



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

CLA  
CLA

## ΤΟ ΣΥΖΥΓΕΣ ΛΙΝΕΛΑΪΚΟ ΟΞΥ

στο γάλα και το κρέας των μηρυκαστικών



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ  
ΓΕΩΡΓΙΑ ΤΣΕΛΕΜΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΝΗΤΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|               |        |
|---------------|--------|
|               | Σελίδα |
| Πρόλογος..... | 1      |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

|  |    |
|--|----|
| 1. Η σύνθεση του CLA .....                 | 2  |
| 1.1. Λιπαρά οξέα και CLA .....             | 2  |
| 1.2. Ισομερή CLA.....                      | 6  |
| 1.3. Βιοσύνθεση του CLA.....               | 8  |
| 1.4. Βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία ..... | 9  |
| 1.5. Ενδογενής σύνθεση .....               | 14 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

|  |    |
|--|----|
| 2. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του CLA<br>στο λίπος του γάλακτος των μηρυκαστικών ..... | 15 |
| 2.1 Βοσκές καρποί και διατηρημένες χονδροειδείς ζωοτροφές.....   | 15 |
| 2.1.1 Δημητριακοί καρποί .....   | 17 |
| 2.1.2 Στάδιο ωρίμανσης κτηνοτροφικών φυτών και συντήρηση<br>ζωοτροφών .....                                      | 18 |
| 2.1.3 Φυτικά έλαια και ελαιούχοι σπόροι.....   | 19 |
| 2.1.4 Ιχθυέλαια και ιχθυοτροφές .....  | 20 |
| 2.1.5 Συνδυασμός ελαιούχων σπόρων και ιχθυελαίων .....   | 21 |
| 2.1.6 Προσθήκη ζωικού λίπους στα σιτηρέσια των μηρυκαστικών .....  | 24 |
| 2.2 Άλλοι παράγοντες .....   | 25 |
| 2.2.1 Φυλή, ηλικία, και ατομικές ιδιαιτερότητες της αγελάδας .....   | 27 |
| 2.3 Επεξεργασία του γάλακτος .....   | 29 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

|  |    |
|--|----|
| 3. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του CLA στο λίπος του κρέατος των μηρυκαστικών ..... | 33 |
| 3.1 Βοσκές και διατηρημένες χονδροειδείς ζωοτροφές .....   | 33 |
| 3.2 Φυτικά έλαια και σπέρματα .....  | 34 |
| 3.3 Η φυλή του ζώου και στρατηγικές διαχειρίσεις .....   | 37 |
| 3.4 Συμπληρώματα συνθετικού CLA .....  | 39 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

|  |    |
|--|----|
| Γαλακτοκομικά προϊόντα του εμπορίου που περιέχουν CLA: ορίζοντες για δημιουργία νέων προϊόντων ..... | 42 |
|--|----|

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

|  |    |
|--|----|
| Επιδράσεις του CLA στην υγεία του ανθρώπου .....                         | 44 |
| 5.1 Το CLA στην αντιμετώπιση του καρκίνου .....                          | 44 |
| 5.2 Γενική επίδραση του CLA στον καρκίνο .....                           | 45 |
| 5.3 Το CLA στην αντιμετώπιση της Αθηροσκλήρωσης .....                    | 46 |
| 5.4 Το CLA στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας .....                       | 47 |
| 5.5 Το CLA στην αντιμετώπιση του διαβήτη τύπου β.....                    | 48 |
| 5.6 Το CLA στο μεταβολισμό και την ανάπτυξη των οστών.....               | 48 |
| 5.7 Το CLA στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπου..... | 48 |
| Συμπεράσματα.....  | 50 |
| Βιβλιογραφία.....  | 52 |

## **ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

**CLA** : Conjugated Linoleic Acid, Συζυγές Λινελαϊκό οξύ

**FA** : Fatty acids, Λιπαρά οξέα

**LA** : Linoleic Acid, Λινελαϊκό οξύ

**PUFA** : Polyunsaturated fatty acids, Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

**TVA** : trans – βασσενικό οξύ

**mg** : χιλιοστό του γραμμαρίου

**ml** : χιλιοστό του λίτρου

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε μια εποχή όπου η υγεία και η διατροφή του ανθρώπου, απασχολεί την κοινότητα των ερευνητών περισσότερο από ποτέ, η τεχνολογία και η έρευνα πραγματοποιούν άλματα καθημερινά ώστε να εξασφαλίσουν εκτός από υγεία, και μια καλύτερη ποιότητα ζωής. Από τα πιο περίεργα και αξιόλογα τελευταία δεδομένα της επιστημονικής έρευνας είναι εκείνα τα οποία σχετίζονται με κάποια είδη λιπών, που όχι μόνο δεν πρέπει να αποφεύγουμε, αλλά αντίθετα μπορεί να αποδειχθούν χρήσιμα και αποτελεσματικά για τη διατήρηση της υγείας μας, όπως επίσης και για τη θεραπεία παθολογικών περιστάσεων. Τα ζωικά προϊόντα (γάλα, κρέας κτλ) αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή θρεπτικών συστατικών για τον άνθρωπο, λόγω της υψηλής θρεπτικής τους αξίας. Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι τα ζωικά προϊόντα όχι μόνο καλύπτουν τις βασικές μας ανάγκες, αλλά συμβάλουν και στη βελτίωση της υγείας μας. Το συζυγές λινελαϊκό οξύ είναι ένα συστατικό στο γάλα και το κρέας το οποίο έχει ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Η εργασία τούτη παραθέτει στοιχεία για τη σύνθεση, τους ζωοτεχνικούς και γεωπονικούς χειρισμούς για την αύξηση του στα προϊόντα, καθώς επίσης και για τη συμβολή του στην υγεία του ανθρώπου.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του κ. Δημοσθένη Νήτα, Καθηγητή διατροφής του τμήματος Ζωικής Παραγωγής, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για τη βοήθεια του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### 1. Σύνθεση CLA

#### 1.1 Λιπαρά οξέα και CLA

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα δίνουν στον ανθρώπινο οργανισμό το 15-20% του συνολικού λίπους που παίρνει από τη διατροφή, εκ των οποίων το 2% είναι πολυακόρεστα, και το 70% κορεσμένα (λιγότερο από 40% των κορεσμένων θεωρούνται μη υγιεινά) (Elgersma et al., 2006) Το γάλα περιέχει 3.2-4.7% λίπος, στα οποία περιέχονται πολλά διαφορετικά είδη λιπαρών οξέων. Τα πιο σημαντικά από αυτά έχουν 4 έως 20 άτομα άνθρακα στην αλυσίδα τους.

**Πίνακας 1: Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα** Πηγή: (Antongiovanni et al., 2003)

| Ακρωνύμιο | Λιπαρό οξύ            | Χημικός τύπος  | Συστηματική ονομ/γία          |
|-----------|-----------------------|--|-------------------------------|
| AA        | Αραχιδονικό           | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ | C20:4 cis 5,8,11,14<br>n-6    |
| BA        | Βουτυρικό             | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$  | C4:0                          |
| CLA       | Συζυγές λινολεϊκό οξύ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5(\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$            | C18:2 cis9,trans11<br>n-6     |
| EPA       | Εικοσιπεντανοϊκό      | $\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$                | C20:5 cis<br>5,8,11,14,17 n-3 |
| ETA       | Εικοσιδιτετρανοϊκό    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$                | C20:4 cis 8,11,14,17<br>n-3   |
| LA        | Λινελαϊκό             | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | C18:2 cis 9,12 n-6            |
| LNA       | α-λινολενικό          | $\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                | C18:3 cis 9,12,15 n-3         |
| γ-LNA     | γ-λινολενικό          | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ | C18:3 cis 6,9,12 n-6          |
| MA        | Μυριστικό             | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$   | C14:0                         |
| OA        | Ελαϊκό                | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                | C18:1 cis 9                   |
| PA        | Παλμιτικό             | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$   | C16:0                         |
| SA        | Στεατικό              | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$   | C18:0                         |
| VA        | Βασσενικό             | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$                | C18:1 trans11                 |

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ (Conjugated Linoleic Acid, CLA), ανήκει στα λιπαρά οξέα. Αναγνωρίστηκε ως φυσικό συστατικό από τον Michael Pariza (1987), μέσα από μια έρευνα σε ποντίκια, στην οποία έδειξε ότι η ύπαρξη αυτής της ουσίας εμπόδισε την εμφάνιση καρκινικού όγκου στα ποντίκια. Επίσης ο ίδιος έδειξε σε πειράματα με κουνέλια τη θετική επίδραση του CLA, στη μείωση της αθηροσκλήρωσης. Το CLA υπάρχει, στο γάλα και στο κρέας των μηρυκαστικών, και είναι ένα μίγμα ισομερών θέσης και γεωμετρικών ισομερών του λινελαϊκού οξέος (cis-9, cis-12 C18:2), με δύο συζυγείς διπλούς δεσμούς σε διάφορες θέσεις ατόμων άνθρακα στην αλυσίδα του λιπαρού οξέος. (Khanal, 2004).

### Διάταξη ατόμων άνθρακα στις αλυσίδες:

C

άτομο άνθρακα

-C-C-

απλός δεσμός (-)

-C=C-

διπλός δεσμός (=)

### Λεπτομέρεια της αλυσίδας του λινελαϊκού οξέος

-C=C—C—C=C-

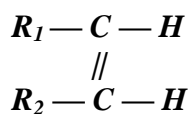
Σε ένα μέρος του μορίου του οξέος ένας διπλός δεσμός ακολουθείται από δύο απλούς δεσμούς και στη συνέχεια πάλι από διπλό.

### Λεπτομέρεια συζυγούς λινελαϊκού οξέος

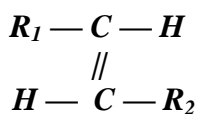
-C=C—C=C-

Σε ένα μέρος του μορίου του οξέος ένας διπλός δεσμός ακολουθείται από ένα απλό, και στη συνέχεια πάλι από διπλό. Αυτή η εναλλαγή διπλών και απλών δεσμών καλείται συζυγία (conjugation), και το οξύ, συζυγές λινελαϊκό οξύ (conjugated linoleic acid). (Reiner, 1996)

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να υπάρχουν και με δυο διαφορετικές γεωμετρικές μορφές, δηλαδή cis και trans:



cis μορφή



trans μορφή

*Γεωμετρική μορφή ακόρεστων λιπαρών οξέων. Τα  $R_1$  και  $R_2$  αντιπροσωπεύουν αλυσίδες διαφόρων λιπαρών οξέων. Όταν οι αλυσίδες λιπαρών οξέων  $R_1$  και  $R_2$  είναι από την ίδια πλευρά, του επιπέδου που ορίζει ο διπλός δεσμός, τότε το ισομερές έχει τη μορφή cis. Όταν οι  $R_1$  και  $R_2$  είναι σε απομακρυσμένες θέσεις, τότε το ισομερές έχει το συμβολισμό trans. (Reiner, 1996)*

### Το CLA σχηματίζεται

- ως ενδιάμεσο προϊόν κατά τη βιοϋδρογόνωση του λινελαϊκού οξέος σε στεατικό οξύ στη μεγάλη κοιλία, από το βακτήριο *Butyrivibrio fibrisolvens* και από άλλα βακτήρια της μεγάλης κοιλίας ή

-από την ενδογενή μετατροπή του trans-11 C18:1 (τρανσβασσενικό οξύ, TVA), ενός άλλου ενδιάμεσου προϊόντος της βιοϋδρογόνωσης, με τη βοήθεια του ενζύμου  $\Delta^9$ -αφυδρογονάσης στο μαστικό αδέννα και πιθανώς στο λιπώδη ιστό (Khanal, 2004).

Η περιεκτικότητα του CLA στο γάλα και το κρέας επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες όπως από τη φυλή του ζώου, την ηλικία, και τη διατροφή. Η σύσταση του CLA στο γάλα και το κρέας παραμένει σταθερή κάτω από ήπιες συνθήκες μαγειρέματος ή σε κανονικές συνθήκες αποθήκευσης. Το εύρος της περιεκτικότητας του CLA στο λίπος του γάλακτος κυμαίνεται από 0,34 έως 1,07% του συνολικού, ενώ στο βόειο κρέας, στο 0,12 έως 0,68% του συνολικού. Εκτιμάται, πως ο μέσος ενήλικας καταναλώνει μόνο το 1/3-1/2 του ποσοστού CLA, από αυτό που έδειξαν μελέτες σε ζώα ότι μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου. Σκοπός λοιπόν είναι η αύξηση του ποσοστού του CLA στο λίπος του γάλακτος και του κρέατος έτσι ώστε να επιτύχουμε μεγαλύτερη λήψη από τον άνθρωπο.



Από τα δύο πιο σημαντικά ισομερή, το ισομερές cis-9, trans-11 είναι το επικρατέστερο, και αποτελεί το 80 με 90% του συνολικού CLA που βρίσκεται στο γάλα και το κρέας των μηρυκαστικών, ενώ το trans-10, cis-12 ισομερές βρίσκεται σε μικρές ποσότητες που κυμαίνονται από 3 μέχρι 5% του συνολικού CLA. (Khanal, 2004)

Από τότε που αποδείχθηκε ότι το CLA που ελήφθη από αλεσμένο ψητό μοσχαρίσιο κρέας ανέστειλε την καρκινογένεση, μια εξολοκλήρου καινούργια περιοχή έρευνας αφιερωμένη στο αντικείμενο έχει ανοίξει. Στην αρχή οι μελέτες αφορούσαν περισσότερο τις αντικαρκινικές ιδιότητες του CLA. Αργότερα απεδείχθησαν σε διάφορα πειραματικά πρότυπα ζώων οι θετικές του επιδράσεις στον διαβήτη, την αθηροσκλήρωση, το μεταβολισμό των λιπιδίων, το μεταβολισμό των οστών, και το ανοσοποιητικό σύστημα. (Khanal, 2004).

Όσον αναφορά τους μηχανισμούς δράσης μέσω των οποίων το CLA ασκεί τις επιδράσεις του είναι στην καλύτερη περίπτωση, θεωρητικοί, ενώ κάποιες θεωρίες αναφέρουν ότι το CLA μειώνει τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων, και προκαλεί απόπτωση (κατακερματισμός και καταστροφή κυττάρων που έχουν υποστεί φαγοκύτωση )

Οι Bank και Hilditch (1931) πραγματοποίησαν μια έρευνα η οποία έδειξε ότι αν για μια περίοδο 260 ημερών χορηγηθεί σιτηρέσιο με απεριόριστα ποσά ακόρεστων ελαίων σε βόδια, δε θα υπάρξει καμία επίδραση στο λίπος του σώματος τους . Αργότερα οι Shortland et al. ,(1950), παρατήρησαν ότι ενώ η διατροφή των ζώων ελευθέρως βοσκής είναι πλούσια σε λινελαϊκό οξύ, σε μετρήσεις που έγιναν στο αποθηκευμένο σωματικό λίπος των μηρυκαστικών, βρέθηκαν μόνο ίχνη του λινελαϊκού οξέος. Η πρώτη απόδειξη για τη βιοϋδρογόνωση των διατροφικών λιπών στη μεγάλη κοιλία προήλθε από τους Reiser (1951), Hartman et al.,(1954) και Shortland et al., (1955). Επίσης παρατηρήθηκε ότι η διαδικασία της βιοϋδρογόνωσης ήταν ατελής, και ότι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα έγιναν κορεσμένα, με τη βοήθεια μικροοργανισμών, που βρίσκονται στη μεγάλη κοιλία. (Dhiman et al., 2005)

Ο Parodi (1976), διαχώρισε το cis-9 ,trans-11 C18:2 από το λίπος του γάλακτος και παρατήρησε ότι τα συζυγή ακόρεστα λιπαρά οξέα δεν είναι συνήθως μέρος της διατροφής μιας αγελάδας, αλλά ότι εμφανίζονται στο γάλα ως αποτέλεσμα της βιοϋδρογόνωσης των λιπών στη μεγάλη κοιλία.

Το πλήρες γάλα περιέχει κατά μέσο όρο 3,5% λιπαρά και το 0,5 % του συνολικού λίπους του γάλακτος είναι CLA. Για τους ανθρώπους ένα ποτήρι πλήρες γάλα ( 227mL) και ένα κομμάτι τυρί (30gr) ημερησίως μπορούν να παρέχουν 90 mg CLA. Αν υποθέσουμε ότι η ημερήσια κατανάλωση τροφής ενός μέσου ενήλικα ανέρχεται στα 600gr τα 90mg CLA αποτελούν το 0,015% της διατροφής τους. Δυστυχώς, αυτό το ποσό είναι μόνο το 25% της χαμηλότερης αποτελεσματικής δόσης για τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου σε ποντίκια.

