

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ ΚΑΙ ΑΛΕΣΜΕΝΟΥ ΒΑΜΒΑΚΟΣΠΟΡΟΥ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ, ΣΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟ CLA ΠΡΟΒΕΙΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ*

ΝΗΤΑΣ Δ.¹, ΠΕΤΡΙΔΟΥ Α.², ΚΑΡΑΛΑΖΟΣ Β.³, ΜΟΥΓΙΟΣ, Β.², ΣΙΝΑΠΗΣ Ε.⁴,
ΜΙΧΑΣ Β.¹, ΑΜΠΙΑΣ Ζ.⁵, ΝΗΤΑ Σ.⁶, ΚΑΡΑΛΑΖΟΣ Α.⁴

¹Τμήμα Ζωικής Παραγωγής Αλεξάνδρειου Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

²Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Α.Π.Θ.

³Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

⁴Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ.

⁵Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης Δ.Π.Θ.

⁶Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος

Περίληψη. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η ενδεχόμενη επίδραση ακατέργαστου βαμβακόσπορου ή αλεσμένου βαμβακόσπορου στη γαλακτοπαραγωγή προβάτων και τη χημική σύσταση του γάλακτος αυτών, καθώς και στην αναλογία (προφίλ) των λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος προβάτων και ιδιαίτερα του συζυγούς λιγνελικού οξέος (Conjugated Linoleic Acid, CLA). Για τη διενέργεια αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν 24 προβατίνες της εγχώριας ορεινής φυλής προβάτων, σε πειραματική διάταξη πλήρως τυχαιοποιημένου σχεδίου με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στις διαδοχικές εβδομάδες του ελέγχου (complete randomized design). Οι προβατίνες διατράφηκαν με 3 ισοαζωτούχα σιτηρέσια Α, Β και Γ. Το σιτηρέσιο Α (μάρτυρας) αποτελούνταν από καρπό αραβοσίτου, καρπό κριθής, σογιάλευρο, χόρτο μηδικής, άχυρο σίτου και μίγμα ανόργανων αλάτων και βιταμινών. Στα δύο επόμενα σιτηρέσια Β και Γ (επεμβάσεις) μέρος του καρπού αραβοσίτου και του σογιάλευρου αντικαταστάθηκε από ακατέργαστο και κατεργασμένο βαμβακόσπορο, αντίστοιχα. Το πείραμα διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Πρότυπου Κέντρου Κτηνοτροφίας και Εκπαίδευσης Βλάστης-Κοζάνης.

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα στο τελικό σωματικό βάρος των προβατινών καθώς και στη μεταβολή του σωματικού βάρους αυτών, στην περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη, λακτόζη και στερεά, καθώς και στη μέση ημερήσια παραγωγή πρωτεΐνης, λακτόζης και στερεών. Οι τιμές της ημερήσιας γαλακτοπαραγωγής, της λιποπερικτικότητας του γάλακτος, της παραγωγής λίπους, της συγκέντρωσης σωματικών κυττάρων, καθώς και της διορθωμένης ως προς τη λιποπερικτικότητα και την ενέργεια γαλακτοπαραγωγής των επεμβάσεων Β και Γ ήταν υψηλότερες από εκείνες του μάρτυρα Α. Οι διαφορές, ωστόσο, μεταξύ των επεμβάσεων Β και Γ δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Η συμμετοχή του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο επηρέασε σημαντικά τη σύσταση του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε λιπαρά οξέα. Διαπιστώθηκε μείωση της αναλογίας του συνόλου σχεδόν των κορεσμένων λιπαρών οξέων με αντίστοιχη αύξηση των περισσότερων ακόρεστων λιπαρών οξέων. Τα λιπαρά οξέα C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 είχαν σημαντικά μικρότερη τιμή στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α). Παρατηρήθηκε, ωστόσο, σημαντική μείωση της αναλογίας και ορισμένων ακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως των C10:1n1, C14:1n5, C16:1n7, C17:1n7 στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α) με αντίστοιχη αύξηση των κορεσμένων C18:0 και C20:0. Τα μεγάλου μοριακού βάρους ακόρεστα λιπαρά οξέα C18:1n9t, C18:1n11t (*trans*- βασσενικό οξύ, TVA), C18:1n9c, C18:2n6t, C18:2n6c, CLA(c-9, t-11) και CLA(c-9, c-11) είχαν σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α), ενώ το C20:5n3C (εικοσιπενταενοϊκό οξύ, EPA) είχε μικρότερη τιμή. Γενικώς, η συμμετοχή του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την αναλογία των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA), των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA), των n-6, του CLA και του συνόλου των ακόρεστων λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε βάρος των κορεσμένων. Η αναλογία των ακόρεστων λιπαρών οξέων στις επεμβάσεις Β και Γ αυξήθηκε κατά 20,8 και 13,2%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α).

Από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος συμπεραίνεται ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο προβάτων μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος, στην αύξηση της συνολικής παραγωγής λίπους καθώς και στην αύξηση των περισσότερων ευεργετικών για την υγεία του ανθρώπου ακόρεστων λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα του CLA στο λίπος του γάλακτος.

Λέξεις κλειδιά: Βαμβακόσπορος, CLA, λινελαιϊκό οξύ, γάλα προβάτων.

* Η εργασία συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και το Ελληνικό Δημόσιο – ΕΠΕΑΕΚ II – ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αναφέρεται σε πολλές επιστημονικές εργασίες ο θετικός ρόλος των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Polyunsaturated Fatty Acids, PUFA) και ιδιαίτερα των n-3 λιπαρών οξέων στην προστασία του ανθρώπου από καρδιαγγειακές ασθένειες (Bulliyya, 2002· Hu *et al.*, 2003· Farmer *et al.*, 2003, Harris *et al.*, 2003· Ruxton *et al.*, 2007). Παρόμοια αποτελέσματα δημοσιεύτηκαν και από άλλους ερευνητές ως προς τις ευεργετικές ιδιότητες του CLA στην υγεία του ανθρώπου (Chin *et al.*, 1992· Dhiman *et al.*, 1999· Mel'uchova *et al.*, 2008). Το CLA είναι μίγμα ισομερών θέσης και γεωμετρικών ισομερών του λινελαιϊκού οξέος (C18:2), το οποίο έχει δύο συζυγείς διπλούς δεσμούς σε διάφορες θέ-

σεις ατόμων άνθρακα στην αλυσίδα του λιπαρού οξέος (Sinclair *et al.*, 2007). Από φυσιολογική άποψη, τρία ισομερή του CLA παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον: το *cis*-9,*trans*-11 που είναι και το επικρατέστερο και αποτελεί το 80 με 90% του συνολικού CLA στο γάλα των μηρυκαστικών, το *trans*-10, *cis*-12 που βρίσκεται σε μικρές ποσότητες οι οποίες κυμαίνονται από 3 μέχρι 5% του συνολικού CLA και το *cis*-9,*cis*-11 που βρίσκεται σπάνια στο λίπος του γάλακτος (AbuGhazaleh *et al.*, 2003).

Η αύξηση της συγκέντρωσης του *cis*-9,*trans*-11 ισομερούς στο λίπος του γάλακτος των μηρυκαστικών είναι σχετικά εύκολη και μπορεί να επιτευχθεί μέσω διατροφικών χειρισμών, ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης του

trans-10,*cis*-12 μέσω διατροφικών χειρισμών είναι ελάχιστη (Khanal and Olson, 2004· Harvatine *et al.* 2009). Όσον αφορά την αύξηση του *cis*-9,*cis*-11 ισομερούς στο λίπος του γάλακτος των μηρυκαστικών δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής βιβλιογραφικά δεδομένα.

Οι Bauman *et al.* (1999) αναφέρουν ότι οι συγκεντρώσεις του CLA στο λίπος του γάλακτος και τα προϊόντα γάλακτος των μηρυκαστικών κυμαίνονται μεταξύ 3 και 7 mg/g, ενώ οι Khanal and Olson (2004) αναφέρουν ότι η περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος των μηρυκαστικών σε CLA ποικίλει πάρα πολύ και κυμαίνεται από 0,2% ή λιγότερο μέχρι 2% ή και ακόμη περισσότερο. Οι Nudda *et al.* (2005), Cabiddu *et al.* (2005), Tsiplakou *et al.* (2006a) και Mel'uchova *et al.* (2008) σε πρόσφατες εργασίες αναφέρουν ότι σε πρόβατα που έβοσκαν η συγκέντρωση του CLA στο γάλα ακολουθούσε την αύξηση του βαθμού συμμετοχής της βοσκής στο σιτηρέσιο των ζώων, ενώ οι Kelly *et al.* (1998), αναφέρουν σε παλαιότερη εργασία ότι η συγκέντρωση του CLA στο γάλα αγελάδων ακολουθούσε το στάδιο της γαλακτικής περιόδου. Οι Tsiplakou, *et al.* (2006b) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση του CLA στο λίπος του γάλακτος προβάτων επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από διατροφικούς παράγοντες. Οι διατροφικοί, ωστόσο παράγοντες δεν έχουν το ίδιο αποτέλεσμα στην αύξηση του CLA στο λίπος του γάλακτος προβάτων και αιγών (Tsiplakou και Zervas, 2008). Γενικά, η αύξηση των χονδροειδών τροφών με αντίστοιχη ελάττωση των συμπυκνωμένων στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών αυξάνει τη συγκέντρωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος (Ward *et al.*, 2003· Addis *et al.*, 2005). Επίσης, η προσθήκη φυτικών ελαίων στο σιτηρέσιο αυξάνει την περιεκτικότητα του γάλακτος σε CLA (Dhiman *et al.*, 2000· Chouinard *et al.*, 2001), ελαττώνει όμως την πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών του σιτηρέσιου και ιδιαίτερα των ινωδών ουσιών (Nήτας και Καραλάζος, 1997· Nήτας κ. ά., 1997) προκα-

λώντας αρνητικές επιδράσεις στα ζυμωτικά φαινόμενα της μεγάλης κοιλίας (Nήτας κ. ά., 1998α· Nήτας και Καραλάζος, 2002).

