

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
<<Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής Γάλακτος και
Γαλακτοκομικών Προϊόντων>>

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ ΝDF:ΑΜΥΛΟ ΤΟΥ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟΥ ΣΕ
ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ
ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΙΓΩΝ

ΑΡΙΣΤΕΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΜΑΡΑΓΚΟΥ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :
Ζέρβας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α
Μοάτσου Γ., Επ. Καθηγήτρια Γ.Π.Α
Τσιπλάκου Ε., Λέκτορας Γ.Π.Α

Αθήνα, Φεβρουάριος 2014

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
<<Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής Γάλακτος και
Γαλακτοκομικών Προϊόντων>>

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ NDF:ΑΜΥΛΟ ΤΟΥ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟΥ ΣΕ
ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ
ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΙΓΩΝ

ΑΡΙΣΤΕΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΜΑΡΑΓΚΟΥ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :
Ζέρβας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α
Μοάτσου Γ., Επ. Καθηγήτρια Γ.Π.Α
Τσιπλάκου Ε., Λέκτορας Γ.Π.Α

Αθήνα, Φεβρουάριος 2014

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ NDF:ΑΜΥΛΟ ΤΟΥ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟΥ ΣΕ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΙΓΩΝ

Μαραγκού Αριστέα-Χριστίνα
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
<<Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων>>

Τμήματα Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών και Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855.
email:arismaragou@gmail.com

Περίληψη

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 12 γαλακτοπαραγωγές αίγες εγχώριας φυλής × φυλή Alpine, με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση του διαφορετικού λόγου NDF:άμυλο του σιτηρέσιου στον χρόνο πήξης του γάλακτος (RCT, min), στη συνεκτικότητα του πηγματος (A30), στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γάλακτος (pH, πρωτεΐνη, λίπος, λακτόζη) και στην ποιοτική και ποσοτική κατατομή των καζεϊνικών κλασμάτων του γάλακτος. Το γάλα συλλέχθηκε κατά τις ημέρες 1, 7 14, 22, 29, 35 και 42 του πειράματος και προήλθε από την πρωινή άμελξη των αιγών, στη συνέχεια έγιναν οι αναλύσεις της φυσικοχημικής σύστασης και των ρεολογικών του ιδιοτήτων, όπως και η χρωματογραφική ανάλυση για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των καζεϊνικών κλασμάτων του γάλακτος. Ο λόγος NDF:άμυλο στο σιτηρέσιο της ομάδας του μάρτυρα (A) ήταν 0,82, ενώ της ομάδας της διατροφικής επέμβασης (B) ήταν 3,38. Η πρωτεΐνη ήταν αυξημένη (3,47%) στην ομάδα A σε σύγκριση με την ομάδα B (2,97%). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο λίπος, και τη λακτόζη του γάλακτος των δύο ομάδων. Ο χρόνος πήξης με πυτιά (RCT) ήταν αυξημένος (12,77 min) για την ομάδα A σε σύγκριση με την ομάδα B (10,60 min), όπως και για την συνεκτικότητα του πηγματος. Τα καζεϊνικά κλάσματα επηρεάστηκαν από τη διατροφική επέμβαση ως εξής: η κ-καζεΐνη και η αs2-καζεΐνη δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων, ενώ η αs1- καζεΐνη εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό (15,34%) στην ομάδα A σε σύγκριση με την ομάδα B (11,11%). Το αντίθετο παρατηρήθηκε για την β-καζεΐνη η οποία μειώθηκε στην ομάδα A (55,86%) και αυξήθηκε στην ομάδα B (59,24%). Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η διαφοροποίηση του λόγου NDF:άμυλο στο σιτηρέσιο επηρέασε ορισμένα χαρακτηριστικά του πρωτεϊνικού κλάσματος, όπως την συνολική πρωτεΐνοπεριεκτικότητα και την αναλογία των αs1- και β-καζεϊνών στο καζεϊνικό κλάσμα. Ωστόσο, από την καταγραφή των καζεϊνικών κατατομών φάνηκε ότι ένα μέρος των διαφορών μπορεί να αποδοθεί στο γενετικό δυναμικό των ζώων καθώς υπήρχε έντονη διακύμανση ως προς το επίπεδο σύνθεσης της αs1-καζεΐνης και υπήρξε θετική συσχέτιση της περιεκτικότητας σε συνολική πρωτεΐνη και στο περιεχόμενο του γάλακτος σε αs1-καζεΐνη, ενώ συνέβαινε το αντίθετο με τη β-καζεΐνη.

Λέξεις κλειδιά : λόγος NDF:άμυλο, χρόνος πήξης (RCT), συνεκτικότητα πηγματος (A30), πρωτεΐνοπεριεκτικότητα, αs1-, αs2-, β-, κ-καζεΐνες.

EFFECT OF THE NDF:STARCH RATIO IN DIET ON THE BIOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MILK FROM DAIRY GOATS

MARAGOU ARISTEA-CHRISTINA

MSc Thesis

*Faculty of Animal Science and Aquaculture and Food Science,
75 Iera str., 1185. email: arismaragou@gmail.com.*

Abstract

Twelve dairy goats (Indigenous Greek × Alpine breed) were used in order to investigate the effect of the ratio of NDF:starch in diet on the rennet coagulation time (RCT) and curd firmness (A30), the gross milk composition (pH, protein, fat, lactose) and the qualitative and quantitative profile of caseins. Milks samples were from the morning milking at 1, 7, 14, 22, 29, 35 and 42 experimental day. The ratio of NDF:starch in the diet of control group (A) was 0.82, while in group of the dietary intervention (B) was 3.38. The protein was higher (3.47%) in group A than in group B (2.97%). There was no significant difference in fat and lactose contents between the two groups. The rennet coagulation time (RCT) was significantly higher (12.77 min) in group A than in group B (10.60 min); the same was noticed for the curd firmness (A30). The caseins were affected from the dietary intervention as follows: κ -CN and α 2-CN didn't differ between the two groups, while α 1-CN was higher (15.43%) in group A compared to group B (11.11%), the opposite was noticed for the β -CN which was lower in group A (55.85%) than in group B (59.24%). To sum up, the results of this experiment showed that the different ratio of NDF:starch influenced some characteristics of milk like its protein content, its proportion of α 1-CN and β -CN. However, the profile of caseins showed that a part of the difference could be attributed to the genotype of goats, as the level of α 1-CN composition within each group was highly variable. Furthermore, there was a positive relation between the total protein content and the content of α 1-CN, while the opposite was observed for the β -CN.

Key words : ratio of NDF:starch, coagulation time (RCT), curd firmness (A30), protein content, α 1-CN, α 2-CN, β -CN and κ -CN.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στηρίζει σε κάθε βήμα μου αλλά και για όλη την ενθάρρυνση και τη βοήθεια που μου πρόσφερε, ώστε να ολοκληρώσω τη μεταπτυχιακή μου μελέτη.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Ζέρβα Γεώργιο για την ευκαιρία που μου πρόσφερε να συμμετάσχω στο πείραμα Διατροφής και να ασχοληθώ με την Διατροφή των μικρών μηρυκαστικών στο Εργαστήριο Διατροφής Παραγωγικών Ζώων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Επίσης, εκφράζω τις θερμές ευχαριστίες μου για όλη τη βοήθεια του Καθηγητή κατά τη συγγραφή της μεταπτυχιακής μου μελέτης.

Ιδιαίτερη ήταν η συμβολή και η στήριξη της κ. Μοάτσου Γκόλφω, Επίκ. Καθηγήτριας Γ.Π.Α από την αρχή στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας και σε κάθε στάδιο της μεταπτυχιακή μελέτης έως και την ολοκλήρωση της συγγραφής της Διατριβής. Για αυτόν το λόγο θα ήθελε να την ευχαριστήσω θερμά και εκ βάθους καρδιάς, διότι χωρίς την βοήθειά της δεν θα είχε αυτήν την μορφή η παρούσα μεταπτυχιακή μου μελέτη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τσιπλάκου Ελένη, Λέκτορα Γ.Π.Α για τη στήριξη και τη βοήθειά της στη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Λένο Γιασουμή για την βοήθειά του και την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά την πραγματοποίηση του πειράματος Διατροφής στο Εργαστήριο Διατροφής Παραγωγικών Ζώων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Καθοριστική ήταν η καθοδήγηση και η στήριξη της κ. Ευαγγελίας Ζωΐδου και του κ. Λάμπρου Σακκά κατά την πραγματοποίηση των εργαστηριακών αναλύσεων στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας και θα ήθελα να τους ευχαριστήσω θερμά για την προσφορά τους στην παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη.

Περίεχόμενα

Πρόλογος	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	9
1.1. Τα χαρακτηριστικά των ζωοτροφών	9
1.2. Ο ρόλος των κυτταρικών τοιχωμάτων NDF και ADF στη θρέψη των μηρυκαστικών ζώων	11
1.3. Επίδραση του σιτηρεσίου στη χημική σύσταση του γάλακτος	15
1.4. Η επίδραση της διατροφής και των γενετικών παραλλαγών των καζεϊνών στην πρωτεϊνοσύνθεση του γάλακτος	21
1.5. Η πέψη και ο μεταβολισμός των υδατανθράκων	25
1.6. Παραγωγή και χαρακτηριστικά του γάλακτος	28
1.6.1. Χαρακτηριστικά του γάλακτος	28
1.6.2. Έκκριση του γάλακτος	30
1.6.3. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος	33
1.6.3.1. Η καζεΐνη	36
1.6.3.2. Βιοσύνθεση των πρωτεϊνών του γάλακτος	43
1.7. Το αίγιο γάλα	44
1.7.1. Εισαγωγή	44
1.7.2. Η σύνθεση του αίγιου γάλακτος	44
1.7.3. Το λίπος	46
1.7.4. Τα λιπαρά οξέα	47
1.7.5. Οι καζεΐνες	48
1.7.6. Οι πρωτεΐνες του ορού	50
1.7.7. Τα αμινοξέα	51
1.7.8. Το μη-πρωτεϊνικής φύσης άζωτο	52
1.7.9. Οι υδατάνθρακες	52
1.7.10. Τα ανόργανα στοιχεία και οι βιταμίνες	52
1.7.11. Η συνεισφορά του αίγιου γάλακτος στην υγεία και τη διατροφή του ανθρώπου	53
1.7.11.1. Οι επιδράσεις του λίπους του γάλακτος	55
1.7.11.2. Οι επιδράσεις των πρωτεϊνών του γάλακτος	57
1.7.11.3. Βιοενεργά πεπτίδια και αίγιο γάλα	59

1.7.11.4. Τα νουκλεοτίδια	60
1.7.11.5. Οι πολυαμίνες	61
1.7.11.6. Το σιαλικό οξύ	61
1.7.11.7. Η ταυρίνη	61
1.7.11.8. Οι παράγοντες ανάπτυξης	62
1.7.11.9. Οι επιδράσεις των ολιγοσακχαριτών του γάλακτος	62
1.7.11.10. Οι επιδράσεις των ανόργανων στοιχείων και των βιταμινών του γάλακτος	63

Κεφάλαιο 2. Πειραματικό Μέρος

2.1. Υλικά και μέθοδοι	64
2.1.1. Η διατροφή των ζώων	64
2.2. Δειγματοληψία, μεταχείριση και προσδιορισμός της γενικής σύστασης των δειγμάτων	66
2.3. Προσδιορισμός του χρόνου πήξης με πυτιά	66
2.4. Χρωματογραφική ανάλυση των καζεϊνών	67
2.5. Στατιστική ανάλυση	68

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα και συζήτηση

3.1. Η επίδραση του λόγου NDF:άμυλο του σιτηρεσίου σε βιοχημικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά του γάλακτος γαλακτοπαραγωγών αιγών	69
3.2. Η επίδραση του μακρόχρονου υποσιτισμού και υπερσιτισμού αιγών στη κατατομή του καζεϊνικού κλάσματος του γάλακτος	89

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα95

Κεφάλαιο 5. Βιβλιογραφία

5.1. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία	96
5.2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	96

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι γνωστό ότι η σύσταση του σιτηρεσίου των μηρυκαστικών επηρεάζει την ποσότητα και σε ορισμένες περιπτώσεις και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου γάλακτος. Εξαιτίας της σημασίας και της πολυπλοκότητας του θέματος, η επίδραση της διατροφής στο παραγόμενο γάλα είναι ένα πολύ δυναμικό πεδίο έρευνας με μεγάλο αριθμό επιστημονικών δημοσιεύσεων σε ότι αφορά στο αγελαδινό γάλα. Το αντίθετο συμβαίνει για το γάλα των μικρών μηρυκαστικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συμβάλει στην κατεύθυνση αυτή, μελετώντας την επίδραση διατροφικών σχημάτων με διαφορετική αναλογία αμύλου προς ινώδεις ουσίες σε αίγες γαλακτοπαραγωγής. Η μελέτη αφορά εκτός από τη γενική σύσταση του γάλακτος, στην κατατομή του καζεϊνικού κλάσματος και στην συμπεριφορά του κατά την πήξη με πυτιά. Παράλληλα, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας μελετήθηκε και το καζεϊνικό κλάσμα του γάλακτος αιγών που συμμετείχαν σε ένα ευρύτερο πείραμα υποσιτισμού/υπερσιτισμού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Τα χαρακτηριστικά των ζωοτροφών

Στις αίγες, όπως και σε άλλα μηρυκαστικά, η σύσταση του σιτηρεσίου επηρεάζει την ποιότητα του παραγόμενου από το ζώο γάλακτος. Η διατροφή επιδρά άμεσα στη σύνθεση και στο ρυθμό έκκρισης της ολικής πρωτεΐνης και των λοιπών συστατικών του γάλακτος, όπως του λίπους, των ανόργανων στοιχείων και των βιταμινών (Pulina, 2004). Οι αίγες παρουσιάζουν μια διαφοροποίηση στη συμπεριφορά, στο επίπεδο πρόσληψης τροφής, στην επιλογή του σιτηρεσίου, στο διαχωρισμό των γεύσεων και στο ρυθμό κατανάλωσης της τροφής σε σύγκριση με τα πρόβατα και τα βοοειδή (Lu, 1988, Reid et al., 1990).

Η τροφή ορίζεται ως κάθε ύλη φυτικής, ζωικής ή ανόργανης προέλευσης, η οποία μετά τη πρόσληψή της από το ζώο, υφίσταται τη διαδικασία της πέψης, της απορρόφησης και της χρησιμοποίησης των θρεπτικών συστατικών που περιέχει. Τα θρεπτικά συστατικά είναι ουσίες, οι οποίες επιτρέπουν στο ζωικό οργανισμό την εκδήλωση μίας ή περισσότερων από τις φυσιολογικές λειτουργίες του (Ζέρβας, 2005).

Η τροφή αποτελείται από το νερό και τη ξηρή ουσία (ΞΟ). Η ξηρή ουσία διακρίνεται σε οργανική ουσία (ΟΟ) και ολική τέφρα (ανόργανη ύλη). Η οργανική ουσία περιλαμβάνει τους υδατάνθρακες, τα λίπη, τις πρωτεΐνες, τα νουκλεϊνικά οξέα, τα οργανικά οξέα και τις βιταμίνες, ενώ η ολική τέφρα αντιπροσωπεύει τα ανόργανα στοιχεία της τροφής. Το κυριότερο συστατικό της ΞΟ των φυτικής προέλευσης ζωοτροφών (με εξαίρεση τα ελαιούχα σπέρματα) είναι οι υδατάνθρακες, η περιεκτικότητα των οποίων στο ζωικό οργανισμό είναι πολύ χαμηλή. Μία από τις σημαντικότερες διαφορές μεταξύ φυτικών και ζωικών οργανισμών είναι ότι τα μεν κυτταρικά τοιχώματα των φυτών αποτελούνται από υδατάνθρακες (κυρίως κυτταρίνη), τα δε των ζώων από λιπίδια και πρωτεΐνες. Επιπλέον, τα φυτά αποταμιεύουν ενέργεια υπό μορφή υδατανθράκων (άμυλο και φρουκτάνες), ενώ τα ζώα κυρίως υπό μορφή λίπους.

Από τους πολυσακχαρίτες στις φυτικές ζωοτροφές υπάρχουν η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτινικές ύλες, το άμυλο και μερικές φορές η ινουλίνη στους κονδύλους ως αποθησαυριστική ουσία. Αναλυτικότερα, στους υδατάνθρακες περιλαμβάνονται οι ινώδεις ουσίες (ΙΟ), που αποτελούν κλάσματα των κυτταρικών

τοιχωμάτων των χονδροειδών, κυρίως, ζωοτροφών και είναι το NDF (neutral-detergent fiber), το ADF(acid-detergent fiber) και το ADL (acid-detergent lignin). Το NDF περιλαμβάνει κυρίως την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και τη λιγνίνη και μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει το υλικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών το οποίο χρησιμοποιείται σε διαφορετικό βαθμό από το ζωικό οργανισμό, ανάλογα με το είδος, το τμήμα και το βαθμό ωριμότητας του φυτού από το οποίο προέρχεται η ζωοτροφή. Το ADF περιλαμβάνει κλάσματα κυτταρίνης, το σύνολο της λιγνίνης και πυριτικά άλατα και το ADL εκφράζει τη λιγνίνη.

Η περιεκτικότητα των φυτών σε λίπος είναι σχετικά χαμηλή, όμως κάποιες ζωοτροφές όπως τα ελαιούχα σπέρματα, τα έμβρυα δημητριακών καρπών και άλλες είναι πλούσιες σε λίπος (Ζέρβας, 2004).

Οι πρωτεΐνες, τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα, αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα των αζωτούχων ουσιών. Στα φυτά, στα οποία το μεγαλύτερο τμήμα των πρωτεϊνών αντιστοιχεί σε ένζυμα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες είναι υψηλή στα νεαρά αναπτυσσόμενα φυτά και μειώνεται καθώς ωριμάζουν. Από τις ζωοτροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες θεωρούνται οι ζωικής προέλευσης και από τις φυτικής προέλευσης τροφές τα ελαιούχα σπέρματα και ιδιαίτερα τα υποπροϊόντα της βιομηχανικής επεξεργασίας τους, τα σπέρματα των ψυχανθών, οι ζύμες, τα έμβρυα των δημητριακών καρπών και άλλες.

Τέλος, η ολική τέφρα περιέχει όλα τα ανόργανα στοιχεία, που βρίσκονται στα φυτά και στα ζώα, με το Ca και το P να αποτελούν τα κυριότερα.

Επιπρόσθετα, τα θρεπτικά αυτά συστατικά της τροφής διακρίνονται με βάση το λειτουργικό τους ρόλο σε δομικές και δυναμικές ουσίες. Οι δομικές ουσίες περιλαμβάνουν τους φορείς ενέργειας και τις προστατευτικές ουσίες. Οι φορείς ενέργειας περιλαμβάνουν τους υδατάνθρακες, τα λίπη και τις αζωτούχες ουσίες, η δράση των οποίων εκδηλώνεται κυρίως με την παραγωγή θερμότητας εντός του οργανισμού ή γενικότερα με την παραγωγή ενέργειας. Τα απαραίτητα αμινοξέα, τα απαραίτητα λιπαρά οξέα, το νερό και τα πλαστικά ανόργανα στοιχεία αποτελούν τις προστατευτικές ουσίες. Το ρόλο των δυναμικών ουσιών αναλαμβάνουν τα ιχνοστοιχεία, οι βιταμίνες και άλλοι μη ταυτοποιηθέντες παράγοντες (Ζέρβας, 2005).