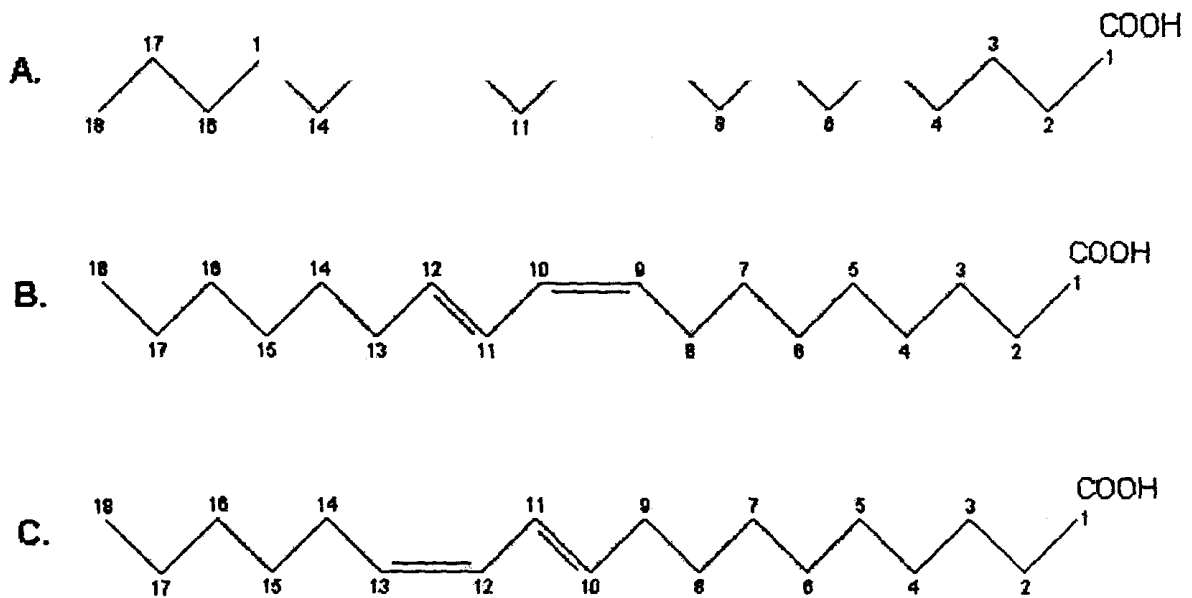
Για να αυξήσουμε το CLA που λαμβάνουν οι άνθρωποι πρέπει είτε να καταναλωθούν περισσότερα προϊόντα που προέρχονται από μηρυκαστικά ή να αυξήσουμε την περιεκτικότητα CLA στο γάλα και στο κρέας. Καθώς η τελευταία μέθοδος είναι πιο πρακτική, πολλές έρευνες έχουν γίνει την τελευταία δεκαετία ως προσπάθεια για να αυξηθεί η συγκέντρωση του CLA στο γάλα και στο κρέας.(Dhiman et al., 2005).

## **1.2 CLA ισομερή**

Το CLA και τα ισομερή του βρίσκονται στις τροφές, και ειδικότερα σε εκείνες που προέρχονται από τα μηρυκαστικά. Συντίθεται από βακτήρια στη μεγάλη κοιλία χρησιμοποιώντας τα λιπαρά οξέα C18:2 ή C18:3 ως πρόδρομες ουσίες, . Επίσης και εργαστηριακά από το C18:2 ή από πηγές με υψηλά ποσοστά C18:2, όπως ο ηλίανθος , το κάρδαμο, η σόγια, και το έλαιο καλαμποκιού.

Μέχρι τώρα έχουν βρεθεί 27 φυσικά CLA ισομερή, στα γαλακτοκομικά προϊόντα, το κρέας, το ανθρώπινο μητρικό γάλα και τον ανθρώπινο λιπώδη ιστό εκ των οποίων ταυτοποιημένα είναι τα εξής: t12, t14-t11, t13-t10, t12-t9, t11-t18, t10-t7, t9-t7,cis-9,tans-6, trans-8,cis-12, t14-t11, cis-13,cis-11, trans-13,cis-10, trans-12,cis-9, trans-11,cis-8, trans-10,cis-7, trans-9,cis-9, c11; και c11, c13. Το βούτυρο περιλαμβάνει τα ισομερή cis-9, trans-11 (76,5%) και cis-7, trans-9 (6,7%) (Bauman et al.1999).

## Χημικές δομές ισομερών του λινελαϊκού οξέος



Χημική δομή του λινελαϊκού οξέος C18:2 (A), και δυο βασικών συζυγών λινελαϊκών οξέων: cis-9, trans-11 ισομερές (B), και trans-10, cis-12 ισομερές (C) (Dhiman et al., 2005)

Οι μέθοδοι με τις οποίες ανιχνεύεται το CLA είναι οι εξής:

- Υπεριώδης Φασματοσκοπία (Ultraviolet spectroscopy)
- Υπέρυθρη Φασματοσκοπία (Infrared spectroscopy)
- Χρωματογραφία Λεπτού Στρώματος (Thin Layer Chromatography)
- Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography)
- Υγρή χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography)
- Φασματομετρία Μάζας (Mass Spectrometry)

### 1.3 Βιοσύνθεση του CLA

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ προέρχεται είτε από τη βιοδρογόνωση του C18:2 και του C18:3 στη μεγάλη κοιλία ή από ενδογενή σύνθεση μέσα στους ιστούς. Στη μεγάλη κοιλία το CLA παράγεται ως ένα ενδιάμεσο προϊόν κατά τη διάρκεια της βιοδρογόνωσης του C18:2 σε στεατικό οξύ (C18:0). Ενδογενώς το CLA συνθέτεται από t11, C18:1 βασσενικό οξύ (TVA), άλλο ένα ενδιάμεσο προϊόν της βιοδρογόνωσης στη μεγάλη κοιλία, μέσω του ενζύμου Δ9- αφυδρογονάσης (Bauman et al 1999). Η ενδογενής σύνθεση του CLA από TVA έχει αναφερθεί ότι είναι η κύρια μέθοδος για τη σύνθεση του CLA στις γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες, η οποία εκτιμάται ότι αποδίδει το 78% του CLA στο λίπος του γάλακτος. Ο ισομερισμός και η βιοδρογόνωση επηρεάζονται από το pH της μεγάλης κοιλίας, καθώς εάν αυτό μειωθεί, τότε ο αριθμός των βακτηρίων αλλάζει. Ως συνέπεια έχουμε την αλλαγή του τελικού προϊόντος, καθώς τα ενδιάμεσα προϊόντα οδηγούνται σε t10,c12 C18:1 αντί για στεατικό οξύ. (Schmid et al., 2006)

#### Πίνακας 2: Η συγκέντρωση του CLA και του βασσενικού οξέος στο λίπος του γάλακτος των αγελάδων στις διάφορες χώρες

Πηγη: (Elgersma et al., 2006)

| Χώρα             | Συνολικό CLA | Cis-9,Trans-11 | C18:1 |
|------------------|--------------|----------------|-------|
| Γερμανία (βοσκή) |              | 7,5            | 17,2  |
| Ολλανδία         | 6,9          | 6,5            | 15,5  |
| Αυστρία          |              | 9,2            |       |
| Βέλγιο           |              | 7,6            | 14,7  |
| Δανία            |              | 8,7            | 20,0  |
| Ισπανία          |              | 9,5            | 21,1  |
| Γαλλία           |              | 7,4            | 17,1  |
| Η.Β              |              | 10,3           | 25,1  |
| Ελλάδα           |              | 8,7            | 13,1  |
| Ιταλία           |              | 9,4            | 21,0  |

|                    |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|
| Ιρλανδία           |      | 14,1 | 35,4 |
| Ελβετία (highland) | 23,6 | 21,8 | 31,0 |
| Νέα Ζηλανδία       |      | 14,0 |      |
| ΗΠΑ                |      | 4,5  |      |
| Καναδάς            |      |      |      |

#### 1.4 Βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία

Τα λιπίδια στη διατροφή των μηρυκαστικών προέρχονται από χονδροειδείς ζωοτροφές, καρπούς δημητριακών και από ελαιώδη συμπληρώματα. Το ποσοστό λιπιδίων στη διατροφή των μηρυκαστικών κυμαίνεται από 3-7% επί της ξηρής ουσίας. Οι περισσότερες τροφές που είναι φυτικής προέλευσης περιέχουν λινελαϊκό (C18:2) και/ή λινολενικό (C18:3) ως τα κύρια βασικά λιπαρά οξέα. Οι τροφές ζωικής προέλευσης, όπως το ζωικό λίπος και τα ιχθυοπαράγωγα, είναι πιθανόν να μην είναι τόσο πλούσια σε λιπαρά οξέα. Μεταξύ των ζωοτροφών το λίπος της βοσκήσιμης ύλης των λιβαδιών όταν καταναλώνεται από μηρυκαστικά είναι πλούσιο σε λινολενικό οξύ (C18:3), αντιπροσωπεύοντας το 48-56% των λιπαρών οξέων της βοσκήσιμης ύλης. (Dhiman et al., 2005)

Τα ενσιρώματα καλαμποκιού ή χόρτου είναι πλούσια σε C18:2 (41% FA) ή C18:3 (46% FA). Το χόρτο μηδικής περιέχει υψηλές ποσότητες C18:3 ενώ άλλα ακόρεστα λιπαρά οξέα που βρίσκονται μέσα στις χονδροειδείς ζωοτροφές μπορεί να οξειδωθούν κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Οι περισσότεροι φυτικοί σπόροι και έλαια είναι πλούσια σε C18:2, το οποίο αναλογεί σε 53-69% του συνολικού ποσοστού λιπαρών οξέων. Παρόλα αυτά το φυσικέλαιο είναι πλούσιο σε C18:1 (51%) και το λινέλαιο περιέχει μεγάλη ποσότητα C18:3 (51% FA). Το ιχθυέλαιο περιέχει σχετικά χαμηλές ποσότητες C18:2 και C18:3 αλλά είναι πολύ πλούσιο σε μεγάλης αλυσίδας πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA). Το ζωικό λίπος έχει υψηλές ποσότητες βασσενικού (46% FA) των συνολικών λιπαρών οξέων επί της ξηράς ουσίας.

**Πίνακας 3: Λιπαρά οξέα που ανιχνεύθηκαν στο λίπος του γάλακτος των αγελάδων που διατράφηκαν με διαφορετικά σιτηρέσια**

Πηγή (Tanaka, 2005)

| Λιπαρό Οξύ               | MPT          | ΔΧΛ          | ΔΥΛα         | ΔΥΛβ         |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>C18:0</b>             | <b>6,25</b>  | <b>5.68</b>  | <b>9.92</b>  | <b>8.75</b>  |
| <b>C 18:1trans-11</b>    | <b>1,25</b>  | <b>1.65</b>  | <b>10.55</b> | <b>14.77</b> |
| <b>C18:1,cis9</b>        | <b>12.65</b> | <b>13.16</b> | <b>20.41</b> | <b>18.25</b> |
| <b>C18:1 (n-12)</b>      | <b>0.77</b>  | <b>1.05</b>  | <b>2.08</b>  | <b>1.64</b>  |
| <b>C18:1 (n-7)</b>       | <b>0.67</b>  | <b>0.69</b>  | <b>0.95</b>  | <b>0.91</b>  |
| <b>C18:1 (n-6)</b>       | <b>0.45</b>  | <b>0.52</b>  | <b>3.05</b>  | <b>2.30</b>  |
| <b>C18:2</b>             | <b>1.51</b>  | <b>1.62</b>  | <b>2.97</b>  | <b>2.82</b>  |
| <b>Cis-9,trans-11CLA</b> | <b>0.49</b>  | <b>0.56</b>  | <b>3.7</b>   | <b>5.63</b>  |
| <b>Trans-10,Cis-12</b>   | <b>Δ.Α</b>   | <b>Δ.Α</b>   | <b>0.054</b> | <b>0.054</b> |
| <b>CLA</b>               |              |              |              |              |
| <b>Συνολικό CLA</b>      | <b>5.1</b>   | <b>5.4</b>   | <b>28.5</b>  | <b>45,8</b>  |

*Όλες οι τιμές είναι %. MPT= μάρτυρας, ΔΧΛ= διατροφή με χαμηλά λιπαρά, ΔΥΛα= διατροφή με υψηλά λιπαρά(α), ΔΥΛβ= διατροφή με υψηλά λιπαρά(β).*

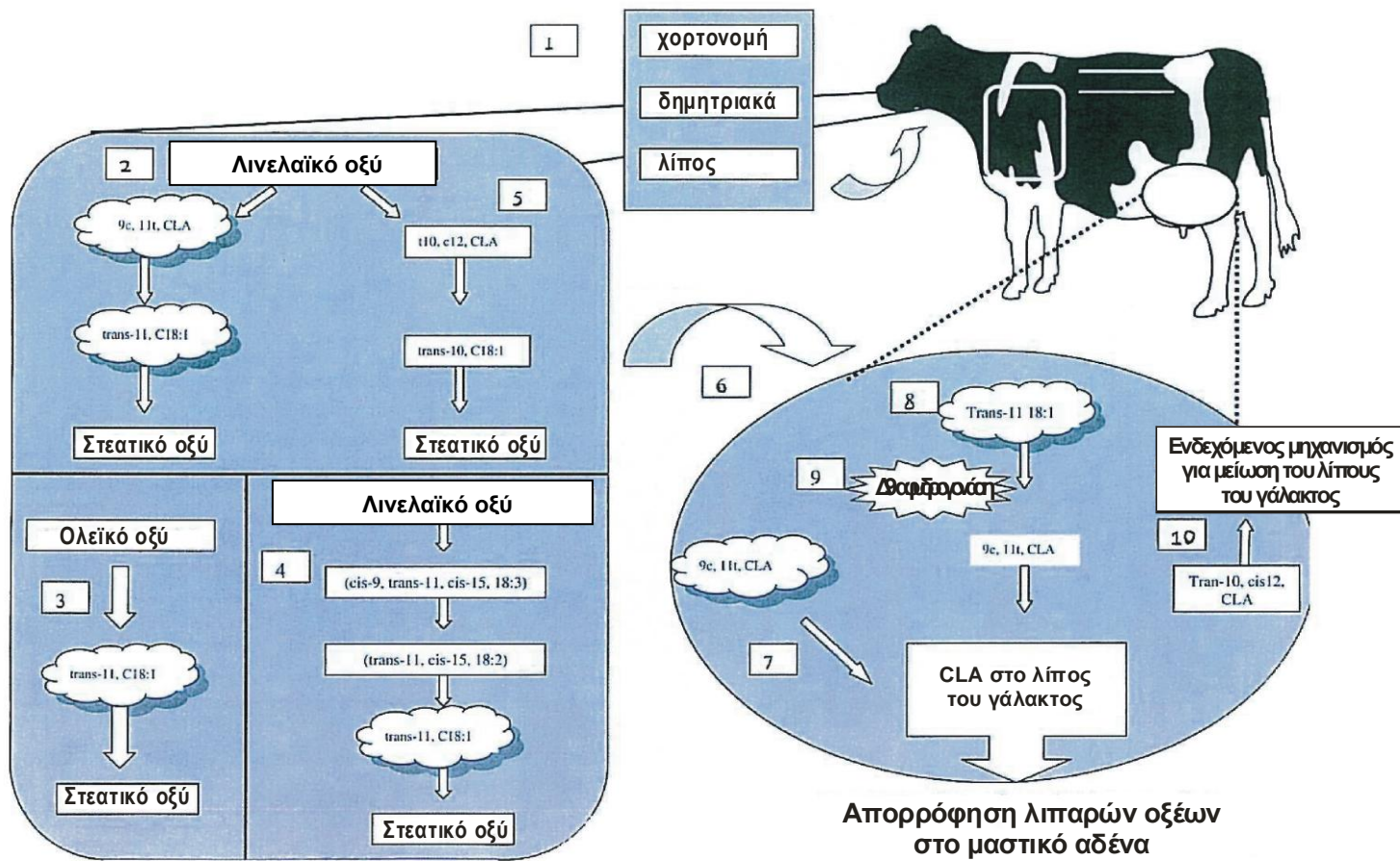
Όταν οι τροφές αυτές καταναλώνονται από μηρυκαστικά, το ποσοστό των λιπιδίων που περιέχονται σ' αυτές υποβάλλονται σε δυο μεγάλες επεξεργασίες στη μεγάλη κοιλία. Στην πρώτη επεξεργασία εστεροποιημένα φυτικά λιπίδια ή τριγλυκερίδια υδρολύονται για να ελευθερωθούν λιπαρά οξέα μέσω της μικροβιακής λιπάσης. Στη δεύτερη επεξεργασία το ακόρεστο λιπαρό οξύ που ελευθερώθηκε, υδρογονώνεται αμέσως από μικροοργανισμούς μέσα στη μεγάλη κοιλία για να παράγει τελικά προϊόντα υψηλού κορεσμού.

Το cis-9,trans-11 ισομερές του CLA είναι το πρώτο ενδιάμεσο προϊόν στη βιοϋδρογόνωση του C18:2 από το ένζυμο linoleate isomerase το οποίο παράγεται από το μικροοργανισμό *Butyrivibrio fibrisolvens* (Kepler, 1957) και άλλα βακτηριδιακά είδη. Μέρος του c9, t11 CLA γρήγορα μειώνεται σε TVA ή σε C18:0, και έτσι μπορεί να απορροφηθεί γρήγορα από το λεπτό έντερο.

Παρόμοια με την βιοϋδρογόνωση του C18:2, τα λιπαρά οξέα α και γ-C18:3 τα οποία είναι τα βασικά ακόρεστα λιπαρά οξέα στις χονδροειδείς ζωοτροφές, επίσης υποβάλλονται σε ισομερισμό και σε μια σειρά μετατροπών που καταλήγει στο σχηματισμό C18:0 στην περίπτωση τέλειας βιοϋδρογόνωσης. Το c9, t11 CLA και TVA που ξεφεύγουν από την τέλεια βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία απορροφώνται από το έντερο και ενσωματώνονται στο λίπος του γάλακτος.