Ο βαμβακόσπορος, ακατέργαστος (whole cottonseed) ή αλεσμένος (ground cottonseed) αποτελεί μια πλούσια πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στη διατροφή των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής (Corpock *et al.*, 1985· 1987· Dhiman *et al.*, 1999) όσο και σε γαλακτοπαραγωγά πρόβατα (Karalazos *et al.*, 1992· Nήτας κ. ά., 1998β). Η επίδραση, ωστόσο, σιτηρεσίων, τα οποία περιέχουν βαμβακόσπορο, στη συγκέντρωση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα του CLA στο λίπος του γάλακτος προβάτων, δεν έχει ακόμη διερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό διεθνώς.

Σκοπός της διεξαγωγής της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης ακατέργαστου βαμβακόσπορου και αλεσμένου βαμβακόσπορου στη λιποπεριεκτικότητα, και στο προφίλ των λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα στο CLA του πρόβειου γάλακτος.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής διενεργήθηκε ένα πείραμα με 24 προβατίνες της εγχώριας ορεινής φυλής προβάτων. Οι προβατίνες χωρίστηκαν σε τρεις ισοδύναμες ως προς τη γαλακτοπαραγωγή ομάδες σε πειραματική διάταξη πλήρως τυχαιοποιημένου πειράματος με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στις διαδοχικές εβδομάδες του ελέγχου (randomized complete block design). Οι προβατίνες διατράφηκαν με 3 ισοαζωτούχα σιτηρέσια Α, Β και Γ. Το σιτηρέσιο Α (μάρτυρας) αποτελούνταν από καρπό αραβοσίτου, καρπό κριθής, σογιάλευρο, χόρτο μηδικής, άχυρο σίτου και μίγμα ανόργανων αλάτων και βιταμινών. Στα δύο άλλα σιτηρέσια Β και Γ (επεμβάσεις) μέρος του καρπού αραβοσίτου και του σογιάλευρου αντικαταστάθηκε από ακατέργαστο (αυτούσιο) και αλεσμένο βαμβακόσπορο, αντί-

στοιχα. Το χόρτο μηδικής και το άχυρο σίτου χορηγούνταν αυτούσια στα ζώα και αμέσως μετά χορηγούνταν οι υπόλοιπες ζωοτροφές ως μίγμα συμπυκνωμένων τροφών. Η σύνθεση και η χημική σύσταση των σιτηρεσιών φαίνονται στους πίνακες 1 και 2, αντίστοιχα. Ο βαμ-

Πίνακας 1. Σύνθεση πειραματικών σιτηρεσιών.

Table 1. Ingredient composition of experimental diets.

Στοιχεία	Σιτηρέσιο (Diet)		
	A	B	Γ
Συστατικά (% με βάση την ξηρή ουσία) Ingredients (% on DM basis)			
Σογιάλευρο (Soybean meal)	12,00	7,30	7,30
Βαμβακόσπορος (Whole Cottonseed)	-	14,00	-
Βαμβακόσπορος αλεσμένος (Ground Cotton- seed)	-	-	14,00
Ξηρό χόρτο μηδικής (Alfalfa hay)	30,00	30,00	30,00
Άχυρο σίτου (Wheat straw)	10,00	10,00	10,00
Καρπός αραβοσίτου (Maize grain)	26,95	17,65	17,65
Καρπός κριθής (Barley grain)	20,00	20,00	20,00
Ανθρακικό ασβέστιο (Calcium Carbonate)	0,35	0,35	0,35
Μαγειρικό άλας (Salt)	0,50	0,50	0,50
Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία (Vitamins and trace elements)	0,20	0,20	0,20

Πίνακας 2. Χημική σύσταση (% της ΞΟ) και Μεταβολίσιμη Ενέργεια (Mcal/kg ΞΟ) σιτηρεσιών.

Table 2. Chemical composition (% of DM) and ME (Mcal/kg DM) of diets.

Χημική σύσταση (Chemical composition)	Σιτηρέσιο (Diet)		
	A	B	Γ
Ξηρή ουσία (Dry matter)	86,35	86,43	86,54
Οργανική ουσία (Organic matter)	93,54	93,42	93,57
Τέφρα (Ash)	6,46	6,58	6,43
Αζωτούχες ουσίες (Crude protein)	18,22	18,04	18,85
Λιπαρές ουσίες (Ether extract)	3,50	7,23	6,97
Ινώδεις ουσίες (Crude fiber)	17,26	20,77	20,34
Ελ.Ν.εσχ. ουσίες (N-free extract)	54,56	47,38	47,41
NDF	37,61	42,10	41,62
ADF	21,44	25,09	25,37
Ημικυτταρίνες (Hemicelluloses)	16,16	17,01	16,25
Κυτταρίνη (Cellulose)	16,14	18,62	18,76
Λιγνίνη (Lignin)	5,30	6,47	6,61
*Μεταβολίσιμη ενέργεια (Metabolizable Energy)	2,61	2,67	2,67

*Ο υπολογισμός της μεταβολίσιμης ενέργειας των σιτηρεσιών έγινε με βάση τα δεδομένα των επί μέρους πρώτων υλών ζωοτροφών του NRC (1985)

βακόσπορος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα δεν ήταν αποχλωμένους. Ο αλεσμένος βαμβακόσπορος αλέστηκε σε σφυρόμυλο ισχύος 130 HP πνευματικής μεταφοράς με κόσκινο άλεσης 8 mm. Το πείραμα διενεργήθηκε στις εγκαταστάσεις του Πρότυπου Κέντρου Κτηνοτροφίας και Εκπαίδευσης Βλάστης Κοζάνης. Τη φροντίδα και περιποίηση των ζώων είχε το προσωπικό του Πρότυπου Κέντρου.

Η παράθεση της τροφής γινόταν δύο φορές την ημέρα στις 07:00 και 19:00 σε κάθε διαμέρισμα των 4 προβατινών. Η ποσότητα της τροφής κάλυπτε τις ημερήσιες ανάγκες των ζώων για συντήρηση και γαλακτοπαραγωγή (NRC, 1985). Η διάρκεια του πειράματος ήταν 6 περίοδοι των 2 εβδομάδων. Η γαλακτομέτρηση και η συλλογή δειγμάτων γάλακτος για αναλύσεις γινόταν στις δύο τελευταίες ημέρες κάθε περιόδου στις 06:00 και 18:00. Η χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε κάθε διαμέρισμα των 4 προβατινών καταγράφονταν και καθημερινά ζυγίζονταν τα υπόλοιπα των ζωοτροφών σε κάθε διαμέρισμα. Μία φορά την εβδομάδα λαμβάνονταν ένα μικρό δείγμα ζωοτροφών από κάθε σιτηρέσιο. Τα δείγματα των σιτηρεσίων και τα υπόλοιπα των ζωοτροφών τοποθετούνταν σε ψυγείο μέχρι το τέλος κάθε πειραματικής περιόδου και στη συνέχεια μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγροτικών Ζώων του Α.Π.Θ. για αναλύσεις.

Στα δείγματα των ζωοτροφών προσδιορίστηκαν η ξηρή ουσία, η τέφρα, το λίπος, οι αζωτούχες ουσίες (Nx6,25) και οι ινώδεις ουσίες, με βάση τις μεθόδους AOAC (1990), ενώ οι προσδιορισμοί για NDF, ADF, κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη έγιναν με βάση τις μεθόδους Goering – Van Soest (1970).

Κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ημερών κάθε πειραματικής περιόδου, που γίνονταν γαλακτομέτρηση λαμβάνονταν από το γάλα κάθε προβατίνας δύο αντιπροσωπευτικά

δείγματα γάλακτος το πρωί και δύο το απόγευμα. Σε ένα πρωινό και ένα απογευματινό δείγμα γινόταν προσδιορισμός του λίπους, της λακτόζης, των στερεών χωρίς λίπος (SNF), της πρωτεΐνης και των σωματικών κυττάρων. Τα άλλα δύο δείγματα γάλακτος αποθηκεύονταν στους -80°C μέχρι την ανάλυσή τους για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων.

Ανάλυση λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος και των ζωοτροφών

Η σύσταση του λίπους του γάλακτος σε λιπαρά οξέα προσδιορίστηκε με την τεχνική της αέριας χρωματογραφίας. Το λίπος εκχυλίστηκε από δείγματα γάλακτος (50 μL) με χλωροφόρμιο/μεθανόλη (2:1, κατ' όγκο) σύμφωνα με τους Folch *et al.* (1957) μετά από την προσθήκη μεθυλεστέρα του εικοσιενόϊκου οξέος (από Supelco, Bellefonte, PA, USA) ως εσωτερικό πρότυπο. Οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων παρασκευάστηκαν με καταλυόμενη από άλκαλι μεθανόλη του λίπους του γάλακτος (2N KOH σε μεθανόλη) σύμφωνα με τη μέθοδο ISO (2002).