1.2. Ο ρόλος των κυτταρικών τοιχωμάτων NDF και ADF στη θρέψη των μηρυκαστικών ζώων

Ιδιαίτερο φυσιολογικό ρόλο στη διατροφή των μηρυκαστικών κατέχουν οι ινώδεις ουσίες (ΙΟ). Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται το κλάσμα που αποτελείται από τη λιγνίνη και τους πολυσακχαρίτες εκείνους που δεν μπορούν να πεφθούν από τα ενδογενούς προέλευσης ένζυμα των μονογαστρικών, αλλά πέπτονται από τη μικροχλωρίδα των προστομάχων των μηρυκαστικών ζώων και σ' ένα βαθμό, από τη μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου στα μονογαστρικά και μηρυκαστικά ζώα.

Τα σιτηρέσια των μηρυκαστικών περιέχουν σημαντικές ποσότητες κυτταρίνης, ημικυτταρινών, αμύλου και υδατοδιαλυτών υδατανθράκων. Όλοι οι υδατάνθρακες, εκτός από τη λιγνίνη, προσβάλλονται από τους μικροοργανισμούς της μεγάλης κοιλίας, όπου βασικό ρόλο αναλαμβάνουν κάποια είδη βακτηρίων (*Fibrobacter succinogenes* και *Ruminococci*) και κάποιοι μύκητες. Ο κύριος μεταβολίτης, που παράγεται από την υδρόλυση των υδατανθράκων, είναι το πυροσταφυλικό οξύ, από το οποίο προκύπτουν τα τελικά προϊόντα της πέψης των υδατανθράκων, τα ΠΛΟ οξικό, προπιονικό και βουτυρικό καθώς και τα αέρια CH₄ και CO₂. Η πέψη των υδατανθράκων και ιδιαίτερα της κυτταρίνης και των άλλων ανθεκτικών στη ζύμωση πολυσακχαριτών συμβάλλει δραστικά στον ενεργειακό εφοδιασμό του οργανισμού του ζώου και φανερώνει τη σημαντικότητα της σύνθεσης του σιτηρεσίου στα ζυμωτικά φαινόμενα των προστομάχων των μηρυκαστικών. Συγκεκριμένα η κυτταρινόλυση είναι ένα ευαίσθητο φαινόμενο, το οποίο περιορίζεται, εφόσον το pH φτάσει στο 6,2 και αναστέλλεται, όταν σημειώνεται πτώση κάτω από το 6,0, με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ζώου. Διάφοροι παράγοντες του σιτηρεσίου που επηρεάζουν την πορεία της κυτταρινόλυσης είναι ο βαθμός τεμαχισμού των ΧΖ, η αναλογία μεταξύ ΧΖ και ΣΖ και ιδιαίτερα η αναλογία NDF:άμυλο, καθώς και η περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε ευζύμωτους υδατάνθρακες, όπως τα σάκχαρα και το άμυλο.

Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε αίγες διαπιστώθηκε ότι οι ΙΟ, μέσω της μικροβιακής διάσπασης και σύνθεσης, εφοδιάζουν με ενέργεια τον οργανισμό του ζώου ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του για τη συντήρηση, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και τη γαλακτοπαραγωγή. Επίσης, οι ΙΟ συνεισφέρουν σημαντικά στην ισορροπημένη πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών, που απαιτούνται στη διατροφή των αιγών και συμβάλουν στην φυσιολογική λειτουργία των προστομάχων τους (Lu

et al., 2005). Αυτό το σημαντικό ρόλο τον αναλαμβάνουν οι ΙΟ μέσω της αλληλεπίδρασης με τη λήψη και τη πέψη της τροφής. Η λήψη των διαιτητικών ινών επηρεάζει το μηρυκασμό και τις ζυμώσεις στους προστομάχους μέσω της μεσολάβησης της παραγωγής του σιέλου και της ρυθμιστικής ικανότητάς του (Lu, 2005). Κατά τη διεξαγωγή των ζυμώσεων στη μεγάλη κοιλία παράγονται μεγάλες ποσότητες οξέων, που μπορούν να μειώσουν το pH του υγρού της μεγάλης κοιλίας, αλλά το pH σε φυσιολογικές συνθήκες κυμαίνεται από 5,5 έως 6,5. Αυτό οφείλεται στα φωσφορικά και διτανθρακικά ιόντα που περιέχονται στο σίελο, τα οποία δρουν ως ρυθμιστικά διαλύματα και βοηθούν την ταχεία απορρόφηση των οξέων (Ζέρβας, 2005).

Η ποσότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων των ζωοτροφών και η χημική σύσταση τους έχουν επίσης σημαντική επίδραση στην πεπτικότητά τους. Η πεπτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων των τροφών ποικίλει και εξαρτάται από το βαθμό λιγνινοποίησής τους, ο οποίος με χημικούς όρους εκφράζεται ως το περιεχόμενο των NDF και ADF σε λιγνίνη (McDonald et al., 2002). Επιπρόσθετα, ο ρυθμός διάσπασης της τροφής στους προστομάχους των μηρυκαστικών έχει σημαντική επίδραση στη πεπτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων NDF, ιδιαίτερα όταν ο ρυθμός ροής των κλασμάτων στους προστομάχους είναι υψηλός, όπως στη περίπτωση των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων που καταναλώνουν σιτηρέσια υψηλού παραγωγικού επιπέδου (Stensig, 1994), με αποτέλεσμα τη μείωση της πεπτικότητάς τους. Συγκεκριμένα παρατηρείται μείωση της πεπτικότητας, λόγω του αυξημένου ρυθμού διόδου της τροφής και περισσότερο για συστατικά που πέπτονται με αργότερο ρυθμό όπως είναι τα κυτταρικά τοιχώματα (NDF, ADF, ADL) (Ζέρβας, 2005). Επίσης, ο ρυθμός πέψης του σιτηρεσίου καθορίζεται από την περιεκτικότητά του σε NDF καθώς η σχέση μεταξύ NDF και ρυθμού πέψης είναι αρνητική (Ζέρβας, 2005).

Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες διαπιστώθηκε ότι η αυξημένη χορήγηση αμύλου, ιδιαίτερα όταν αυτό προερχόταν από ενσίρωμα αραβοσίτου, με το σιτηρέσιο μείωσε την πεπτικότητα των NDF με ταυτόχρονη όμως μείωση του ρυθμού διόδου του πεπτικού περιεχομένου (Robinson et al., 1987). Γι' αυτόν το λόγο οι συνέπειες από οποιαδήποτε μεταβολή στο ρυθμό πέψης μπορούν να συνδεθούν με μεταβολές στο ρυθμό διόδου της τροφής (Stensig, 1994).

Ωστόσο, η πεπτικότητα των μικτών σιτηρεσίων δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια, διότι υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τροφών που το απαρτίζουν. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι συνήθως αρνητικές και μεγαλύτερες όταν οι χαμηλής ποιότητας ΧΖ συνδυάζονται με ΣΖ πλούσιες σε άμυλο. Στην περίπτωση αυτή η αυξημένη ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων (ΠΛΟ) που παράγεται από τη ταχεία ζύμωση του αμύλου προκαλεί μείωση του pH κάτω του 6 στο οποίο αναστέλλεται η δράση των κυτταρινολυτικών βακτηρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της πεπτικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων (Ζέρβας, 2005).

Επιπρόσθετα, από πειραματικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί, συμπεραίνεται ότι οι αίγες ως μηρυκαστικά ζώα απαιτούν την επαρκή χορήγηση ΙΟ για τη φυσιολογική λειτουργία των προστομάχων τους, η οποία συνδέεται στενά με το μηρυκασμό, τη διατήρηση επαρκούς έκκρισης σιέλου και του κατάλληλου pH για τη δράση των κυτταρινολυτικών μικροοργανισμών, οι οποίοι παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες οξικού παρά προπιονικού οξέος στο υγρό της μεγάλης κοιλίας. Χαρακτηριστικά, η χορήγηση σιτηρεσίων πλούσιων σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές αυξάνουν την παραγωγή του προπιονικού οξέος ενώ σιτηρέσια με χονδροειδείς ζωοτροφές οδηγούν στη παραγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων οξικού, βουτυρικού και ισοβουτυρικού οξέος. Το οξικό οξύ αποτελεί πρόδρομη ουσία του λίπους του γάλακτος, ενώ το προπιονικό οξύ χρησιμοποιείται για τη βιοσύνθεση της γλυκόζης και για την εναπόθεση σωματικού λίπους (Lu, 2005).

Σε μελέτες που έχουν δημοσιευθεί από τους Lu et al. (2005), αναφέρεται ότι, οι αίγες, στις οποίες χορηγήθηκαν σιτηρέσια με αυξημένες ΙΟ, παρουσίασαν χαμηλότερη τιμή της ανώτερης συγκέντρωσης της γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος, συμπεραίνοντας ότι λιγότερη γλυκόζη διατίθεται για ενεργειακούς σκοπούς απ' ότι για τη σύνθεση του λίπους του γάλακτος (Schmidely et al., 1999a).

Στη μελέτη αυτή αναφέρεται επίσης ότι, το pH του υγρού της μεγάλης κοιλίας παίζει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των λιπαρών οξέων, καθώς η αύξηση του ευνοεί κυρίως τους κυτταρολυτικούς μικροοργανισμούς (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, and *Ruminococcus albus*), που παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες οξικού και βουτυρικού οξέος (Lu, 2005). Από την άλλη πλευρά, ένα πιο χαμηλό pH τείνει να ευνοεί τους αμυλολυτικούς μικροοργανισμούς, που παράγουν περισσότερο προπιονικό οξύ. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι, τα σιτηρέσια που είναι πλούσια σε ΙΟ ευνοούν όχι μόνο την ανάπτυξη των κυτταρολυτικών μικροοργανισμών, αλλά και την αύξηση της παραγωγής σιέλου μέσω της

κατανάλωσης τροφής και του μηρυκασμού. Η παραγωγή σιέλου οδηγεί στην αύξηση του pH και στην ανάπτυξη των κυτταρολυτικών μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την παραγωγή οξικού και βουτυρικού οξέος στη μεγάλη κοιλία των μηρυκαστικών ζώων. Επιπλέον, το pH στο υγρό της μεγάλης κοιλίας αυξάνεται γραμμικά από τη τιμή 6.28 στην τιμή 6.55 καθώς αυξάνεται η πρόσληψη ADF. Αναφέρεται επίσης ότι, η αύξηση της κατανάλωσης IO αυξάνει τη συγκέντρωση του οξικού οξέος στους προστομάχους των μηρυκαστικών. Έχει παρατηρηθεί ότι, η αύξηση της χορήγησης ADF από 14% σε 26% αύξησε το λόγο του οξικού: βουτυρικού οξέος από 3.3 σε 3.6 στη μεγάλη κοιλία. Σε αυτές τις έρευνες το pH και η σχέση οξικού : προπιονικού οξέος στους προστομάχους, συνδέθηκε με τη συνολική δραστηριότητα μάσησης. Σε άλλες μελέτες το pH των προστομάχων συνδέθηκε με τη συγκέντρωση οξικού οξέος σ' αυτούς (Bava et al., 2001). Πιθανόν σε αυτό το γεγονός στηρίζεται η γενική απόδειξη ότι η αυξημένη πρόσληψη IO μειώνει τη πεπτικότητα άλλων συστατικών των τροφών, εκτός από τις IO για τις οποίες συνήθως αυξάνεται η πεπτικότητα (Lu, 2005).

Επίσης, οι κινήσεις της πέψης της κυτταρίνης προηγούνται και η πέψη της περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα του υποστρώματος και όχι από τις κυτταρολυτικές ικανότητες της υπάρχουσας μικροχλωρίδας (Weimer, 1998). Γι' αυτόν το λόγο, η διαθεσιμότητα των ινωδών ουσιών, η συνολική ποσότητά τους και η επιφάνεια που είναι διαθέσιμη για την μικροβιακή πέψη παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγική απόδοση των αιγών.

Από την άλλη πλευρά, ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διατροφή των αιγών είναι ότι η αυξημένη κατανάλωση IO οδηγεί σε μειωμένη πρόσληψη ΕΟ από τα ζώα. Πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι η πρόσληψη ΕΟ παρουσίασε μέγιστη τιμή όταν το σιτηρέσιο των ζώων περιείχε 18% ADF με 2.30 Mcal/kg ME. Όταν η κατανάλωση ADF αυξήθηκε πάνω από το 18%, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση της πρόσληψης ΕΟ, αλλά και όταν μειώθηκε το ADF του σιτηρεσίου κάτω από το 18% πάλι μειώθηκε η κατανάλωση της ΕΟ. Φαίνεται ότι, το σιτηρέσιο με 14% ADF και 2.48 Mcal/kg ME μειώνει τη πρόσληψη της ΕΟ, μέσω φυσιολογικών ρυθμίσεων (Lu et al., 2005). Αυτό το γεγονός επιβεβαιώθηκε από μια μελέτη, σύμφωνα με την οποία η χορήγηση σιτηρεσίου με 14% ADF και 2.39 Mcal/kg ME δεν μείωσε την πρόσληψη ΕΟ, σε σύγκριση με σιτηρέσιο που περιείχε 18% ADF και 2.19 Mcal/kg ME (Santini et al., 1992). Αντιθέτως, η πρόσληψη της ΕΟ μειώθηκε γραμμικά με την αύξηση του NDF του σιτηρεσίου (52.4-62.1%) σε

αίγες φυλής Boer (Luginbuhl et al., 2000). Αυτό το φαινόμενο ερμηνεύεται ως εξής : οι ινώδεις ουσίες ζυμώνονται και διασχίζουν τον πεπτικό σωλήνα πιο αργά από άλλα συστατικά των τροφών και έτσι παραμένουν για περισσότερο χρόνο σ' αυτόν (Allen, 1996). Το μέγεθος των τεμαχιδίων της τροφής, η συχνότητα και η αποτελεσματικότητα της μάσησης, η ευθρυπτότητα της τροφής, το άπεπτο NDF και οι χαρακτηριστικές συσπάσεις του πεπτικού σωλήνα επηρεάζουν τη φυσική πληρότητά του (Allen, 1996).

1.3. Επίδραση του σιτηρεσίου στη χημική σύσταση του γάλακτος

Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, αλλά η διακύμανση της συγκέντρωσής της είναι πιο περιορισμένη από αυτή του λίπους του γάλακτος και είναι μειωμένες οι πιθανότητες να μεταβληθεί η συγκέντρωσή της με διατροφικά μέσα.

Ανάμεσα στους συσχετισμούς, που συνδέουν τη διατροφή με τη σύνθεση του γάλακτος, δυο είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, σύμφωνα με τους Pulina et al. (2004) :

- η επονομαζόμενη επίδραση της αραίωσης 'dilution effect', η οποία προκαλεί μείωση του λίπους του γάλακτος, όταν αυξάνεται η γαλακτοπαραγωγή, και
- η αύξηση της συγκέντρωσης του λίπους του γάλακτος, όταν αυξάνεται το περιεχόμενο του σιτηρεσίου σε NDF.

Η ανάλυση των παραπάνω συμπερασμάτων δείχνει ότι η αύξηση των ΙΟ στο σιτηρέσιο οδηγεί σε μείωση της προσλαμβανόμενης ενέργειας, λόγω της μειωμένης πεπτικότητας του σιτηρεσίου και της μειωμένης κατανάλωσης της τροφής, που έχουν ως επακόλουθο τη μείωση της γαλακτοπαραγωγής με ταυτόχρονη αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος. Παρόλα αυτά, με τη μείωση της παραγωγής γάλακτος, παρατηρείται μειωμένη παραγωγή λίπους και πρωτεΐνης του γάλακτος (εκφρασμένη σε g/ημέρα). Η προσλαμβανόμενη ενέργεια επηρεάζεται θετικά από το περιεχόμενο του σιτηρεσίου σε αζωτούχες ουσίες και αρνητικά από το περιεχόμενο σε NDF. Η επεξήγηση των αποτελεσμάτων διαφόρων ερευνών, που αναφέρονται από

τους Pulina et al. (2004), εστιάζεται στο γεγονός ότι η διαθέσιμη για το ζωικό οργανισμό ενέργεια, που προέρχεται από την κατανάλωση σιτηρεσίων με χαμηλό επίπεδο NDF, χρησιμοποιείται πρωτίστως για την παραγωγή λακτόζης, καθώς η αύξηση της μεταβολιστέας ενέργειας συμπίπτει με την αύξηση της γλυκόζης του αίματος η οποία είναι διαθέσιμη για τη σύνθεση της λακτόζης (Freetly and Ferrell, 1999). Την ίδια στιγμή, η ροή του αίματος στο μαστό του ζώου αυξάνεται, χάρη σε τοπικούς παράγοντες που ρυθμίζονται από τις μεταβολικές ορμόνες (ινσουλίνη, IGF και νευρο-ορμόνες), η πρόσληψη από το μαστό των πρόδρομων ουσιών για τη σύνθεση του γάλακτος αυξάνεται, η παραγωγή της λακτόζης αυξάνεται, καθώς και η παραγωγή της πρωτεΐνης επειδή κάποια αμινοξέα απελευθερώνονται από τη γλυκονεογένεση (στο ήπαρ ή στο μαστικό αδένα) και η πρόσληψή τους γίνεται με πιο αποδοτικό τρόπο από το μαστό του ζώου (Pulina et al., 2004).

Η σύνθεση της ολικής πρωτεΐνης του γάλακτος (καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού) εξαρτάται από την αναλογία αζωτούχων ουσιών : ενέργεια του σιτηρεσίου, τη συγκέντρωση των ολικών αζωτούχων ουσιών και τη χρησιμοποίηση της προστατευμένης πρωτεΐνης. Για τη βελτίωση της αξιοποίησης του αζώτου του σιτηρεσίου η διατροφή θα πρέπει να είναι ισορροπημένη ως προς την ενέργεια και την πρωτεΐνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της μικροβιακής ανάπτυξης ανά μονάδα ΞΟ που ζυμώνεται, με συνέπεια χαμηλότερες απώλειες ενέργειας και αζώτου μέσω των ούρων και την καλύτερη χρησιμοποίηση του αζώτου του σιτηρεσίου για τη σύνθεση των καζεϊνών του γάλακτος (Pulina et al., 2006).

Η σχέση μεταξύ του σιτηρεσίου και της σύστασης του γάλακτος σε πρωτεΐνη συνοψίζεται στα εξής συμπεράσματα (Polidori et al., 1991, Bencini and Pulina, 1997):

- Οι μη δομικοί υδατάνθρακες (NFC) συσχετίζονται θετικά με τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης στο γάλα.
- Η προσθήκη λίπους στο σιτηρέσιο αυξάνει το λίπος και μειώνει τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος.