Σε μελέτες που έγιναν με στελέχη βακτηρίων της μεγάλης κοιλίας έδειξαν ότι τα περισσότερα βακτήρια είναι ικανά να υδρογονώσουν το C18:2 σε t-C18:1 και παρόμοια ισομερή, αλλά μόνο μερικά έχουν την ικανότητα να μετατρέψουν το C18:2 και το C18:1 σε C18:0. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως κανένα είδος βακτηρίου της μεγάλης κοιλίας δε μπορεί να φέρει εις πέρας την τέλεια βιοϋδρογόνωση. Έχει αναφερθεί ότι τα στάδια της βιοϋδρογόνωσης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με τη σύνθεση της διατροφής που καταναλώνεται από το ζώο, όπως το περιβάλλον στη μεγάλη κοιλία και το πληθυσμό των βακτηριών. (Dhiman et al., 2005).

Ακολουθεί ο **πίνακας 4** με τη βιοϋδρογόνωση και την ενδογενή σύνθεση του CLA.



(L.D. Muiler,2004)

Τα λιπαρά οξέα που βρίσκονται σε συννεφάκι, μπορούν να αποφύγουν την τέλεια βιοϋδρογόνωση και την ενσωμάτωση στο γάλα ως CLA ή ως υποστρώμα για σύνθεση CLA στους ιστούς.



## Επεξήγηση Εικόνας

- 1) Η διατροφή εξασφαλίζει το 3-6% των λιπαρών οξέων που χρειάζεται η αγελάδα. Στις χορτονομές τα λιπαρά οξέα τείνουν να έχουν υψηλό ποσοστό λινελαϊκού οξέος (C18:2) και λινολενικού οξέος(C18:3). Στους δημητριακούς καρπούς το λιπαρά οξέα τείνουν να έχουν υψηλό ποσοστό ολεϊκού και λινολεϊκού οξέος. Τα συμπληρώματα λίπους ποικίλλουν σε μορφή ανάλογα αν είναι φυτικά έλαια (16:0, 18:1, 18:2, 18:3), άλατα ασβεστίου του λίπους (16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3) ή υδρογονωμένα λίπη (16:0 και 18:0).
- 2) Λινελαϊκό οξύ: το επικρατέστερο μονοπάτι για βιοϋδρογόνωση του λινελαϊκού οξέος. Τα μικρόβια της μεγάλης κοιλίας ισομερίζουν το λινολεϊκό οξύ σε CLA και με περαιτέρω βιοϋδρογόνωση σε trans-11 και στεατικό οξύ.
- 3) Ολεϊκό οξύ: Ισομερίζεται σε πολλά διαφορετικά trans-11 λιπαρά οξέα πριν μετατραπεί σε στεατικό οξύ μέσω της βιοϋδρογόνωσης. Το trans-11 18:1 είναι ένα σημαντικό ισομερές πρόδρομο στο σχηματισμό CLA στο μαστικό αδέννα.
- 4) Λινολενικό οξύ: Κατά τη βιοϋδρογόνωση του λινολενικού οξέος δεν παράγεται CLA στη μεγάλη κοιλία.
- 5) Λινελαϊκό οξύ: Μικρότερη οδός για το σχηματισμό trans-10 cis -12 CLA.
- 6) Λεπτό έντερο : Όλα τα προϊόντα της βιοϋδρογόνωσης έχουν την ευκαιρία να φύγουν από τη μεγάλη κοιλία και να απορροφηθούν στο λεπτό έντερο. Αυτά τα λιπαρά οξέα μπορούν να μαζευτούν στο μαστοφόρο αδέννα και να συγχωνευθούν στο γάλα.
- 7) Cis-9, t-11 CLA: Μετά τη βιοϋδρογόνωση του λινελαϊκού οξέος, το CLA έχει μαζευτεί στο μαστικό αδέννα, και μπορεί να ενσωματωθεί στο γάλα.
- 8) Το trans11, C18:1 βρίσκεται στο μαστικό αδέννα μετά από βιοϋδρογόνωση ολεϊκού, λινελαϊκού και λινολενικού οξέος στη μεγάλη κοιλία.
- 9) Ενδογενής σύνθεση CLA: Ένα ένζυμο ευθύνεται για την ύπαρξη του CLA στο γάλα. Η Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση είναι ένα ένζυμο ικανό να εισάγει ένα διπλό δεσμό στο άτομο άνθρακα 9 των λιπαρών οξέων. Το CLA σχηματίζεται από την εισαγωγή ενός διπλού δεσμού στο άτομο άνθρακα 9

του trans-11 18:1. Η διαδικασία αυτή δίνει πάνω από 80% του συνολικού CLA στο λίπος του γάλακτος.

10) Το trans-10, cis-12 CLA ισομερές δείχνει να προκαλεί μείωση του λίπους του γάλακτος (L.D Muller, 2004)

### **1.5 Ενδογενής σύνθεση**

Αρχικά η επιστημονική κοινότητα υπέθετε ότι η μεγάλη κοιλία ήταν το μόνο μέρος στο οποίο συντίθετο το c-9, t-11 CLA στο λίπος του γάλακτος. Πρόσφατα όμως έχει ειπωθεί ότι μόνο ένα μικρό μέρος c9, t11 CLA παράγεται κατά τη βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία, και ότι το μεγαλύτερο μέρος του στο γάλα προέρχεται από την ενδογενή σύνθεση στο μαστικό αδένα μέσω μιας διαδικασίας που συμπεριλαμβάνει την αφυδρογόνωση του TVA με τη βοήθεια του ενζύμου  $\Delta^9$ -αφυδρογονάση. (Dhiman et al., 2005)

Έχουν γίνει πολλές μελέτες για να επιβεβαιώσουν ότι η ενδογενής σύνθεση του CLA γίνεται στο μαστικό αδένα από το ένζυμο  $\Delta^9$ -αφυδρογονάση. Το trans- βασσενικό οξύ (12,5γρ/ημέρα) εισήχθη στο ήνυστρο σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής για 3 ημέρες, και είχε ως αποτέλεσμα μια αύξηση του CLA της τάξεως του 40% στο λίπος του γάλακτος. Χρησιμοποιώντας μερικώς υδρογονομένο φυτικό έλαιο ως πηγές TVA και c9, t11, η παραγωγή CLA αυξήθηκε κατά 17 % στο λίπος του γάλακτος.

Επιπλέον ορισμένοι ανασταλτικοί παράγοντες της  $\Delta^9$ -αφυδρογονάσης όπως το στερκουλικό οξύ (sterculic acid) (C19:1) και το μαλβαλικό οξύ (C18:1), εισήχθησαν στο ήνυστρο σε γαλακτοπαραγωγούς αγελάδες για να υπολογίσουν πόσο σημαντικό είναι το ένζυμο αφυδρογονάση στην παραγωγή CLA.

Η ανασταλτική δράση αυτού του ενζύμου παρατηρήθηκε από τη δραματική μείωση του cis-9, trans-11 CLA στο λίπος του γάλακτος (60-71%) όπως και σε άλλα λιπαρά οξέα του γάλακτος που εμπεριέχουν το διπλό δεσμό c-9, όπως το ένζυμο  $\Delta^9$ -αφυδρογονάση είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση ενός cis-διπλού δεσμού μεταξύ των ατόμων άνθρακα 9 και 10 των λιπαρών οξέων. Σε μετρήσεις που έγιναν παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό της ενδογενούς σύνθεσης του c9, t11 CLA στο λίπος του γάλακτος ήταν 64, 78 ή 80% του ολικού c9, t11 CLA. (Dhiman et al., 2005)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### 2. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του CLA στο λίπος του γάλακτος των μηρυκαστικών

#### 2.1 Βοσκές καρποί και διατηρημένες χονδροειδείς ζωοτροφές

Η συγκέντρωση του CLA στο λίπος του γάλακτος μπορεί να επηρεαστεί από τη διατροφή της αγελάδας, τη φυλή της, την ηλικία, τα μη θρεπτικά διατροφικά πρόσθετα και από τη χρήση συνθετικών συμπληρωμάτων CLA. Ανάμεσα σ' αυτούς τους παράγοντες είναι γνωστό ότι η διατροφή επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα CLA στο γάλα. Αυτή η διατροφή περιέχει είδη τροφών όπως βοσκές, χονδροειδείς ζωοτροφές, έλαια σπόρων και καρπών φυτικής προέλευσης, δημητριακοί καρποί, ιχθυέλαια και ζωικό λίπος.(Dhiman et al., 1999).

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι η διατροφή που βασίζεται στη βόσκηση έχει θετικές επιδράσεις στη συγκέντρωση του CLA στο λίπος του γάλακτος. Οι Dhiman et al., (1999) παρατήρησαν ότι οι αγελάδες που βόσκουν χόρτα είχαν 500% υψηλότερο ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος (2,21% των συνολικών λιπαρών οξέων) σε σύγκριση με αγελάδες που η διατροφή τους περιείχε 50% χονδροειδείς ζωοτροφές (σανός, και ενσιρώματα) και 50% καρπούς δημητριακών (0,38% των συνολικών λιπαρών οξέων).

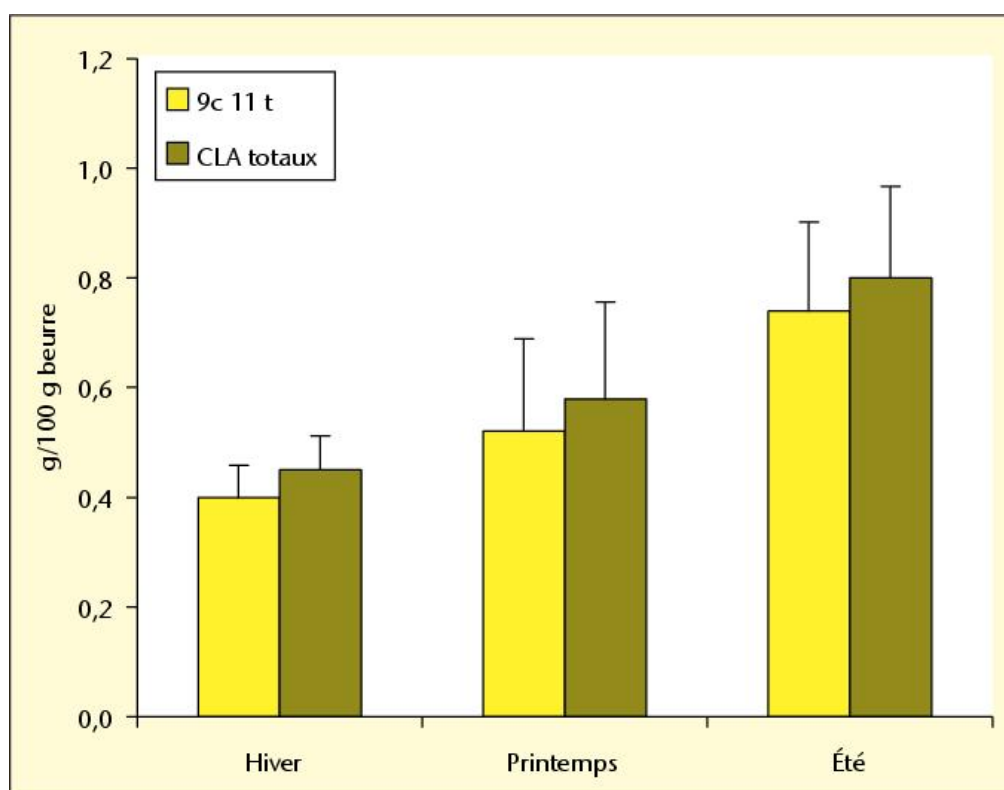
Άλλοι ερευνητές έχουν επίσης δείξει ότι το ποσοστό των λιπαρών οξέων στο γάλα αυξήθηκε σταδιακά καθώς αυξήθηκε το ποσοστό φρέσκου χόρτου στη διατροφή τους.

Το φρέσκο χόρτο περιέχει κατά μέσο όρο 1-3% λίπος ανάλογα με το είδος, με τα υψηλότερα ποσοστά λιπαρών οξέων να παρατηρούνται συνήθως την άνοιξη και το φθινόπωρο. Περίπου το 48-56% των ολικών λιπαρών οξέων σε φρέσκα χόρτα αποτελείται από C18:3. Επίσης το C18:3 ισομερές αποτελεί βάση για τη βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία. Παρ' όλα αυτά η άφθονη αυτή προμήθεια του C18:3 στο φρέσκο χόρτο, εξηγεί μόνο μερικώς τις μεγάλες αυξήσεις στα ποσοστά CLA και TVA στο λίπος του γάλακτος σε αγελάδες που βόσκουν. Εκτός από αυτά οι υψηλές ποσότητες διαλυτών ινών και

σακχάρων που υφίστανται ζύμωση και παρουσιάζονται στο φρέσκο χόρτο, μπορούν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον στη μεγάλη κοιλία χωρίς να μειώσουν το pH της, το οποίο βοηθάει στην ανάπτυξη μικροβίων τα οποία είναι υπεύθυνα για την παραγωγή CLA και TVA. Το pH της μεγάλης κοιλίας είναι σχετικά πιο υψηλό σε αγελάδες που βόσκουν, απ' ό τι σε αγελάδες που τρέφονται με ένα συνδυασμό συντηρημένων χονδροειδών ζωοτροφών, και δημητριακών καρπών. (Dhiman et al., 2005).

Έρευνες έδειξαν ότι η συγκέντρωση του CLA εξαρτάται από την εποχή της βόσκησης, με την καλοκαιρινή περίοδο να εμφανίζει τα υψηλότερα ποσοστά, όπως αναλύεται στον πίνακα παρακάτω:

**Πίνακας 5: Συγκέντρωση του CLA, στο βούτυρο αγελάδων που έβοσκαν στο λιβάδι** Πηγή: Leboux et al., 2003



Άξονας y : γρ CLA./ 100γρ. βουτύρου,

άξονας x : Hiver=χειμώνας, Printemps= άνοιξη, Ete= καλοκαίρι

CLA totaux= συνολικό CLA

Στο διάγραμμα βλέπουμε πως το χειμώνα που οι βοσκές είναι λίγες, έχουμε τα χαμηλότερα επίπεδα CLA από όλο το χρόνο, της τάξεως του 0,4 για το cis-9, trans-11, και 0,5 για το συνολικό CLA. Κατά την εποχή της άνοιξης που οι βοσκές είναι περισσότερες το ποσοστό του cis-9, trans-11 ισόμερους ανεβαίνει στα 0,5 γρ/100γρ βουτύρου, ενώ το συνολικό CLA στα 0,55γρ. Τέλος το καλοκαίρι βρίσκουμε τα πιο υψηλά ποσοστά όλου του χρόνου, 0,75γρ/100γρ βουτύρου για το cis-9, trans-11 ισόμερες, και 0,78γρ για το συνολικό CLA.

### **2.1.1 Δημητριακοί καρποί**

Συμπληρώνοντας με δημητριακούς καρπούς το σιτηρέσιο των αγελάδων που βόσκουν, παρατηρούμε ότι μειώνεται το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος. Σε αγελάδες που τους χορηγήθηκε συμπλήρωμα δημητριακών στη διατροφή τους παρατηρήθηκαν οι εξής αλλαγές στο λίπος του γάλακτος:

| <u>κιλά δημητριακών ανά ημέρα</u> | <u>ποσοστό CLA % του λίπους του γάλακτος</u> |
|-----------------------------------|--|
| 0                                 | 2,21   |
| 6                                 | 1,43   |
| 12                                | 0,89   |

(Dhiman et al.,1999).