Οι μεθυλεστέρες που παράχθηκαν με αυτό τον τρόπο διαχωρίστηκαν σε χρωματογράφο Hewlett-Packard 5890 Series II (Waldbronn, Γερμανία) εφοδιασμένο με τριχοειδή στήλη DB23 της εταιρείας J & W Scientific (Folsom, CA, USA) μήκους 60 m και ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας. Η θερμοκρασία της στήλης προγραμματίστηκε από τους 50°C στους 200°C με ρυθμό $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, στη συνέχεια στους 210°C με ρυθμό $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$, στη συνέχεια στους 240°C με ρυθμό $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ και διατήρηση στους 240°C για 10 min. Το φέρον αέριο ήταν ήλιο με ροή $0,93\text{ mL}/\text{min}$ (στους 50°C). Οι μεθυλεστέρες των επιμέρους λιπαρών οξέων εντοπίζονταν στα χρωματογραφήματα μέσω της σύγκρισης των χρόνων κατακράτησής τους με εκείνους καθαρών μεθυλεστέρων από τη Supelco και τη Sigma (St. Louis, MO, USA) και ποσοτικοποιούνταν μέσω της σύγκρισης

του εμβαδού κάτω από τις αιχμές τους με εκείνο του μεθυλεστέρα του εικοσιενοϊκού οξέος (εσωτερικό πρότυπο) με τη βοήθεια του λογισμικού HP 3365 ChemStation της Hewlett-Packard. Η σύσταση των ζωοτροφών σε λιπαρά οξέα προσδιορίστηκε επίσης με αέρια χρωματογραφία και παρουσιάζεται στον πίνακα 3.

Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τους πρωινούς και βραδινούς ελέγχους, η ποσότητα του γάλακτος, η σύνθεσή του και η περιεκτικότητά σε λιπαρά οξέα επεξεργάστηκαν έτσι ώστε να αναφέρονται σε ημερήσια βάση για τις 12 εβδομάδες του πειραματισμού. Εκτιμήθηκε η ποσότητα του γάλακτος διορθωμένη με βάση την ενεργεία (ECM) και την περιεκτικότητά σε λίπος (FCM) σύμφωνα με τις εξισώσεις των Bocquier *et al.* (1993) και Καλαϊσάκη (1982), αντίστοιχα.

Η στατιστική ανάλυση για την ημερήσια ποσότητα γάλακτος, τη χημική της σύνθεση, την περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα και το σωματικό βάρος των προβάτων που συμμετείχαν στο πείραμα πραγματοποιήθηκε με τη διαδικασία MIXED του στατιστικού λογισμικού

πακέτου SAS χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της υπό περιορισμό μεγίστης πιθανοφάνειας (REML). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με βάση το σχεδιασμό πλήρως τυχαιοποιημένου πειράματος με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στις διαδοχικές εβδομάδες του ελέγχου (Littell *et al.*, 1998). Το υπόδειγμα της ανάλυσης περιελάμβανε τους παράγοντες, το σιτηρέσιο, την εβδομάδα του ελέγχου, την προβατίνα σε κάθε επέμβαση και την αλληλεπίδραση της εβδομάδας του έλεγχου και του σιτηρεσίου. Η δομή της συνδιακύμανσης που επιλέχθηκε για την ανάλυση κάθε φορά ήταν εκείνη που ελαχιστοποιούσε το κριτήριο του Schwartz (Littell *et al.*, 1998). Οι διαφορές ελέγχθηκαν με την επιλογή PDIF του SAS και το επίπεδο σημαντικότητας ήταν $P < 0,05$. Η αναγωγή της γαλακτοπαραγωγής σε διορθωμένη ως προς τη λιποπεριεκτικότητα και ενέργεια γαλακτοπαραγωγής έγινε με τις παρακάτω εξισώσεις: $ECM (L/d) = \text{milk yield (L/d)} \times [0,071 \times \text{Fat (\%)} + 0,043 \times \text{Protein (\%)} + 0,2224]$ και $FCM (L/d) = [0,28 + \text{Fat (\%)} \times 0,12] \times \text{milk yield (L/d)}$.

Πίνακας 3. Σύνθεση λιπαρών οξέων ζωοτροφών.

Table 3. Fatty acid composition of dietary ingredients.

Λιπαρό οξύ (Fatty acid)	Εμπειρική ονοματολογία (Common name)	Σογιάλευρο (Soybean meal)	Ολόκληρος βαμβάκοςπορος (Whole Cottonseed)	Αλεσμένος βαμβάκοςπορος (Ground Cottonseed)	Ξηρό χόρτο μηδικής (Alfalfa hay)	Άχυρο σίτου (Wheat straw)	Καρπός αραβοσίτου (Maize grain)	Καρπός Κριθής (Barley grain)
Λιπαρά οξέα (% των προσδιορισθέντων) (% of reported fatty acid)								
14:0	Μυριστικό	0,0	0,8	0,7	0,9	6,1	0,0	0,0
16:0	Παλμτικό	17,2	24,7	23,8	28,9	29,5	14,6	16,2
18:0	Στεατικό	4,7	2,3	2,8	4,3	5,1	3,5	3,8
18:1n9c	Ελαϊκό	14,5	16,1	16,1	7,1	13,8	24,7	27,7
18:1n7c	cis-βασσενικό	1,6	0,8	0,7	0,5	1,4	0,9	1,1
18:2n6c	Λινελαϊκό	55,0	55,1	55,6	24,9	36,7	54,9	48,8
18:3n3c	α-Λινολενικό	7,0	0,1	0,2	33,5	7,4	1,4	2,3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Παραγωγικά χαρακτηριστικά

Στον πίνακα 4 φαίνονται τα παραγωγικά χαρακτηριστικά των προβατινών που διατράφηκαν με τα τρία σιτηρέσια.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του πίνακα 4, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα στο αρχικό και στο τελικό σωματικό βάρος των προβατινών. Η συμμετοχή, ωστόσο, του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο των προβατινών σε ποσοστό 14% της ΞΟ, αύξησε σημαντικά ($P < 0,05$) τη μέση ημερήσια γαλακτοπαραγωγή, τη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος, τη μέση ημερήσια παραγωγή λίπους καθώς και τη διορθωμένη ως προς τη λιποπεριεκτικότητα και την ενέργεια γαλακτοπαραγωγή. Η ημερήσια παραγωγή γάλακτος στις επεμβάσεις Β και Γ ήταν κατά 12,4% και 15,5% μεγαλύτερη από εκείνη του μάρτυρα (σιτηρέσιο Α). Παρόμοια αποτελέσματα ως προς τη γαλακτοπαραγωγή, όμως αγελάδων, δημοσιεύτηκαν από τους Dhiman *et al.* (1999). Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο αγελάδων σε ποσοστό 12% αύξησε σημαντικά τη μέση ημερήσια γαλακτοπαραγωγή, τη διορθωμένη ως προς τη λιποπεριεκτικότητα γαλακτοπαραγωγή καθώς και την ημερήσια παραγωγή πρωτεΐνης. Οι Ζέρβας κ. ά. (1990), επίσης, αναφέρουν ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου σε ποσοστό 30% στο σιτηρέσιο προβατινών αύξησε σημαντικά τη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος και μείωσε την περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνη. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι η ημερήσια παραγωγή γάλακτος δε διέφερε σημαντικά, αν και ήταν υψηλότερη κατά 7% όταν οι προβατίνες προσλάμβαναν το σιτηρέσιο που περιείχε βαμβακόσπορο, σε σύγκριση με το μάρτυρα. Η διορθωμένη όμως γαλακτοπαραγωγή ως προς τη λιποπεριεκτικότητα ήταν σημαντικά

($P < 0,05$) μεγαλύτερη στο σιτηρέσιο με το βαμβακόσπορο από εκείνη του μάρτυρα. Σε παλαιότερη, ωστόσο, εργασία μας δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη μέση ημερήσια γαλακτοπαραγωγή των προβάτων που προσλάμβαναν σιτηρέσια με 10 ή 20% ακατέργαστο βαμβακόσπορο σε σύγκριση με το μάρτυρα, παρατηρήθηκε όμως σημαντική αύξηση ($P < 0,05$) στη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος των προβατινών που προσλάμβαναν βαμβακόσπορο σε σύγκριση με το μάρτυρα (Νήτας, κ. ά., 1998β). Σε άλλο πείραμά μας, όπου χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια σιτηρέσια τα οποία χορηγήθηκαν σε πρόβατα της ίδιας φυλής με αυτά του εν λόγω πειράματος, προσδιορίστηκε η πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών των σιτηρεσίων (Νήτας κ.ά., 2007). Στο πείραμα αυτό, η συμμετοχή του αυτούσιου και του αλεσμένου βαμβακόσπορου στα ίδια πάλι ποσοστά (14% επί της ξηρής ουσίας του σιτηρεσίου), βελτίωσε την πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών, χωρίς σοβαρές αρνητικές επιδράσεις στα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά των σιτηρεσίων. Μπορεί επομένως ο βαμβακόσπορος, αυτούσιος ή αλεσμένος να χρησιμοποιηθεί στο σιτηρέσιο των προβάτων σε ποσοστά 14% χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα στην πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών του σιτηρεσίου.