Επιπρόσθετα, η συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος συνδέεται θετικά με την ενεργειακή πυκνότητα του σιτηρεσίου και ιδιαίτερα όταν αυτή η ενέργεια προέρχεται από ευζύμωτους υδατάνθρακες.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, ως εξής :

1. ο ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας στους προστομάχους μειώνεται, ενώ η βακτηριακή πρωτεΐνη αυξάνεται λόγω των βελτιωμένων συνθηκών υπέρ της ανάπτυξης της μικροχλωρίδας των προστομάχων, με αποτέλεσμα την καλύτερη χρησιμοποίηση του αζώτου στους προστομάχους του ζώου, και

2. η παραγωγή προπιονικού οξέος στους προστομάχους αυξάνει τη διαθεσιμότητα των αμινοξέων στο μαστικό αδέννα με σκοπό τη σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος, ανακόπτοντας την παροχή τους για τη γλυκονεογένεση (Pulina et al., 2006).

Πράγματι, σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί από τους Susin et al. (1995) σε γαλακτοπαραγωγά πρόβατα, έχουν δείξει ότι το σιτηρέσιο με υψηλή περιεκτικότητα σε δημητριακούς καρπούς και υψηλή ενεργειακή πυκνότητα είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή γάλακτος και την υψηλή πρωτεΐνοπεριεκτικότητά του, σε αντίθεση με τα ζώα που τους χορηγήθηκε σιτηρέσιο με μειωμένο ενεργειακό περιεχόμενο και μειωμένη συμμετοχή δημητριακών καρπών (Pulina et al., 2006).

Επιπλέον, σε μια έρευνα στην πρώτη φάση της γαλακτοπαραγωγής σε πρόβατα από τους Susin et al. (1995), όπου τα σιτηρέσια ήταν πλούσια σε δημητριακούς καρπούς, έδειξε ότι τα ζώα μείωσαν το αρνητικό ισοζύγιο ενέργειας και αύξησαν την παραγωγή προπιονικού οξέος στους προστομάχους, με αποτέλεσμα να διοχετεύονται τα αμινοξέα στο μαστό του ζώου για τη σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος και να μειώνεται η διάθεσή τους προς γλυκονεογένεση. Από την άλλη πλευρά, παρατηρήθηκε σε πείραμα διατροφής στη δεύτερη φάση της γαλακτοπαραγωγής σε πρόβατα, από τους Cannas et al. (1998), ότι λόγω του θετικού ισοζυγίου ενέργειας των ζώων και της ελαφρώς μειωμένης παραγωγής γάλακτος, η αυξημένη καθαρή ενέργεια του σιτηρεσίου δεν βελτίωσε το επίπεδο των αμινοξέων μέσω της μείωσης της γλυκονεογένεσης, αλλά στην πραγματικότητα κινητοποίησε την ενέργεια του σιτηρεσίου για τη συμμετοχή της στην αύξηση του βάρους των ζώων (Pulina et al., 2006).

Κατά τη διεξαγωγή μιας πειραματικής έρευνας, που πραγματοποιήθηκε σε αίγες από τους Tsiplakou et al. (2012), παρατηρήθηκε ότι η ομάδα των ζώων που

υποσιτιζόταν (κάλυψη του 70% των αναγκών σε ενέργεια και ολικές αζωτούχες ουσίες), παρουσίασε μειωμένη γαλακτοπαραγωγή, σε σύγκριση με τα ζώα που υπερσιτιζόνταν (κάλυψη 130% των αναγκών των ζώων), με σημαντική διαφορά τη 31^η ημέρα του πειράματος. Αυτή η μείωση μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη θρεπτικών συστατικών, που απαιτούνται για τη σύνθεση του γάλακτος, όπως αποδείχτηκε από τη σημαντική μείωση του περιεχομένου της λακτόζης στα υποσιτισμένα σε σχέση με τα υπερσιτισμένα ζώα. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε μια σημαντική διαφορά στο περιεχόμενο της πρωτεΐνης του γάλακτος μεταξύ των δυο ομάδων μόνο τη 12^η ημέρα του πειράματος, σημειώνοντας μείωση στις υπερσιτισμένες σε σύγκριση με τις υποσιτισμένες αίγες. Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων: το C_{16:0}, το C_{24:0} και τα μακράς αλύσου Λ.Ο. (ΜΑΛΟ) στο λίπος του γάλακτος παρουσιάστηκαν σημαντικά μειωμένες, ενώ οι συγκεντρώσεις των C_{18:0}, C_{20:0}, C_{20:3n3} και των πολυακόρεστων Λ.Ο. ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα των υποσιτισμένων ζώων σε σύγκριση με την ομάδα του μάρτυρα. Στην ομάδα των υπερσιτισμένων ζώων παρατηρήθηκαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις των C_{16:0} και μακράς αλύσου Λ.Ο. και υψηλότερες συγκεντρώσεις των C_{12:0}, trans11 C_{18:1} (πτητικό Λ.Ο.), cis9, trans11 C_{18:2} (ΣΛΟ), των μέτριας αλύσου Λ.Ο. και των πολυακόρεστων Λ.Ο. στο λίπος του γάλακτος σε σύγκριση με την ομάδα του μάρτυρα. Επίσης, σε αυτήν την πειραματική μελέτη οι συγκεντρώσεις των C_{12:0}, C_{13:0}, C_{14:0}, C_{14:1}, trans11 C_{18:1} και μέτριας αλύσου Λ.Ο. ήταν σημαντικά χαμηλότερες και αυτές των C_{4:0} και C_{20:3n3} λιπαρών οξέων σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα των υποσιτισμένων σε σχέση με τα υπερσιτισμένα ζώα. Η αύξηση των C_{18:0} και cis9 C_{18:1} λιπαρών οξέων στο περιεχόμενο του γάλακτος μπορεί να αποδοθεί μερικώς στην κινητοποίηση λίπους από το λιπώδη ιστό, καθώς αυτός είναι πλούσιος σε αυτά τα λιπαρά οξέα στις αίγες. Επιπλέον, το συμπέρασμα αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι το C_{18:0} είναι το κύριο λιπαρό οξύ που απελευθερώνεται από το λιπώδη ιστό κατά τη λιπόλυση (Tsiplakou et al., 2012).

Η επίδραση των αζωτούχων συστατικών του σιτηρεσίου στη πρωτεΐνοπεριεκτικότητα του γάλακτος έχει κατά καιρούς μελετηθεί, δείχνοντας μικρές αλλαγές. Για παράδειγμα, η χρήση σιτηρεσίων με αυξανόμενη περιεκτικότητα σε ολικές αζωτούχες (140, 160, 190 και 210 g/kg) και δυο επίπεδα ενέργειας (1.65 και 1.55 Mcal/kg ΞΟ) δεν μετέβαλε τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος, αλλά αύξησε την παραγωγή της (Cannas et al., 1998). Παρόλα αυτά, σε κάποιες μελέτες στις οποίες η συγκέντρωση των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου ήταν αρχικά

χαμηλή (για παράδειγμα 100-110 g/kg ΞΟ), η αύξησή της (140 g/kg ΞΟ) οδήγησε σε αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης και παραγωγής της πρωτεΐνης του γάλακτος σε προβατίνες, που βρίσκονταν στην αρχή της γαλακτοπαραγωγής (Cortes et al., 1977, Cowan et al., 1981). Αντίθετα, αυτή η παρατήρηση δεν επαληθεύτηκε στις προβατίνες που βρίσκονταν στον πρώτο μήνα της γαλακτοπαραγωγής και διατρέφονταν με σιτηρέσια που περιείχαν ολικές αζωτούχες ουσίες 113 ή 149 g/kg ΞΟ όπου δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στη παραγωγή ή στη σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος (Hatfield et al., 1995). Αυτά τα αντικρουόμενα αποτελέσματα, που παρατηρήθηκαν με τη χορήγηση σιτηρεσίων με χαμηλό επίπεδο αζωτούχων ουσιών, πιθανόν οφείλονται στο επίπεδο παραγωγής του γάλακτος και με αυτό τον τρόπο στις απαιτήσεις από τον οργανισμό των προβατινών σε αμινοξέα, καθώς και στην κάλυψη της ιδανικής ισορροπίας ανάμεσα στα απαραίτητα αμινοξέα. Οι πηγές των αζωτούχων ουσιών που χορηγούνται με τα σιτηρέσια, μπορούν να επηρεάσουν το περιεχόμενο και την παραγωγή της πρωτεΐνης του γάλακτος. Για παράδειγμα, οι προβατίνες που διατράφηκαν με ιχθυάλευρα είχαν μεγαλύτερη παραγωγή γάλακτος και πρωτεΐνης γάλακτος, σε αντίθεση με αυτές που διατράφηκαν με άλλες πηγές αζωτούχων ουσιών, όπως σπέρματα σόγιας και λιναρόσπορο (Purroy and Jaime, 1995, Gonzalez et al., 1982). Γενικά, σε αρκετές μελέτες αποδείχτηκε ότι η αύξηση των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου δεν επηρέασε το περιεχόμενο του γάλακτος σε πρωτεΐνη, αλλά επηρέασε το κλάσμα του αζώτου (N) του γάλακτος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στις προβατίνες που χορηγήθηκαν σιτηρέσια με 4 επίπεδα αζωτούχων ουσιών (140, 160, 190 και 210 g/kg ΞΟ), παρατηρήθηκε μια θετική σχέση μεταξύ της ουρίας του γάλακτος και της συγκέντρωσης των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου, πιθανόν επειδή η απόδοση της αξιοποίησης του N της τροφής για τη σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος μειώθηκε και αυξήθηκαν οι απώλειες σε N, καθώς αυξανόταν το περιεχόμενο των σιτηρεσίων σε αζωτούχες ουσίες (Cannas et al., 1998). Όταν το περιεχόμενο του σιτηρεσίου σε ολικές αζωτούχες ουσίες αυξήθηκε από 130 σε 160 g/kg ΞΟ σε προβατίνες που βρίσκονταν στη μέση της γαλακτοπαραγωγής, η αύξηση της ουρίας του γάλακτος συνδέθηκε με τη μείωση του περιεχομένου του σε καζεΐνη (Albenzio et al., 2005).

Οι πηγές των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή και το περιεχόμενο της πρωτεΐνης του γάλακτος. Αυτή η σχέση μπορεί να επεξηγηθεί από την πεπτικότητα των ουσιών αυτών στους προστομάχους και τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων αμινοξέων από το κλάσμα της πρωτεΐνης που

διαφεύγει τη μικροβιακή ζύμωση. Η αντικατάσταση μιας πηγής αζωτούχων ουσιών που διαθέτει υψηλή πεπτικότητα στους προστομάχους (όπως η σόγια), με μια πηγή πρωτεΐνης που έχει πολύ χαμηλή πεπτικότητα (υδρολυμένο πτεράλευρο), μείωσε την παραγωγή και το περιεχόμενο του γάλακτος σε ολική πρωτεΐνη (Lu et al., 1990). Επίσης, όταν χορηγήθηκαν σε αίγες σιτηρέσια με ίδιο περιεχόμενο ολικών αζωτούχων ουσιών, αλλά με διαφορετική πεπτικότητα λόγω των διαφορετικών πηγών προέλευσής τους (όπως κουκιά, ηλιοπλακούς, γλουτένη αραβοσίτου, βαμβακόσπορος), οι αίγες που διατράφηκαν με γλουτένη αραβοσίτου παρουσίασαν το υψηλότερο περιεχόμενο πρωτεΐνης, καζεΐνης, β-καζεΐνης και την αποδοτικότερη παραγωγή τυριού (Sanz Sampelayo et al., 1999). Αυτά τα αποτελέσματα προτείνουν ότι η σχέση μεταξύ των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου και η παραγωγή της πρωτεΐνης του γάλακτος οφείλεται σε μια πολυπαραγοντική διαδικασία και δεν είναι ίδια για όλα τα πρωτεϊνικά κλάσματα του γάλακτος. Αυτές οι απόψεις έχουν μελετηθεί από τους ερευνητές Sanz Sampelayo et al. (1999), οι οποίοι αναφέρουν ότι η μη-πεπτή πρωτεΐνη στους προστομάχους και το περιεχόμενό της σε απαραίτητα αμινοξέα συνδέονται ασθενώς με την πρωτεΐνη του γάλακτος και τα καζεϊνικά κλάσματα αs-καζεΐνη και β-καζεΐνη, ενώ η πρωτεΐνη του γάλακτος και τα καζεϊνικά της κλάσματα φαίνεται ότι ουσιαστικά συνδέονται με την ταχέως πεπτή πρωτεΐνη στους προστομάχους των μηρυκαστικών ζώων. Όλα αυτά τα αποτελέσματα, δείχνουν ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη διευκρίνιση της σχέσης του σιτηρεσίου με τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος, ώστε να αξιολογηθεί εάν οι αζωτούχες ουσίες του σιτηρεσίου είναι ένα έγκυρο μέσο για τη βελτίωση του περιχομένου του αίγιου γάλακτος σε πρωτεΐνη (Cannas & Pulina, 2008).

Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες για την ανίχνευση της επίδρασης του λίπους του σιτηρεσίου στην πρωτεΐνη του γάλακτος. Αν και το συμπληρωματικό λίπος αύξησε την παραγωγή και το λίπος του γάλακτος, τα σιτηρέσια με υψηλό περιεχόμενο σε λίπος έχουν συνδεθεί με μειωμένη συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος (Palmquist, 1984). Το κλάσμα της πρωτεΐνης του γάλακτος που υπόκειται σε μεγαλύτερη μείωση από το συμπληρωματικό λίπος είναι η καζεΐνη. Η καζεΐνη καταλαμβάνει το 77 με 81% του ολικού N του γάλακτος και είναι σημαντική για την παραγωγή πολλών γαλακτοκομικών και τυροκομικών προϊόντων. Επειδή η καζεΐνη συντίθεται αποκλειστικά στο μαστικό αδένια, η μείωσή της που προκαλείται από το αυξημένο λίπος του σιτηρεσίου, δείχνει ότι ο μηχανισμός που την προκαλεί, εξελίσσεται στο μαστό (Wu, 1994).

1.4. Η επίδραση της διατροφής και των γενετικών παραλλαγών των καζεϊνών στην πρωτεϊνοσύνθεση του γάλακτος

Πρόσφατα σε διάφορες μελέτες έχει αναφερθεί ότι οι γενετικές παραλλαγές των κύριων πρωτεϊνικών κλασμάτων του γάλακτος επηρεάζουν τη σύνθεση των πρωτεϊνών του γάλακτος περιλαμβάνοντας την ολική πρωτεΐνη, την καζεΐνη, τον αριθμό των καζεϊνών και των πρωτεϊνών του ορού (Bovenhuis, Van Arendonk & Korver, 1992, Jakob & Ruhan, 1992). Μόνο ένας μικρός αριθμός μελετών αναφέρουν τη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ της διατροφής και της σύνθεσης του γάλακτος (Mackle & Bryant, 1996). Αναφέρεται ωστόσο ότι οι διαφοροποιήσεις στη διατροφή επιδρούν στην ποσότητα και τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών του γάλακτος (Devold, 2000).

Ο υψηλός πολυμορφισμός στην περιοχή του γονιδίου που εκφράζει την α_{s1} -καζεΐνη συνδέεται με τις γενετικές παραλλαγές του γάλακτος των αιγών φυλής Alpine και Saanen. Οι αλληλομορφικές παραλλαγές α_{s1} -CN^A, α_{s1} -CN^B, α_{s1} -CN^C συνδέονται με υψηλό περιεχόμενο της α_{s1} -καζεΐνης στο γάλα (3.5 g/L), η α_{s1} -CN^E συνδέεται με ενδιάμεσο περιεχόμενο (1.1 g α_{s1} -CN /L), οι α_{s1} -CN^D και α_{s1} -CN^F συνδέονται με χαμηλό περιεχόμενο (0.5 g α_{s1} -CN /L), ενώ η α_{s1} -CN⁰ είναι μηδενικό αλληλόμορφο και δίνει 0.0 g α_{s1} -CN /L (Grosclaude et al., 1987, Mahé and Grosclaude 1989).

Επίσης, σε άλλες έρευνες παρατηρούνται διαφορές στη συγκέντρωση των καζεϊνών στο γάλα λόγω διαφορετικών γονοτύπων, δηλαδή οι αίγες με την ισχυρή γενετική παραλλαγή (AA) και αυτές με την αδύναμη παραλλαγή (FF) παράγουν γάλα με 7 g α_{s1} -CN/ L γάλακτος και 0,9 g α_{s1} -CN/ L γάλακτος αντίστοιχα (Martin et al., 1999).

Η σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος εξαρτάται από τα αμινοξέα που παραλαμβάνονται από τα γαλακτικά κύτταρα του μαστικού αδένου. Η ποσότητα των αμινοξέων που είναι διαθέσιμη για τη σύνθεση πρωτεΐνης εξαρτάται από την ποσότητα των μικροβιακών κυττάρων και την προστατευμένη πρωτεΐνη που προέρχεται από τους προστομάχους των μηρυκαστικών ζώων.

Σε αυτό το σημείο πιθανόν βρίσκεται η σύνδεση μεταξύ του γονοτύπου που καθορίζει τα διαφορετικά επίπεδα των καζεϊνικών κλασμάτων στο γάλα και στην αποδοτικότητα της χρησιμοποίησης των διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών (Avondo et al., 2009). Επιπλέον, δεν είναι γνωστό εάν αυτές οι διαφορές εκφράζονται κατά το

πρώτο στάδιο της γαλακτοπαραγωγής όταν ο οργανισμός κινητοποιεί τα αποθέματά του ή εάν η χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών (ιδιαίτερα του N) επηρεάζεται από τις γενετικές παραλλαγές της α_{s1} -CN (Schmidely et al., 2002).

Έρευνες από τους De la Torre et al. (2008), αναφέρουν ότι μια καλύτερη αποδοτικότητα της χρησιμοποίησης του αζώτου, της ενέργειας και της διαθέσιμης μεταβολιστέας ενέργειας του σιτηρεσίου προς σύνθεση γάλακτος από τις αίγες με τους ισχυρούς αλληλόμορφους έναντι αυτών με τους αδύναμους αλληλόμορφους μπορεί να εξηγούν τις διαφορές στη σύνθεση του γάλακτος μεταξύ των δύο ομάδων ζώων (με ισχυρές και αδύναμες γενετικές παραλλαγές). Επιπλέον, αυτή η αποδοτικότητα επηρεάζεται ισχυρά από τα χαρακτηριστικά της διατροφής.