Παρομοίως, συμπληρώνοντας δημητριακούς καρπούς σε αγελάδες που τρέφονται με ενσίρωμα χόρτου ή αντικαθιστώντας το με ενσίρωμα καλαμποκιού, και πάλι παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού CLA. Το ενσίρωμα καλαμποκιού περιέχει 20 με 40% καρπούς δημητριακών. Η προσθήκη δημητριακών καρπών στη διατροφή μειώνει το pH της μεγάλης κοιλίας, με αποτέλεσμα αλλαγές στο μικροβιακό πληθυσμό. Έχει ειπωθεί ότι τα κύρια βιοϋδρογονωγενή βακτήρια στη μεγάλη κοιλία είναι κυτταρολυτικά. Η μείωση του μειώνει αντίστοιχα και τον πληθυσμό των κυτταρολυτικών βακτηρίων αλλά και άλλων μικροβίων που είναι υπεύθυνα για τη

βιοϋδρογόνωση των λιπιδίων, και την παραγωγή CLA και TVA. (Dhiman et al., 1999)

### **2.1.2 Στάδιο ωρίμανσης κτηνοτροφικών φυτών και συντήρηση ζωοτροφών**

Το στάδιο ωρίμανσης των χονδροειδών ζωοτροφών και οι μέθοδοι διατήρησης τους, φαίνεται να είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του CLA στο γάλα (όπως θα δούμε και παρακάτω σε πίνακα). Σε αγελάδες που χορηγήθηκαν ζωοτροφές που δεν είχαν υποστεί ωρίμανση βρέθηκε πως τα επίπεδα CLA ήταν υψηλότερα, σε σύγκριση με αγελάδες που τους χορηγήθηκαν ζωοτροφές που είχαν υποστεί ωρίμανση. Σε αγελάδες που χορηγήθηκε ενσίρωμα χόρτου που συλλέχθηκε σε τρία στάδια ωρίμανσης, τα ποσοστά CLA ήταν:

|                      |                                  |    |
|----------------------|----------------------------------|----|
| α) έναρξη ανθοφορίας | 1.14% CLA στο λίπος του γάλακτος |    |
| β) μέσω ανθοφορίας   | 0.48%                            | >> |
| γ) δεύτερη κοπή      | 0.81%                            | >> |

Το υψηλό ποσοστό του C18:3 ισομερούς, στο μη ώριμο χόρτο καθώς και η χαμηλή περιεκτικότητά του σε ίνες (σε σύγκριση με το ώριμο χόρτο) πιθανότατα επιδρούν έτσι ώστε να αυξηθεί η παραγωγή CLA και TVA. (Loor et al., 2003)

Η συγκομιδή χόρτου και τη μετατροπή του σε σανό, μειώνει το ποσοστό C18:3 και τα συνολικά λιπαρά οξέα στο χόρτο, ενώ η συγκομιδή χόρτου για ενσίρωμα όταν γίνεται σωστά, δεν προκαλεί μείωσή του. Το περιεχόμενο ποσοστό του C18:3 στα λιπαρά οξέα μπορεί να μειωθεί όταν οι χονδροειδείς ζωοτροφές μαραίνονται πριν την ενσίρωση, ή αν υπάρχει ανεπιθύμητη ζύμωση κατά την ενσίρωση. Η ποσότητα C18:3 που είναι διαθέσιμη στα ζώα ως πρόδρομη ουσία για τη σύνθεση των CLA και TVA από φρέσκο χόρτο, είναι υψηλότερη από εκείνη που είναι διαθέσιμη από το άχυρο ή το ενσίρωμα. (Loor et al., 2003)

### 2.1.3 Φυτικά έλαια και ελαιούχοι σπόροι

Η χορήγηση φυτικών ελαίων από ηλίανθο, σογιόσπορο, αραχιδόσπορο, ελαιοδοτική κράμβη, και λιναρόσπορο, αυξάνει τη συγκεντρωση CLA στο γάλα. Τα έλαια αυτά είναι πλούσια σε C18:2 και C18:3 λιπαρά οξέα. Μελέτες αναφέρουν πως υψηλά ποσοστά C18:2 και C18:3 (σαν αυτά που βρέθηκαν στους περισσότερους ελαιούχους σπόρους ) αυξάνουν την παραγωγή CLA και TVA, με το TVA ενδεχομένως να είναι επιπρόσθετη πρόδρομη ουσία για την ενδογενή σύνθεση του cis-9, trans-11 CLA. Εκτός από την άμεση αύξηση του CLA και TVA είναι πιθανό το C18:2 να αναστείλει την τελική μείωση του TVA και επομένως να αυξάνει τη συγκέντρωσή του (accumulation) στη μεγάλη κοιλία.

Η χορήγηση σιτηρεσίων που περιείχαν 4% σογιέλαιο, είχε ως αποτέλεσμα τον τετραπλασιασμό της συγκέντρωσης του CLA στο λίπος του γάλακτος (περίπου 2.08%) έναντι 0.50% στο μάρτυρα. Προσθέτοντας αραχιδέλαιο, ηλιέλαιο ή λινέλαιο σε ποσοστό 5.3% επί της ξηρής ουσίας του σιτηρεσίου, απέδωσε 1.33% για το πρώτο, 2.44% για το δεύτερο και 1.67% CLA για το τρίτο αντίστοιχα, στο λίπος του γάλακτος. Προσθέτοντας 4% έλαιο ελαιοδοτικής κράμβης σε γαλακτοπαραγωγούς κατσίκες, αύξησε το ποσοστό CLA σε 3.2% του λίπους του γάλακτος. (Dhiman et al., 2000)

Έλαια πλούσια σε C18:2 είναι πιο αποτελεσματικά στην αύξηση του CLA στο λίπος του γάλακτος, σε σύγκριση με έλαια πλούσια σε C18:3 ή C18:1. Οι Dhiman et al.(1999), ανέφεραν ότι το λινέλαιο δεν ήταν τόσο αποτελεσματικό στην αύξηση της συγκέντρωσης CLA στο λίπος του γάλακτος, όσο το σογιέλαιο. Για παράδειγμα, χορηγώντας σογιέλαιο 4%, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού CLA στο λίπος του γάλακτος (2.08%), ενώ η χορήγηση λινελαίου κατά 4% είχε χαμηλότερα αποτελέσματα (1.63%). Επιπρόσθετα, οι Loo et, all.,(2002), ανέφεραν ότι η χορήγηση σογιελαίου σε ποσοστό 3%, είχε καλύτερα αποτελέσματα στην αύξηση cis-9, trans-11 CLA στο λίπος του γάλακτος, απ' ότι το έλαιο ελαιοδοτικής κράμβης που χορηγήθηκε στα ίδια επίπεδα (0.71% συγκριτικά με 0.51% στο λίπος του γάλατος).

Σε άλλες μελέτες των ιδίων ερευνητών, στις οποίες χορηγήθηκαν σε αγελάδες ηλιέλαιο και έλαιο ατρακτιλίδας που ήταν υψηλό σε C18:2, τα ζώα

παρήγαγαν περισσότερο CLA στο λίπος του γάλακτος απ' ό τι οι αγελάδες στις οποίες χορηγήθηκαν παρόμοια έλαια αλλά είχαν υψηλό C18:1. Ο λόγος που το C18:2 παράγει περισσότερο CLA από το C18:1 ίσως να είναι εξ αιτίας των επιπρόσθετων ακόρεστων διπλών δεσμών και ενός επιπλέον σταδίου υδρογόνωσης για την παραγωγή CLA και TVA στη μεγάλη κοιλία. Επιπλέον έχει αναφερθεί πρόσφατα ό τι το C18:1 κυρίως υδρογονώνεται σε C18:0 ή ισομερίζεται σε διάφορα t C18:1 ισόμερη (κυρίως σε t-4 C18:1 σε t-10 C18:1), και όχι αμέσως σε TVA.

Η έγχυση 150γρ/ημέρα ελαίου ατρακτιλίδας στο ήνυστρο δε βοήθησε στην αύξηση του ποσοστού CLA στο λίπος του γάλακτος. Αυτό αποδεικνύει ό τι η βιοϋδρογόνωση του C18:2 στη μεγάλη κοιλία παίζει μεγάλο ρόλο στη σύνθεση του CLA που εν συνέχεια ενσωματώνεται στο λίπος του γάλακτος.

Είναι γνωστό ό τι οι μη επεξεργασμένοι ελαιούχοι σπόροι είναι λιγότερο αποτελεσματικοί απ' ό τι τα έλαια στην αύξηση του ποσοστού CLA στο γάλα. Η επεξεργασία ελευθερώνει έλαια από τους σπόρους, και αυτοί γίνονται διαθέσιμοι στα μικρόβια της μεγάλης κοιλίας για τη βιοϋδρογόνωση. Η χορήγηση ακατέργαστων σπόρων έχει λίγη ή καθόλου επίδραση στη συγκέντρωση του CLA διότι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) στους μη επεξεργασμένους σπόρους είναι σχετικά μη διαθέσιμα στα μικρόβια της μεγάλης κοιλίας για τη βιοϋδρογόνωση. Παρ' όλα αυτά αν ακατέργαστοι σπόροι υποστούν επεξεργασία, ό πως άλεση, ψήσιμο, νιφαδοποίηση, εξώθηση, τότε είναι ικανοί να αυξήσουν τη συγκέντρωση του CLA στο γάλα.

Η χορήγηση επεξεργασμένων σπόρων σόγιας, ελαιοδοτικής κράμβης, λιναριού σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, ήταν πιο αποτελεσματική στην αύξηση της συγκέντρωσης του CLA στο γάλα., απ' ό τι η χορήγηση μη επεξεργασμένων σπόρων. (Abu-Ghazaleh et al., 2002 από Dhiman et al., 2005)

#### **2.1.4 Ιχθυέλαια και ιχθυοτροφές**

Η προσθήκη ιχθυελαίου στη διατροφή βοηθάει στην αύξηση του ποσοστού CLA και TVA στο λίπος του γάλακτος, αλλά μειώνει το συνολικό ποσοστό λίπους του γάλακτος. Προσθέτοντας στη διατροφή 1.6% ιχθυέλαιο



επί της ξηράς ουσίας, αυξήθηκαν τα ποσοστά CLA και TVA στο λίπος του γάλακτος από 0.16 σε 1.55 και από 1.03 σε 7.50 %, αντιστοίχως. Προσθέτοντας 2% ιχθυέλαιο στη διατροφή γαλακτοπαραγωγών αγελάδων, αύξησε τα ποσοστά CLA και TVA κατά 400% στο λίπος του γάλακτος, σε σύγκριση με το λίπος του γάλακτος, από αγελάδες που η διατροφή τους δεν περιείχε ιχθυέλαιο. Εντούτοις, δεν υπήρχε επιπρόσθετη αύξηση των ποσοστών CLA και TVA όταν η διατροφή των αγελάδων περιείχε 3% ιχθυέλαιο.

Η χορήγηση ιχθυάλευρων ή φυκιών επίσης μπορεί να αυξήσει το ποσοστό CLA. Η προσθήκη ιχθυάλευρου στη διατροφή κατά 2.09-5.84% αύξησε το ποσοστό CLA και από 0.30σε 1.09 και σε TVA απο 0.86 σε 1.54 %, αντιστοίχως. Η εισαγωγή 4% φυκιών στη διατροφή, αύξησε το ποσοστό CLA και TVA κατά 567% και 425%, αντιστοίχως, σε σχέση με μια διατροφή που δεν περιείχε φύκια.( Dhiman et al., 1999)

### **2.1.5 Συνδυασμός ελαιούχων σπόρων και ιχθυελαίων**

Η προσπάθεια για αύξηση της συγκέντρωσης του CLA στο λίπος του γάλακτος συνεχίστηκε από τους ερευνητές, προσθέτοντας στη διατροφή συνδυασμούς ιχθυελαίων και σογιέλαιων ή ιχθυάλευρων και σογιάλευρων, αλλά τα αποτελέσματα ποικίλουν. Σε ορισμένες έρευνες, το ιχθυέλαιο και γενικότερα τα ιχθυάλευρα ήταν πιο αποτελεσματικά στην αύξηση CLA στο γάλα, απ' ότι ήταν η πρόσθεση ίσων ποσών σογιέλαιου, η συνδυασμού ιχθυελαίου και σογιέλαιου.

Αντίθετα με τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, είναι τα αποτελέσματα της έρευνας του AbuGhazaleh, 2002. Στην έρευνα του, η διατροφή των αγελάδων περιείχε:

|   | Συγκέντρωση του CLA% του συνολικού λίπους του γάλακτος |
|---|--|
| Στο πρώτο πείραμα 0.5% ιχθυέλαιο επί του σιτηρεσίου | 0.40%  |
| Στο δεύτερο 2.5% σογιέλαιο επί του σιτηρεσίου       | 0.56%  |
| Στο τρίτο 0.5% ιχθυέλαιο επί του σιτηρεσίου         | 0.91%  |
| Στο τέταρτο 2% σογιέλαιο επί του σιτηρεσίου         | 1.59%  |

(Dhiman et al., 2005)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα μέρος του ιχθυελαίου μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη βακτηρίων ή την παραγωγή βακτηριακών ενζύμων τα οποία είναι υπεύθυνα για την μετατροπή του TVA σε C18:0, δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες για την παραγωγή CLA από το TVA στους ιστούς. Επομένως τα C18:2 και C18:3 λιπαρά οξέα που παρέχουν οι σογιόσποροι στη διατροφή, εμμέσως αυξάνουν τη σύνθεση του CLA. (Abu-Ghazaleh et al., 2002 από Dhiman et al., 2005).

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις CLA και TVA παρατηρήθηκαν στο λίπος του γάλακτος από αγελάδες που τρέφονταν με ιχθυέλαιο και ηλιοσπορους με μεγάλο ποσοστό C18:2,. Τα ιχθυέλαια είναι συνήθως πλούσια σε μακριές αλυσίδες PUFA. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα C20:5 και C22:6 των λιπαρών οξέων που βρίσκονται στο ιχθυέλαιο και στο ιχθυάλευρο έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται στην *in vitro* βιοϋδρογόνωση της μεγάλης κοιλίας, επομένως δύσκολα θα μετατραπούν άμεσα σε CLA. Ωστόσο, η χορήγηση ιχθυελαίων σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής αυξάνει το ποσοστό TVA και CLA στο λίπος του γάλακτος. Η χορήγηση ιχθυελαίων έχει δείξει ότι αυξάνει το ποσοστό TVA στην πέψη της μεγάλης κοιλίας, πιθανώς με την αναστολή της μετατροπής του TVA σε C18:0 στην μεγάλη κοιλία. Η βιοϋδρογόνωση των PUFA των ιχθυελαίων δεν είναι απόλυτα κατανοητή. Στην μεγάλη κοιλία η ανασταλτική επίδραση που παρατηρήθηκε όταν ιχθυέλαιο προστέθηκε στην διατροφή, μπορεί να είναι λόγω της αναστολής της ανάπτυξης των βακτηρίων ή της

παραγωγής βακτηριακών ενζύμων, που είναι υπεύθυνα για την μετατροπή του TVA σε C18:0. ( Dhiman et al., 2005)

Η προέλευση του CLA στο λίπος του γάλακτος αγελάδων που τους χορηγήθηκε διατροφή με ιχθυέλαιο συνθέεται πολύ πιθανόν, μέσω του αποκορεσμού του TVA στον μαστικό αδένα από το ενζυμο Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση. Η σχέση μεταξύ του CLA και TVA στο λίπος του γάλακτος, είναι σταθερή, ανάμεσα σε μια τεράστια ποικιλία διατροφικών συνθηκών. Παρόλα αυτά έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η αναλογία CLA : TVA είναι χαμηλότερη στο λίπος του γάλακτος από αγελάδες που τρέφονταν με ιχθυέλαιο, σε σύγκριση με το λίπος του γάλακτος, από αγελάδες που τρέφονταν με φυτικά έλαια. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα μεγάλο ποσοστό TVA παράγεται στη μεγάλη κοιλία των αγελάδων που τρέφονται με ιχθυέλαιο και μπορεί να υπερβούν τη δυνατότητα αποκορεσμού από το ένζυμο Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση στο μαστικό αδένα , και έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν υψηλά επίπεδα TVA στο λίπος του γάλακτος. Είναι επίσης πιθανό πως ορισμένα λιπαρά οξέα (κυρίως τα PUFA) από ιχθυέλαιο, μπορεί να αναστείλουν τη δραστηριότητα του ενζύμου Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση στο μαστικό αδένα

Όπως αναφέρθηκε είναι γνωστό ότι όταν χορηγούμε ιχθυέλαιο σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, επηρεάζεται το συνολικό λίπος του γάλακτος, έτσι όμως μπορεί και να επηρεαστεί η τελική παραγωγή CLA. Το ποσοστό λίπους του γάλακτος μειώθηκε κατά 20-25% όταν η διατροφή των αγελάδων περιείχε 1.6-2.0% ιχθυέλαιο ή 4% φύκια επί της ξηράς ουσίας του σιτηρεσίου. Μεγαλύτερη μείωση (35%) στο ποσοστό του λίπους του γάλακτος παρατηρήθηκε όταν αγελάδες που βρίσκονταν στο μέσω της γαλακτικής περιόδου (mid lactation) τρέφονταν με ιχθυέλαιο κατά 1.6% επί της ξηράς ουσίας, σε σύγκριση με το λίπος του γάλακτος των αγελάδων που διατράφηκαν χωρίς πρόσθετα. Παρόλα αυτά, η αύξηση της συγκέντρωσης του CLA εξαιτίας της κατανάλωσης ιχθυελαίου είναι ακόμα μεγαλύτερη από τη μείωση που παρατηρείται στο ποσοστό του λίπους του γάλακτος. Οι παραγωγοί γαλακτοκομικών προϊόντων θα πρέπει να αναλύσουν τη συγκεκριμένη κατάσταση και να εξετάσουν τα υπέρ και τα κατά της χορήγησης ιχθυελαίου .

Οι μηχανισμοί με τους οποίους το ιχθυέλαιο μειώνει το λίπος του γάλακτος δεν είναι πλήρως κατανοητοί. Ωστόσο έχουν προταθεί διάφορες εξηγήσεις:

- Η εισαγωγή ιχθυελαίου στη διατροφή των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή του C18:1 t-λιπαρού οξέος στη μεγάλη κοιλία. Υπάρχει μια αλληλένδετη σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του C18:1t και της μείωσης του λίπους του γάλακτος. Είναι πιθανό ένα ή περισσότερα trans ισομερή του C18:1 να είναι υπεύθυνα για τη μείωση του λίπους του γάλακτος. Ειδικά το C18:1 t10 ισομερές έχει παρατηρηθεί ότι μειώνει το ποσοστό λίπους του γάλακτος σε αγελάδες που η διατροφή τους ήταν φτωχή σε ίνες.
- Μια άλλη εξήγηση είναι ότι προσθέτοντας ιχθυέλαιο στη διατροφή αυξάνεται το trans-10, cis-12 ισομερές του CLA. Το trans-10,cis-12 ισομερές του CLA ευθύνεται επίσης για τη μείωση του ποσοστού του λίπους του γάλακτος επειδή μειώνει τη de novo σύνθεση του λίπους του γάλακτος στον μαστικό αδέν. (Dhiman et al., 2005)

### **2.1.6 Προσθήκη Ζωικού Λίπους**

Το ζωικό λίπος που προστίθεται στη διατροφή των βοοειδών έχει τη δυνατότητα να αυξήσει το ποσοστό CLA στο γάλα. Επίσης μπορεί κάποιες φορές να είναι πηγή CLA και TVA και σε τελική φάση να γίνει πηγή CLA στο μαστικό αδέν. Γενικώς, το λίπος που προέρχεται από μηρυκαστικά είναι υψηλό σε C18:1 και C16:0 λιπαρά οξέα. Στα σιτηρέσια των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής που περιέχουν 3-6% ζωικό λίπος, αυξήθηκε το CLA από 0.22% έως 1.2% στο λίπος του γάλακτος. Σε έρευνα χορηγήθηκε 5% ζωικό λίπος του σιτηρεσίου σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, και παρατηρήθηκε μια αύξηση σε TVA από 0.89 σε 1.53% στο λίπος του γάλακτος.