Η σημαντική αύξηση της γαλακτοπαραγωγής που παρατηρήθηκε στην παρούσα εργασία, με τη συμμετοχή του βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο, οφείλεται προφανώς στη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (πίνακας 2). Παρόμοια διαπίστωση ως προς το αποτέλεσμα αυτό αναφέρουν και οι Dhiman *et al.* (1999). Η σημαντική όμως αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος που παρατηρήθηκε με τη συμμετοχή του βαμβακόσπορου στα σιτηρέσια Β και Γ, οφείλεται ενδεχομένως στην υψηλή πεπτικότητα των ινωδών ουσιών του βαμβακόσπορου, η οποία στα πρόβατα ανέρχεται σε 91% (NRC, 1971). Ο βαμβακό-

σπορος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμά μας, δεν ήταν αποχονομένος και έφερε αρκετή ποσότητα φυτικών ινών επάνω του. Η ζύμωση

των ινωδών ουσιών στους προστομάχους παράγει οξικό οξύ χρήσιμο για τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος (Palmquist and Jenkins,

Πίνακας 4. Επίδραση ακατέργαστου και κατεργασμένου (αλεσμένου) βαμβακόσπορου στη γαλακτοπαραγωγή προβάτων, τη χημική σύσταση και τα σωματικά κύτταρα του γάλακτος.

Table 4. The effect of untreated and treated (ground) cottonseed on daily milk yield of ewes, chemical composition and somatic cells of milk.

Στοιχείο (Item)	Επέμβαση			SEM	P
	A	B	Γ		
Κατανάλωση ΞΟ, kg/ημ. DM Intake, kg/d	1,45	1,60	1,65		
Κατανάλωση ΜΕ, Mcal/ημ. ME intake, Mcal/d	3,78	4,27	4,41		
ZB ¹ (BW), kg					
Αρχικό (Beginning)	58,5	61,0	56,0	11,00	0,83
Τελικό (Ending)	59,0	60,0	57,5	12,50	0,91
Διαφορά (Difference)	0,5	-1,0	1,5	0,55	0,06
Γαλακτοπαραγωγή, g/ημ. Milk yield, g/d	588,0 ^a	661,0 ^b	679,0 ^b	18,90	0,05
Λιποπεριεκτικότητα, % Milk fat, %	6,40 ^a	7,32 ^b	7,35 ^b	0,25	0,01
Παραγωγή λίπους, g/ημέρα Milk fat, g/d	37,6 ^a	48,3 ^b	49,9 ^b	4,00	0,03
Πρωτεΐνη, % Protein, %	5,90	5,79	5,89	0,18	0,17
Πρωτεΐνη, g/ημέρα Protein, g/d	34,7	38,0	39,2	5,10	0,07
Λακτόζη, % Lactose, %	4,50	4,56	4,56	0,06	0,94
Λακτόζη, g/ημέρα Lactose, g/d	26,3	30,0	31,6	17,10	0,15
SNF, %	11,5	11,4	11,9	1,16	0,12
SNF, g/ημέρα	67,5	75,0	83,0	10,80	0,10
Log (SCC)	5,46 ^a	5,93 ^b	5,91 ^b	0,14	0,05
ΔΛΓ ² (FCM ³) g/ ημέρα.	618,0 ^a	763,0 ^b	784,0 ^b	38,90	0,04
ΔΕΓ ⁴ (ECM ⁵) g/ ημέρα	550,0 ^a	653,0 ^b	675,0 ^b	37,30	0,04

^{a,b}Μέσοι όροι με διαφορετικό εκθέτη στην ίδια γραμμή διαφέρουν σύμφωνα με την τιμή P.

^{a,b}Means with differing superscripts within a row differ according to value indicated.

¹ZB = Ζων Βάρος, BW = Body Weight

²ΔΛΓ=Διορθωμένη ως προς τη λιποπεριεκτικότητα γαλακτοπαραγωγή

³FCM=Fat-Corrected Milk.

⁴ΔΕΓ=Διορθωμένη ως προς την ενέργεια γαλακτοπαραγωγή

⁵ECM=Energy-Corrected Milk

1980). Επίσης, σημαντική αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος και στη συνέχεια της διορθωμένης ως προς τη λιποπεριεκτικότητα γαλακτοπαραγωγής με τη συμμετοχή του βαμβακόσπορου σε σιτηρέσια αγελάδων παρατήρησαν και οι Anderson *et al.* (1984), Baker *et al.* (1985) και Horner *et al.* (1986).

Από τα στοιχεία του πίνακα 4 φαίνεται ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα στην περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη, λακτόζη και στερεά, καθώς και στη μέση ημερήσια παραγωγή πρωτεΐνης, λακτόζης και στερεών χωρίς λίπος. Ως προς την περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη, λακτόζη και στερεά, τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με εκείνα προαναφερθέντων ερευνητών (Ζέρβας κ. ά., 1990· Dhiman *et al.*, 1999). Παρατηρήθηκαν όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα στη συγκέντρωση των σωματικών κυττάρων (SCC) του γάλακτος. Οι λογαριθμημένες τιμές της συγκέντρωσης σωματικών κυττάρων των επεμβάσεων Β και Γ ήταν υψηλότερες από εκείνες του μάρτυρα Α. Τα αποτελέσματα αυτά δεν συμφωνούν με εκείνα των Dhiman *et al.* (1999), οι οποίοι αναφέρουν ότι η συμμετοχή εξωθημένου (extruded) βαμβακόσπορου σε ποσοστό 12% στο σιτηρέσιο αγελάδων γαλακτοπαραγωγής δεν επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση των σωματικών κυττάρων. Επειδή παρόμοια πειράματα επί γαλακτοπαραγωγών προβατινών δεν έχουν διεξαχθεί στη χώρα μας και αλλού, παρά την ευρεία χρησιμοποίηση του βαμβακόσπορου στη διατροφή των προβάτων, δεν υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω σχολιασμού των αποτελεσμάτων αυτών.

Σύνθεση του λίπους του γάλακτος σε λιπαρά οξέα

Από τα στοιχεία του πίνακα 5 φαίνεται ότι η συμμετοχή του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο επηρέασε

σημαντικά τη σύσταση του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε λιπαρά οξέα. Διαπιστώθηκε μείωση της αναλογίας του συνόλου σχεδόν των κορεσμένων λιπαρών οξέων με αντίστοιχη αύξηση των περισσότερων ακόρεστων λιπαρών οξέων. Τα λιπαρά οξέα C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 είχαν σημαντικά μικρότερη τιμή στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α). Παρατηρήθηκε, ωστόσο, σημαντική μείωση της αναλογίας και ορισμένων ακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως το C10:1n1, C14:1n5, C16:1n7, C17:1n7 στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α) με αντίστοιχη αύξηση των κορεσμένων C18:0 και C20:0. Τα μεγάλοι μοριακού βάρους ακόρεστα λιπαρά οξέα C18:1n9t, C18:1n11t (*trans*-βασσενικό οξύ, TVA), C18:1n9c, C18:2n6t, C18:2n6c, CLA(c-9, t-11) και CLA(c-9, c-11) είχαν σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στις επεμβάσεις Β και Γ σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α) ενώ το C20:5n3C (εικοσιπενταενοϊκό οξύ, EPA), είχε μικρότερη τιμή. Γενικώς, η συμμετοχή του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την αναλογία των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA), των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA), των n-6, του CLA και του συνόλου των ακόρεστων λιπαρών οξέων του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε βάρος των κορεσμένων (πίνακας 6). Η αναλογία των ακόρεστων λιπαρών οξέων στις επεμβάσεις Β και Γ αυξήθηκε κατά 20,8 και 13,2%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με το μάρτυρα (Α).

Η μείωση της αναλογίας των περισσότερων μικρού (C4:0-C8:0) και μέσου (C10:0-C16:0) μοριακού βάρους λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος των προβατινών, που προσλάμβαναν σιτηρέσια τα οποία περιείχαν βαμβακόσπορο στο πείραμά μας, ενδεχομένως να οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα των σιτηρεσιών αυτών σε λιπαρές ουσίες σε σύγκριση με το μάρτυρα (πίνακας 2). Παρό-

Πίνακας 5. Επίδραση ακατέργαστου και κατεργασμένου (αλεσμένου) βαμβακόσπορου στην περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος προβάτων σε λιπαρά οξέα (mg/g).

Table 5. The effect of untreated and treated (ground) cottonseed on fatty acid composition (mg/g) of ovine milk fat.