Έρευνες από τους Bonanno et al. (2013), πραγματοποιήθηκαν σε γαλακτοπαραγωγές αίγες οι οποίες διατρέφονταν με τρία διαφορετικά σιτηρέσια : το 1^ο περιείχε χλωρή χορτονομή (*Hedysarum coronarium* L.) (Φ.Χ.), το 2^ο χλωρή χορτονομή με 800 g/ημέρα καρπό κριθής (Φ.Χ.Κ.) και το 3^ο μίγμα σανού με 800 g/ημέρα καρπό κριθής (Μ.Σ.Κ.). Η έρευνα έδειξε ότι η διατροφή είχε ισχυρότερη επίδραση από τον γονότυπο της α_{s1} -CN. Το σιτηρέσιο Φ.Χ.Κ. οδήγησε σε μεγαλύτερη πρόσληψη ενέργειας, πεπτικότητα της Ξ.Ο. και παραγωγή γάλακτος. Η διατροφή με τη χλωρή χορτονομή (Φ.Χ. και Φ.Χ.Κ) αύξησε την πρόσληψη Ξ.Ο. και ολικών αζωτούχων ουσιών, αύξησε την πεπτικότητα των αζωτούχων ουσιών και την καζεΐνη του γάλακτος εν συγκρίσει με το σιτηρέσιο Μ.Σ.Κ..

Στην ίδια μελέτη επίσης, αναφορικά με το γονότυπο και τη σύνδεση της λειτουργίας του μεταβολισμού των αιγών, αυτές που είχαν την ισχυρή γενετική παραλλαγή AA παρουσίασαν υψηλότερη πεπτικότητα των αζωτούχων ουσιών σε συνδυασμό με χαμηλότερα επίπεδα ελεύθερης θυροξίνης (T4) και χοληστερόλης στο πλάσμα του αίματος από τις αίγες με τον αδύναμο γονότυπο (AF). Επιπλέον στην ίδια πειραματική μελέτη παρατηρήθηκε μια πτώση της τριωδιοθυρονίνης (T3) στις αίγες με τον αδύναμο γονότυπο AF, οι οποίες διατράφηκαν με το μίγμα σανού (Μ.Σ.Κ.), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές για τις AA αίγες. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι αίγες με υψηλότερο γενετικό δυναμικό ως προς την α_{s1} -CN παρουσίασαν καλύτερη αποτελεσματικότητα της χρησιμοποίησης της πρωτεΐνης και της ενέργειας, που ήταν προφανής σε επίπεδο πεπτικότητας, όπως και καλύτερη ανταπόκριση της παραγωγικής απόδοσης των ζώων στην πλούσια σε ενέργεια διατροφή. Μόνο οι ερευνητές Pagano et al. (2010b), μελέτησαν την επίδραση του γονοτύπου (ως προς την α_{s1} -CN) στις ορμόνες του θυρεοειδούς αδένα. Αυτοί βρήκαν, σε συμφωνία με

τους Bonanno et al. (2013), μια υψηλότερη σημαντικότητα της ορμόνης T3 στις AA αίγες από ότι στις FF αίγες και μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ διατροφής × γονοτύπου, λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης της ορμόνης στις AA αίγες που έλαβαν σιτηρέσιο με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο.

Επιπλέον, η παρουσία μιας σημαντικής αλληλεπίδρασης διατροφής × γονοτύπου καθόρισε τον τρόπο με τον οποίο οι AA αίγες, σε σύγκριση με τις AF αίγες, έδειξαν υψηλότερη πεπτικότητα της Ξ.Ο. (και ιδιαίτερα σε επίπεδο αζωτούχων ουσιών) και υψηλότερη παραγωγή γάλακτος όταν διατράφηκαν με το σιτηρέσιο Φ.Χ.Κ., που ήταν πιο πλούσιο σε ενέργεια. Αυτό καθόρισε ότι η καλύτερη αποδοτικότητα της χρησιμοποίησης της ενέργειας και των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου στηρίζεται στο επίπεδο της πεπτικότητας. Επιπλέον, αναφέρεται μια πιο ανεπτυγμένη υπόθεση βάσει της οποίας υπάρχει μια θετική επίδραση του ισχυρού γονοτύπου στην έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν την σύνθεση των ενζύμων της πέψης (Bonanno et al., 2013).

Οι μελέτες από τους Avondo et al. (2009), πραγματοποιήθηκαν σε 2 ομάδες αιγών, όπου η κάθε ομάδα είχε 8 αίγες ομόζυγες ως προς τις ισχυρές (AA) και τις αδύναμες (FF) γενετικές παραλλαγές της α_{s1} -καζεΐνης. Στις αίγες προσφέρθηκαν προς κατά βούληση κατανάλωση οι ζωοτροφές : σανός μηδικής, κριθάρι, αραβόσιτος, κουκιά και ηλιοπλακούντας σε μορφή πέλετ. Κατά μέσο όρο οι αίγες και των δύο ομάδων έδειξαν μια σημαντική προτίμηση στον αραβόσιτο, το κριθάρι και σανό μηδικής, ενώ κατανάλωσαν μικρότερες ποσότητες από τις ζωοτροφές με υψηλό περιεχόμενο σε αζωτούχες ουσίες (ηλιοπλακούς και κουκιά). Σε αυτήν την έρευνα διαπιστώθηκε ότι ο γονότυπος επηρέασε σημαντικά τη συμπεριφορά πρόσληψης τροφής γεγονός που φάνηκε μέσα από την επιλογή κατανάλωσης των κουκιών, η οποία ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα με τον ισχυρό γονότυπο AA. Επίσης, από την 2^η εβδομάδα του πειράματος η ομάδα AA κατανάλωσε περισσότερο αραβόσιτο από την FF ομάδα. Ως συνέπεια ο λόγος των πλούσιων σε ενέργεια ζωοτροφών προς τις πλούσιες σε αζωτούχα συστατικά ζωοτροφές ήταν υψηλότερος για την ομάδα με την AA ισχυρή παραλλαγή. Αν και υπήρχαν διαφορές στην επιλογή των ζωοτροφών, οι ολικές αζωτούχες ουσίες και το περιεχόμενο σε υδατάνθρακες των σιτηρεσίων που επιλέχθηκαν ήταν εκπληκτικά όμοια για τις δύο ομάδες ζώων. Η ομάδα με τον γονότυπο AA παρουσίασε αύξηση της παραγωγής γάλακτος πολύ υψηλότερη από την ομάδα με τον γονότυπο FF. Επίσης, τα ποσοστά της πρωτεΐνης και της καζεΐνης ήταν σημαντικά υψηλότερα για την ομάδα με τον ισχυρό γονότυπο,

με μια μέση παραγωγή καζεΐνης 68% υψηλότερη της AA ομάδας έναντι της FF ομάδας, ενώ η λακτόζη ήταν υψηλότερη στην ομάδα με τον αδύναμο γονότυπο. Η ουρία του γάλακτος ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα FF. Σε έρευνες από τους Schmidely et al. (2002) και de la Torre et al. (2008), σε καθορισμένες διατροφικές συνθήκες βρήκαν μεγαλύτερη κατανάλωση και καλύτερη απόδοση του σιτηρεσίου στις αίγες με ισχυρούς αλληλόμορφους. Επιπλέον, η αυξημένη κατανάλωση αραβοσίτου της AA ομάδας σε σύγκριση με την ομάδα FF οδήγησε, όπως προαναφέρθηκε, σε αυξημένη αναλογία των πλούσιων σε ενέργεια / των πλούσιων σε αζωτούχες ουσίες ζωοτροφών. Με αυτόν τον τρόπο πιθανόν η ομάδα AA βελτίωσε την αποδοτικότητα της σύνθεσης της μικροβιακής πρωτεΐνης και αύξησε την διαθεσιμότητα των αμινοξέων ώστε να συντεθεί η πρωτεΐνη του γάλακτος στο μαστό του ζώου. Στην πραγματικότητα έχει παρουσιαστεί σε ευρεία κλίμακα η θετική συσχέτιση της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης του γάλακτος με τη συγκέντρωση της ενέργειας του σιτηρεσίου (Pulina et al., 2008). Επιπρόσθετα, οι πλούσιες σε άμυλο ζωοτροφές, με τον αραβόσιτο να έχει χαμηλότερη πεπτικότητα από το κριθάρι και το μεγαλύτερο μέρος του να διαφεύγει τη μικροβιακή πέψη, θεωρείται ότι επηρεάζουν τη μικροβιακή ζύμωση και τη σύνθεση της μικροβιακής πρωτεΐνης και ότι είναι πιο αποδοτικός για την παραγωγή γάλακτος σε σύγκριση με το κριθάρι (Avondo et al., 2009). Επίσης, έρευνες από τους Caravaca et al. (2008), πρόσφατα τόνισαν ότι η φυλή-μαζί με συγκεκριμένο γονότυπο και/ή οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν να επιβραδύνουν την επίδραση των πολυμορφικών γονιδίων της α_{s1} -καζεΐνης στο ρυθμό σύνθεσής της.

Οι ερευνητές Schmidely et al. (2002), αναλύοντας τις διαφορετικές ποσότητες της α_{s1} -καζεΐνης ανάμεσα στα ζώα με τον ισχυρό και σε αυτά με τον αδύναμο γονότυπο (από την έρευνα των Avondo et al., 2009) αναφέρουν ότι αυτές οι μέγιστες διαφορές εξαρτώνται από το ενεργειακό επίπεδο των αιγών οι οποίες στο πείραμα των Avondo et al. (2009), βρίσκονταν μετά το μέγιστο της γαλακτοπαραγωγής και σε θετικό ισοζύγιο ενέργειας. Πράγματι η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα του γάλακτος μεταβάλλεται από την ενεργειακή πρόσληψη του σιτηρεσίου (de Peters and Cant, 1992). Επίσης, μια άλλη πιθανότητα, που εξηγεί το μηχανισμό που λειτουργεί και οδηγεί στη διαφορά της ποσότητας της α_{s1} -καζεΐνης στο γάλα των αιγών με ισχυρό και αδύναμο γονότυπο στην αρχή της γαλακτικής περιόδου, είναι ότι το μειωμένο περιεχόμενο του γάλακτος των αιγών με τον αδύναμο γονότυπο στην α_{s1} -καζεΐνη συνδέεται με μια χαμηλότερη ποσότητα mRNA της καζεΐνης στα γαλακτικά κύτταρα

τους (Martin and Grosclaude, 1993). Πιο πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η <<ωρίμανση>> των νεοσυντεθέντων καζεϊνών και η μεταφορά τους προς έκκριση από τα γαλακτικά κύτταρα του μαστού φάνηκε να καθυστερεί στις αίγες με τον αδύναμο γονότυπο FF σε σύγκριση με τις AA αίγες, με αυτόν τον τρόπο προκαλούν την ενσωμάτωση τους στην αδενοκυψελίδα του μαστού (Chanat et al., 1999). Ωστόσο δεν είναι γνωστό εάν αυτοί οι μηχανισμοί επηρεάζονται από το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής.

Οι διακυμάνσεις της διατροφής επηρεάζουν τις ποσότητες και τις συγκεντρώσεις των διαφορετικών πρωτεϊνικών κλασμάτων του γάλακτος (Devold et al., 2000). Συγκεκριμένα σ' αυτή τη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε σε αγελάδες (Norwegian Red Cattle), παρουσιάστηκε μια σημαντική επίδραση του συστήματος διατροφής στο περιεχόμενο των πρωτεϊνών του ορού και στον αριθμό των καζεϊνών του γάλακτος.

1.5. Η πέψη και ο μεταβολισμός των υδατανθράκων

Η τροφή και το νερό εισέρχονται στη μεγάλη κοιλία, όπου η τροφή υφίσταται μερική ζύμωση, από την οποία παράγονται κυρίως πτητικά λιπαρά οξέα (ΠΛΟ), μικροβιακά κύτταρα και αέρια (όπως μεθάνιο-CH₄- και διοξείδιο του άνθρακα-CO₂). Τα αέρια αποβάλλονται με την ερυγή και τα ΠΛΟ απορροφώνται κυρίως από τα τοιχώματα της μεγάλης κοιλίας. Τα μικροβιακά κύτταρα, μαζί με τα τεμαχίδια της άπεπτης τροφής, περνούν στο ήνυστρο και το λεπτό έντερο. Στο λεπτό έντερο το μεγαλύτερο μέρος της πέψης διεξάγεται στη περιοχή του δωδεκαδακτύλου από τη δράση των ενζύμων μικροβιακής προέλευσης και στη συνέχεια η απορρόφηση των προϊόντων της πέψης πραγματοποιείται κυρίως στη νήστιδα. Στο παχύ έντερο ακολουθεί μια δεύτερη φάση μικροβιακής πέψης, όπου τα ΠΛΟ απορροφώνται, αλλά τα μικροβιακά κύτταρα μαζί με τα μη πεφθέντα ή πεφθέντα αλλά μη απορροφηθέντα συστατικά της τροφής αποβάλλονται με τη κόπρο (Ζέρβας, 2005).

Η διάσπαση των υδατανθράκων στη μεγάλη κοιλία μπορεί να διακριθεί σε δυο στάδια: στο **πρώτο** κατά το οποίο οι σύνθετοι υδατάνθρακες διασπώνται σε απλά σάκχαρα, τα οποία σπανίως ανιχνεύονται στο υγρό της μεγάλης κοιλίας, επειδή παραλαμβάνονται άμεσα και μεταβολίζονται ενδοκυτταρικά από τους μικροοργανισμούς και στο **δεύτερο** κατά το οποίο ο κύριος μεταβολίτης, που είναι το

πυροσταφυλικό οξύ το οποίο παράγεται από την υδρόλυση των υδατανθράκων κατά το πρώτο στάδιο, δίνει ως τελικά προϊόντα της πέψης (ζύμωσης) των υδατανθράκων τα ΠΛΟ οξικό, προπιονικό και βουτυρικό, καθώς και τα αέρια CO₂ και CH₄.

Το **πυροσταφυλικό οξύ**, που προέρχεται από τον καταβολισμό των πάσης φύσεως υδατανθράκων, καταβολίζεται κατ' αρχήν και ανάλογα με το είδος των μικροοργανισμών ή με την τρανσκετολάση σε **μυρμηκικό οξύ** και **ακετυλοσυνένζυμο Α** ή σε **ηλεκτρικό οξύ** ή σε μίγμα 40% **d** και 60% **l-γαλακτικού οξέος**.

Τα βασικά αυτά προϊόντα μεταβολίζονται ακολούθως από τους ίδιους ή άλλους μικροοργανισμούς προς άλλα προϊόντα. Έτσι, το μυρμηκικό οξύ διασπάται ταχέως προς CO₂ και H₂ ή μετατρέπεται σε CH₄, στην δεύτερη περίπτωση είναι αναγκαία η συμμετοχή του κοβαλαμιδίου που αποτελεί μια προβαθμίδα της βιταμίνης B₁₂ (για τη σύνθεση της οποίας απαιτείται η παρουσία Co). Το ακετυλοσυνένζυμο Α μεταβολίζεται σε οξικό ή βουτυρικό οξύ ή αιθυλική αλκοόλη, το δε γαλακτικό οξύ είτε σε πυροσταφυλικό και μέσω αυτού συνήθως σε οξικό ή βουτυρικό, είτε, όταν το pH είναι 5,0-5,5, σε προπιονικό μέσω του ακρυλικού οξέος. Προπιονικό οξύ παράγεται επίσης από το ηλεκτρικό οξύ (που είναι η συνηθέστερη περίπτωση) και εφόσον η αναγωγική ισχύς εντός των προστομάχων είναι υψηλή (Ζέρβας, 2005).

Τα κύρια τελικά προϊόντα της διάσπασης των υδατανθράκων της τροφής στους προστομάχους, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι το **οξικό**, το **προπιονικό** και το **βουτυρικό οξύ**, από δε τα αέρια το **CO₂** και το **CH₄**. Το CH₄ παράγεται κυρίως από το βακτήριο *Methanobacterium ruminantium*, είτε κατά την αντίδραση:

$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$, είτε απευθείας από το μυρμηκικό οξύ.

Άλλα λιπαρά οξέα που σχηματίζονται στη μεγάλη κοιλία, αλλά γενικά σε μικρές ποσότητες, από την απαμίνωση των αμινοξέων είναι: το ισοβουτυρικό οξύ από τη βαλίνη, το βαλερικό από την προλίνη, το 2-μεθυλο-βουτυρικό από την ισολευκίνη και το 3-μεθυλο-βουτυρικό οξύ από τη λευκίνη. Επίσης, όταν το σιτηρέσιο απαρτίζεται από μεγάλο ποσοστό ΣΖ, επικρατεί η παραγωγή προπιονικού οξέος από γαλακτικό και ακρυλικό οξύ, ενώ, όταν το σιτηρέσιο περιέχει πολλές ΧΖ με υψηλό ποσοστό ΙΟ, το προπιονικό παράγεται από το ηλεκτρικό οξύ. Με σιτηρέσια στα οποία το ποσοστό των ΣΖ είναι υψηλό και εφόσον το pH<5 παράγεται άφθονο γαλακτικό οξύ, η συσσώρευση του οποίου στη μεγάλη κοιλία μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση της μεταβολικής νόσου που ονομάζεται οξέωση ή γαλακτοξαιμία.

Ένα υψηλό ποσοστό από τη συνολική ποσότητα των οξέων απορροφάται άμεσα από τη μεγάλη κοιλία, τον κεκρύφαλο και τον εχίνο, αν και ένα ποσοστό της τάξης του 10-20% μπορεί να περάσει στο ήνυστρο και να απορροφηθεί στη συνέχεια στο λεπτό έντερο (Ζέρβας, 2005).

Ο μεταβολικός ρόλος των υδατανθράκων είναι ιδιαίτερα αξιόλογος, διότι:

α) εφοδιάζουν τον οργανισμό με σημαντικά ποσά ενέργειας με τη μορφή ATP ή ανηγμένων συνεχζύμων $\text{NADH} + \text{H}^+$ ή $\text{NADPH} + \text{H}^+$, που είναι αναγκαία για τις βιοσυνθέσεις ή μπορούν να οξειδώνονται στην αναπνευστική αλυσίδα, οπότε πάλι παράγεται ATP.

β) πολλοί μεταβολίτες της γλυκόζης είναι άμεσοι πρόδρομοι ενώσεων που συντίθενται από τον οργανισμό, όπως π.χ. η φωσφορογλυκερίνη για τη σύνθεση λιπιδίων, μερικές φωσφοροπεντόζες για τη σύνθεση νουκλεοτιδίων και νουκλεοξέων, άλλοι μεταβολίτες για τη σύνθεση αμινοξέων κ.ά. και

γ) οι μεταβολίτες της γλυκόζης δρουν ως ενεργοποιητές ή παρεμποδιστές ενζυμικών συστημάτων, επηρεάζοντας έτσι τη χρησιμοποίηση πολλών θρεπτικών συστατικών της τροφής (Ζέρβας, 2005).

Την πέψη ακολουθεί η απορρόφηση και ο μεταβολισμός κατά τον οποίο το βουτυρικό οξύ μετατρέπεται κατά τη δίοδό του, μέσω του τοιχώματος της μεγάλης κοιλίας προς την πυλαία κυκλοφορία, προς (D-)-β- υδροξυβουτυρικό οξύ (β-YBO). Το οξικό οξύ και το β-YBO περνούν από το ήπαρ, μέσω της συστηματικής κυκλοφορίας του αίματος, στα διάφορα όργανα και ιστούς όπου χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας και στη σύνθεση λιπαρών οξέων.