Το ποσοστό CLA στο ζωικό λίπος κυμαίνεται από 0.29 έως 0.25% λίπους ανάλογα με τη διατροφή του ζώου. Παρόλα αυτά η έγχυση στο ήνυστρο 150 γραμμάρια/ημέρα ζωικού λίπους δεν απέφερε υψηλότερο ποσοστό CLA στο γάλα σε σύγκριση με το ποσοστό του CLA χωρίς την έγχυση. Αυτό ίσως

εξηγείται από το γεγονός ότι η μεγάλη κοιλία είναι το κύριο μέρος όπου ξεκινάει η δημιουργία του CLA . Μεσαίες αυξήσεις συγκέντρωσης του CLA στο γάλα με την προσθήκη ζωικού λίπους στη διατροφή, φαίνονται μικρές όταν συγκριθούν με τις αυξήσεις που παρουσιάζονται όταν οι αγελάδες βόσκουν στο λιβάδι. (Dhiman et al., 2005)

## **2.2 Άλλοι παράγοντες**

Το περιεχόμενο CLA στο γάλα επηρεάζεται επίσης από τα συστήματα διαχείρισης των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής. Συλλέχτηκαν δείγματα γάλακτος για μια περίοδο ενός χρόνου από τρεις φάρμες που χρησιμοποιούσαν διαφορετικά συστήματα διαχείρισης για τις αγελάδες τους.

1. Συμβατική μέθοδος με ενσταβλισμένα ζώα που η διατροφή τους περιελάμβανε τυποποιημένες χονδροειδείς ζωοτροφές
2. Συμβατική μέθοδος όπου τα ζώα έβοσκαν κατά τους θερινούς μήνες .
3. Οικολογική μέθοδος, δηλαδή χωρίς τη χρήση χημικών λιπασμάτων για την παραγωγή των χονδροειδών ζωοτροφών, και επίσης τα ζώα έβοσκαν κατά τους θερινούς μήνες .

Το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος ήταν 0.61% σε ενσταβλισμένες αγελάδες, 0.34% σε αγελάδες που έβοσκαν κατά τους θερινούς μήνες και 0.80% σε οικολογικά εκτρεφόμενες αγελάδες. Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται κατά ένα μέρος στις διαφορές της ποιότητας της διατροφής ανάμεσα σε αυτά τα τρία συστήματα. Μια απότομη αλλαγή στη διατροφή των γαλακτοπαραγωγικών αγελάδων, δηλαδή, από συμβατική διατροφή ενσταβλισμένων ζώων (πχ. σανός, ενσίρωμα χόρτου, τεύτλα ), σε ελεύθερη βοσκή, αύξησε τα επίπεδα των συζυγών διενίων στο λίπος του γάλακτος.

Ανάλογα με την εποχή του έτους, το ποσοστό CLA στο γάλα ξεκινούσε από 0.6 μέχρι 1.2% λίπους του γάλακτος, με το ποσοστό να είναι υψηλότερο την άνοιξη και το καλοκαίρι απ' ότι το χειμώνα. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι η διαθεσιμότητα φρέσκων χονδροειδών ζωοτροφών κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι, αυξάνει το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος σε σύγκριση με

τις ώριμες χονδροειδείς ζωτροφές, ή τις συντηρημένες χονδροειδείς ζωτροφές το χειμώνα. Δεν παρατηρείται καμία διάφορα στο ποσοστό των συζυγών διενίων στο λίπος του γάλακτος μεταξύ πρωινού και απογευματινού αρμέγματος.(Dhiman et al., 2005 ).

Οι επιδράσεις της μείωσης της τροφής στο ποσοστό CLA στο γάλα δεν έχουν αποσαφηνιστεί. Όταν η ποσότητα της διατροφής ήταν περιορισμένη ή όχι (16.3 σε αντίθεση με 23.7 kg τροφής /αγελάδα /ημέρα), το λίπος του γάλακτος από αγελάδες με περιορισμένη ποσότητα τροφής περιείχε διπλάσια ποσότητα CLA (1.13%) απ' ότι το λίπος του γάλακτος από αγελάδες με απεριόριστη ποσότητα τροφής (0.66% ). Παρόλα αυτά η παραγωγή του γάλακτος ήταν λίγο χαμηλότερη στις αγελάδες με περιορισμένη ποσότητα τροφής. Οι Dhiman et al., περιόρισαν την ποσότητα τροφής σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό και επίσης παρατήρησαν ότι το ποσοστό CLA ήταν διπλάσιο (0,46 σε αντίθεση με 0,26% CLA ) στο λίπος του γάλακτος, των αγελάδων με περιορισμένη ποσότητα τροφής σε σύγκριση με το λίπος του γάλακτος απ' ότι σε αγελάδες με καθορισμένη ποσότητα τροφής. Σε μια άλλη έρευνα μειώνοντας τη διαθέσιμη ποσότητα χόρτου από 24 σε 16kg ανά αγελάδα ανά ημέρα , είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού CLA στο γάλα από 0.5 σε 0.39% του λίπους. Η μείωση του ποσοστού CLA στο γάλα σ' αυτή την έρευνα μπορεί να οφείλεται στη μείωση της πρόσληψης φρέσκου χόρτου, και όχι στον περιορισμό της τροφής. (Dhiman et al., 2005 )

Ο περιορισμός της πρόσληψης τροφής μπορεί να επηρεάσει τη βιοϋδρογόνωση λιπιδίων στη μεγάλη κοιλία, καθώς αλλάζει τα χαρακτηριστικά της ζύμωσης, στη μεγάλη κοιλία και το μεταβολισμό. Επίσης είναι πιθανό ο περιορισμός της ποσότητας τροφής να αυξήσει την κινητοποίηση του λίπους του σώματος ώστε να καλύψει τις ανάγκες ενέργειας του ζώου. Η κινητοποίηση του λίπους του σώματος μπορεί να αυξήσει την προμήθεια λιπαρών οξέων όπως CLA και TVA, στο μαστικό αδένα, και επομένως να αυξήσει το ποσοστό CLA στο γάλα. Το μέγεθος της αύξησης του ποσοστού CLA εξαρτάται

- από τον βαθμό περιορισμού της τροφής,
- από τα συστατικά της διατροφής που περιορίζονται, και
- από την κινητοποίηση του λίπους του σώματος.

Ορισμένες έρευνες έχουν δείξει ότι το υψόμετρο, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πιθανός παράγοντας που επηρεάζει το ποσοστό CLA στο γάλα. Το ποσοστό CLA σε δείγματα γάλακτος που έχουν συλλεχθεί από διάφορες αγελάδες που έβοσκαν ήταν :

|  | Συγκέντρωση CLA στο λίπος<br>του γάλακτος |
|--|---|
| σε περιοχές χαμηλού υψόμετρου (δηλαδή<br>πεδιάδες 600-650μ υψόμετρο) | 0,85%                                     |
| σε βουνά (900-1210μ)   | 1.58%                                     |
| σε ορεινές περιοχές (της Ελβετίας, 1275-<br>2100μ)                   | 2.43%,                                    |

Αυτές οι διαφορές στη συγκέντρωση του CLA μπορεί να οφείλονται στα διαφορετικά είδη φυτών και στη σύνθεση λιπαρών οξέων των φυτών που βρίσκονται σ' αυτές τις τρεις περιοχές. (Dhiman et al., 2005 )

### **2.2.1 Φυλή, ηλικία, και ατομικές ιδιαιτερότητες της αγελάδας**

Πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι η φυλή των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής μπορεί επίσης να επηρεάσει το ποσοστό CLA στο γάλα. Οι αγελάδες της φυλής Montbeliard έχουν την τάση να παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά CLA στο λίπος του γάλακτος (1.85%) σε σύγκριση με τις Holstein-Friesian (1,66%) ή τις αγελάδες της φυλής Normande (1.64%) που βοσκούσαν. Οι Holstein – Friesian είχαν υψηλότερα ποσοστά CLA στο γάλα σε σύγκριση με τις αγελάδες της φυλής Jerseys, παρόλο που η διατροφή και των δυο περιείχαν συντηρημένες χοντροειδείς ζωτροφές. Το ποσοστό συζυγούς λινελαϊκού οξέως ήταν επίσης υψηλότερο στο λίπος του γάλακτος στις Holstein- Friesians (0,57%) απ' ότι στις Jerseys (0,46%) όταν έβοσκαν.

Οι Brown Swiss αγελάδες είχαν υψηλότερο ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος από τις Holstein –Friesians παρόλο που η διατροφή τους ήταν ίδια. Παρόλα αυτά ο Kelsey (1999) παρατήρησε ότι όταν οι Holstein – Friesians και οι Brown Swiss διατρέφονταν με συντηρημένες χονδροειδείς

ζωοτροφές και καρπούς, παρήγαγαν λίπος γάλακτος με παρόμοια επίπεδα CLA (0.44% and 0.41%, αντιστοίχως). Οι αγελάδες Ayrshire είχαν υψηλότερο ποσοστό στο λίπος του γάλακτος (0,68% λίπους ) σε σύγκριση με τις αγελάδες Jerseys και Guernsey (0.34% του λίπους ) όταν τρέφονταν με 34% χονδροειδείς ζωοτροφές και μίγμα καρπών 66% επί της ξηράς ουσίας. Η διαφορά του ποσοστού CLA στο λίπος του γάλακτος ανάμεσα στις φυλές Brown Swiss, Holstein –Friesians και Jerseys κατά μέσω όρο είναι 15- 20% όταν η διατροφή τους είναι παρόμοια. Οι Brown Swiss αγελάδες παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά CLA στο λίπος του γάλακτος και ακολουθούν οι φυλές Holstein –Friesians και Jerseys. Τα στοιχεία που έχουμε για τις άλλες φυλές είναι περιορισμένα και γι' αυτό δε μπορούμε να διατυπώσουμε άποψη. (Dhiman et al., 2002)

Υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τη σχέση που υπάρχει μεταξύ της ηλικίας της αγελάδας (αριθμός γαλακτικής περιόδου) και του ποσοστού CLA στο λίπος του γάλακτος. Όταν η διατροφή των αγελάδων είχε ως βάση το χόρτο, οι αγελάδες στην πέμπτη γαλακτική περίοδο ή και παραπάνω, είχαν μεγαλύτερο ποσοστό στο γάλα (0,59% λίπους) απ' ότι οι αγελάδες στις γαλακτικές περιόδους 2-4 (0.41% λίπους). Παρόλα αυτά όταν η διατροφή των αγελάδων περιείχε σπόρο ελαιοκράμβης υψηλών λιπαρών, δεν υπήρχε καμία ένδειξη ότι υπήρχε κάποια σχέση μεταξύ αριθμού γαλακτικής περιόδου και ποσοστού CLA του γάλακτος. Σε μια άλλη έρευνα οι μεγαλύτερες σε ηλικία αγελάδες (> της 7<sup>ης</sup> γαλακτικής περιόδου) είχαν υψηλότερο ποσοστό CLA στο γάλα απ' ότι οι νεαρότερες αγελάδες (1<sup>ης</sup> -3<sup>ης</sup> γαλακτικής περιόδου). Αυτές οι διαφορές που παρατηρούνται ανάλογα με την ηλικία μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στη δραστηριότητα του ενζύμου Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση ή σε διαφορές στον μεταβολισμό και τη σύνθεση των λιπαρών οξέων μεταξύ αγελάδων μεγαλύτερης ηλικίας και μικρότερης. Περαιτέρω έρευνα είναι αναγκαία για να καταλάβουμε τους μηχανισμούς που εμπλέκονται στην παραγωγή CLA ανάλογα με την ηλικία της αγελάδας. (Dhiman et al., 2002)

Το ποσοστό CLA στο γάλα ποικίλλει από αγελάδα σε αγελάδα ακόμα και αν η διατροφή τους είναι ίδια. Σημαντική απόκλιση παρατηρήθηκε στο ποσοστό CLA στο γάλα (0,15% έως και 1,77% του λίπους ) ανάμεσα σε αγελάδες με την ίδια διατροφή. Επίσης σε μια άλλη ερευνά παρατηρήθηκε μια απόκλιση στο ποσοστό του CLA στο γάλα μεταξύ διαφορετικών αγελάδων



που είχαν την ίδια διατροφή, βρισκόταν στην ίδια γαλακτοπαραγωγική περίοδο και παρήγαγαν γάλα με παρόμοιο ποσοστό λίπους. Αυτές οι διαφορές μπορεί να οφείλονται απλώς σε διαφορές των δραστηριοτήτων της  $\Delta^9$ -αφυδρογονάσης στο μαστικό αδέν, στην ηλικία των ζώων, στην κατάσταση της υγείας τους, διαφορές στο μεταβολισμό στη μεγάλη κοιλία ή άλλους άγνωστους παράγοντες (Dhiman et al., 2002)

### **2.3 Επεξεργασία του γάλακτος**

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η επεξεργασία του γάλακτος και ο τρόπος διατήρησης μπορούν να επηρεάσουν το ποσοστό CLA των γαλακτοκομικών προϊόντων. Η παστερίωση του γάλακτος στους 68.3 βαθμούς Κελσίου για 30 λεπτά δεν επηρέασε το ποσοστό CLA στο γάλα. Η επεξεργασία του γάλακτος κάτω από κανονικές συνθήκες (έως 85 βαθμούς Κελσίου για 30 λεπτά) για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων όπως γιαούρτι, παγωτό και τυρί (Gouda, Mozzarella και Cheddar), επίσης δεν επηρέασε το ποσοστό CLA. (Dhiman et al., 1999). Οι Khanal et al., 2004 αντίθετα, αναφέρουν πως υπήρξε μικρή αλλαγή στη συγκέντρωση του CLA κατά τη θέρμανση του γάλακτος και την παραγωγή γιαουρτιού και τυριών. Το ποσοστό CLA των γαλακτοκομικών προϊόντων αυξάνεται όταν το γάλα επεξεργαστεί σε υψηλές θερμοκρασίες. Το ποσοστό CLA του επεξεργασμένου τυριού αυξήθηκε κατά 14.4% κατά το μαγείρεμα σε ήπιες θερμοκρασίες .

Σε μια άλλη έρευνα η επεξεργασία του τυριού Cheddar στους 80 με 90 βαθμούς Κελσίου κάτω από ατμοσφαιρικές συνθήκες, αύξησε το CLA από 0.40 σε 0,51% του λίπους. Εντούτοις η επεξεργασία με άζωτο στους 70 με 85 βαθμούς Κελσίου δεν επηρέασε το περιεχόμενο CLA. Το ποσοστό CLA στο βούτυρο που επεξεργάστηκε στους 7 με 11 βαθμούς Κελσίου, αυξήθηκε στο 0.63% σε σύγκριση με το 0.50% του λίπους στο μη επεξεργασμένο γάλα. Η χρήση διαφορετικών μεθόδων καλλιέργειας και διαφορετικών παραμέτρων επεξεργασίας και ωρίμανσης (13 μήνες), είχε αμελητέα επίδραση στο ποσοστό CLA σε τυριά όπως το Cougar Gold, Cheddar και Viking. (Dhiman et al., 2005)

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ ως ποσοστό του λίπους φαίνεται να είναι ελαφρώς αυξημένο στα ώριμα τυριά ζύμωσης με προπιονικό οξύ, ενώ τα τυριά που ωριμάζουν με βακτήρια όπως το Muenster και το Tilsiter, έχουν ενδιάμεσα επίπεδα CLA. Η περαιτέρω επεξεργασία του τυριού cheddar στους 80° C μέσω της πρόσθηκης ορού του γάλακτος 6% κατά βάρος, με υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης ή κομμάτι του με χαμηλό μοριακό βάρος, αύξησε τα επίπεδα του CLA στα 0.67 και 0.59% αντίστοιχα, σε σύγκριση με το 0.50% υπό κανονικές συνθήκες. Αυτό δείχνει ότι η συγκέντρωση της πρωτεΐνης του ορού γάλακτος το και χαμηλό μοριακό του βάρος μπορεί να αλληλεπιδράσει με τα δραστικά C18:2 στο επεξεργασμένο τυρί, που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό του CLA. Το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος αυξήθηκε από 0.6% (στο μη επεξεργασμένο γάλα) σε 1.0% του λίπους του τυροπήγματος κατά τη διάρκεια της φυσικής μικροβιακής ωρίμανσης. Η διατήρηση του γιαουρτιού, βουτύρου ή παγωτού στους 4° C για 6 εβδομάδες, και του τυριού (mozzarella και cheddar) για 32 εβδομάδες, δεν άλλαξε το περιεχόμενο CLA (Dhiman et al., 2005).