Λιπαρά οξέα (mg/g) Fatty acids (mg/g)	Επέμβαση			SEM	P
	A	B	Γ		
4:0 βουτυρικό	41,03	44,98	42,50	1,40	0,15
6:0 καπροϊκό	47,76 ^a	41,00 ^b	42,39 ^b	1,12	0,01
8:0 καπρυλικό	48,66 ^a	36,86 ^b	38,53 ^a	1,56	0,01
10:0 καπρινικό	131,10 ^a	91,35 ^b	99,25 ^c	4,70	0,01
10:1n1 καπρελαϊκό	7,89 ^a	4,04 ^b	4,25 ^b	0,34	0,01
11:0	1,16	0,86	1,02	0,10	0,16
12:0 λαυρικό	65,38 ^a	45,19 ^b	52,23 ^b	3,01	0,01
13:0	0,97	0,82	0,91	0,06	0,17
14:0 μυριστικό	124,60 ^a	96,01 ^b	102,70 ^b	3,37	0,01
14:1n5 μυριστελαϊκό	4,04 ^a	2,33 ^b	2,56 ^b	0,23	0,01
15:0	7,58	6,99	7,34	0,27	0,32
16:0 παλμιτικό	235,50	236,70	246,50	4,09	0,14
16:1n7 παλμιτελαϊκό	11,80 ^a	9,03 ^b	9,76 ^b	0,59	0,01
17:0 μαργαρικό	4,01	4,39	4,33	0,16	0,23
17:1n7	2,18 ^a	1,76 ^b	1,72 ^b	0,09	0,01
18:0 στεατικό	59,01 ^a	113,20 ^b	98,14 ^b	5,74	0,01
18:1n9t ελαιϊδικό	5,60 ^a	10,65 ^b	11,86 ^b	0,71	0,01
18:1n11t (TVA) ¹	31,56 ^a	48,63 ^b	45,51 ^b	2,01	0,01
18:1n9c ελαιϊκό	129,00 ^a	154,30 ^b	136,20 ^{ab}	3,57	0,01
18:1n7c cis βασσενικό	3,24	2,83	3,14	0,10	0,06
18:2n6t λινελαϊδικό	2,62 ^a	5,24 ^b	4,66 ^b	0,23	0,01
18:2n6c λινελαϊκό	18,67 ^a	25,24 ^b	26,38 ^b	1,18	0,01
18:3n6 γ-λινολενικό	0,62	0,57	0,63	0,04	0,56
18:3n3c α-λινολενικό	3,85	3,57	3,86	0,24	0,62
CLA (c-9, t-11)	4,85 ^a	5,94 ^b	6,15 ^b	0,16	0,05
18:4n3	0,28	0,23	0,27	0,02	0,09
CLA (t-10, c-12)	0,03	0,04	0,04	0,01	0,84
20:0 αραχιδικό	1,88 ^a	2,19 ^b	2,13 ^b	0,08	0,03
CLA (c-9, c-11)	0,03 ^a	0,02 ^b	0,02 ^b	0,01	0,01
20:3n6	0,26 ^a	0,30 ^b	0,29 ^b	0,01	0,04
20:4n6c αραχιδονικό	1,73	1,65	1,62	0,07	0,52
22:0 βεγενικό	0,80	0,86	0,86	0,04	0,43
20:5n3c (EPA) ²	0,36 ^a	0,30 ^b	0,32 ^b	0,02	0,05
22:4n6	0,26	0,29	0,24	0,02	0,08
22:5n6	0,10	0,12	0,12	0,01	0,27
24:0 λιγνοκερικό	0,27	0,28	0,29	0,02	0,74
22:5n3 κλουπανοδονικό	0,96	0,90	0,85	0,05	0,23
22:6n3c (DHA) ³	0,35	0,37	0,36	0,03	0,94

^{a,b,c} Μέσοι όροι με διαφορετικό εκθέτη στην ίδια γραμμή διαφέρουν σύμφωνα με την τιμή P.

^{a,b,c} Means with differing superscripts within a row differ according to value indicated.

¹TVA= *trans*- βασσενικό οξύ, ²EPA=εικοσα-πεντα-εν-οϊκό οξύ, ³DHA= εικοσιδω-εξα-εν-οϊκό οξύ

μοια αποτελέσματα ως προς την αναλογία των λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος προβατινών και αγελάδων δημοσιεύθηκαν και από άλλους ερευνητές (Ζέρβας κ. ά., 1990· Dhiman *et al.*, 1999). Οι Ζέρβας κ. ά. (1990), ωστόσο, απέδωσαν τη μειωμένη αναλογία των μικρού μοριακού βάρους λιπαρών οξέων στο λίπος του γάλακτος προβατινών που προσλάμβαναν βαμβακόσπορο, καθώς και στη χαμηλή μοριακή αναλογία του οξικού σε σχέση με το προπιονικό οξύ στο υγρό της μεγάλης κοιλίας, γεγονός που παρατηρήθηκε και από τους Νήτα κ.ά. (1998α). Έχει αποδειχθεί όμως ότι η αυξημένη χορήγηση μακράς ανθρακικής αλυσίδας λιπαρών οξέων μέσω της διατροφής, παρεμποδίζει τη *de novo* βιοσύνθεση μικρής και μέσης ανθρακικής αλυσίδας λιπαρών οξέων στο μαστικό αδέν (Dhiman *et al.*, 1996· Palmquist, 1984).

Η συμμετοχή του βαμβακόσπορου (ακατέργαστου ή αλεσμένου) στο σιτηρέσιο αύξησε σημαντικά την περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος των προβατινών σε στεατικό οξύ (πίνακας 5). Οι Chilliard *et al.* (2006) αναφέρουν ότι το στεατικό οξύ (C18:0) στο λίπος του γάλακτος μπορεί να αυξηθεί είτε με αύξηση του προσλαμβανόμενου στεατικού οξέος μέσω της τροφής είτε μέσω μερικής υδρογόνωσης των ακόρεστων C18 λιπαρών οξέων στη μεγάλη κοιλία, γεγονός που πρέπει να αποδεχτούμε ότι συνέβη στο πείραμά μας.

Οι Mele *et al.* (2006), Bouattour (2007) και Gómez-Cortés *et al.* (2008) αναφέρουν ότι η προσθήκη ελαιούχων σπόρων ή φυτικών ελαίων στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συμμετοχής των κορεσμένων λιπαρών οξέων μικρής (4-10 άτομα άνθρακα) και μέσης (12-16 άτομα άνθρακα) ανθρακικής αλυσίδας λιπαρών οξέων καθώς και του στεατικού οξέος με αντίστοιχη αύξηση των ακόρεστων λιπαρών οξέων μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας στο λίπος του γάλακτος. Επίσης, οι Dhiman *et al.* (2000) και

Zhang *et al.* (2006) αναφέρουν ότι όσο μικρότερη επεξεργασία υφίστανται οι ελαιούχοι σπόροι με τόσο πιο βραδύ ρυθμό αποδομούνται στη μεγάλη κοιλία και επομένως με πιο βραδύ ρυθμό απελευθερώνονται και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, που περιέχονται στο έλαιό τους, με αποτέλεσμα η βιοϋδρογόνωσή τους να ολοκληρώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό. Η χαμηλότερη, ωστόσο, στο πείραμά μας, αναλογία τόσο των μονοακόρεστων όσο και του συνόλου των ακόρεστων λιπαρών οξέων στην επέμβαση Γ (πίνακας 6), που περιείχε αλεσμένο βαμβακόσπορο, από εκείνη της επέμβασης Β, που περιείχε αυτούσιο βαμβακόσπορο, δεν βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων ερευνητών.

Η χαμηλή συγκέντρωση των EPA και DHA στο λίπος του γάλακτος των προβατινών, που προσλάμβαναν τα σιτηρέσια Β και Γ, τα οποία περιείχαν βαμβακόσπορο, αλλά και το σιτηρέσιο Α (μάρτυρας) χωρίς βαμβακόσπορο στο πείραμά μας, βρίσκεται σε συμφωνία με αποτελέσματα που δημοσιεύθηκαν από τους Rymer *et al.* (2003). Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν ότι η αύξηση της περιεκτικότητας του αγελαδινού γάλακτος σε EPA και DHA μέσω διατροφικών επεμβάσεων, είναι περιορισμένη, αφού η χορήγηση της πρόδρομής τους ουσίας, που είναι το α-λινολενικό οξύ, έχει περιορισμένη δράση εξαιτίας της εκτεταμένης βιοϋδρογόνωσης στη μεγάλη κοιλία και της εξαιρετικά χαμηλής απορρόφησής του από το μαστικό αδέν. Άρα, η συγκέντρωση των EPA και DHA στο λίπος του γάλακτος παραμένει χαμηλή ακόμη και όταν το σιτηρέσιο είναι εμπλουτισμένο με αυτά τα λιπαρά οξέα.

Το CLA του γάλακτος προέρχεται είτε από ατελή βιοϋδρογόνωση του λινολαϊκού C18:2 ή λινολενικού οξέος C18:3 σε στεατικό οξύ στη μεγάλη κοιλία είτε από ενδογενή σύνθεση στο μαστικό αδέν ή στο λιπώδη ιστό. Ενδογενώς, το *cis*-9,*trans*-11 CLA, το βασικό ισομερές του γάλακτος, συντίθεται από *trans*-βασσενι-

κό οξύ, ένα άλλο ενδιάμεσο προϊόν της βιοϋδρογόνωσης στη μεγάλη κοιλία, μέσω της Δ-9 αφυδρογόνωσης στους ιστούς (Fellner *et al.*, 1995· Griinari *et al.*, 2000· Corl *et al.*, 2001· Huang *et al.*, 2008).