Σε όλα τα είδη ζώων, πλην των μηρυκαστικών, η γλυκόζη παράγεται από την πέψη των υδατανθράκων της τροφής. Όταν αυτή δεν επαρκεί, τότε συντίθεται από άλλες πηγές, όπως γαλακτικό, γλυκερίνη και γλυκοζοπλαστικά αμινοξέα (νεογλυκογένεση). Στα μηρυκαστικά, αντίθετα, ελάχιστη ποσότητα γλυκόζης που προέρχεται από την τροφή είναι διαθέσιμη, αν και οι ανάγκες σε γλυκόζη δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δυο αυτών κατηγοριών παραγωγικών ζώων. Η κύρια πηγή γλυκόζης στα μηρυκαστικά ζώα είναι το προπιονικό οξύ, το 90% περίπου του οποίου χρησιμοποιείται για σύνθεση γλυκόζης. Κάτω από κανονικές συνθήκες διατροφής το προπιονικό καλύπτει περί το 70% των αναγκών των μηρυκαστικών σε γλυκόζη, αλλά η σημασία του βαίνει μειούμενη, καθώς το επίπεδο διατροφής (ΕΔ) μειώνεται. Σε περίπτωση ασιτίας η συμμετοχή του προπιονικού σχεδόν μηδενίζεται, οπότε στη νεογλυκογένεση γίνεται σημαντική η συμμετοχή της γλυκερίνης.

Το προπιονικό οξύ μετατρέπεται (μεταβολίζεται) στο ήπαρ σε γλυκόζη, η οποία ενώνεται με τη γλυκόζη που υπάρχει ήδη στο ήπαρ. Μέρος αυτής μετατρέπεται σε γλυκογόνο το οποίο αποθηκεύεται στον οργανισμό, ή σε λιπαρά οξέα, ανηγμένα συνένζυμα και 3-φωσφορική-1-γλυκερίνη για σύνθεση τριγλυκεριδίων. Η υπόλοιπη ποσότητα γλυκόζης εισέρχεται στη συστηματική κυκλοφορία του αίματος και μεταφέρεται στους διάφορους ιστούς του σώματος, όπου χρησιμοποιείται είτε ως πηγή ενέργειας, είτε ως πηγή συνενζύμων για σύνθεση λιπαρών οξέων και γλυκογόνου.

1.6. Παραγωγή και χαρακτηριστικά του γάλακτος

1.6.1. Χαρακτηριστικά του γάλακτος

Στο τμήμα αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του γάλακτος των μυρρηκαστικών όπως αναφέρονται από την Μοάτσου (2009). Το γάλα είναι η χαρακτηριστική έκκριση του μαστού των θηλαστικών ζώων και προορίζεται από τη φύση να αποτελεί τη μοναδική τροφή των νεογνών τους στα πρώτα στάδια της ζωής τους. Επομένως, αποτελεί την πιο πλήρη απλή φυσική τροφή, επειδή περιέχει συστατικά που εφοδιάζουν τον οργανισμό με ενέργεια (λίπος, λακτόζη), με δομικά συστατικά (πρωτεΐνες, ανόργανα άλατα) και με επαρκείς ποσότητες βιταμινών και ιχνοστοιχείων για την πραγματοποίηση των βιοχημικών διεργασιών που είναι απαραίτητες για τη ζωή. Το γάλα κάθε είδους θηλαστικού αποτελεί ιδανική τροφή μόνο για τα νεογνά του και μόνο για τα πρώτα στάδια της ζωής του και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται μόνο από αυτά. Κατά κανόνα, όσο ταχύτερη είναι η ανάπτυξη του νεογνού ενός είδους θηλαστικού τόσο πλουσιότερο είναι το γάλα της μητέρας του σε θρεπτικά συστατικά, ιδιαίτερα σε πρωτεΐνες, ασβέστιο και φώσφορο. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί για τη διατροφή του και το γάλα άλλων θηλαστικών, κατά κανόνα των μηρυκαστικών, και μάλιστα σε όλες τις ηλικίες του.

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius του FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), ως γάλα ορίζεται η φυσιολογική έκκριση του μαστού που λαμβάνεται από μια ή περισσότερες αμέλξεις, χωρίς καμιά προσθήκη ή αφαίρεση, η οποία προορίζεται να καταναλωθεί ως πόσιμο γάλα ή για περαιτέρω επεξεργασία. Γαλακτοκομικό προϊόν είναι το προϊόν που προκύπτει από οποιαδήποτε

επεξεργασία του γάλακτος, το οποίο μπορεί να περιέχει πρόσθετα τρόφιμα ή άλλα συστατικά απαραίτητα για την προετοιμασία του.

Το γάλα μπορεί να περιγραφεί ως ένα κολλοειδές εναιώρημα που περιέχει γαλακτωματοποιημένα σφαιρίδια λίπους, μια ετερογενή ομάδα πρωτεϊνών, τον υδατάνθρακα λακτόζη, άλατα, βιταμίνες και ένζυμα. Τα γάλατα των θηλαστικών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα, έχουν παρόμοια γενικά χαρακτηριστικά και περιέχουν μια μεγάλη ποικιλία όμοιων συστατικών, σε σημαντικά διαφορετικές όμως αναλογίες. Το είδος του γάλακτος που έχει μελετηθεί περισσότερο είναι το αγελαδινό, γιατί παράγεται σε μεγάλες ποσότητες κυρίως σε χώρες οικονομικά και τεχνολογικά προηγμένες. Αν και το αγελαδινό πλήρες γάλα είναι υγρή τροφή, περιέχει κατά μέσο όρο περίπου 12% στερεά συστατικά, από τα οποία το 8,6% είναι στερεά συστατικά άνευ λίπους. Περιέχει σε μεγάλη σχετική αναλογία, πρωτεΐνες, λίπος και λακτόζη που μαζί με τα άλατα αποτελούν τα κύρια συστατικά του και προσδιορίζουν κατά κύριο λόγο τη διατροφική και εμπορική του αξία. Εκτός των κύριων συστατικών του, περιέχει και εκατοντάδες άλλα συστατικά σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, π.χ. βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και ένζυμα που καθορίζουν τις βιολογικές και τεχνολογικές του ιδιότητες.

Επιπλέον, το γάλα αποτελεί πλούσιο θρεπτικό υπόστρωμα για ποικίλους μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωσή του. Στο γάλα περιέχονται επίσης και σωματικά κύτταρα που προέρχονται από το ανοσοποιητικό σύστημα των ζώων με διάμετρο ~ 10μm, τα οποία όμως δεν θεωρούνται συστατικά του γάλακτος με τη στενή έννοια. Σε γάλα υγιών ζώων ο αριθμός τους είναι ~ 100.000/mL, ο οποίος αυξάνει όταν το ζώο πάσχει από μολύνσεις του μαστού (μαστίτιδες).

Το συστατικό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στο γάλα είναι το **νερό**, μέσα στο οποίο βρίσκονται σε διασπορά όλα τα άλλα συστατικά του, τα οποία αποτελούν το σύνολο των στερεών του συστατικών. Η **λακτόζη** είναι ο χαρακτηριστικός υδατάνθρακας του γάλακτος. Είναι αναγωγικός δισακχαρίτης που αποτελείται από γλυκόζη και γαλακτόζη. Το **λίπος** του γάλακτος αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια, τα λιπαρά οξέα των οποίων διαφέρουν πολύ ως προς το μέγεθος (2-20 άτομα C) και τον αριθμό των διπλών δεσμών (0-4 δ.δ.). Σε μικρότερες συγκεντρώσεις απαντώνται και άλλα λιπίδια, όπως φωσφολιπίδια, χοληστερόλη, ελεύθερα λιπαρά οξέα και διγλυκερίδια. Το 80% των **πρωτεϊνών του γάλακτος** αποτελεί την **καζεΐνη**, η οποία είναι μίγμα περίπου 10 διαφορετικών συστατικών και

είναι αδιάλυτη σε pH 4,6. Το υπόλοιπο 20% των πρωτεϊνών που είναι διαλυτό σε pH 4,6 αποτελείται από τις **πρωτεΐνες του ορού** και από πολυάριθμες άλλες πρωτεΐνες, όπως είναι τα ένζυμα, τα οποία αν και βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις έχουν σημαντική δραστηριότητα στο γάλα. Τα **άλατα** του γάλακτος είναι κυρίως απλά ή σύμπλοκα, ιονισμένα κατά ένα μέρος. Στην πλειονότητά τους είναι φωσφορικά, κιτρικά, χλωριούχα, θειικά, ανθρακικά και δισανθρακικά άλατα των K, Na, Ca και Mg. Τα άλατα του γάλακτος δεν περιγράφονται απολύτως με τους όρους <<μεταλλικά>> ή <<ανόργανα>> συστατικά αφού πολλά από αυτά είναι οργανικά, όπως π.χ. τα κιτρικά.

Η **δομή** του γάλακτος αφορά στον τρόπο με τον οποίο βρίσκονται τα συστατικά μέσα στο γάλα. Τα γάλα από φυσικοχημική άποψη είναι πολύ σύνθετο βιολογικό υγρό και τα κυριότερα δομικά στοιχεία του είναι:

- Η λιπαρή φάση του γάλακτος που βρίσκεται στο γάλα με τη μορφή μικρών σφαιριδίων, των **λιποσφαιρίων**, που αποτελούνται από έναν ετερογενή πυρήνα τριγλυκεριδίων, ο οποίος περιβάλλεται από μεμβράνη πρωτεϊνικής κυρίως φύσης.
- Τα **καζεϊνικά μικκύλια** είναι μικρά τεμαχίδια που αποτελούνται από καζεΐνη, νερό, άλατα και ένζυμα.
- Οι **πρωτεΐνες του ορού** είναι κυρίως σφαιρικές πρωτεΐνες και βρίσκονται στο γάλα ως μεμονωμένα μόρια ή μικρά ολιγομερή.
- Τα διαλυτά συστατικά του γάλακτος όπως η λακτόζη, τα άλατα, οι βιταμίνες και άλλα μικρά μόρια.

1.6.2. Έκκριση του γάλακτος

Οι συνοπτικές πληροφορίες που παρατίθενται σχετικά με την έκκριση του γάλακτος προέρχονται από τους Ρογδάκη (1995) και Μοάτσου (2009). Το γάλα συντίθεται στους μαστούς των γαλακτοφόρων ζώων από συστατικά που μεταφέρονται εκεί από το αίμα. Αν και οι μαστοί διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων ειδών, η βασική δομή τους είναι ίδια. Η διάπλαση του μαστού συνδέεται με την παραγωγικότητά του, την υγιεινή του κατάσταση και την ευχέρεια με την οποία

αμέλγεται. Ο μαστός της αγελάδας αποτελείται από 4 ανεξάρτητα τμήματα που υποστηρίζονται από δικά τους συστήματα νεύρων, αιμοφόρων και λεμφοφόρων αγγείων και καταλήγουν σε ξεχωριστές θηλές. Οι μαστοί των προβάτων και των αιγών αποτελούνται από δυο μόνο τμήματα (αριστερό- δεξιό). Οι διάφοροι τύποι μαστών που συναντάμε στις αίγες είναι ο απιοειδής ή φιαλόμορφος, ο ωοειδής και ο σφαιρικός. Για τη συγκράτηση των μαστικών αδένων είναι απαραίτητη μια συσκευή ανάρτησης, η οποία στηρίζει το αδενώδες παρέγχυμα. Το αδενώδες σώμα του μαστού αποτελείται από το αδενώδες παρέγχυμα, τους γαλακτοφόρους πόρους, το γαλακτοφόρο κόλπο και το στρώμα, δηλαδή το σύνολο του συνδετικού ιστού του αδένου (Ρογδάκης, 1995).

Η σύνθεση του γάλακτος γίνεται στα **γαλακτικά κύτταρα** (ή εκκριτικά μαστικά κύτταρα), τα οποία αποτελούν ένα μονόστιβο στρώμα επιθηλιακών κυττάρων στο εσωτερικό μιας περισσότερο ή λιγότερο σφαιρικής κοιλότητας, που ονομάζεται αδενοκυψελίδα. Μεταξύ των γαλακτικών κυττάρων και της βασικής μεμβράνης παρεμβάλλονται μυοεπιθηλιακά κύτταρα, τα οποία αποτελούν το εκτελεστικό όργανο του αντανεκλαστικού της καθόδου του γάλακτος. Τα συστατικά του γάλακτος εκκρίνονται από τα γαλακτικά κύτταρα προς το εσωτερικό της κοιλότητας της αδενοκυψελίδας. Οι αδενοκυψελίδες είναι μικροσκοπικοί αδένες ορατοί με το μικροσκόπιο, διάσπαρτοι μέσα στο μαστό, οι οποίοι συγκρατούνται από συνδετικό ιστό. Εξωτερικά η μεμβράνη που καλύπτει την αδενοκυψελίδα περιβάλλεται από δίκτυο αιμοφόρων και λεμφοφόρων αγγείων. Το δίκτυο αυτό αφενός εφοδιάζει με θρεπτικά συστατικά και αφετέρου απομακρύνει προϊόντα ανταλλαγής της ύλης. Συγκεκριμένα, ο μαστός των αγελάδων τροφοδοτείται με αίμα, κυρίως από την έξω αιδοϊκή αρτηρία, η οποία μετά την είσοδό της στο μαστό διακλαδίζεται σε δυο κλάδους, την εμπρόσθια και την οπίσθια μαστική αρτηρία. Η απαγωγή του χρησιμοποιηθέντος αίματος πραγματοποιείται από τις τριχοειδείς διακλαδώσεις των φλεβών, οι οποίες συνενώνονται σε ολοένα μεγαλύτερες διακλαδώσεις, έως ότου σχηματιστούν τρεις κύριες φλέβες, με τις οποίες απομακρύνεται το αίμα. Εξίσου πυκνό με το αιμοφόρο σύστημα του μαστού είναι και το λεμφοφόρο. Επίσης, η αδενοκυψελίδα περιβάλλεται από πλέγμα νευρικών κυττάρων. Το σπουδαιότερο νεύρο του μαστού είναι το έξω σπερματικό νεύρο. Η αποβολή του γάλακτος από το εσωτερικό της γεμάτης αδενοκυψελίδας γίνεται με τη βοήθεια της ορμόνης ωκυτοκίνης διαμέσου μικροσκοπικών **εκφορητικών πόρων** οι οποίοι συγκλίνουν σε ολοένα μεγαλύτερους πόρους. Οι αδενοκυψελίδες

διατάσσονται σε ομάδες ανά 150 έως 200, ενώνονται σε κοινό εκφορητικό πόρο και περιβάλλονται από συνδετικό ιστό, σχηματίζοντας τα λωβία του μαστικού αδένου. Πολλά λωβία μαζί συνενώνονται με ένα κοινό περίβλημα από συνδετικό ιστό και καταλήγουν σε ευρύτερο αγωγό αποτελώντας ένα **λωβό**. Πολλοί λωβοί εκβάλλουν σε 8-12 **γαλακτικούς πόρους** που διατρέχουν επιφανειακά το μαστό και καταλήγουν στο **γαλακτικό κόλπο**. Ο γαλακτοφόρος κόλπος αποτελείται από δυο τμήματα, το μαστικό τμήμα που είναι ευρύτερο και βρίσκεται πάνω από τη θηλή και το θηλαίο τμήμα που βρίσκεται εντός της θηλής. Ο γαλακτοφόρος κόλπος στα μικρά μηρυκαστικά και ιδιαίτερα στην αίγα είναι αναλογικά περισσότερο ανεπτυγμένος. Τέλος, από το γαλακτοφόρο κόλπο εκτείνεται διαμέσου της θηλής ο θηλαίος ή εκφορητικός πόρος, ο οποίος στο κάτω άκρο φέρει σφικτήρα από λείες μυϊκές ίνες, ενώ στο άνω άκρο φέρει πτυχές. Αυτή η διόδος στο άκρο της θηλής έχει μήκος 1-1,5cm και η παρουσία των σφικτήρων και των πτυχών του θηλαίου πόρου εμποδίζουν την εκροή του γάλακτος από το γαλακτοφόρο κόλπο και την είσοδο των μικροοργανισμών στο μαστό.

Καθώς οι αδενοκυψελίδες εκκρίνουν γάλα, η εσωτερική πίεση αυξάνει και τελικά η έκκριση του γάλακτος σταματά όταν η πίεση υπερβεί ένα συγκεκριμένο όριο και το ζώο δεν έχει αμελχθεί. Η αύξηση της πίεσης ωθεί ένα μέρος του γάλακτος προς τους γαλακτοφόρους πόρους και τη θηλή. Όταν ο μαστός είναι τελείως γεμάτος μόνο το 20-40% βρίσκεται στη περιοχή του γαλακτικού κόλπου. Το υπόλοιπο 60-80% του γάλακτος αποθηκεύεται στις αδενοκυψελίδες και στους μικρούς γαλακτικούς πόρους, οι οποίοι είναι πολύ στενοί. Επομένως, το γάλα δεν μπορεί να βγει από αυτούς αυθόρμητα, χωρίς την άσκηση πίεσης. Η έκκριση και η έξοδος του γάλακτος ρυθμίζεται με πολύπλοκο τρόπο από μια ομάδα ορμονών, οι κυριότερες από τις οποίες είναι τα οιστρογόνα, η προγεστερόνη, η αυξητική ορμόνη, η προλακτίνη και τα κορτικοειδή. Η ορμόνη ωκυτοκίνη, η οποία εκκρίνεται από τον οπίσθιο λοβό της υπόφυσης, προκαλεί σύσπαση των μυϊκών κυττάρων που περιβάλλουν κάθε αδενοκυψελίδα, με αποτέλεσμα την έξοδο του γάλακτος από αυτές. Απελευθερώνεται στο αίμα και φθάνει σε 1 min στο μαστό όταν η αγελάδα δεχθεί το κατάλληλο ερέθισμα. Τέτοια ερεθίσματα είναι η προσπάθεια του μικρού μοσχαριού να θηλάσει ή οι θόρυβοι, οι μυρωδιές και οι προετοιμασίες που συνδέονται με την άμελξη. Η αύξηση της πίεσης που δημιουργείται στο μαστό ονομάζεται <<κατέβασμα>> του γάλακτος και προκαλεί μεταφορά του γάλακτος στο μαστό ή το θηλαίο κόλπο, από όπου αυτό εξέρχεται με την άμελξη ή το θηλασμό. Το

<<κατέβασμα>> του γάλακτος εξασθενεί και σταματά μετά από 5-8 min, οπότε η ωκυτοκίνη αραιώνεται και αποικοδομείται στο αίμα. Σε αυτό το χρονικό διάστημα πρέπει να ολοκληρωθεί και η άμελξη. Η πρόκληση του αντανακλαστικού της καθόδου του γάλακτος έχει μεγάλη σημασία γιατί κατά την άμελξη χωρίς τη βοήθεια της ωκυτοκίνης παραλαμβάνεται μόνο το 30% του γάλακτος που υπάρχει στο μαστό. Οι απότομες αλλαγές στο περιβάλλον, η πρόκληση πόνου ή φόβου πριν ή κατά άμελξη αναστέλλουν την έκκριση της ωκυτοκίνης ή προκαλούν την έκκριση αδρεναλίνης, με αποτέλεσμα τη στένωση των αγγείων και την παρεμπόδιση του <<κατεβάσματος>> του γάλακτος.