Υπάρχοντα στοιχεία δείχνουν ότι το CLA έχει σταθερή σύσταση μέσα στο λίπος του γάλακτος, κάτω από κανονική επεξεργασία και κανονικές συνθήκες διατήρησής του. Παρόλα αυτά η επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων στους > 80° C μπορεί να αυξήσει ελαφρώς το ποσοστό του CLA. Δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για να βγάλουμε συμπεράσματα για την επίδραση των διαφορετικών τρόπων καλλιέργειας και των προσθετικών στο περιεχόμενο CLA των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες που δείχνουν ότι τα αντιοξειδωτικά ή τα γαλακτοκομικά προσθετικά, μπορεί να επηρεάσουν το ποσοστό του CLA στο επεξεργασμένο τυρί. Το συνολικό ποσοστό CLA αυξήθηκε σε 0.43, 0.41, 0.47 και 0.38% του λίπους, εισάγοντας τα προσθετικά όπως ascorbate, cysteine, propyl gallate ή butylated hydroxytoluene, αντιστοίχως σε σύγκριση με το 0.33% του λίπους άνευ προσθετικών (Dhiman et al., 2005)

Έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές ότι οι θερμοκρασίες και οι μέθοδοι μαγειρέματος επηρεάζουν το ποσοστό CLA. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι το ποσοστό CLA στο βοδινό κρέας, επηρεάζεται, καθώς το CLA μπορεί να σχηματιστεί από θερμική οξειδωση του C18:2 ή να

καταστραφεί από υψηλές θερμοκρασίες μαγειρέματος και οξειδωτικές αντιδράσεις κατά την διάρκεια της συντήρησης. Οι Ha et al. ανέφεραν μια μέτρια αύξηση στο περιεχόμενο του CLA στο ψημένο βοδινό, σε σύγκριση με το άψητο βοδινό. Ωστόσο, άλλες μελέτες δείχνουν ότι το περιεχόμενο CLA στα προϊόντα κρέατος, φαίνεται να επηρεάζεται από την πρώτη ύλη και όχι από τις συνθήκες επεξεργασίας, όπως η θερμοκρασία μαγειρέματος. Οι διαφορετικές μέθοδοι μαγειρέματος (τηγάνισμα, ψήσιμο στον φούρνο, ψήσιμο στην σχάρα ή σε φούρνο μικροκυμάτων), και ο βαθμός ψησίματος (60 με 80° C εσωτερικής θερμοκρασίας του κρέατος) δεν άλλαξαν το περιεχόμενο του CLA στο βοδινό κρέας. Οι πληροφορίες σχετικά με τις επιδράσεις του μαγειρέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, στο ποσοστό CLA στο βοδινό κρέας, είναι ελλιπείς.

Επίσης το περιεχόμενο του CLA δεν άλλαξε στο μαγειρεμένο βοδινό κρέας που διατηρήθηκε στους 4°C για 7 μέρες. Τα αποτελέσματα από τις παραπάνω μελέτες υποδεικνύουν ότι το CLA στο κρέας είναι ένας σταθερός παράγοντας κάτω από κανονικές συνθήκες διατήρησης και μαγειρέματος (Dhiman et al., 1999)

**Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις του CLA σε διάφορες τροφές**

Πηγη : (Mir et al., 2003)

| Τροφή              | Αριθμός δειγμάτων | Συνολικό CLA (mg/gr λίπους) | Cis-9, t-11 CLA (%) |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|
| Βοδινό κρέας       | 4                 | 2,9                         | 79                  |
| Μοσχαρίσιο κρέας   | 2                 | 2,7                         | 84                  |
| Αρνίσιο κρέας      | 4                 | 5,6                         | 92                  |
| Χοιρινό κρέας      | 2                 | 0,6                         | 82                  |
| Κοτόπουλο          | 2                 | 0,9                         | 84                  |
| Γαλοπούλα          | 2                 | 2,5                         | 76                  |
| Κρόκος αβγού       | 2                 | 0,6                         | 82                  |
| Σολωμός            | 4                 | 0,3                         | Δεν ανιχνεύθηκε     |
| Πέστροφα           | 3                 | 0,5                         | »                   |
| Χτένια             | 2                 | 0,3                         | »                   |
| Γαρίδα             | 2                 | 0,6                         | »                   |
| Μύδια              | 2                 | 0,4                         | »                   |
| Ανθρώπινο γάλα     | 3                 | 5,5                         | 92                  |
| Βούτυρο            | 4                 | 4,7                         | 88                  |
| Γιαούρτι           | 2                 | 4,8                         | 84                  |
| Τυρί cheddar       | 3                 | 3,6                         | 93                  |
| Τυρί κρέμα         | 3                 | 3,8                         | 88                  |
| Έλαιο ατρακτυλίδας | 2                 | 0,7                         | 44 (41% t-10,c-12)  |
| Ηλιέλαιο           | 2                 | 0,4                         | 38 (37% t-10, c-12) |
| Καλαμποκέλαιο      | 2                 | 0,2                         | 39 (37% t-10, c-12) |
| Ελαιόλαδο          | 2                 | 0,2                         | 47 (40% t-10, c-12) |
| Βοδινό λίπος       | 2                 | 2,6                         | 84                  |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### 3. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του CLA στο λίπος του κρέατος των μηρυκαστικών

Ενώ υπάρχουν πολλά στοιχεία από έρευνες όσο αναφορά το ποσοστό CLA στο γάλα δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες που να εστιάζουν στους παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό CLA στο κρέας.

#### 3.1 Βοσκές και διατηρημένες χονδροειδείς ζωοτροφές

Όπως και στην περίπτωση των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής που διατρέφονταν με βοσκές και φρέσκες χονδροειδείς ζωοτροφές όταν αυξάνεται την ποσότητα χονδροειδών ζωοτροφών στη διατροφή αυξάνεται και το ποσό στο CLA σε σχέση με το συνολικό ποσοστό λιπαρών οξέων στο κρέας των μηρυκαστικών. Σε βόδια κρεοπαραγωγής που έβοσκαν σε βοσκές ή αυξήθηκε η ποσότητα ενσιρώματος στη διατροφή τους, αυξήθηκε και το ποσοστό cis-9,trans-11 CLA στο λίπος κατά 29 έως 45% σε σύγκριση με σταθερές ποσότητες στη διατροφή. Η αύξηση του ποσοστού CLA στο βοδινό κρέας ποικίλει ανάλογα με την ποιότητα και την ποσότητα των χονδροειδών ζωοτροφών στη διατροφή του ζώου.

Το βοδινό κρέας από ζώα που η διατροφή τους περιείχε πράσινη βοσκή, είχε 200-500% περισσότερο cis-9,trans-11 CLA στο λίπος, σε σύγκριση με ζώα που η διατροφή τους βασιζόταν κατά 87% σε καρπούς καλαμποκιού. Οι Rule et al. (1999) παρατήρησαν ότι το ποσοστό του cis-9,trans-11 ισομερούς CLA ήταν υψηλότερο στο ενδομυϊκό λίπος σε ζώα μερικώς ενσταβλισμένα απ' ότι σε ζώα με διατροφή υψηλή σε δημητριακούς καρπούς, αλλά σε διαμερίσματα πάχυνσης. Η αύξηση του cis-9,trans-11 CLA δεν είναι τόσο δραματική όσο αυτή που παρατηρήθηκε στο γάλα από αγελάδες που έβοσκαν. (Dhiman et al., 2002)

### 3.2 Φυτικά έλαια και σπέρματα

Η προσθήκη στη διατροφή βοοειδών συμπληρωμάτων φυτικών ελαίων πλούσιων σε C18:2 ή C18:3 έχει παρουσιάσει ποικίλα αποτελέσματα όσον αναφορά την αύξηση του ποσοστού CLA στο βοδινό κρέας. Προσθέτοντας στη διατροφή 4 με 6% σογιέλαιο σε βοοειδή που η διατροφή τους ήταν υψηλή σε καρπούς δημητριακών, άλλες φορές επηρέασε, και άλλες όχι το ποσοστό cis-9,trans-11 CLA στο βοδινό κρέας. Υπήρξε μια μικρή αύξηση στο ποσοστό cis-9,trans-11 CLA στο μυϊκό λίπος όταν στην διατροφή των βοοειδών προστέθηκε 3 με 6% ηλιέλαιο, με τα εξής αποτελέσματα (0.35 % και 0.25% CLA στο λίπος του βοδινού κρέατος). σε σύγκριση με το κρέας από βοοειδή που δεν προστέθηκε ηλιέλαιο (Dhiman et al., 1999)

Σε μια άλλη έρευνα η προσθήκη 6% ηλιελαίου στη διατροφή βοοειδών των φυλών Wagyu, Limousin x Wagyu και Limousin, αύξησαν το ποσοστό CLA (το ισομερές δεν αναφέρεται) σε 1.25% μυϊκού λίπους σε σύγκριση με το 0.28% σε βοοειδή που η διατροφή τους δεν περιείχε έλαια. Προσθέτοντας στη διατροφή λιναρόσπορο κατά 6% αύξησε το ποσοστό cis-9,trans-11 CLA σε 0.80% του λίπους σε σύγκριση με το 0.32% των συνολικών λιπαρών οξέων στους μύς των βοοειδών με ελεγχόμενη διατροφή. Η αύξηση που παρατηρείται στο ποσοστό CLA στο μυϊκό ιστό των βοοειδών όταν προστίθενται ελεύθερα έλαια στη διατροφή του ζώου, είναι μικρή αλλά το λινέλαιο και το ηλιέλαιο έχουν καλύτερα αποτελέσματα απ' ότι το σογιέλαιο.

Η προσθήκη επεξεργασμένων φυτικών ελαιόσπορων στη διατροφή των ζώων έχει ως αποτέλεσμα τη μικρή αύξηση ή μη του ποσοστού CLA στο βοδινό. Η αντικατάσταση κανονικού καλαμποκιού με καλαμπόκι με υψηλή περιεκτικότητα σε έλαια ή η προσθήκη στη διατροφή σπασμένων σπόρων ατρακτιλίδας ως πηγή ελαίου στα βοοειδή, δεν αύξησε το ποσοστό CLA στο λιπώδη ιστό των βοοειδών. Παρόλα αυτά, σε μια έρευνα η προσθήκη στη διατροφή ολόκληρων ηλιόσπορων κατά 5%, αύξησε το CLA σε 0.75% του λίπους, σε σύγκριση με το 0.31% CLA στο υποδόριο λίπος των βοοειδών με ελεγχόμενη διατροφή. Η προσθήκη στη διατροφή, σογιόσπορων με πλήρη λιπαρά, και επεξεργασμένων με τη μέθοδο της εξώθησης, κατά 12.7 και 25.6%, σε βοοειδή που η διατροφή τους ήταν υψηλή σε καρπούς

δημητριακών, αύξησε οριακά τα ποσοστά CLA και TVA στο λιπώδη ιστό σε σύγκριση με τα βοοειδή με ελεγχόμενη διατροφή. (Dhiman et al., 1999)

Οι Dhiman et al., (2002) έχουν προσπαθήσει να αυξήσουν το ποσοστό CLA στο κρέας του αρνιού αλλάζοντας τη διατροφή του. Προσθέτοντας στη διατροφή 6% ηλιέλαιο, ή 5% επιπλέον λίπος από θρυμματισμένους ηλιόσπορους, είχε ως αποτέλεσμα μια αύξηση στο ποσοστό του CLA των μυών. Αυτή είναι μόνο μια μικρή αύξηση αν τη συγκρίνουμε με την αύξηση που παρατηρείται στο ποσοστό CLA ως μέρος των συνολικών λιπαρών οξέων, όταν τα ζώα διατρέφονται με χονδροειδείς ζωοτροφές, ή βόσκουν στο λιβάδι. Παρόλα αυτά είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι το συνολικό ποσοστό λίπους του σώματος μειώνεται όταν τα ζώα βόσκουν ή όταν η διατροφή τους είναι υψηλή σε χονδροειδείς ζωοτροφές. Επομένως η πραγματική ποσότητα CLA μπορεί να είναι υψηλότερη όταν συμπληρώνονται έλαια σε διατροφές που έχουν ως βάση δημητριακά σε σύγκριση με ζώα που βοσκούν. Μάλιστα, το ποσοστό CLA αυξήθηκε από 1.0 σε 1.6 % του λίπους στους μύες όταν στην διατροφή των αρνιών προστέθηκαν ολόκληροι λιναρόσποροι, αλλά δεν παρατηρήθηκε καμία αύξηση όταν προστέθηκε ιχθυέλαιο στην διατροφή τους (Dhiman et al., 2002 )

Η προσθήκη στη διατροφή των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής τροφών πλούσιων σε C18:2 ή C18:3 έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση κατά τρεις με τέσσερις μονάδες, του ποσοστού c9, t11 CLA στο λίπος του γάλακτος, αλλά μόνο αμελητέα αύξηση στο λίπος του βοδινού κρέατος. Είναι πολύ πιθανό οι μηχανισμοί και τα στάδια της σύνθεσης CLA (στη μεγάλη κοιλία ή ενδογενώς) να είναι διαφορετικά στο μαστικό αδένια και στο λιπώδη ιστό. Οι επιπλέον παράγοντες που ρυθμίζουν τη σύνθεση του CLA στη μεγάλη κοιλία, στους μύες και στο μαστικό αδένια δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως. Επιπλέον έρευνα χρειάζεται για να περιγραφεί η διαδικασία της σύνθεσης του c9, t11 CLA στο λιπώδη ιστό, από TVA, στα μηρυκαστικά. (Dhiman et al., 2000)

Η διατροφή των βοοειδών που βρίσκονται στο τελικό στάδιο πάχυνσης, συνήθως περιλαμβάνει 85 με 92% δημητριακούς καρπούς, ενώ η διατροφή μιας αγελάδας υψηλής γαλακτοπαραγωγής περιλαμβάνει μόνο 50 με 60% δημητριακούς καρπούς. Το χαμηλό ποσοστό cis-9,trans-11 CLA στο λίπος του βοδινού κρέατος σε σύγκριση με το λίπος του γάλακτος που έχει παρατηρηθεί σε ζώα που η διατροφή τους είναι πλούσια σε C18: ή C18:3,

ίσως να έχει σχέση με τις επιδράσεις του παραδοσιακού τρόπου διατροφής με υψηλό σε δημητριακά και χαμηλό σε ίνες που χορηγούνταν σε βοοειδή που βρισκόταν στο τελικό στάδιο πάχυνσης στις ΗΠΑ. Είναι πιθανό ότι το όξινο pH της μεγάλης κοιλίας που συνήθως παρατηρείται στα βοοειδή που βρίσκονται στο τελικό στάδιο πάχυνσης, να αλλάζει το μικροβιακό πληθυσμό που σχετίζεται με τη βιοϋδρογόνωση των λιπιδίων, και επομένως να επηρεάζει τη σύνθεση των ισομερών του CLA στη μεγάλη κοιλία. Έρευνες δείχνουν ότι διατροφές με υψηλό ποσοστό δημητριακών, δημιουργούν χαμηλό pH, με αποτέλεσμα να μεταβάλουν το περιβάλλον της μεγάλης κοιλίας, και επομένως να ευνοούν την παραγωγή του trans-10, cis-12 CLA ισομερούς και TVA μέσα στη μεγάλη κοιλία. Το αποτέλεσμα είναι υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών των λιπαρών οξέων στους μύς των ζώων (Dhiman et al., 1999)

Στους μύες το πρόδρομο TVA είναι παρόν, ωστόσο μπορεί να μη μετατραπεί σε c9, t11 CLA. Το ισομερές trans-10, cis-12 CLA φαίνεται να αναστέλλει τη δραστηριότητα του ενζύμου Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μια μείωση στην ενδογενή σύνθεση του trans-11, cis-9 CLA. Εντούτοις αυτό δε φαίνεται να είναι η εξήγηση για το ότι δεν παρατηρείται αύξηση του trans-11, cis-9 CLA στο λίπος του βοείου κρέατος, καθώς τα βόδια που στο τελικό στάδιο πάχυνσης διατρέφονται με βοσκές ή χονδροειδείς ζωοτροφές, παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά trans-11, cis-9 και trans-10,cis-12 CLA ως μέρος των συνολικών λιπαρών οξέων. Η πληθώρα των m-RNA και της ενεργότητας του ενζύμου Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση, επηρεάζονται από την ορμονική ισορροπία, φυσική κατάσταση, τα επίπεδα ινσουλίνης και άλλους ενεργοποιητικούς και ανασταλτικούς παράγοντες. Μια μείωση στην ινσουλίνη είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της γονιδιακής έκφρασης του ενζύμου Δ<sup>9</sup>-αφυδρογονάση, στο λιπώδη ιστό.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω ο καλύτερος τρόπος για να αυξήσουμε τη συνολική παραγωγή CLA στο κρέας είναι μέσω της προσθήκης συμπληρωμάτων ελαίων όπως το σογιέλαιο, το λινέλαιο ή ηλιέλαιο σε διατροφές υψηλής περιεκτικότητας σε δημητριακούς καρπούς. Βέβαια τα αποτελέσματα δεν ήταν πάντα θετικά. Η βόσκηση των ζώων ουσιαστικά αυξάνει το CLA των συνολικών λιπαρών οξέων, αλλά το συνολικό ποσοστό λίπους στο τελικό προϊόν μειώνεται. Επομένως η αύξηση του ποσοστού CLA στο βοδινό κρέας θα πρέπει να αξιολογείται βάση του συνολικού CLA που



βρίσκεται στο βρώσιμο λίπος παρά στις συγκεντρώσεις του στο ωμό κρέας. (Dhiman et al., 1999)

### **3.3 Η φυλή του ζώου και στρατηγικές διαχείρισης**

Εκτός από τους διατροφικούς παράγοντες, οι ερευνητές έχουν μελετήσει την επίδραση της φυλής στο ποσοστό CLA του κρέατος. Στον περιορισμένο αριθμό ερευνών που έχουν γίνει πάνω στο θέμα αυτό, βρέθηκε ότι η φυλή δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό CLA στους μύς των βοοειδών. Τα βοοειδή της φυλής Limousin είχαν μόνο ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό CLA στους μύς του κρέατος σε σύγκριση με τα βοοειδή της φυλής Wagyu και Limousin x Wagyu παρόλο που είχαν παρόμοια διατροφή. Περισσότερες έρευνες είναι αναγκαίες για να κατανοήσουμε καλύτερα την επιρροή της φυλής στο ποσοστό CLA του βοδινού κρέατος.