Σε πολλές ερευνητικές εργασίες, οι οποίες αναφέρονται από τους Dhiman *et al.*, (2005) και Huang *et al.*, (2008) διαπιστώθηκε ότι τα περιεχόμενα στο γάλα και το κρέας *cis*-9, *trans*-11 CLA και TVA αυξάνονται με τη συμμετοχή στο σιτηρέσιο ιχθυελαίων και φυτικών ελαίων που προέρχονται από σογιόσπορο, ηλιόσπορο, λιναρόσπορο, καρπό ελαιοκράμβης και καρπό αραβοσίτου ή τη βόσκιση των ζώων ή την αύξηση της αναλογίας των χονδροειδών προς τις συμπυκνωμένες ζωοτροφές, τη συμπλήρωση των σιτηρεσίων με μονενσίνη και τη χορήγηση προστατευμένου από τις βιοχημικές διεργασίες στη μεγάλη κοιλία, CLA. Παρομοίως, πολλές εργασίες που αναφέρονται από τους Khanal and Dhiman (2007) δεί-

χνουν ότι αυξημένα περιεχόμενα CLA και TVA έχουν παρατηρηθεί *in vitro* καθώς και *in vivo* σε βακτήρια της μεγάλης κοιλίας και στο πλάσμα του αίματος μοσχαριών και γαλακτοπαραγωγών αγελάδων και προβάτων, στα οποία χορηγήθηκαν έλαια και ελαιούχοι σπόροι ή όταν τα ζώα έβοσκαν. Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι η χορήγηση φυτικών ελαίων ή ελαιούχων καρπών, όπως, βαμβακόσπορου (Dhiman *et al.*, 1999), σπερμάτων σόγιας (Dhiman *et al.*, 2000), ηλιόσπορου (Dayani *et al.*, 2004· Hernandez *et al.*, 2007), και λιναρόσπορου (Luna *et al.*, 2005b) στα μηρυκαστικά αυξάνει την περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος σε CLA.

Οι Griinari *et al.* (1999) αναφέρουν ότι κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες διατροφής, όπως σιτηρέσια με υψηλή αναλογία χονδροειδών προς συμπυκνωμένες ζωοτροφές, η σύσταση των CLAs μπορεί να μεταβληθεί ώστε η συγκέντρωση του *trans*-10, *cis*-12 ισο-

Πίνακας 6. Επίδραση ακατέργαστου και κατεργασμένου (αλεσμένου) βαμβακόσπορου σε δείκτες του προφίλ των λιπαρών οξέων του λίπους γάλακτος προβάτων.

Table 6. The effect of untreated and treated (ground) cottonseed on indices of the fatty acid profile of ovine milk fat.

Λιπαρά οξέα (mg/g) Fatty acids (mg/g)	Επέμβαση				
	A	B	Γ	SEM	P
MUFA ¹	195,30 ^a	233,60 ^b	215,00 ^c	5,13	0,01
PUFA ²	34,99 ^a	44,76 ^b	45,80 ^b	1,76	0,01
n6	24,26 ^a	33,40 ^b	33,94 ^b	1,34	0,01
n3	5,81	5,36	5,66	0,31	0,58
n6/n3	4,18 ^a	6,23 ^b	6,00 ^b	0,16	0,04
Ακόρεστα Unsaturated	230,30 ^a	278,30 ^b	260,80 ^c	5,91	0,01
Κορεσμένα Saturated	769,70 ^a	721,70 ^b	739,20 ^b	5,91	0,01
CLA ³	4,92 ^a	6,00 ^b	6,21 ^b	0,16	0,05

^{a,b,c} Μέσοι όροι με διαφορετικό εκθέτη στην ίδια γραμμή διαφέρουν σύμφωνα με την τιμή P.

^{a,b,c} Means with differing superscripts within a row differ according to value indicated.

¹MUFA=Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (Monounsaturated fatty acids)

²PUFA=Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Polyunsaturated fatty acids)

³CLA=Conjugated Linoleic Acid, Συζυγές Λινελαϊκό Οξύ (c9,t11 + t10,c12 + c9,c11)

μερούς να αυξηθεί στο λίπος του γάλακτος. Ο Jensen (2002) διαπίστωσε ότι στην πραγματικότητα λίγοι ερευνητές έχουν αναφέρει στις εργασίες τους και άλλα ισομερή CLA εκτός του *cis-9,trans-11*, αφού οι χρησιμοποιούμενες από αυτούς τεχνικές δεν επιτρέπουν την ανίχνευσή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αναφερόμενες τιμές να κλίνουν υπέρ του *cis-9,trans-11* CLA, διότι μερικά άλλα ισομερή συνεκπλύνονται μαζί με αυτό. Οι Khanal and Olson (2004) αναφέρουν ότι το ισομερές *trans-10,cis-12* CLA αποτελεί το 3 έως 5% του συνολικού CLA του λίπους του γάλακτος των αγελάδων και ότι το ισομερές αυτό δεν αναφέρεται συχνά σε δημοσιευμένες εργασίες. Επίσης, αναφέρουν ότι η αύξηση της συγκέντρωσης αυτού του ισομερούς στο γάλα μέσω διατροφικών χειρισμών των ζώων είναι ελάχιστη. Στο πείραμά μας χορηγήθηκε σε πρόβατα σιτηρέσιο αποτελούμενο από 30% χόρτο μηδικής, 10% άχυρο και 60% συμπυκνωμένες τροφές και βρήκαμε ότι η συγκέντρωση καθαρού *cis-9,trans-11* CLA ήταν 0,485% ενώ οι συγκεντρώσεις καθαρών μορφών *trans-10,cis-12* CLA και *cis-9,cis-11* CLA ήταν 0,003% και 0,003%, αντίστοιχα, επί του συνόλου των λιπαρών οξέων του γάλακτος. Οι αναλογίες του καθενός εκ των ανωτέρω καθαρών ισομερών προς το σύνολο των ισομερών βρέθηκε 98,8%, 0,6% και 0,6%, αντίστοιχα.

Οι πιο πολλές γνωστές διαδρομές βιοϋδρογόνωσης εξηγούν την ύπαρξη ολίγων μόνο από τα γνωστά *trans* μονοένια και ισομερή του CLA στο περιεχόμενο των προστομάχων των μηρυκαστικών (Teter and Jenkins, 2006). Στις πιο πολλές περιπτώσεις, τα ενδιάμεσα προϊόντα κατά τη βιοϋδρογόνωση του λινελαϊκού οξέος σε στεατικό οξύ συνήθως περιλαμβάνουν μόνο το *cis-9,trans-11* CLA και τα *trans-11* ισομερή. Σε μία άλλη μελέτη, ωστόσο, που έγινε από τους Fujimoto *et al.* (1993) αναφέρεται μια άλλη βιοχημική διαδρομή. Η μετατροπή δηλαδή του λινελαϊκού σε *trans-9,trans-11*

CLA, το οποίο δεν προσδιορίστηκε στο πείραμά μας, και στη συνέχεια η μετατροπή του προηγούμενου οξέος σε *trans-9* μονοένιο (C18:1n9t, ελαιδικό οξύ) το οποίο αυξήθηκε σημαντικά στο πείραμά μας (πίνακας 5) και τελικά η μετατροπή του προηγούμενου οξέος σε στεατικό οξύ, το οποίο επίσης αυξήθηκε σημαντικά, χωρίς το σχηματισμό του *trans-10, cis-12* CLA. Η σταθερή επομένως αναλογία του *trans-10,cis-12* CLA του λίπους του γάλακτος όλων των προβατινών του πειράματός μας ίσως να οφείλεται στη διαδρομή βιοϋδρογόνωσης του περιεχόμενου στο βαμβακόσπορο λινελαϊκού οξέος που πρότειναν οι Fujimoto *et al.* (1993): λινελαϊκό οξύ (C18:2n6), *trans-9, trans-11* CLA, ελαιδικό οξύ (C18:1n9t), στεατικό οξύ (C18:0), γεγονός που δικαιολογεί τη μη σημαντική αύξηση του *trans-10,cis-12* CLA στα σιτηρέσια Β και Γ του πειράματός μας.

Η συμμετοχή του βαμβακόσπορου στα σιτηρέσια Β και Γ αύξησε σημαντικά ($P < 0,05$) την αναλογία του CLA στο λίπος του γάλακτος των προβατινών σε σύγκριση με το μάρτυρα. Άλλοι ερευνητές (Piperova *et al.*, 2002· Kay *et al.*, 2004) έχουν εκτιμήσει ότι το 90% του *cis-9,trans-11* CLA σχηματίζεται με τη δράση του ενζύμου Δ^9 αφυδρογονάση. Επειδή, και στο σημείο αυτό παρόμοια πειράματα επί γαλακτοπαραγωγών προβάτων δεν έχουν διεξαχθεί στη χώρα μας και αλλού, δεν υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω σχολιασμού των αποτελεσμάτων. Είναι γνωστό, ωστόσο, ότι η αύξηση της συμμετοχής της βοσκής, των χονδροειδών τροφών και των ελαιούχων σπόρων (βαμβακόσπορος, σογιόσπορος κλπ) στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών συμβάλλει θετικά στην αύξηση της συγκέντρωσης CLA στο λίπος του γάλακτος των προβάτων (Tsiplakou *et al.*, 2006· Dhiman *et al.*, 1999· Sanz Sampelayo *et al.*, 2007· Vasta *et al.*, 2008). Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα του πειράματός μας ως προς την επί-

δραση του βαμβακόσπορου στη συγκέντρωση του CLA στο λίπος του γάλακτος των προβάτων βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία με τα αποτελέσματα των Dhiman *et al.* (1999), που αναφέρονται όμως σε αγελάδες γαλακτοπαραγωγής.