Όπως προαναφέρθηκε, η σύνθεση του γάλακτος γίνεται στα γαλακτικά κύτταρα με πρόδρομα συστατικά που παρέχονται με την κυκλοφορία του αίματος. Περίπου 500 L αίματος χρειάζονται για τη δημιουργία ενός λίτρου γάλακτος και περίπου 30.000 L αίματος κυκλοφορούν στην περιοχή του μαστού ημερησίως. Οι πρόδρομες ουσίες προέρχονται από φυτικές ύλες με τις οποίες τρέφονται τα ζώα (κυτταρίνη, άμυλο, πρωτεΐνες, λίπη, άλατα, βιταμίνες) και το νερό. Για κάθε 1 L γάλακτος χρειάζονται 3-4 L νερού. Η πλειοψηφία των κύριων συστατικών του γάλακτος βιοσυντίθενται στο μαστό και ανάλογα με την προέλευσή τους, κατατάσσονται σε 4 κατηγορίες :

- Συντίθενται στο μαστό και καθορίζονται από το γενετικό υλικό, όπως είναι τα λιπίδια και οι κυριότερες πρωτεΐνες.
- Συντίθενται στο μαστό αλλά δεν καθορίζονται από το γενετικό υλικό, όπως είναι η λακτόζη.
- Καθορίζονται από το γενετικό υλικό, αλλά δεν συντίθενται στο μαστό, όπως η αλβουμίνη ορού του αίματος και μερικές ανοσογλοβουλίνες.
- Δεν συντίθενται στο μαστό και δεν καθορίζονται από το γενετικό υλικό, όπως είναι το νερό, τα άλατα και οι βιταμίνες.

1.6.3. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος

Επειδή το θέμα της παρούσας μελέτης αφορά στο πρωτεϊνικό κλάσμα του αίγειου γάλακτος, ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίαση σχετικά με το θέμα αυτό (βασίζεται στους Fox 2003 και Μοάτσου 2009). Τα αζωτούχα συστατικά του

γάλακτος αποτελούνται κατά 95% από πρωτεϊνικής φύσης συστατικά, ενώ το υπόλοιπο 5% είναι αζωτούχα συστατικά μικρού μοριακού βάρους. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος συγκροτούν ένα πολύπλοκο μίγμα, του οποίου τα επιμέρους συστατικά απομονώνονται δύσκολα. Θεωρούνται από τους περισσότερους ερευνητές το πιο σημαντικό από τα συστατικά του γάλακτος, επειδή: α) είναι κύρια συστατικά του γάλακτος, η σταθερότητα των οποίων είναι αποτέλεσμα της μικκυλιακής δομής των καζεϊνών, β) έχουν μοναδικές ιδιότητες που επιτρέπουν τη μετατροπή του γάλακτος σε προϊόντα με εντελώς διαφορετικές ιδιότητες, όπως το γιαούρτι και το τυρί, γ) οι θερμικές επεξεργασίες που εφαρμόζονται στο γάλα εξαρτώνται από τη σταθερότητα στη θέρμανση των πρωτεϊνικών του συστατικών, και δ) είναι από διατροφική άποψη το πιο σημαντικό συστατικό του γάλακτος καθώς εκτός από απαραίτητα αμινοξέα παρέχουν Ca και P στον οργανισμό, ενώ ορισμένες από αυτές παρουσιάζουν ειδικές βιολογικές δράσεις.

Εφόσον η βιοσύνθεση των πρωτεϊνών του γάλακτος ελέγχεται γενετικά, είναι αναμενόμενο ότι το γάλα διαφορετικών φυλών αλλά και διαφορετικών ατόμων της ίδιας φυλής μπορεί να περιέχει διαφορετική ποσότητα συνολικών ή επιμέρους πρωτεϊνών. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες εξαρτάται από το είδος του ζώου, π.χ. στο αγελαδινό γάλα είναι 3,2%, στο πρόβειο 5,6% και στο αίγιο 3,6% κατά μέσο όρο. Η περιεκτικότητα κάθε είδους γάλακτος σε αζωτούχα συστατικά επηρεάζεται κυρίως από τη φυλή και την ατομικότητα του ζώου, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, την κατάσταση υγείας του μαστού και τη διατροφή του ζώου.

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος διαιρούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες που διαφέρουν μεταξύ τους από φυσικοχημική άποψη: στις **καζεΐνες** που είναι αδιάλυτες (καταβυθίζονται) σε pH 4,6 στους 20°C και αποτελούν περίπου το 80% του συνόλου των πρωτεϊνών και στις **πρωτεΐνες του ορού** που παραμένουν διαλυτές στον ορό γάλακτος κάτω από αυτές τις συνθήκες και οι οποίες αποτελούν το υπόλοιπο 20%. Αυτές και οι δυο κατηγορίες είναι ετερογενείς και αποτελούνται από πολλές διαφορετικές πρωτεΐνες (Πίνακας 1.1), (Μοάτσου, 2009).

Από τεχνολογική άποψη, οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ δυο αυτών ομάδων πρωτεϊνών είναι :

- Σε αντίθεση με τις καζεΐνες, οι πρωτεΐνες του ορού δεν κατακρημνίζονται σε pH 4,6, όπως προκύπτει και από τον ορισμό της καζεΐνης.

- Η χυμοσίνη, καθώς και άλλες πρωτεάσες (γνωστές ως πυτιές) επιφέρουν μια περιορισμένη, αλλά πολύ ειδική αλλαγή στην καζεΐνη, που οδηγεί στην πήξη της, εφόσον υπάρχουν ιόντα Ca^{2+} . Αυτό δεν συμβαίνει με τις πρωτεΐνες του ορού. Η πήξη των καζεϊνών με τη δράση της πυτιάς εφαρμόζεται κατά την παρασκευή τυριών, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού σε αυτή την περίπτωση απομακρύνονται με το τυρόγαλα.
- Η καζεΐνη είναι πολύ σταθερή σε υψηλές θερμοκρασίες και μπορεί να θερμανθεί στους 100 °C για πολλές ώρες χωρίς να πήξει, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού μετουσιώνονται με θέρμανση στους 90 °C για 10 min.
- Η καζεΐνη είναι φωσφοροπρωτεΐνη που περιέχει 0,85% φώσφορο. Οι φωσφορικές ομάδες της καζεΐνης προσδένουν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, το οποίο αυξάνει πολύ τη διατροφική αξία της και καθορίζει την τεχνολογική συμπεριφορά της.
- Η καζεΐνη περιέχει μικρή ποσότητα θείου, προερχόμενου από τα αμινοξέα κυστεΐνη, μεθειονίνη αντίθετα με τις πρωτεΐνες του ορού που περιέχουν 1,7%.
- Η καζεΐνη συντίθεται στο μαστό και δεν βρίσκεται πουθενά αλλού στη φύση. Μερικές από τις πρωτεΐνες του ορού (αλβουμίνη ορού, ανοσογλοβουλίνες) προέρχονται από το αίμα.
- Η καζεΐνη βρίσκεται στο γάλα με τη μορφή των καζεϊνικών μικκυλίων που είναι κολλοειδή συσσωματώματα με διάμετρο 20-400 nm, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού βρίσκονται ως σωματίδια κολλοειδούς διαλύματος με διάμετρο 3-6 nm.

Πίνακας 1.1. Πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος (Walstra et al. 1999, και Smit 2003, από την Μοάτσου 2009).

Πρωτεΐνες	Συγκέντρωση στο γάλα (g/kg)	Μέγεθος (Da)	Αριθμός Αμινοξέων
Καζεΐνες	26		
α _{s1} -καζεΐνη	10,0	~23600	199
α _{s2} -καζεΐνη	2,6	~25200	207
β-καζεΐνη	9,3	~24000	209
κ-καζεΐνη	3,3	~19550	169
γ-καζεΐνη	0,8	~20500	Τμήματα της β-καζεΐνης
Πρωτεΐνες του ορού	6,3		
Β-γαλακτογλοβουλίνη	3,2	18283	162
α-γαλακτοαλβουμίνη	1,2	14176	123
Αλβουμίνη ορού	0,4	66267	582
Πρωτεόζες – πεπτόνες	0,8	4000-40000	
Ανοσογλοβουλίνες (IgG, IgA, IgM)	0,8	150000-900000	
Λακτοφερίνη	0,1	86000	
Άλλες πρωτεΐνες	~0,1		

1.6.3.1. Η καζεΐνη

Με τον όρο καζεΐνη ή ολική καζεΐνη ορίζεται μια ετερογενής ομάδα πρωτεϊνών, δηλαδή μια ομάδα διαφορετικών πρωτεϊνών, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την αμινοξική τους σύσταση και τη συμπεριφορά τους κατά την πήξη του γάλακτος με πυτιά. Ο όρος **κολλοειδές φωσφοροκαζεϊνικό ασβέστιο** χρησιμοποιείται ως χημική περιγραφή της καζεΐνης του γάλακτος.

Οι καζεΐνες αποτελούν το κύριο πρωτεϊνικό κλάσμα στο αγελαδινό γάλα, στο οποίο αντιπροσωπεύουν περίπου το 80% της συνολικής πρωτεΐνης. Από την άλλη πλευρά, στο γάλα του ανθρώπου η καζεΐνη αποτελεί μόνο το 20-40% της ολικής

πρωτεΐνης. Οι καζεΐνες δεν κατηγοριοποιούνται εύκολα λόγω της ετερογένειάς τους και της μικκυλιακής τους δομής. Παρόλα ταύτα, διαχωρίζονται με την κατακρήμνιση σε pH 4,6, το οποίο είναι και το ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης. Καθώς οι ιδιότητες των καζεϊνών διαφέρουν στο γάλα διαφόρων ειδών, αυτό επίσης επηρεάζει και το ισοηλεκτρικό τους σημείο. Η καζεΐνη στο γάλα του ανθρώπου δεν έχει το ίδιο ισοηλεκτρικό σημείο με την καζεΐνη του αγελαδινού γάλακτος και κάποια συστατικά της πρωτεΐνης του ορού επίσης κατακρημνίζονται σε pH μεταξύ του 4 και του 5. Επιπλέον, ορισμένες πρωτεΐνες του ορού κατακρημνίζονται μαζί με την καζεΐνη σε αυτές τις τιμές pH. Συνεπώς, η όξινη κατακρήμνιση υπερεκτιμά το περιεχόμενο του ανθρώπινου γάλακτος σε καζεΐνη.

Όσον αναφορά στη θρεπτική αξία παρουσιάζει ενδιαφέρον η μοναδικότητα της σύνθεσης των αμινοξέων στις καζεΐνες. Ο φυσιολογικός ρόλος της καζεΐνης στη διατροφή του ανθρώπου ακόμα δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως. Φαίνεται ότι η πολύ χαμηλή περιεκτικότητα των καζεϊνών σε κυστεΐνη οδηγεί σε αναλογία μεθειονίνης/κυστεΐνης η οποία είναι 2-3 φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι στη ζωική πρωτεΐνη και τουλάχιστον 7 φορές υψηλότερη απ' αυτή του γάλακτος του ανθρώπου. Στην πραγματικότητα το γάλα του ανθρώπου φαίνεται ότι είναι η μοναδική πηγή ζωικής πρωτεΐνης όπου η αναλογία μεθειονίνης/κυστεΐνης είναι κοντά στη μονάδα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στο υψηλό περιεχόμενο των πρωτεϊνών του ορού και στο παράλληλα χαμηλό περιεχόμενο των καζεϊνών του (Fox, 2003).

Η ομάδα των καζεϊνών βρίσκεται στο γάλα με την οργανωμένη μορφή των καζεϊνικών μικκυλίων. Το καζεϊνικό μικκύλιο είναι ένα σχεδόν σφαιρικό σωματίδιο, το οποίο είναι αποτέλεσμα της διασύνδεσης κυρίως 4 μεμονωμένων καζεϊνών (καζεϊνικά κλάσματα) που είναι πρωτεΐνες σχετικά μικρού μεγέθους και ονομάζονται α_{s1} -, α_{s2} -, β - και κ -καζεΐνη (Πίνακας 1.2). Στη διαμόρφωση αυτή συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό οι γ -καζεΐνες (γ_1 , γ_2 , γ_3), που είναι τμήματα της β -καζεΐνης και προέρχονται από την υδρόλυση της β -καζεΐνης από το ενδογενές ένζυμο του γάλακτος πλασμίνη. Τέλος, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του καζεϊνικού μικκυλίου διαδραματίζουν και ανόργανα συστατικά, με κυριότερα το ασβέστιο και το φώσφορο. Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η μέση σύσταση του καζεϊνικού μικκυλίου.

Πίνακας 1.2. Ενδεικτική μέση σύσταση του καζεϊνικού μικκυλίου του αγελαδινού γάλακτος, % (Μοάτσου, 2009).

Καζεΐνες	%(β/β)	Ανόργανα συστατικά	%(β/β)
α _{s1} -καζεΐνη	35	Ασβέστιο	4,8
α _{s2} -καζεΐνη	9	Μαγνήσιο	0,3
β-καζεΐνη	33	Φώσφορος (ανόργανος)	2,1
κ-καζεΐνη	12	Σύνολο ανόργανων συστατικών	7,2
γ-καζεΐνη	3		
Σύνολο καζεϊνών	92	Κιτρικά	0,8% (β/β)

Οι καζεΐνες είναι σχετικά μικρά υδρόφοβα μόρια με σχετικά υψηλό φορτίο, τα οποία περιέχουν πολύ προλίνη και σχετικά λίγη κυστεΐνη, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ελάχιστη δευτεροταγή και τριτοταγή δομή. Σχηματίζουν μόνο μικρού μήκους α-έλικες και επομένως είναι εξαιρετικά δύσκολο να μετουσιωθούν και σχετικά εύκολο να υδρολυθούν. Παρά την απουσία οργανωμένης τριτοταγούς δομής, τα καζεϊνικά κλάσματα έχουν την τάση να συνδέονται τόσο μεταξύ τους όσο και το ένα με το άλλο και η σύνδεσή τους παρουσία ασβεστίου έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των καζεϊνικών μικκυλίων. Επιπλέον, οι μεμονωμένες καζεΐνες παρουσιάζουν εξαιρετική ετερογένεια που οφείλεται τόσο στην παρουσία γενετικών παραλλαγών, όσο και σε μετα μεταφραστικές τροποποιήσεις όπως η φωσφορυλίωση και η γλυκοζυλίωση (Μοάτσου, 2009).

Τα γενικά χαρακτηριστικά των αμινοξικών ακολουθιών των μεμονωμένων καζεϊνών είναι:

Γενετικός πολυμορφισμός. Κάθε καζεΐνη μπορεί να βρίσκεται στο γάλα με διαφορετικές γενετικές παραλλαγές, οι οποίες προκύπτουν από αντικατάσταση ενός ή περισσότερων αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα και σε σπάνιες περιπτώσεις από απαλοιφή ορισμένων τμημάτων της, αφού η σύνθεσή τους στο μαστό ελέγχεται από το γενετικό υλικό κάθε ζώου. Οι γενετικές παραλλαγές κάθε καζεΐνης συμβολίζονται με κεφαλαίο λατινικό γράμμα και συνδέονται σε πολλές περιπτώσεις με μερικά χαρακτηριστικά του γάλακτος, όπως π.χ. η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη ή η συμπεριφορά του κατά την πήξη με πυτιά. Η σύσταση της ολικής καζεΐνης

διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών ειδών γάλακτος (Πίνακας 1.3). Λιγότερο έντονες είναι οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των αμινοξικών ακολουθιών των μεμονωμένων καζεϊνών των διαφορετικών ειδών γάλακτος (Μοάτσου, 2009).

Πίνακας 1.3. Μέσο ποσοστό συμμετοχής των καζεϊνικών κλασμάτων στην ολική καζεΐνη διαφορετικών ειδών γάλακτος (Moatsou et al. 2004, 2008).

Καζεϊνικά κλάσματα	% της ολικής καζεΐνης		
	Αγελαδινό	Πρόβειο	Αίγιο ¹
α_{s1} -καζεΐνη	38	37	13-16
α_{s2} -καζεΐνη	10	14	13-24
β -καζεΐνη και γ -καζεΐνες	39	39	50-55
κ -καζεΐνη	13	10	13-16

¹εξαρτάται από τη φυλή

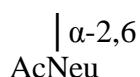
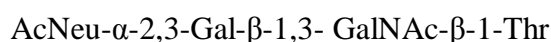
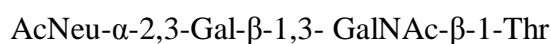
Φωσφορυλίωση. Όλες οι καζεΐνες είναι φωσφορυλιωμένες σε ποικίλο βαθμό σε ορισμένα υπολείμματα σερίνης και περιστασιακά και θρεονίνης, ως αποτέλεσμα των μετα μεταφραστικών τροποποιήσεων που συμβαίνουν στις μεμβράνες Golgi των γαλακτικών κυττάρων. Ο βαθμός φωσφορυλίωσης της κάθε καζεΐνης συμβολίζεται με έναν αριθμό και το γράμμα P, που υποδηλώνει τον αριθμό των φωσφοσερινών κάθε μορίου. Η παρουσία των φωσφορικών ομάδων συμβάλει στο σχετικά υψηλό φορτίο των καζεϊνών. Το φαινόμενο της φωσφορυλίωσης παρουσιάζεται σε μεγαλύτερη έκταση στην α_{s2} -καζεΐνη και σε μικρότερη στην κ -καζεΐνη. Ο φώσφορος αυτός ανήκει στο κλάσμα του οργανικού φωσφόρου του γάλακτος και αποτελεί το ~0,85% της ολικής καζεΐνης. Εξαιτίας αυτού του φωσφόρου, η καζεΐνη μπορεί να δεσμεύει μεγάλες ποσότητες δισθενών ιόντων όπως το ασβέστιο και ο ψευδάργυρος, γεγονός πολύ σημαντικό για τη διατροφική αξία του γάλακτος. Επιπλέον, η παρουσία του εστεροποιημένου φωσφόρου αυξάνει τη διαλυτότητα της καζεΐνης. Η πρόσδεση του φωσφόρου είναι ισχυρή και απομακρύνεται μόνο με την εφαρμογή πολύ υψηλών θερμοκρασιών, υψηλού pH ή με τη δράση μερικών φωσφατασών.

Γλυκοζυλίωση. Η γλυκοζυλίωση είναι χαρακτηριστικό μόνο της κ -καζεΐνης. Το υδατανθρακικό κλάσμα είναι περίπου το 5% της κ -καζεΐνης και αποτελείται από

τρεις μονοσακχαρίτες: N-ακετυλ-νευραμινικό οξύ (AcNeu), γαλακτόζη (Gal) και N-ακετυλ-γαλακτοζαμίνη (GalNAc).