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι οι στρατηγικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται για εκτροφή βοοειδών, μπορεί να επηρεάσουν το ποσοστό CLA στο βοδινό κρέας. Για παράδειγμα σε βόδια που αμέσως μετά τον απογαλακτισμό χορηγήθηκε μια διατροφή υψηλή σε δημητριακά (που συνήθως χορηγείται στο τελικό στάδιο πάχυνσης), είχαν χαμηλότερο ποσοστό CLA, απ' ότι σε βόδια που πριν από το στάδιο διατροφής με τα υψηλά δημητριακά, χορηγήθηκε μια διατροφή υψηλή σε ενσίρωμα μηδικής (98%) για 112 μέρες. Το ποσοστό CLA στους μύς ήταν οριακά αυξημένο όταν μια τέτοια διατροφή υψηλή σε μηδική είχε χορηγηθεί, ίσως γιατί το CLA που είχε αποθηκευτεί κατά τη διάρκεια αυτής της διατροφής, παρέμεινε στους μύς μέχρι και το τελικό στάδιο πάχυνσης. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι οι στρατηγικές διαχείρισης και οι μέθοδοι διατροφής που βασίζονται κυρίως σε αλλαγές στη διατροφή για την εκτροφή των βοοειδών, μπορούν να έχουν μεγάλες επιδράσεις στο ποσοστό CLA στο βοδινό κρέας. (Dhiman et al., 2005)

**Πίνακας 7: Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση CLA στο γάλα και τα κρέας Πηγή: (Khanal et al, 2004)**

| Παράγοντες   | Επίδραση στη συγκέντρωση του CLA                 |
|--|--|
| <b>A. Διαιτητικοί</b>                                      |  |
|  |  |
| <b>Βόσκηση</b>   | Πολύ θετική                                      |
| <b>Βόσκηση και εξωθημένοι σογιόσποροι</b>                  | Καμιά επιρροή                                    |
| <b>Βόσκηση και έλαια σόγιας</b>                            | Καμιά επιρροή                                    |
| <b>Βόσκηση και ιχθυέλαια</b>                               | Θετική   |
| <b>Ωριμότητα βοσκήσιμης ύλης</b>                           | Αρνητική   |
| <b>Ποικιλία φυτικών ειδών</b>                              | Θετική   |
| <b>Υψόμετρο που βρίσκεται η βοσκ. ύλη</b>                  | Ορεινή περιοχή > βουνό > πεδιάδα                 |
| <b>Φρεσκοκομμένη χορτονομή</b>                             | Φρέσκια > διατηρημένη                            |
| <b>Διατροφή υψηλής ποιότητας χορτονομής</b>                | Θετική   |
| <b>Διατροφή υψηλής ποσότητας σε δημητριακά και καρπούς</b> | Αρνητική   |
| <b>Ακατέργαστοι ελαιούχοι καρποί</b>                       | Μικρή  |
| <b>Ψημένοι ελαιούχοι καρποί</b>                            | Θετική, περισσότερο από τους ελαιούχους καρπούς  |
| <b>Εξωθημένοι ελαιούχοι καρποί</b>                         | Θετικοί, περισσότερο από τους ψημένους καρπούς   |
| <b>Φυτικά έλαια</b>  | Θετικοί, περισσότερο από επεξεργασμένους καρπούς |
| <b>Ιχθυέλαια</b>   | Θετικοί, περισσότερο από τα φυτικά έλαια         |
| <b>Άλατα ασβεστίου από λιπαρά οξέα</b>                     | Θετική   |
| <b>Φύκια</b>   | Θετική   |

|   |  |
|---|--|
| <b>pH μεγάλης κοιλίας</b>                     | >6,0pH, θετική                               |
| <b>Συμπληρώματα CLA</b>                       | Θετική                                       |
|   |  |
| <b>B. Παράγοντες που συνδέονται με το ζώο</b> |  |
|   |  |
| <b>Είδος</b>                                  | Μηρυκαστικά > μονογαστρικά                   |
| <b>Φυλή</b>                                   | Brown Swiss> Holstein > Normandes<br>>Jersey |
| <b>Στάδιο γαλακτοπαραγωγής</b>                | Μικρή  |
| <b>Ηλικία</b>                                 | ;  |
| <b>Μαγείρεμα</b>                              | Πιθανόν μικρή                                |
| <b>Μετατροπή από γάλα σε τυρί</b>             | Μικρή  |
| <b>Μετατροπή από γάλα σε γιαούρτι</b>         | Πιθανόν θετική                               |
| <b>Μετατροπή από γάλα σε βούτυρο</b>          | Μικρή  |
| <b>Ωρίμανση τυριού</b>                        | Πολύ μικρή                                   |
| <b>Θέρμανση του γάλακτος</b>                  | Πιθανόν μικρή                                |

### 3.4 Συμπληρώματα συνθετικού CLA

Το συζυγές λινελαϊκό οξύ μπορεί να συντεθεί στο εργαστήριο από φυτικά έλαια όπως το ηλιέλαιο και το αραβοσιτέλαιο. Αυτός ο τύπος προϊόντος διατίθεται ήδη στο εμπόριο για χορήγηση στα χοιρινά με σκοπό τη βελτίωση της εναπόθεσης άπαχου κρέατος σε παχυνόμενα ζώα.

Το συνθετικό CLA θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αύξηση της συγκέντρωσης CLA στο αγελαδινό γάλα εάν μπορούσε να προστατευθεί κατά κάποιον τρόπο από το περιβάλλον της μεγάλης κοιλίας. Οι διαθέσιμοι μέθοδοι για την επίτευξη αυτού, περιλαμβάνουν τοποθέτηση του λίπους σε κάψουλα από καζεΐνη κατεργασμένη με φορμαλδεΐδη ή χορήγηση λίπους σε μορφή αλάτων ασβεστίου, αν και η έκταση της προστασίας που επιτυγχάνεται με αυτές τις μεθόδους μπορεί να ποικίλει.

Η προσθήκη στη διατροφή συμπληρωμάτων CLA που έχουν το χαρακτηριστικό να μην αλλοιώνονται κατά τη βιοϋδρογόνωση, σε επίπεδα 30.4 -100g ανά αγελάδα ανά ημέρα, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας λίπους του γάλακτος κατά 27% και την αύξηση του συνολικού ποσοστού CLA (cis-9,trans-11 και trans-10,cis-12 ισομερών) στο λίπος του γάλακτος. Η ικανότητα μεταφοράς των cis-9,trans-11 και των trans-10,cis-12 ισομερών από τα συμπληρώματα CLA στο γάλα, είναι 11 και 4%, αντιστοίχως. Έχει παρατηρηθεί ότι τα ισομερή αυτά δεν μεταφέρονται σε μεγάλες ποσότητες στο CLA του γάλακτος όταν προέρχονται από συμπληρώματα CLA στη διατροφή, ενώ αντίθετα όταν γίνεται έγχυση CLA στο ήνυστρο μεταφέρονται μεγαλύτερες ποσότητες CLA στο γάλα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η ανθεκτικότητα των συμπληρωμάτων CLA μπορεί να μην είναι απόλυτη, και τελικά να επηρεάζονται κατά τη διαδικασία της βιοϋδρογόνωσης. (Dhiman et al., 2005)

Έχει παρατηρηθεί ότι σε αίγες που η διατροφή τους περιείχε συμπληρώματα CLA που δεν αλλοιώνονται στη βιοϋδρογόνωση, (80g ανά ζώο ανά ημέρα), το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος αυξήθηκε από 0.6% σε 4% με μια ικανότητα μεταφοράς στο λίπος του γάλακτος 39% (cis-9,trans-11 ισομερές ) και 26% (trans-10,cis-12 ισομερές). Οι λόγοι που περισσότερα ισομερή του CLA μεταφέρονται από τα συμπληρώματα στο γάλα των αίγων απ' ότι στις αγελάδες δεν είναι ξεκάθαροι, και είναι απαραίτητη περαιτέρω έρευνα. Είναι εμφανές από τα παραπάνω, ότι η έγχυση ή η προσθήκη στη διατροφή συμπληρωμάτων CLA που αποφεύγουν μερικώς την βιοϋδρογόνωση στη μεγάλη κοιλία, αυξάνουν το ποσοστό CLA στο λίπος του γάλακτος αλλά μειώνουν την ποσότητα λίπους στο γάλα. Οι μηχανισμοί με τους οποίους τα συμπληρώματα CLA μειώνουν το λίπος του γάλακτος έχουν μελετηθεί. Χορηγήθηκε στο ήνυστρο trans-10, cis-12 CLA ισομερές, (0,05% επί της ξηρής ουσίας ) για τέσσερις ημέρες. Το ποσοστό του λίπους του γάλακτος μειώθηκε κατά 42 % και η παραγωγή λίπους του γάλακτος κατά και 44%, αντιστοίχως. (Dhiman et al., 2002)

Αντιθέτως, η έγχυση παρόμοιας ποσότητας cis-9, trans-11 CLA δεν είχε καμία αρνητική επίδραση στην παραγωγή και ποσότητα του λίπους του γάλακτος. Παρόμοιες παρατηρήσεις έχουν αναφερθεί από τον Looor και τον Herbein. Στοιχεία από διάφορες έρευνες όπου χρησιμοποιήθηκαν σχετικά

καθαρά CLA ισομερή, δείχνουν ότι τα ισομερή του CLA ή οι μεταβολίτες τους που περιλαμβάνουν ένα διπλό δεσμό στη θέση 10, μπορεί να έχουν ανασταλτικές επιδράσεις στη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. Επομένως τα ισομερή trans-10,cis-12 του CLA παρουσιάζονται στα συμπληρώματα CLA είναι πιθανών να είναι υπαίτια για τη μείωση του λίπους του γάλακτος. (Dhiman et al., 2002).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Γαλακτοκομικά προϊόντα του εμπορίου που περιέχουν CLA: Ορίζοντες για δημιουργία νέων προϊόντων;

Το ερώτημα που προκύπτει είναι σε ποιο βαθμό θα πρέπει να αυξηθεί η περιεκτικότητα του CLA στο γάλα ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του καταναλωτή. Για παράδειγμα έχει εκτιμηθεί πως η ημερήσια ανάγκη του ανθρώπου είναι 52-137 mg CLA/ ημέρα. Έρευνες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι η απαιτούμενη ποσότητα CLA για αντικαρκινική δράση είναι 3γρ/ημερα. Αν λοιπόν μια διατροφή περιλαμβάνει πλήρες γάλα (460mg CLA), και ένα σάντουιτς με τυρί τσένταρ (721 mg CLA) και βούτυρο ( 365mg CLA) τότε έχουμε 1546 mg (1,546γρ) CLA. Το παράδειγμα αυτό δείχνει ότι δε χρειάζεται να αλλάξουν δραματικά οι διατροφικές μας συνήθειες για να έχουμε οφέλη στην υγεία μας.

Βεβαίως, οι καταναλωτές μπορούν να αυξήσουν την κατανάλωση σε CLA παίρνοντας συνθετικό CLA με τη μορφή χαπιών, (εικόνα κάτω) τα οποία διατίθενται ήδη σε καταστήματα ειδών υγιεινής διατροφής. Η κύρια διαφορά μεταξύ του CLA που βρίσκεται σε αυτά τα προϊόντα και του CLA που βρίσκεται στο γάλα είναι ο αριθμός των ισομερών που λαμβάνουμε με το συνθετικά παραγόμενο CLA. Η σχετική αξία για την υγεία του ανθρώπου του αριθμού των ισομερών του CLA, συγκρινόμενη με το CLA που βρίσκεται στο λίπος γάλακτος των μηρυκαστικών, είναι αμφίβολη. Μίγματα ισομερών CLA βρέθηκαν να έχουν ανασταλτική δράση στη σύνθεση του λίπους του γάλακτος. (Dhiman et al., 2005)

Ωστόσο, το εμπλουτισμένο με CLA γάλα που παράγεται μέσω χειρισμών των σιτηρεσίων έχει ένα πλεονέκτημα επί πλέον από τον τύπο αυτού του προϊόντος, προωθείται ως «φυσική» πηγή του CLA. Επίσης, ίσως είναι ευκολότερο για το εμπλουτισμένο με CLA γάλα να κερδίσει την αποδοχή αφού το γάλα έχει ήδη μια πλατιά διάδοση και οι καταναλωτές είναι εξοικειωμένοι να βλέπουν μεγάλη ποικιλία γαλακτοκομικών προϊόντων στα καταστήματα.



πηγή: ([www.vitrualsciencefair.org](http://www.vitrualsciencefair.org))

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Επιδράσεις του CLA στην υγεία του ανθρώπου

#### 5.1 Το CLA στην αντιμετώπιση του καρκίνου

Πιστεύεται ότι το CLA εμπλέκεται σε ποικιλία βιολογικών παραγόντων και στα τρία στάδια της καρκινογένεσης, δηλαδή, της έναρξης, της ανάπτυξης και της προόδου. Πιστεύεται επίσης, ότι οι επιδράσεις ποικίλλουν ανάλογα με τα ειδικά ισομερή του CLA, τον τύπο και τη θέση του κυττάρου και οργάνου καθώς και το στάδιο της ογκογένεσης. Γενικά, οι επιδράσεις του CLA σχετίζονται με την αναστολή της αύξησης και του πολλαπλασιασμού (εξάπλωσης), την επαγωγή της απόπτωσης, και την ελάττωση της διακλάδωσης καθώς και της πυκνότητας του συστήματος πόρων των καρκινογόνων κυττάρων. Βρέθηκε ότι στον όγκο του μαστού μειώθηκε η μάζα των όγκων (Ip et al., 1999) και η επίπτωση καθώς και το βάρος (Khanal et al., 2004) σε αρουραίους (rats), οι οποίοι διατράφηκαν με CLA.

Οι Ip et al., (1999) βρήκαν ότι το CLA μείωσε την επίπτωση του όγκου του μαστού κατά 50% και τον αριθμό των όγκων κατά 45% σε αρουραίους που διατράφηκαν με σιτηρέσια που περιείχαν 0,8% CLA. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται το πείραμα, με τις επιπτώσεις στους καρκινικούς όγκους του μαστού σε ποντίκια, στα όποια χορηγήθηκε διατροφή που περιείχε διαφορετικές συγκεντρώσεις και πηγές CLA. Επίσης τους χορηγήθηκε ποσότητα καρκινογόνου ουσίας. (Khanal et al., 2004)

Οι Khanal et al., 2004 ανέφεραν ότι το CLA μετέβαλλε την επίπτωση στον καρκίνο του μαστού και επίσης ενήργησε σε επόμενα στάδια, ειδικά δε στην μετάσταση τόσο αποτελεσματικά, όσο η ινδομεθακίνη, ένας γνωστός καταστολέας της ανάπτυξης και της μετάστασης των όγκων του μαστού του ποντικού. Αυτό ενισχύει την ιδέα ότι το CLA μπορεί να είναι αποτελεσματικό στην πρόληψη και επανεμφάνιση μερικών καρκίνων καθώς και στην καταστολή της αύξησης της υπολειμματικής νόσου.

Επιπλέον, η δράση του CLA ως αντικαρκινικού παράγοντος είναι ίδια είτε αυτό παρέχεται δια μέσου τροφών πλουσίων σε CLA φυσικώς



παραγόμενων, είτε αυτό παρέχεται ως καθαρά συνθετικά CLA ισομερή (Ip κ.ά., 1999). Για παράδειγμα, οι Khanal et al., 2004 αναφέρουν ότι ο αριθμός των κυττάρων μειώθηκε μέχρι 90% μετά από επώαση καρκινικών κυττάρων του μαστού για 8 ημέρες σε γάλα που περιείχε διάφορα επίπεδα CLA. Παρομοίως, όταν καρκινικά κύτταρα ανθρώπινου μαστού καλλιεργήθηκαν σε γάλα εμπλουτισμένο με CLA, ο αριθμός των κυττάρων μειώθηκε στο 61% του αρχικού επιπέδου.