Από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος συμπεραίνεται ότι η συμμετοχή σε χαμηλά σχετικά ποσοστά του ακατέργαστου ή αλεσμένου βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο προβάτων, αύξησε τη γαλακτοπαραγωγή, τη λιποπεριεκτικότητα και την παραγωγή λίπους του γάλακτος, τη διορθωμένη ως προς τη λιποπεριεκτικότητα και την ενέργεια ποσότητα γάλακτος, τις αναλογίες των TVA, *cis*-9,*trans*-11 CLA, συνολικού CLA, ελαϊκού οξέος και γενικά των ευεργετικών για την υγεία του ανθρώπου μονοακόρεστων, πολυακόρεστων και ακόρεστων, συνολικά, λιπαρών οξέων του γάλακτος και μείωσε τις αναλογίες των αθηρωγε-

νετικών λιπαρών οξέων λαυρικού και μυριστικού καθώς και των κορεσμένων, συνολικά, λιπαρών οξέων του γάλακτος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον κ. Ιωάννη Τσιόκα, Τεχνολόγο Γεωπονίας, προϊστάμενο του Πρότυπου Κέντρου Κτηνοτροφίας και Εκπαίδευσης Βλάστης, στον Γεωπόνο κ. Ιωάννη Πάτσιο και στην κυρία Βερονίκη Ζιώγου, στο ίδιο Κέντρο, καθώς και στο προσωπικό του ίδιου Κέντρου για τη συμβολή τους στην πραγματοποίηση της εργασίας. Επίσης, θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στις Ελληνικές Βιομηχανίες Ζωοτροφών (ΕΛ.ΒΙ.Ζ. ΑΕ) για την άλεση του βαμβακόσπορου.

EFFECT OF WHOLE AND GROUND COTTONSEED ON CHEMICAL COMPOSITION, FATTY ACID PROFILE AND CLA OF SHEEP MILK

NITAS, D.¹, PETRIDOU, A.², KARALAZOS, V.³, MOUGIOS, V.², SINAPIS, E.⁴, MICHAS, V.¹, AMBAS, Z.⁵, NITA, S.⁶ and A. KARALAZOS⁴

¹Department of Animal Production, Alexander T.E.I., Thessaloniki, Greece

²Department of Physical Education and Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

³Department of Ichthyology and Aquatic Environment, School of Agricultural Sciences, University of Thessaly

⁴School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

⁵Department of Agricultural Development, Democritus University of Thraki

⁶Agricultural Bank of Greece

Abstract. This study aimed to investigate the effects of dietary whole cottonseed or ground cottonseed on milk yield and milk composition as well as on fatty acid profile, conjugated linoleic acid and other desirable fatty acids. Twenty four ewes of the mountain native Greek breed assigned to 3 treatments according to a completely randomized design were fed 3 isonitrogenous diets A, B and C. The control diet (A) containing soybean meal, maize grain, barley grain, alfalfa hay, wheat straw and a mineral and vitamins mixture was compared to diets B and C containing 14% whole cottonseed (WCS) or 14% ground whole cottonseed (GCS). Measurements were made during the last two days of each of 6 two-week periods of the experiment at 06:00 and 18:00.

The replacement of part of the maize grain and soybean meal by either whole cottonseed or ground whole cottonseed in diets B and C did not affect the final body weight of ewes, the protein, lactose and SNF contents or the daily protein, lactose and SNF yields. The daily milk yield, milk fat content and yield, somatic cell counts (SCC), fat-corrected milk (FCM) and energy-corrected milk (ECM) were higher for ewes fed the whole cottonseed and ground cottonseed diets than for ewes fed the control diet. The differences, however, among treatments B and C for all previous mentioned parameters were not significant.

The inclusion of whole cottonseed or ground cottonseed in the diets of ewes decreased the proportion of most of the saturated fatty acids and increased the unsaturated fatty acids in milk fat. The proportions of short and medium-chain fatty acids C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 were significantly lower in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet. There were detected, however, a decreased proportion of some unsaturated fatty acids, such as the C10:1n1, C14:1n5, C16:1n7, C17:1n7, with a corresponding increased proportion of the saturated fatty acids C18:0 και C20:0 in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet.

The proportions of long-chain unsaturated fatty acids C18:1n9t, C18:1n11t(TVA), C18:1n9c, C18:2n6t, C18:2n6c, CLA(c-9, t-11) και CLA(c-9, c-11) were significantly higher in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet, apart from the C20:5n3C (EPA), the proportion of which was lower in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet.

The proportions of monounsaturated (MUFA), polyunsaturated (PUFA), n-6, CLA and total unsaturated fatty acids were significantly higher in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet, while the proportion of total saturated fatty acids was lower in milk fat of ewes fed the WCS and GCS diets than those in the milk fat of ewes fed the control diet.

The proportions of unsaturated fatty acids and CLA in milk fat of ewes increased by a mean of 20.2% and 22.0%, respectively, when untreated full fat cottonseeds were fed and increased 13.2% and 26.2%, respectively, when ground full fat cottonseeds were fed compared with the unsaturated fatty acid content when fed the control diet. We concluded that the unsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid contents in milk fat of ewes as well as the milk fat content and yield can be increased by the inclusion of cottonseeds in the diets of ewes.

(Key words: cottonseed, CLA, linoleic acid, ewe, milk)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AbuGhazaleh, A. A., Schingoethe, D. J., Hippen, A. R. and Kalsceur, K. F. 2003. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles. *J. Dairy Sci.* 86: 944-953.
- Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A. and G. Molle 2005. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to Conjugated Linoleic Acid *cis*-9, *trans*-11. *J. Dairy Sci.* 88: 3443-3454.
- Anderson, M.J., Obadiah, Y.E.M., Boman, R.L. and J.L. Walters. 1984. Comparison of whole cottonseed, extruded soybeans or whole sunflower seeds for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 569-573.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. Vol. II. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Baker, J.G., Tomlinson, J.E. and W.H. McGee. 1985. The evaluation of soybean meals, roasted whole soybeans and whole cotton-

- seed as a concentrate ingredient for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68 (Suppl. 1): 258.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. and J.M. Griinari. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* 1-12.
- Bocquier, F., F. Barillet, P. Guilloouet and M. Jacquin. 1993. PrVISION de l'nergie du lait de brebis a partir de diffirents rsultats d'analyses: proposition de lait standard pour les brebis laitieres. *Ann Zootech.* 42:57-66.
- Bouattour, M.A., 2007. Effects of Feeding Different Vegetal Fat Sources to Increase Conjugated Linoleic Acid in Milk of Small Ruminants and Interaction with Fibrolytic Enzymes. *Tesi Doctoral, Universitat Autnoma de Barcelona, Bellarerra, Febrer 2007.*
- Bulliyya, G. 2002. Influence of fish consumption on the distribution of serum cholesterol in lipoprotein fractions: comparative study among fish-consuming and no-fish consuming populations. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 11, 104-111.
- Cabiddu, A., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A. and G. Molle. 2005. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Ruminant Research.* 59: 169-180.
- Chilliard, Y., Rouel, J., Ferlay, A., Bernard, L., Gaborit, P., Raynal-Ljutovac, Laurel, A. and C. Leroux. 2006. Optimising goat's milk and cheese fatty acid composition. In: *Improving the fat content of foods.* Williams, C. and J. Buttriss (ed.). CRC press. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England. 281-312.
- Chin, S.F., Liu, W., Stockson, J.M., Ha, Y.L. and N.W. Pariza. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5: 185-197.
- Chouinard, P.Y., Corneau, L., Butler, W.R., Chilliard, Y., Drackley, K. and D.E. Bauman. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy Sci.* 84: 680-690.
- Coppock, C.E., West, J.W., Moya, J.R., Nave, D.H., Labore, J.M., Thompson, Rove, L.D. and C.E. Gates. 1985. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility and physiological responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68: 2248-2258.
- Coppock, C.E., Lanham, J.K. and J.I. Horner. 1987. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 18: 89-129.
- Corl, B.A., L.H. Baumgard, D.A. Dwyer, J.M. Griinari, B.S. Phillips and D.E. Bauman, 2001. The role of delta(9)-desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.*, 12: 622-630.
- Dayani, O., G. Ghorbani, T. Entz, C.M. Ross, M.A. Shah, K.A. Beauchemin, P. S. Mir and Z. Mir, 2004. Effect of dietary soybean or sunflower seeds on milk production, milk fatty acid profile and yield of conjugated linoleic acid. *Can. J. Anim. Sci.*, 84:113-124.
- Dhiman, T.R., Helmink E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L. and M.W. Pariza. 1996. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82: 417-419.
- Dhiman, T.R., Helmink E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L. and M.W. Pariza. 1999. Conjugated Linoleic Acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.* 82: 412-419.
- Dhiman, T.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Galli, M. P., Albright, K. and M.X. Tolosa. 2000. Conjugated Linoleic Acid content of milk from cows offered diets rich in Linoleic and Linolenic Acid. *J. Dairy Sci.* 83: 1016-1027.
- Dhiman, T.R., Seung-Hee, N. and A.L. Ure. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45:463-482
- Farmer, A., Montory, V., Dinneen, S. and C. Clar. 2003. Fish oil in people with type 2 diabetes mellitus (Cochrane Methodology Review).