Οι μονοσακχαρίτες σχηματίζουν τρι- ή τετρασακχαρίτες, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με ένα από τα υπολείμματα θρεονίνης

(131 ή 133 ή 135 ή 142) της κ-καζεΐνης:



Κάθε μόριο κ-καζεΐνης περιέχει από 0 έως 4 μονοσακχαρίτες και σε κάθε περίπτωση, τα 2/3 των μορίων της κ-καζεΐνης στο αγελαδινό γάλα είναι γλυκοζυλιωμένα. Έτσι μαζί με την παρουσία 1 ή 2 φωσφορικών ομάδων στο μόριο της κ-καζεΐνης προκύπτει μια μικρο-ετερογένεια που έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία πολλών τύπων κ-καζεΐνης, ακόμη και στο γάλα ενός συγκεκριμένου ζώου (ατομικό δείγμα). Πρέπει να αναφερθεί ότι η δομή και η σύσταση του υδατανθρακικού κλάσματος της κ-καζεΐνης του πρωτογάλακτος είναι πολύ πιο σύνθετες. Σε αυτή την περίπτωση το κλάσμα αυτό υπάρχει σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες, σχεδόν διπλάσιες από αυτές του γάλακτος και περιέχει επιπλέον και N-ακετυλ-γλυκοζαμίνη (GalNAc).

Υπολείμματα κυστεΐνης. Η α_{s2} -καζεΐνη και η κ-καζεΐνη περιέχουν από 2 υπολείμματα κυστεΐνης, τα οποία μπορούν να παίρνουν μέρος σε SS/SH ανταλλαγές.

Σχετικά μεγάλη περιεκτικότητα σε προλίνη. Αυτό παρατηρείται σε μεγάλη έκταση στη β-καζεΐνη (35 υπολείμματα ανά μόριο).

Η α_{s1} -καζεΐνη αποτελείται από 199 αμινοξέα και έχει μέγεθος 23.614 Da. Οι 5 γενετικές παραλλαγές της α_{s1} -καζεΐνης του γένους *Bos* είναι οι: A, D, B, C και E από τις οποίες η κύρια είναι η B-8P και ο όρος α_{s0} -καζεΐνη B, έχει αντικαταστεί από τον α_{s1} -καζεΐνη B-9P. Έχει υψηλό αρνητικό φορτίο και υψηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο κι επομένως είναι, ευαίσθητη στην παρουσία ιόντων ασβεστίου. Η α_{s1} -καζεΐνη αποτελείται από ένα κύριο και ένα δευτερεύον συστατικό τμήμα, όπου και τα

δυο έχουν την ίδια αμινοξική ακολουθία. Το δευτερεύον μέρος προκύπτει από την περιστασιακή φωσφορυλίωση στη Ser41 (της α_{s1} -καζεΐνης B-9P). Η α_{s1} -καζεΐνη D περιλαμβάνει ένα υπόλειμμα φωσφοθρεονίνης (ThrP 53), η οποία ονομάζεται α_{s1} -καζεΐνη D-9P και το δευτερεύον συστατικό αυτής της γενετικής παραλλαγής έχει 10 μόρια φωσφόρου και ονομάζεται α_{s1} -καζεΐνη D-10P.

Η **α_{s2} -καζεΐνη** αποτελείται από 207 αμινοξέα και έχει μέγεθος 25.230 Da. Έχουν αναφερθεί 4 γενετικές παραλλαγές, οι οποίες είναι οι: A, B, C, D. Όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ετερογένεια από όλες τις καζεΐνες σε ό,τι αφορά την έκταση της φωσφορυλίωσης (10-14 υπολείμματα φωσφοσερίνης) και είναι ευαίσθητη στην παρουσία ασβεστίου. Κάθε μόριο περιέχει 2 υπολείμματα κυστεΐνης που σχηματίζουν μια S-S γέφυρα. Είναι η περισσότερο υδρόφιλη από όλες τις καζεΐνες, καθώς περιέχει κατά μήκος της αμινοξικής της ακολουθίας τρεις δέσμες υπολειμμάτων φωσφοσερίνης και γλουταμινικού οξέος (υπολείμματα 8-12, 56-63 και 129-133).

Η **β -καζεΐνη** αποτελείται από 209 αμινοξέα και έχει μέγεθος 23.983 Da. Έχουν αναφερθεί 8 γενετικές παραλλαγές και από αυτές γνωρίζουμε τις 7, οι οποίες είναι οι εξής: -A¹, A², A³, B, C, D και E. Η παραλλαγή με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι η β -καζεΐνη A 5P. Οι παραλλαγές C και D διαθέτουν ένα μόριο φωσφόρου λιγότερο από τις άλλες. Η β -καζεΐνη έχει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι όλες οι γνωστές γενετικές παραλλαγές έχουν προκύψει από τον γενετικό πολυμορφισμό και όχι από μετα μεταφραστικές τροποποιήσεις. Η παραλλαγή A² θεωρείται ως η αυθεντική μορφή της β -καζεΐνης. Η γενετική μεταλλαγή προκαλεί λάθη κατά τη φωσφορυλίωση στις γενετικές παραλλαγές C και D. Πρόσφατα έχουν αναφερθεί νέες <<σιωπηλές>> γενετικές παραλλαγές της β -καζεΐνης.

Η β -καζεΐνη περιλαμβάνει 35 υπολείμματα προλίνης, ενώ οι: α_{s1} -, α_{s2} - και κ -καζεΐνη διαθέτουν 17, 10 και 20 υπολείμματα προλίνης αντίστοιχα. Από όλες τις καζεΐνες η β -καζεΐνη είναι η πιο υδρόφοβη. Η κατανομή του φορτίου στο μόριο της είναι εξαιρετικά ανομοιόμορφη. Το αμινοτελικό άκρο (υπολείμματα 1-44) έχει υψηλό αρνητικό φορτίο, μικρή περιεκτικότητα σε προλίνη και περιλαμβάνει μια δέσμη φωσφοσερινών με αποτέλεσμα να παρουσιάζει υδρόφιλο χαρακτήρα. Το υπόλοιπο τμήμα της προς το καρβοξυτελικό άκρο (υπολείμματα 45-209) είναι θετικά φορτισμένο, έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε προλίνη και είναι πολύ υδρόφοβο. Έτσι

τα μόρια της β-καζεΐνης έχουν την τάση να συμπεριφέρονται ως σάπωνας με μια πολική <<κεφαλή>> και μια μακριά <<μη-πολική>> ουρά και παρουσιάζουν ισχυρή τάση συσσωμάτωσης σε σχηματισμούς 20-30 μορίων. Η τάση αυτή μειώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στους 5 °C, η β-καζεΐνη συμπεριφέρεται σαν τυχαίο σπείραμα και στο γάλα ένα μέρος της περνά στη διαλυτή φάση (ορός του γάλακτος). Οι μεταβολές αυτές που προκύπτουν από τη θερμοκρασία είναι αντιστρεπτές.

Η κ-καζεΐνη αποτελείται από 169 αμινοξέα, έχει μέγεθος 19.023 Da (χωρίς το υδατανθρακικό κλάσμα), είναι το πιο ετερογενές καζεϊνικό κλάσμα και διαφέρει πάρα πολύ σε σχέση με όλες τις άλλες καζεΐνες. Είναι η μόνη καζεΐνη που περιέχει στο μόριό της υδατάνθρακες (~5%) και είναι η λιγότερο φωσφορυλιωμένη, περιέχοντας μια μόνο φωσφοσερίνη. Επομένως, παραμένει διαλυτή παρουσία μεγάλων συγκεντρώσεων ιόντων ασβεστίου και σταθεροποιεί τις υπόλοιπες καζεΐνες έναντι του ασβεστίου. Η ιδιότητα της αυτή χάνεται όταν υδρολυθεί ο πολύ ευαίσθητος στη χυμοσίνη δεσμός Phe105-Met106, που έχει ως αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση των καζεϊνικών μικκυλίων και το σχηματισμό πήγματος παρουσία ιόντων ασβεστίου. Ωστόσο, έχει ταυτοποιηθεί ένα δευτερεύον είδος της κ-καζεΐνης με δυο υπολείμματα φωσφοσερίνης και κανέναν υδατάνθρακα. Επίσης, η αμινοξική της ακολουθία υποδεικνύει ότι δεν ανήκει στην ίδια οικογένεια με τις ευαίσθητες στο ασβέστιο καζεΐνες, αλλά φαίνεται να έχει πολλές ομοιότητες με το γ-ινωδογόνο.

Η κ-καζεΐνη περιέχει δυο υπολείμματα κυστεΐνης με αποτέλεσμα να μπορεί να βρίσκεται στο γάλα με τη μορφή ολιγομερών που αποτελούνται από 5-11 μονομερή που συνδέονται μεταξύ τους με S-S δεσμούς. Είναι γνωστές 4 γενετικές παραλλαγές, με πιο συχνές τις καζεΐνες A ή B 1P. Ο βαθμός γλυκοζυλίωσης της κ-καζεΐνης αποτελεί τη βασική αιτία της μεγάλης ετερογένειας αυτής της οικογένειας πρωτεϊνών, αλλά η μη γλυκοζυλιωμένη μορφή της συνιστά και το κύριο μέρος της καζεΐνης. Το υδατανθρακικό κλάσμα, που εντοπίζεται στο δευτερεύον τμήμα της κ-καζεΐνης, αποτελείται όπως προαναφέρθηκε από τρεις μονοσακχαρίτες: N-ακετυλ-νευραμινικό (AcNeu), γαλακτόζη (Gal) και N-ακετυλ-γαλακτοζαμίνη (GalNAc). Οι μονοσακχαρίτες σχηματίζουν τρι- ή τετρασακχαρίτες, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με ένα από τα υπολείμματα θρεονίνης (131 ή 133 ή 135 ή 142) του καρβοξυτελικού άκρου της κ-καζεΐνης. Επίσης, το αμινοξύ Ser στη θέση 141 ενδέχεται να είναι γλυκοζυλιωμένο. Περίπου τα 2/3 των μορίων της περιέχουν υδατάνθρακες. Ως αποτέλεσμα εντοπίζονται στο γάλα, ο κύριος μη-γλυκοζυλιωμένος τύπος, καθώς και

τουλάχιστον άλλοι 6 γλυκοζυλιωμένοι τύποι σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Η παρουσία του υδατανθρακικού κλάσματος προσδίδει υδρόφιλο χαρακτήρα στην καρβοξυτελική περιοχή του μορίου, σε αντίθεση με το πολύ υδρόφοβο αμινοτελικό άκρο του.

Στην ομάδα των **γ-καζεϊνών** ανήκουν στην ουσία τμήματα της β-καζεΐνης, τα οποία είναι αποτέλεσμα της δράσης του ενδογενούς ενζύμου του γάλακτος πλασμίνη. Οι γ-καζεΐνες αντιστοιχούν στα τμήματα 29-209, 106-209 και 108-209 του υδρόφοβου τμήματος της β-καζεΐνης. Τα αντίστοιχα συμπληρωματικά υδρόφιλα τμήματα περιλαμβάνονται στο κλάσμα των πεπτονών που ανήκουν στις πρωτεΐνες του ορού.

1.6.3.2. Βιοσύνθεση των πρωτεϊνών του γάλακτος

Η βιοσύνθεση των πρωτεϊνών του γάλακτος γίνεται στο μαστό με εξαίρεση την αλβουμίνη του ορού και μερικές από τις ανοσογλοβουλίνες που μεταφέρονται από το αίμα. Τα γαλακτικά επιθηλιακά κύτταρα του μαστού τροφοδοτούνται μέσω του αίματος με τα αμινοξέα που αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών και προέρχονται : από τη διάσπαση των πρωτεϊνών της τροφής, από αμινοξέα που συντίθενται στο πεπτικό σύστημα, από μικρού μοριακού βάρους αζωτούχα συστατικά και από την πέψη των ίδιων των μικροοργανισμών του πεπτικού συστήματος (Μοάτσου, 2009). Ο μαστός παρουσιάζει μια μεγάλη ικανότητα απόσπασης αμινοξέων από το αίμα. Η κίνηση των αμινοξέων διαμέσου της βασικής μεμβράνης των εκκριτικών κυττάρων διευκολύνεται από διάφορα νάτριο-εξαρτώμενα ή – ανεξάρτητα συστήματα μεταφοράς των αμινοξέων, με διαφορετικούς μεταφορείς να εξειδικεύονται στη μεταφορά συγκεκριμένων ομάδων αμινοξέων (Stelwagen, 2002).

Η αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες του γάλακτος καθορίζεται από το γενετικό κώδικα των κυττάρων κάθε είδους (DNA του πυρήνα) και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη γενετικών παραλλαγών για τις περισσότερες πρωτεΐνες του γάλακτος (Μοάτσου, 2009). Οι περιοχές των καζεϊνών έχουν τοπογραφηθεί στο 6^ο χρωμόσωμα του γονιδιώματος της αγελάδας, του προβάτου και της αίγας (βιβλιογραφική αναφορά από Fox, 2003).

Η βιοσύνθεση της πεπτιδικής αλυσίδας γίνεται στα ριβοσώματα του ενδοπλασματικού δικτύου των γαλακτικών κυττάρων. Μετά τη σύνθεση τους και τη μετακίνησή τους μέσα από το ενδοπλασματικό δίκτυο, οι πρωτεΐνες περνούν από το

σύμπλεγμα Golgi. Εκεί υφίστανται μετα μεταφραστικές τροποποιήσεις όπως η φωσφορυλίωση και η γλυκοζυλίωση, με τη δράση πρωτεϊνικών κινασών και γλυκοζυλ-τρανσφερασών, αντίστοιχα. Στο σύμπλεγμα Golgi πραγματοποιείται επίσης και ο σχηματισμός του καζεϊνικού μικκυλίου με τη συνδρομή του ασβεστίου, το οποίο συσσωρεύεται εκεί από τα κυστίδια Golgi (Μοάτσου, 2009).

1.7. Το αίγαιο γάλα

1.7.1. Εισαγωγή

Οι αίγες ήταν από τα πρώτα είδη ζώων που κατοικιδιοποιήθηκαν, περίπου 8.000 π.Χ. στη Μεσοποταμία. Για αιώνες, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τις αίγες για πολλούς σκοπούς σε όλες τις ηπείρους του κόσμου. Παρόλα αυτά, η αιγοτροφία έχει υποστηριχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο λιγότερο συγκριτικά με άλλους τομείς ζωικής παραγωγής, ιδιαίτερα σε σχέση με τον τομέα της αγελαδοτροφίας, παρόλο που τις τελευταίες δεκαετίες η αίγα εμφανίζεται ως ένα από τα κυριότερα είδη ζώων, με αυξανόμενους αριθμούς συγκριτικά με άλλα είδη ζώων (Zervas & Tsiplakou, 2011).

Σήμερα ο συνολικός πληθυσμός των αιγών παγκοσμίως ανέρχεται στα 921 εκατομμύρια ζώα και κατανέμεται κυρίως σε περιοχές με εύκρατο κλίμα και ευνοϊκές συνθήκες βόσκησης (Devenda, 2012). Η παραγωγή του αίγειου γάλακτος αντιπροσωπεύει το 2,2% της παγκόσμιας παραγωγής γάλακτος (Zervas & Tsiplakou, 2011). Το αίγαιο γάλα χρησιμοποιείται περισσότερο για την παραγωγή τυριών και συγκεκριμένα στη Γαλλία και την Ιταλία ο τομέας αυτός, συνιστά μια σημαντική παραγωγική δραστηριότητα, η οποία παράγει τρόφιμα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά διεκδικώντας υψηλές τιμές στην αγορά (Zervas & Tsiplakou, 2011).

1.7.2. Η σύνθεση του αίγειου γάλακτος

Η γνώση για τη σύνθεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αίγειου γάλακτος είναι απαραίτητη για την επιτυχημένη ανάπτυξη του τομέα των γαλακτοπαραγωγικών αιγών και την προώθηση των αντίστοιχων προϊόντων στην αγορά. Υπάρχουν διαφορές σε αρκετά σημαντικά συστατικά και φυσικές παραμέτρους του γάλακτος, όπως στις πρωτεΐνες, το λίπος, τα ιχνοστοιχεία, στις βιταμίνες, την καρνιτίνη, τους εστέρες γλυκερόλης, τα ένζυμα, το μέγεθος των

λιποσφαιρίων και τον πολυμορφισμό των καζεϊνών, μεταξύ των αιγών, των αγελάδων και των προβάτων: η σύνθεση των μακροστοιχείων και των μικροστοιχείων του γάλακτος, που παράγονται από αυτά τα είδη ζώων, μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 1.4, ο οποίος παρουσιάζει την κατά μέσο όρο σύνθεση του αίγειου, του πρόβειου, του αγελαδινού και του ανθρώπινου γάλακτος. Οι τιμές που δίνονται είναι μόνο της μέσης σύνθεσης και πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυλών και της διαφορετικής ατομικότητας των ζώων (Zervas & Tsiplakou, 2011).

Πίνακας 1.4. Η μέση σύνθεση (σε g/kg) του αίγειου, του πρόβειου, του αγελαδινού και του ανθρώπινου γάλακτος, σε κύρια συστατικά (βασίζεται στους Park et al. 2007 και Slađanac et al. 2010, όπως παρατίθεται στην εργασία των Zervas & Tsiplakou, 2011).

Σύνθεση (g/kg)	Αίγα	Πρόβατο	Αγελάδα	Άνθρωπος
Ολικά στερεά	119.4	190.0	128.9	127.4
Λίπος	38.0	79.0	36.0	40.0
Λακτόζη	41.0	49.0	47.0	69.0
Πρωτεΐνη	34.0	62.0	33.0	12.0
Καζεΐνη	25.0	42.0	26.0	4.0
Διαλυτές πρωτεΐνες	7.0	10.0	6.0	7.0
Μη-πρωτεϊνικό Άζωτο	4.0	8.0	2.0	5.0
Τέφρα	8.0	9.0	7.0	3.0
Ενέργεια (Kcal/dL)	70.0	105.0	69.0	68.0
Χοληστερόλη	0.10		0.13	0.16

Η σύνθεση του γάλακτος ποικίλει ανάλογα με το γονότυπο, την ατομικότητα, το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής, την εποχή, τη διαχείριση, την αναπαραγωγή, την κατάσταση υγείας του ζώου, την τοποθεσία και το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον (Park et al., 2007). Στις ντόπιες φυλές, που δεν προορίζονται για υψηλή γαλακτοπαραγωγή, η σύνθεση του γάλακτος μπορεί να είναι έως και παρόμοια με αυτή του πρόβειου, με υψηλή περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία (135-175g/kg), σε λίπος (45-65g/kg) και ολική πρωτεΐνη (40-55g/kg). Οι γαλακτοπαραγωγικές φυλές, όπως η Saanen, η Alpine και η Toggenburg δίνουν υψηλή παραγωγή γάλακτος, αλλά το γάλα

έχει χαμηλή ξηρή ουσία (110-135g/kg) ως αποτέλεσμα του χαμηλού επιπέδου λίπους (30-40g/kg) και ολικής πρωτεΐνης (27-35g/kg) (Morand-Fehr et al., 1991). Γι' αυτό το λόγο, το αίγιο γάλα από αυτές τις γαλακτοπαραγωγικές φυλές, δεν είναι ιδανικό για την παραγωγή τυριών, λόγω του χαμηλού επιπέδου των στερεών συστατικών και ιδιαίτερα των καζεϊνών. Τέλος, σε όλες τις περιπτώσεις, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του λίπους του αίγιου και του αγελαδινού γάλακτος διαφέρουν σημαντικά.