Μια σημαντική παρατήρηση ήταν ότι οι αρουραίοι που διατράφηκαν με βούτυρο εμπλουτισμένο με CLA συγκέντρωσαν περισσότερο CLA στο μαστικό αδέννα και σε άλλους ιστούς από ότι συγκέντρωσαν αρουραίοι που διατράφηκαν με συνθετικά CLA ισομερή (Khanal, 2004).

## **5.2 Γενική επίδραση του CLA στον καρκίνο:**

1. Μειώνει τον ενδοθηλιακό πολλαπλασιασμό του κυττάρου ο οποίος προκαλείται από τον βασικό αυξητικό παράγοντα ινοβλαστών και επίσης μειώνει τον αγγειακό ενδοθηλιακό αυξητικό παράγοντα (vascular endothelial growth factor, VEGF) του ορού και του μαστικού αδέννα που όλοι τους είναι δυνητικοί αγγειογενετικοί παράγοντες που εκφράζονται σε πολλούς όγκους συμπεριλαμβανομένου και του μαστικού αδέννα.
2. Ενεργοποιεί τους PPARs (υποδοχείς που ενεργοποιούνται από παράγοντες που επάγουν τον πολλαπλασιασμό των υπεροξεισωμάτων).
3. Ενεργοποιεί τους παράγοντες μεταγραφής οι οποίοι ρυθμίζουν τη γονιδιακή έκφραση όσον αφορά την κυτταρική αύξηση, την κυτταρική διαφοροποίηση και την απόπτωση
4. Μειορρυθμίζει (down-regulates) τη δραστηριότητα της κυκλοξυγενάσης -2 που σχετίζεται με την καρκινογένεση και τη φλεγμονή
5. Ρυθμίζει (modulates) τον μεταβολισμό του αραχιδονικού οξέος και μειώνει την προσταγλανδίνη PGE<sub>2</sub> και τις κυτοκίνες
6. Μειώνει τη σύνθεση του DNA που σχετίζεται με την αγγειογένεση και ρυθμίζει (modulates) τον σχηματισμό του συμπλέγματος (adduct) DNA
7. Μειώνει το μονοξείδιο του αζώτου (nitric oxide) και τη συνθάση του

μονοξειδίου του αζώτου

8. Αυξάνει το ρετινοϊκό οξύ (retinal) το οποίο επηρεάζει τη γονιδιακή έκφραση μέσω της ενεργοποίησης του.
9. Μειώνει την οξειδωση που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες (free radicals)
10. Μπλοκάρει τον κυτταρικό κύκλο των καρκινικών κυττάρων στη μιτωτική διαίρεση
11. Μειορρυθμίζει (down-regulates) την έκφραση των υποδοχέων των οιστρογόνων b<sup>r</sup>th σε επίπεδα mRNA και πρωτεΐνης και μειώνει τη δεσμευτική δραστηριότητα της πυρηνικής πρωτεΐνης (nuclear protein) στο οιστρογόνο
12. Αναστέλλει (inhibits) τον IGF-I υποδοχέα ο οποίος σηματοδοτεί την οδό που οδηγεί στην ανάπτυξη του καρκίνου της ουροδόχου κύστεως (bladder) ή μειώνει την έκκριση του IGF-II
13. Μειορρυθμίζει (down-regalates) τα ErbB<sub>2</sub> και ErbB<sub>3</sub> σε mRNA και πρωτεΐνη. (Khanal, 2004)

### **5.3 Το CLA στην αντιμετώπιση της Αθηροσκλήρωσης.**

Η αθηροσκλήρωση είναι η πιο συνηθισμένη νόσος του καρδιαγγειακού συστήματος και είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες κινδύνου για την υπέρταση. Παράλληλα, η υπέρταση είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες κινδύνου για αθηροσκλήρωση ([health.in.gr](http://health.in.gr)).

Έρευνες έδειξαν αρχικά ότι το CLA έχει αντιαθηροσκληρωτική επίδραση στις αρτές των κουνελιών. Βρέθηκε 34% μείωση στην αθηροσκλήρωση στα κουνέλια όταν το CLA συμπεριελήφθη σε 0,1% του σιτηρεσίου για 12 εβδομάδες, η οποία μείωση αυξήθηκε από 34 σε 64% όταν συμπεριελήφθη σε 0,5% του σιτηρεσίου. Σημαντική μείωση στην ολική χοληστερόλη, και στις περιοχές της αορτικής λιπαρής γραμμής ή ράβδωσης (aortic fatty streak areas) στα hamsters συνέβη ακόμη και σε προσθήκη 0,06% CLA στο σιτηρέσιο (Khanal, 2004).

Επίσης άλλη έρευνα έδειξε μείωση στη χοληστερόλη του πλάσματος κατά την προσθήκη χοληστερόλης, σε hamsters που ανταποκρίθηκαν με

επίταση του προφίλ αθηρογενετικού λιπιδίου κατά την οξεία φάση, όταν τους χορηγήθηκε 1% CLA στο σιτηρέσιο. Επειδή στις μελέτες αυτές χρησιμοποιήθηκε μίγμα CLA ισομερών, οι επιδράσεις των ειδικών ισομερών δεν είναι γνωστές. (Khanal, 2004).

#### **5.4 Το CLA στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας**

Πολλές από τις επιδράσεις του CLA που αναφέρθηκαν πιο πάνω φαίνεται να προέρχονται από την ικανότητά του να ρυθμίζει τον μεταβολισμό των λιπιδίων σε μελέτες με ζώα, ανθρώπους και ιστοκαλλιέργειες. Η μεγαλύτερη επίδραση του CLA σε αυτό το θέμα είναι η μείωση της πρόσληψης λιπιδίων από τα λιποκύτταρα, η οποία οδηγεί σε μείωση της αύξησης του σωματικού λίπους (Khanal, 2004).

Και τα δύο ισομερή του CLA ήσαν αποτελεσματικά στη μείωση του σωματικού λίπους στους ποντικούς, με το cis-9, trans-11 να είναι περισσότερο αποτελεσματικό στους θηλυκούς παρά στους αρσενικούς (Khanal, 2004).

Η διατροφή ποντικών με σιτηρέσιο που περιείχε 0,5% t-10, c-12 CLA για 4 εβδομάδες, μείωσε την εναπόθεση σωματικού λίπους, τα επίπεδα λεπτίνης του ορού και την έκφραση του mRNA της λεπτίνης των λιποκυττάρων χωρίς να επηρεάσει την πρόσληψη τροφής ή το σωματικό βάρος (Khanal, 2004).

Σε σχετική έρευνα που δημοσιεύτηκε στο journal of Nutrition το Δεκέμβριο 2000 αποδείχθηκε ότι το συζυγές λινελαϊκό οξύ (CLA) μειώνει το σωματικό λίπος στους υπέρβαρους. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 60 παχύσαρκοι, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε δίαιτα που συνοδευόταν από άσκηση. Όσοι πήραν CLA είχαν κατά μέσο όρο μείωση του σωματικού λίπους κατά τρία κιλά. Όπως δείχνουν οι νέες έρευνες, το CLA αποτελεί πολύτιμο διατροφικό συμπλήρωμα, παράλληλα με τη δίαιτα, στη μάχη κατά του πάχους ([www.health.in.gr](http://www.health.in.gr))

### **5.5 Το CLA στην αντιμετώπιση του διαβήτη τύπου β**

Έρευνες δείχνουν πως το CLA έχει πιθανές θεραπευτικές ιδιότητες στον διαβήτη τύπου β. Ο διαβήτης τύπου β, χαρακτηρίζεται από μεταβολικές διαταραχές, υπεργλυκαιμία, αντίδραση στην ινσουλίνη ή και έλλειψη αυτής. Σε μελέτη που έγινε σε ανθρώπους το CLA μείωσε τη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα, σε ασθενείς με διαβήτη τύπου β. Οι 21 συμμετέχοντες στην έρευνα δεν χρησιμοποίησαν φάρμακα για έλεγχο της γλυκόζης του αίματος, και τους ζητήθηκε να καταναλώσουν 6γρ CLA ή έλαιο ατρακτυλίδας ημερησίως για 8 εβδομάδες. Στο τέλος της 8<sup>ης</sup> εβδομάδας το 81% έδειξε μείωση στα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος. (Belury et al., 2003)

### **5.6 Το CLA στο μεταβολισμό και την ανάπτυξη των οστών**

Ο μεταβολισμός των οστών περιλαμβάνει τρεις τύπους κυττάρων-κύτταρα χονδρίτη ιστού, οστεοβλάστες και οστεοκλάστες. Οι λειτουργίες τους επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως η ινσουλίνη (IGF-1) ως παράγοντας ανάπτυξης, η προσταγλαδίνη E2 (PGE-2) και η κυτοκίνη ιντερλευκίνη-1. Σε έρευνα που έγινε σε ποντίκια χορηγήθηκε CLA 1% της διατροφής, και το αποτέλεσμα ήταν να μειωθούν τα επίπεδα PGE-2 και IGF-1 και ο σχηματισμός των οστών στα αρσενικά ποντίκια. Ο Dr Watkins, αναφέρει πως οι επιπτώσεις του CLA στο μεταβολισμό των οστών στα ποντίκια, είναι επηρεασμένες από τον τύπο και την ποσότητα του ισομερούς που χορηγείται με τη διατροφή. (Watkins et al., 1999).

### **5.7 Το CLA στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος**

Η ανοσολογική αντίδραση επιτυγχάνεται με τη συντονισμένη δράση πολλών παραγόντων, οι οποίοι στο σύνολό τους συνθέτουν το ανοσιακό σύστημα. Οι Cook et al, 2003 έδειξαν ότι το CLA όχι μόνο μεταβάλλει την ανοσοαπάντηση αλλά επίσης προστατεύει τους ιστούς από έμμεση

καταστροφή.

Ο Khanal, προσδιόρισε ότι η επίδραση του CLA επί της επαύξησης του ανοσιακού οφείλεται στη ρύθμιση του εικοσανοειδούς και στην παραγωγή ανοσογλοβουλίνης. Συμπέρανε ότι το t-10, c-12 ισομερές ανέστειλε ανταγωνιστικά την μετατροπή του αραχιδονικού οξέος σε προσταγλανδίνη E<sub>2</sub>. Το CLA επίσης μείωσε τα λιποπολυσακχαρίδο - προκαλούμενα φλεγμονώδη περιστατικά σε μακροφάγα δια μέσου μείωσης της έκφρασης του mRNA και της πρωτεΐνης της συνθάσης του μονοξειδίου του αζώτου και της κυκλοοξυγενάσης-2 καθώς και της επακολουθούσης παραγωγής του μονοξειδίου του αζώτου και της προταγλανδίνης E<sub>2</sub>, τα οποία αμφότερα επίσης ενοχοποιούνται για την καρκινογένεση. Το CLA προλαμβάνει την εξάντληση, τη σχετιζόμενη με το ανοσιακό και την προστασία των μη λεμφοειδών ιστών από τις δυσμενείς επιδράσεις των κυτοκινών, καθώς το CLA επηρεάζει το ανοσιακό σύστημα με την αλλαγή των επιδράσεων της κυτοκίνης και ιντερλευκίνης (Khanal et al., 2004).

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η σπουδαιότητα του CLA ανάγεται στα αποτελέσματα των ερευνών από τις οποίες προκύπτει η παρέμβασή του στον καρκίνο, το διαβήτη, τον μεταβολισμό των λιπιδίων, την αθηροσκλήρωση, και άλλες ασθένειες.

Σημαντικό ρολό στην αύξηση του CLA παίζει όπως είδαμε παραπάνω, η βόσκηση και μάλιστα σε όσο μεγαλύτερο υψόμετρο γίνεται. Όσο πιο πολύ βόσκουν τα ζώα, τόσο περισσότερο αυξάνονται τα επίπεδα του CLA. Τα ζωικά λίπη μειώνουν τη γαλακτοπαραγωγή, ενώ το ολεϊκό οξύ αυξάνεται λόγω της δράσης του ενζύμου  $\Delta^9$ -αφυδρογονάση. Τα ιχθυέλαια μειώνουν και αυτά τη γαλακτοπαραγωγή, αλλά αυξάνουν το περιεχόμενο CLA.

Οι μηχανισμοί δράσης του κάθε ισομερούς ή του μίγματος ισομερών CLA όσον αφορά στους φυσιολογικούς ρόλους του, μένουν υποθετικοί και απαιτούν περαιτέρω έρευνα και βαθιά γνώση για να συναρμολογηθούν τα μικρά κομμάτια που σχετίζονται με τις αλλαγές που επιφέρει το CLA.

### **Το CLA συμφωνα με τον Khanal (2004), μπορεί να :**

1. Προλαμβάνει τον καρκίνο του μαστού, και ειδικά όταν λαμβάνεται κατά το στάδιο της ανάπτυξης του ιστού.
2. Καταστέλλει άλλα είδη καρκίνου
3. Δρα ως αντικαρκινικό, σε πολύ μικρότερες δόσεις από αλλά φυσικά αντικαρκινικά
4. Αναστέλλει και μειώνει την αθηροσκλήρωση
5. Μειώνει την LDL χοληστερίνη, και τα επίπεδα τριγλυκεριδίων στο αίμα
6. Παρακινεί μια παρόμοια μείωση στο λίπος του σώματος, και αυξάνει το μυϊκό ιστό
7. Ενισχύει την υγεία και το σχηματισμό των οστών
8. Σταθεροποιεί ή μειώνει τα επίπεδα της γλυκόζης, και ελεγχει το διαβήτη τύπου β.
9. Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα
10. Μάχεται τις αλλεργίες και το άσθμα

Τελειώνοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το CLA είναι μια πολύ σημαντική ουσία για τον άνθρωπο. Ο ρόλος των ζωοτεχνών είναι ο φυσικός εμπλουτισμός των τροφίμων μέσω χειρισμών των σιτηρεσίων των ζώων, ούτως ώστε να μπορούν να συνεισφέρουν στο γενικό σκοπό που είναι η επίτευξη θετικών οφελών στην υγεία του ανθρώπου.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antongiovanni, M.**, A. Buccioni, F. Petacchi, 2003. Upgrading the lipid fraction of foods of animal origin by dietary means :rumen activity and presence of trans fatty acids and CLA in milk and meat. Italian Journal of animal Science Vol 2, 3-28
- Bauman, D.E.**, L.H Baumgrad, B.A. Corl,, and J.M. Griinari. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Proc. Am. Soc. Anim. Sci.,
- Belury, M.A.**, and S. Banni, 2003. The conjugated linoleic acid (CLA) isomer, t10c12-CLA is inversely associated with changes in body weight and serum leptin in subjects with type 2 diabetes mellitus. Journal Nutrition 133:2575-2605
- Dhiman, T.R.**, Seung-Hee Nam, and Amy L. Ure. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid in milk and meat. Journal of Utah Agricultural Experiment Station , Utah State University.
- Dhiman, T.R.**, M.S Zaman, and D. Gilbert. 2002. Breed of dairy cows has influence on CLA content of milk. J. Dairy Sc., 85:315
- Dhiman, T.R.**, L.D Satter, and Pariza. 2000. Conjugated Linoleic Acid content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. J. Dairy Sc., 83:1016-1027
- Dhiman, T.R.**, and M.W Pariza. 1999. Conjugated linoleic acid and content of milk from cows fed different diets. J. Dairy Sc., 82:2146-2156
- Elgersma, A.**, S. Tamminga, G. Ellen. 2006. Modifying milk composition through forage. Elsevier, Animal Feed Science and Technology 131 207-225
- Khanal R.** 2004. Potential Health Benefits of Conjugated Linoleic Acid. Asian- Australian. J. Anim. Sci., 17 (09): 1315- 1323.
- Khanal R.** and K. Olso. 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in milk, meat and egg. Pakistan journal of Nutrition., 3 (2): 82-98.
- Leboux M.**, and J.M Chardigny. 2003. Variations saisonniers des taux d'acides linoléiques conjugués dans les beurres. Français Sci. Alim 2003;23:443-61



- Loor, J.J** ,and J.H Herbein. 2003. Redused fatty acid synthesis and desaturation due to exogenous trans 10, cis 12 CLA in cows fed oleic or linoleic oil. J.Dairy Sci. 86:1354-1369
- Mir P.S.**, M. Ivan, 2003. Dietary manipulation to increse conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in bef. Canadian Journal of Animal Science.
- Muller L.D.**, J.E Delahoy. 2004. CLA implications for animal production and human health. Department of Dairy and Animal Sci., Pennsylvania State University
- Reiner, S.** 1996.The American Counsil on Science and health Inc Volume 8 number 4
- Schmid, A.**, M. Collomb, R. Sieber, G. Bee.2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products:A review. Meat Science 73, 29-41
- Tanaka, K.** 2005. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and it's physiological functions. Animal Science Journal, 76, 231-303
- Watkins, B.**, Y. Li, A.L Grant. 1999. Dietary conjugated linoleic acid alter serum IGF-1 and IGF binding protein concentration and reduce bone formation in rats fed fatty acids. J Bone Miner Res 14:1153-1162

#### **ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

[www.iatronet.gr/article.asp?art\\_id=4488/12/3/08](http://www.iatronet.gr/article.asp?art_id=4488/12/3/08)

[www.health.in.gr/18/5/08](http://www.health.in.gr/18/5/08)

[www.visualsciencefair.org/17/5/08](http://www.visualsciencefair.org/17/5/08)