- In The Cochrane Library, Issue 4. Chichester, UK: John Wiley and Sons, Ltd.
- Fellner, V., F.D. Sauer and J.K.G. Kramer. 1995. Steady-state rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 78:1815-1823
- Folch, J, Lees, M, and Sloane-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
- Fujimoto, K., Kimoto, H., Shiskura, M., Endo, Y. and K. Ogimoto. 1993. Biohydrogenation of linoleic acid by anaerobic bacteria isolated from rumen. *Biosc. Biotech. Biochem.* 57:1026-1027
- Griinari, J.M. and D.E. Bauman. 1999. Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: *Advances in conjugated linoleic acid research, Volume 1.* Yurawecz, M., Mossoba, J.K.G., Kramer, J., Pariza, M. and G.J. Nelson. (ed.) AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V. and D.E. Bauman. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta (9)-desaturase. *J. Nutr.* 30: 2285-2291
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fibre analysis. *Agricultural Handbook No 379.* U.S.D.A., Washington, DC.
- Gómez-Cortés, P., P. Frutos, A. R. Mantecón, M. Juárez, M. A. de la Fuente and G. Hervás, 2008b. Addition of olive oil to dairy ewe diets: Effect on milk fatty acid and animal performance. *J. Dairy Sci.*, 91:3119-3127.
- Harris, W.S., Park, Y. and W.S. Isley. 2003. Cardiovascular disease and long-chain omega 3 fatty acids. *Curr. Opin. Lipidol.* 14:9-14.
- Harvatine, K.J., Boisclair, Y.R. and D.E. Bauman. 2009. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal* 3:1 pp 40-54.
- Hernandez, E.R., M.M. Jacome, R.G. Lee, T. Nakano, L. Ozimek and I.V. Guzman, 2007. High conjugated linoleic acid (CLA) content in milk and dairy products using a dietary supplementation of sunflower seed in cows. Thrombogenic/atherogenic risk issues. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 57:173-8. (Abstr., article in Spanish).
- Hu, F.B., Cho, E., Rexrode, K.M. Albert, C.M. and J.E. Manson. 2003. Fish and long-chain omega-3 fatty acids intake and risk of coronary heart disease and total mortality in diabetic women. *Circulation* 107: 1852-1857.
- Huang, H., Schoonmaker, J.P., Bradford, B.J. and D.C. Beitz. 2008. Response of milk fatty acid composition to dietary supplementation of soy oil, conjugated linoleic acid, or both. *J. Dairy Sci.* 91:260-270
- Horner, J.L., Coppock, C.E., Schelling, G.T., LaBore, J.M. and D.H. Nave. 1986. Influence of niacin and whole cottonseed on intake, milk yield and composition, and systemic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 3087-3093.
- ISO, Milk fat, 2002. Preparation of fatty acid methyl esters. *Int. Stand. ISO 15884, IDF 182 Int. Dairy Fed.* Brussels, Belgium.
- Jensen, R.G., 2002. The composition of bovine milk lipid: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.* 85:295-350
- Kalaisakis P., 1982. *Animal Nutrition and Feeding.* Agric. Univ. of Athens (Ed.), Athens, Greece.
- Karalazos, A., Dotas, D. and J. Bikos. 1992. A note on the apparent digestibility and nutritive value of whole cottonseed given to sheep. *Anim. Prod.* 55:285-287.
- Kelly, M.L., Kolver, E.S., Bauman, D.E., Van Amburgh, M.E. and L.D. Muller. 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1630-1636.
- Kay, J.K., Mackle, T.R., Aulist, M.J., Thomson, N.A. and D.E. Bauman. 2004. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 CLA in dairy

- cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 87: 369-378.
- Khanal, R.C. and K.C. Olson. 2004. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk, meat and egg. A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3 (2):82-98
- Khanal, R.C. and T.R. Dhiman. 2007. Status of milk fat conjugated linoleic acid (CLA) in selected commercial dairies. *Asia-Austr. J. Anim. Sci.* 20(10):1525-1538
- Littell, R.C., P.R. Henry, and C.B. Ammerman 1998. Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures. *J. Anim. Sci.* 76:1216-1231.
- Luna, P., J. Fonteca, M. Juarez and M.A. de la Fuente, 2005b. Changes in the Milk and Cheese Fat Composition of Ewes Fed Commercial Supplements Containing Linseed with Special Reference to the CLA Content and Isomer Composition. *Lipids*, 40:445-454.
- Mele, M., A. Buccioni, F. Petacchi, A. Serra, S. Banni, M. Antongiovanni and P. Secchiari, 2006. Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. *Anim. Res.*, 55:273-285.
- Mel'uchova, B., Blasko, J., Kubinec, R., Gorova, R., Dubravskaa, J., Margetin, M. and M. Sojak, 2008. Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. *Small Ruminant Research*. 78: 56-65.
- National Research Council (NRC). 1971. Atlas of nutritional data on United States and Canadian feeds. National Academic Press, Washington, D.C., 279 pp.
- National Research Council (NRC). 1985. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth revised edition. National Academic Press, Washington, D.C.
- Νήτας, Δ., Καραλάζος, Α. και Δ. Λιαμάδης. 1997. Εκτίμηση της πεπτικότητας και της θρεπτικής αξίας βαμβακόσπορου και επίδραση επί της πεπτικότητας του σιτηρεσίου αυξανόμενων ποσών βαμβακόσπορου σε αυτό. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 24: 69-82.
- Νήτας, Δ., και Α. Καραλάζος. 1997. Επίδραση του ποσοστού συμμετοχής του βαμβακόσπορου στην πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών και της ολικής ενέργειας ισοαζωτούχων και ισοελαίουχων σιτηρεσίων προβάτων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 24: 83-94.
- Νήτας, Δ., Καραλάζος, Α. και Δ. Κωφίδης. 1998(α). Επίδραση του βαμβακόσπορου στα ζυμωτικά φαινόμενα της μεγάλης κοιλίας των προβάτων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 25: 45-56
- Νήτας, Δ., Καραλάζος, Α. και Ν. Ρουμπιές. 1998 (β). Επίδραση του ποσοστού συμμετοχής του βαμβακόσπορου στο σιτηρέσιο προβάτων πάνω στην παραγωγή και τη σύσταση του γάλακτος καθώς και στην περιεκτικότητα του αίματός τους σε ορισμένους μεταβολίτες. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*. 9(3): 56-67.
- Νήτας, Δ., και Α. Καραλάζος. 2002. In situ αποδομησιμότητα της ξηρής και οργανικής ουσίας και των αζωτούχων ουσιών του βαμβακόσπορου σε σιτηρέσια προβάτων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 29:87-104
- Νήτας, Δ., Καραλάζος, Α., Μίχας, Β. και Ζ. Άμπας. 2007. Επίδραση ακατέργαστου και κατεργασμένου βαμβακόσπορου στην πεπτικότητα σιτηρεσίων προβάτων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, Ειδική Έκδοση, 33: 96-97.
- Nudda, A., McGuire, M.A., Battacone, G. and G. Pulina. 2005. Seasonal variation in Conjugated Linoleic Acid and Vaccenic Acid in milk fat of sheep and transfer to cheese and ricotta. *J. Dairy Sci.* 88: 1311-1319.
- Palmquist, D.L. and T.C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations. Review. *J. Dairy Sci.* 63: 1-14.
- Palmquist, D.L. 1984. The use of fats in diets for lactating dairy cows. Pages 357-381. In *Fats in Animal Nutrition*. J. Wiseman, ed. Butterworths, Boston, MA.

- Piperova, L.S., Sampugna, J., Teter, B.B., Kalscheur, K. , Yurawecz, M.P., Ku, Y., Morehouse, K.M. and R.A. Erdman. 2002. Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows. *J. Nutr.* 132: 1235-1241.
- Ruxton, C.H.S., Reed, S. , Simpson, M.J.A. and K.J. Millington. 2007. The health benefits of omega – 3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of compilation. The British Dietetic Association Ltd. J Human Nutr Dietet*, 20: 275-285.
- Rymer, C., Givens, D.I. and K.W.J. Wahle. 2003. Dietary strategies for increasing docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) concentrations in bovine milk: a review. *Nutritional Abstracts and Reviews. Jeries B: Livestock Feeds and Feeding.* 73(4) 10R-25R.
- Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y, Schmidely, Ph. and J. Boza. 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research.* 68: 42-63.
- Sinclair, L.A., Lock, A.L., Early, R. and D.E. Bauman. 2007. Effects of Trans-10, Cis-12 Conjugated Linoleic Acid on Ovine Milk Fat Synthesis and Cheese Properties. *J. Dairy Sci.* 90: 3326-3335.
- Teter, B.B. and T.C. Jenkins. 2006. Conjugated linoleic acid synthesis within the gut microbial Ecosystem of Ruminants. In: *Advances in conjugated linoleic acid research*, Volume 3. Yurawecz, M., Kramer, J., Gudmundsen, O., Pariza, M. and S. Banni (ed.) AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Tsiplakou, E., Mountzouris, K.C. and G. Zervas. 2006a. Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science* 103, 74-84.
- Tsiplakou, E., Mountzouris, K.C. and G. Zervas. 2006b. The effect of breed, stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Livestock Science* 105, 162-167.
- Tsiplakou, E. and G. Zervas, 2008. The effect of dietary inclusion of olive tree leaves and grape marc on the content of conjugated linoleic acid and Vaccenic acid in the milk of dairy sheep and goats. *Journal of Dairy Research* 75, 270-278.
- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M. and A. Priolo. 2008. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology.* 147: 223-246.
- Ward, A.T., Wittenberg, K.M., Froebe, H. M., Przybylski, R. and L. Malcolmson. 2003. Fresh forage and solid supplementation on Conjugated Linoleic Acid levels in plasma and milk. *J. Dairy Sci.* 86: 1742-1750.
- Yurawecz, M., Kramer, J., Gudmundsen, O., Pariza, M. and S. Banni. 2006. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Volume 3. AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Zhang, R. H., A. F. Mustafa and X. Zhao, 2006. Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid composition of milk and cheese. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 127:220–233.
- Ζέρβας, Γ., Φεγγερός, Κ., Καρούντζου, Ε. και Γ. Παπαδόπουλος. 1990. Διαιτητική εκτίμηση βαμβακόσπορου στα πρόβατα. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 11: 25-28.

