Effects of intravenous infusion of *trans*-10, *cis*-12 or *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) on milk fat synthesis and composition in dairy goats during midlactation. *SA.Anim.Sci.*34 (Suppl.) 195-197.
- Schmidely Ph., Morand-Fehr P., Sauvant D., (2005). Influence of extruded soybeans with or without bicarbonate on milk performance and fatty acid composition of goat milk. *J Dairy Sci* 88: 757-765.
- Schneider P.L., Sklan D., Chalupa W., Kronfeld D.S., (1988). Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. *J Dairy Sci* 71: 2143-2150.
- Secchiari P., Antongiovanni M., Mele M., Serra A., Buccioni A., Ferruzzi G., Paoletti F., Petacchi F., (2003). Effect of kind of dietary fat on the quality of milk fat from Italian Friesian cows. *Livest Prod Sci* , 83: 43-52.
- Selner D.R., Schultz L.H., (1980). Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *J.Dairy.Sci.* , 63: 1235-1241.
- Shingfield K.J., Ahvenjarvi S., Toivonen V., Ärölä A., Nurmela K.V., Huntanen P., Griinari J.M., (2003). Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Anim Sci.* 77: 165-179.
- Shingfield K.J., Reynolds C.K., Lupoli B., Toivonen V., Yurawecz M.P., Delmonte P., Griinari J.M., Grandison A.S., Beaver D.E., (2005). Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cows given sunflower oil and fish oil. *Anim Sci* 80: 225-238.
- Shingfield K.J., Reynolds C.K., Hervas G., Griinari J.M., Grandison A.S., Beaver D.E., (2006). Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J.Dairy Sci.* 89: 714-732.
- Shingfield K.J., Chilliard Y., Toivonen V., Kairenius P., Givens I., (2008). Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv.Exp.Med.Biol.* Volume 606, Part I, 3-65.
- Shingfield K.J., (2008). Nutritional regulation of milk fatty acid composition. *Animal Production Research*, MTT Agrifood Research, 31600 Jokioinen.

- Sinclair L.A., Lock A.L., Perfield II J.W., Teles B.M., Bauman D.E. (2005). The effect of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid on milk fat synthesis in lactating sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.* 92.
- Storry J.E., Rook J.A.F., (1965). The effects of a diet low in hay and high in flaked maize on milk fat secretion and on the concentration of certain constituents in the blood plasma of the cow. *Br. J. Nutr.* 19: 101-109.
- Toral P.G., Frutos P., Hervás G., Gómez-Cortés P., Juárez M., de la Fuente M.A. (2009). Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 93: 1604-1615.
- Tsiplakou E., Mountzouris K.C., Zervas G., (2006). Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science* 103: 74-84.
- Tsiplakou E., Zervas G., (2008a). Comparative study between sheep and goats on rumenic acid and vaccenic acid in milk fat under the same dietary treatments. *Liv. Sci.* 119: 87-94.
- Tsiplakou E., Zervas G., (2008b). The effects of dietary inclusion of olive tree leaves and grape marc on the content of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in the milk of dairy sheep and goats. *J Dairy Res.* 75: 270-278.
- Vlaeminck B., Fievez V., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Dewhurst R.J., (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim Feed Sci Technol.* 131: 389-417.
- Whitlock L.A., Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Baer R.J., Ramaswamy N., Kasperson K.M., (2002). Fish oil and extruded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *J Dairy Sci* 85: 234-243.
- Wolf R.L., (1995). Content and distribution of *trans*-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. *JAOCS* 72: 259-272.
- Wongtangintham S., Oku H., Iwasaki H., Toda T., (2004). Effect of branched-chain fatty acids on fatty acids biosynthesis of human breast cancer cells. *J. Nutr Sci Vitaminol.* 50: 137-143.
- Yaqoob P., Tricon S., Burdge G.C., Calder P.C., (2006). Conjugated linoleic acids (CLA) and health. In: Improving the fat content of foods. Eds. Williams C., Buttriss J., Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK) PP.182-212.
- Zervas G., Tsiplakou E., (2011). The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research* 101: 140-149.
- Zock P.L., (2006). Health problems associated with saturated and trans fatty acids intake. In: Improving the fat content of foods. Eds. Williams C., Buttriss J., Woodhead Publishing Limited, Cambridge (UK), pp.3-24.
- Zucali M. Bava L., Penati C., Rapetti L., (2007). Effect of raw sunflower seeds on goat milk production in different farming systems. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6 (Suppl.1), 633-635.

Γούλας Χ., Ζέρβας Γ., Παπαδόπουλος Γ., (2001). Επίδραση του λίπους στα ζυμωτικά φαινόμενα των προστομάχων προβάτων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 28: 33-46.

Ζέρβας Γ., Φεγγερός Κ., Καρούντζου Ε., Παπαδόπουλος Γ., (1990). Διαιτητική εκτίμηση βαμβακόσπορου στα πρόβατα. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 11: 25-38.