Η ποιότητα του γάλακτος μπορεί να αξιολογηθεί με ποικίλα κριτήρια, όπως διατροφικά, τεχνολογικά και τέλος βάσει της υγιεινής του κατάστασης. Αυτές οι παράμετροι συνδέονται κυρίως με τα κύρια συστατικά του γάλακτος (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη) και με τα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά, καθώς και με τα μικροσυστατικά, όπως τα ιχνοστοιχεία, οι βιταμίνες, τα δευτερεύοντα λιπαρά οξέα, το συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (ΣΛΟ), η χοληστερόλη και τα τερπένια (Zervas & Tsiplakou, 2011).

1.7.3. Το λίπος

Το λίπος είναι το πιο ευμετάβλητο συστατικό του γάλακτος τόσο σε επίπεδο ποιότητας όσο και σε επίπεδο ποσότητας και επηρεάζεται από το στάδιο γαλακτοπαραγωγής, την εποχή, τη φυλή, το γονότυπο και τη διατροφή, επιδρώντας στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Τα χαρακτηριστικά του λίπους του αίγιου γάλακτος, που έχουν σημαντική επίδραση στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, είναι :

- το μέγεθος των λιποσφαιρίων, το οποίο είναι μικρότερο στο αίγιο γάλα από ότι στο αγελαδινό (Jenness, 1980) και
- η κατατομή των λιπαρών οξέων του αίγιου γάλακτος, το οποίο περιλαμβάνει μεγαλύτερη ποσότητα μικρής – αλύσου λιπαρά οξέα (Haenlein, 1992).

Η διάμετρος των λιποσφαιρίων κυμαίνεται από 1 έως 10 μm και στα δυο είδη γάλακτος, αλλά ο αριθμός των λιποσφαιρίων που είναι μικρότερος από 5 μm αποτελεί το 60% στο αγελαδινό γάλα, ενώ στο αίγιο γάλα το 80%. Αυτή η διαφοροποίηση έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα που παράγονται από αίγιο γάλα να έχουν πιο μαλακή υφή, αν και η παραγωγή βουτύρου από αίγιο γάλα είναι πιο δύσκολη σε

σύγκριση με αυτήν από αγελαδινό γάλα. Πέρα από τη μικρότερη διάμετρό τους τα λιποσφαίρια είναι καλύτερα κατανεμημένα στο γαλάκτωμα λίπους του αίγιου γάλακτος, από ότι στο αγελαδινό γάλα. Τα μικρότερα λιποσφαίρια του γάλακτος των αιγών διασπείρονται καλύτερα, με αποτέλεσμα τη φυσική «ομογενοποίηση του» και τη μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια του λίπους, που έχει προταθεί ότι διευκολύνει την ανθρώπινη πέψη (Zervas & Tsiplakou, 2011).

1.7.4. Τα λιπαρά οξέα

Τα μικρής-αλύσου λιπαρά οξέα, καπρονικό (C6:0), καπρυλικό (C8:0) και καπρινικό (C10:0), που συνδέονται με την έντονη γεύση του αίγιου γάλακτος, συμμετέχουν περίπου κατά 15-18% στο σχηματισμό του λίπους του αίγιου γάλακτος, ενώ στο αγελαδινό γάλα συμμετέχουν μόνο κατά 5-9% (Chilliard et al., 2006). Η σύγκριση της κατατομής των λιπαρών οξέων μεταξύ του αίγιου και του πρόβειου γάλακτος, καθώς μεταξύ αίγιου και αγελαδινού γάλακτος δείχνει εκτός από την υψηλότερη περιεκτικότητα του αίγιου γάλακτος σε μικρής – αλύσου λιπαρά οξέα (C6-C14) συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, και υψηλότερη αναλογία ω-3 και ω-6 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (ΠΑΚΛΟ), με αισθητά μειωμένη αναλογία των ω-6 έναντι των ω-3 ΠΑΚΛΟ στο αίγιο γάλα. Οι Haenlein (2004) και Park et al. (2007) αναφέρουν ότι το λίπος του αίγιου γάλακτος έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Επίσης, επισημαίνεται η ωφέλιμη αναλογία, στην οποία βρίσκονται τα μονοακόρεστα και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα στο αίγιο γάλα, για την υγεία του ανθρώπου και ιδιαίτερα για την ενίσχυση του οργανισμού έναντι των καρδιοαγγειακών ασθενειών.

Το συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (ΣΛΟ) έχει συγκεντρώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, λόγω της ωφέλιμης επίδρασης που έχει στην υγεία του ανθρώπου. Η περιεκτικότητα του αίγιου γάλακτος σε ΣΛΟ είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του αγελαδινού γάλακτος, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στα ημι – εντατικά συστήματα εκτροφής που εφαρμόζονται συνήθως στην αιγοτροφία. Μια μελέτη σύγκρινε την περιεκτικότητα του αίγιου με αυτή του πρόβειου γάλακτος, όταν και τα δυο είδη ζώων καταλάωναν το ίδιο σιτηρέσιο σε εντατικό σύστημα εκτροφής, διαπιστώνοντας ότι το πρόβιο γάλα είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ΣΛΟ και βασένικο οξύ συγκριτικά με το αίγιο γάλα (Tsiplakou & Zervas, 2008a). Επιπρόσθετα, όταν συμπληρώθηκε η διατροφή των αιγών και των

προβατινών με ελαιόφυλλα, με υψηλό περιεχόμενο σε C18:3 και με στέμφυλα οινοποιίας, με υψηλό περιεχόμενο σε C18:2, η επίδραση στο γάλα και συγκεκριμένα στο περιεχόμενό του σε ΣΛΟ διέφερε, υπέρ του πρόβειου (Tsiplakou & Zervas, 2008b). Αυτές οι διαφορετικές επιδράσεις στο γάλα των προβατινών και των αιγών, όσον αφορά στην περιεκτικότητά του σε ΣΛΟ και στην κατατομή των λιπαρών οξέων, εφόσον ακολουθήθηκε ίδια διατροφική επέμβαση, δείχνει πιθανές διαφορές μεταξύ των δυο ειδών ζώων, οι οποίες θα μπορούσαν να ερμηνευθούν από διαφοροποιήσεις που εντοπίζονται στο mRNA (stearoyl-coenzyme A αφυδρογονάση) στον αποθηκευτικό ιστό του μαστού (Tsiplakou et al., 2009). Η έρευνα των Alonso et al. (1999), συνέδεσε την ύπαρξη των διακλαδισμένων λιπαρών οξέων στο αίγιο γάλα με την χαρακτηριστική γεύση των γαλακτοκομικών προϊόντων που προέρχονται από αυτό.

Η μεγαλύτερη ποσότητα χοληστερόλης στο αίγιο γάλα, όπως και στο αγελαδινό γάλα, βρίσκεται σε ελεύθερη κατάσταση (52mg/100g λίπους) και ένα μικρό μέρος βρίσκεται σε μορφή εστέρων, που αποτελούν λιγότερο από 4% της συνολικής χοληστερόλης (Jenness, 1980, Chandan et al., 1992).

1.7.5. Οι καζεΐνες

Στο αίγιο γάλα συναντάμε έξι κύριες πρωτεΐνες, τη β-γαλακτογλοβουλίνη, την α-γαλακτοαλβουμίνη, την κ-καζεΐνη, τη β-καζεΐνη την α_{s1} - καζεΐνη και την α_{s2} - καζεΐνη, οι οποίες είναι όμοιες με αυτές που βρίσκονται στο αγελαδινό γάλα (Park et al., 2007), αλλά διαφέρουν ως προς τους γενετικούς πολυμορφισμούς και τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται στους πληθυσμούς των αιγών (Martin, 1993).

Τα καζεϊνικά μικκύλια στο αγελαδινό γάλα είναι μικρά συγκριτικά με αυτά στο αίγιο γάλα, τα οποία κυμαίνονται στο διάστημα μεταξύ 100 και 200 nm.

Τα ποσοστά των κύριων κλασμάτων των καζεϊνών έχουν παρουσιασθεί στον Πίνακα 1.3.

Όπως προαναφέρθηκε, στο αίγιο γάλα παρουσιάζονται σημαντικά διαφορετικές συγκεντρώσεις μεμονωμένων καζεϊνών σε σχέση με αυτές στο αγελαδινό γάλα. Το αίγιο γάλα έχει πολύ χαμηλότερη (ή καθόλου) α_{s1} -καζεΐνη και υψηλότερη συγκέντρωση α_{s2} -καζεΐνης από ότι έχει το αγελαδινό γάλα. Η ποικιλομορφία στην αναλογία των καζεϊνικών κλασμάτων στο γάλα των αιγών και συγκεκριμένα η αναλογία της α_{s1} καζεΐνης προς την α_{s2} -καζεΐνη, μπορεί να επηρεάσει

τη δομή των καζεϊνικών μικκυλίων και πιθανόν τη διαθεσιμότητα του ασβεστίου. Η β-καζεΐνη αποτελεί το κύριο καζεϊνικό κλάσμα στο αίγιο γάλα, ενώ η α_{s1} -καζεΐνη και η β-καζεΐνη είναι τα κύρια καζεϊνικά κλάσματα του αγελαδινού γάλακτος. Οι Lamothe et al. (2007), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή και έκκριση της β-καζεΐνης είναι κατά 53% υψηλότερη στο αίγιο από ότι στο αγελαδινό γάλα. Η σχετική απουσία της α_{s1} -καζεΐνης και η μεγαλύτερη συγκέντρωση της β-καζεΐνης κάνουν το αίγιο γάλα να προσομοιάζει με το γάλα του ανθρώπου. Η β-καζεΐνη έχει σημαντική επίδραση στις διαφορές ως προς τη δομή και τη διατροφική αξία που παρουσιάζονται μεταξύ του αίγιου και του αγελαδινού γάλακτος (Haenlein, 2004). Επιπλέον, οι πρωτεΐνες του αίγιου γάλακτος έχουν μεγαλύτερη πεπτικότητα από αυτές του αγελαδινού γάλακτος, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο υψηλό επίπεδο της α_{s2} -καζεΐνης στο αίγιο γάλα (Haenlein, 2004, Park et al., 2007).

Ο γενετικός πολυμορφισμός των αίγιων καζεϊνών και η σημασία του έχει συνοψισθεί σε διάφορες εργασίες (π.χ. Martin et al. 1999, Marletta et al. 2007, Moatsou et al. 2006, 2008). Ο ασυνήθιστος γενετικός πολυμορφισμός της αίγιας α_{s1} -καζεΐνης συνδέεται με τη παρουσία 17 τουλάχιστον γενετικών παραλλαγών, μεταξύ των οποίων υπάρχουν και τρεις μηδενικές. Οι παραλλαγές A, B1, B2, B3, B4, C, L, αντιστοιχούν σε παραγωγή 3,6 g/L α_{s1} -καζεΐνης ανά αλληλόμορφο και η H που αντιστοιχεί σε 4,2 g/L α_{s1} -καζεΐνης ανά αλληλόμορφο χαρακτηρίζονται ως «ισχυρές». Οι E και I είναι «μεσαίες» καθώς αντιστοιχούν σε 3,6 g/L α_{s1} -καζεΐνης ανά αλληλόμορφο και οι D, F και G που αντιστοιχούν σε 1,6 g/L α_{s1} -καζεΐνης ανά αλληλόμορφο, ονομάζονται «αδύναμες». Οι A, B, C, E και F γενετικές παραλλαγές της α_{s2} -καζεΐνης αντιστοιχούν σε παραγωγή 2,5 g/L α_{s2} -καζεΐνης ανά αλληλόμορφο, ενώ έχει αναφερθεί και «αδύναμη» καθώς και μηδενική παραλλαγή αυτής της καζεΐνης. Τέσσερις από τις γενετικές παραλλαγές της αίγιας β-καζεΐνης συνδέονται με κανονική παραγωγή ενώ έχουν αναφερθεί και δυο μηδενικές. Τέλος έχουν αναφερθεί 13 γενετικές παραλλαγές για την αίγια κ-καζεΐνη.

Στην έρευνα των Moatsou et al. (2006), αναλύθηκαν ατομικά δείγματα γάλακτος από αίγες της ελληνικής φυλής Σκοπέλου, και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τιμές του μέσου ολικού περιεχομένου σε πρωτεΐνη ($36,7 \pm 2,6$ g/L) και του μέσου ολικού περιεχομένου σε καζεΐνη ($29,7 \pm 2,3$ g/L) ήταν υψηλές. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για το καζεϊνικό κλάσμα της α_{s1} -καζεΐνης, η οποία αποτέλεσε το 21,8% του συνόλου των καζεϊνικών κλασμάτων, ενώ η β-καζεΐνη αποτέλεσε το 43,8% του συνόλου των καζεϊνών. Οι ανάλογες τιμές για την α_{s2} - και κ-καζεΐνη ήταν 13,7% και

13,8% αντίστοιχα. Αυτά τα ποσοτικά χαρακτηριστικά ήταν σύμφωνα με την κυριαρχία των δυνατών γενετικών παραλλαγών της α_{s1} -καζεΐνης: B₃, B₄ και As/Bal. Η πιο συχνή γενετική παραλλαγή της α_{s2} -καζεΐνης ήταν η A, η οποία ακολουθήθηκε από την C και την F, ενώ υπήρχαν και ελάχιστα ατομικά δείγματα μηδενικά ως προς την α_{s1} -καζεΐνη. Οι μορφές της β-καζεΐνης που ανιχνεύθηκαν ήταν οι γενετικές παραλλαγές A και C, οι οποίες εμφανίστηκαν με την ίδια συχνότητα. Η γενετική παραλλαγή D (προηγούμενη B) της κ-καζεΐνης κυριαρχούσε, ωστόσο βρέθηκε και η σπάνια γενετική παραλλαγή G (Moatsou et al., 2006).

Η μελέτη των Moatsou et al. (2007), είχε ως αντικείμενο έρευνας τον προσδιορισμό, των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των πρωτεϊνών των ατομικών δειγμάτων γάλακτος, που παραλήφθηκαν από αίγες Ελληνικής φυλής και αίγες από διεθνείς φυλές, όπως η Saanen και η Alpine. Βρέθηκε ότι το μέσο ολικό περιεχόμενο σε πρωτεΐνη των δειγμάτων γάλακτος των αιγών της Ελληνικής φυλής ήταν 38,8 g/L, δηλαδή υψηλότερο σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή για τις διεθνείς φυλές που ήταν 31,9 g/L, λόγω της μεγάλης διαφοράς μεταξύ του μέσου περιεχομένου της α_{s1} -καζεΐνης (το οποίο ήταν 6.90 και 3.02 g/L αντίστοιχα). Στα δείγματα γάλακτος των αιγών της Ελληνικής φυλής κυριάρχησαν οι ισχυρές γενετικές παραλλαγές της α_{s1} -καζεΐνης B₃, B₄ και As/Bal, ενώ στα δείγματα γάλακτος των αιγών από τις διεθνείς φυλές κυριάρχησαν η μεσαία γενετική παραλλαγή E και οι αδύναμες παραλλαγές F και μηδενική. Η γενετική παραλλαγή A της α_{s2} -καζεΐνης ήταν η πιο συχνή ακολουθούμενη από την C, ενώ η παραλλαγή D (προηγούμενη B) της κ-καζεΐνης ήταν η παραλλαγή που βρισκόταν σε αφθονία και στις δυο ομάδες των αιγών. Επίσης, παρατηρήθηκαν στα δείγματα γάλακτος των αιγών της Ελληνικής φυλής: η γενετική παραλλαγή F της α_{s2} -καζεΐνης και η σπάνια γενετική παραλλαγή C/B της κ-καζεΐνης. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκαν οι γενετικές παραλλαγές A και C της β-καζεΐνης και στις δυο ομάδες ζώων που έλαβαν μέρος στη πειραματική μελέτη (Moatsou et al., 2007).

1.7.6. Οι πρωτεΐνες του ορού

Ο ορός του αίγειου γάλακτος περιλαμβάνει κυρίως την αλβουμίνη, τη β-γαλακτογλοβουλίνη και την α-γαλακτοαλβουμίνη. Τα επίπεδα της α-γαλακτοαλβουμίνης στον ορό του αίγειου γάλακτος, σύμφωνα με τον Jenness (1980), είναι περίπου διπλάσια σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα, ενώ σύμφωνα με τους

Storry et al. (1983) είναι σχεδόν ίδιο και στα δυο είδη γαλακτοπαραγωγών ζώων. Η συγκέντρωση της β-γαλακτογλοβουλίνης στο αίγιο γάλα είναι στη πραγματικότητα διπλάσιο από αυτό της α-γαλακτοαλβουμίνης (Park & Haenlein, 2007). Γενετικές παραλλαγές των πρωτεϊνών του ορού εκφρασμένες στο αγελαδινό γάλα δεν έχουν αναφερθεί.

Οι Moatsou et al. (2005), αναφέρουν ότι η αναλογία β-γαλακτογλοβουλίνη προς α-γαλακτοαλβουμίνη κυμαινόταν από 2,02 σε δείγματα Saanen έως 3,04 σε δείγματα γάλακτος της φυλής Σκοπέλου. Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι η αναλογία αυτή σε δείγματα αγελαδινού γάλακτος κυμαινόταν από 3,09 σε 3,37. Επίσης έχει βρεθεί ότι στο γάλα αυτόχθονων ελληνικών φυλών, οι δύο κύριες πρωτεΐνες του ορού είναι σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με το γάλα γενετικά βελτιωμένων διεθνών φυλών. Η β-γαλακτογλοβουλίνη βρέθηκε $3,35 \pm 0,65$ g/L και η α-γαλακτοαλβουμίνη $2,49 \pm 0,65$ g/L στο γάλα των αυτόχθονων φυλών, ενώ οι αντίστοιχες τιμές στο γάλα των βελτιωμένων φυλών ήταν $2,94 \pm 0,64$ g/L και $2,25 \pm 0,44$ g/L (Moatsou et al. 2008).

1.7.7. Τα αμινοξέα

Το συνολικό περιεχόμενο των αμινοξέων στο αίγιο γάλα είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό του ανθρώπου. Η περιεκτικότητα του αίγιου και του αγελαδινού γάλακτος στα απαραίτητα αμινοξέα είναι μεγαλύτερη από αυτή που συναντάται στο γάλα του ανθρώπου, ενώ έχει παρατηρηθεί η αντίθετη τάση για το περιεχόμενο των διακλαδισμένων αμινοξέων (Davis et al., 1994). Το προφίλ των αμινοξέων παρουσιάζεται ως εξής : η α_s-καζεΐνη περιέχει περισσότερο ασπαρτικό οξύ, λυσίνη και τυροσίνη από την β-καζεΐνη, ενώ η β-καζεΐνη έχει μεγαλύτερο περιεχόμενο σε λευκίνη, προλίνη και βαλίνη από την α_s-καζεΐνη. Η β-γαλακτογλοβουλίνη περιέχει σημαντικά μειωμένο περιεχόμενο ασπαρτικό οξύ σε σχέση με την α-γαλακτοαλβουμίνη, ενώ έχει παρατηρηθεί η αντίθετη τάση για τις συγκεντρώσεις της αλανίνης και του γλουταμινικού οξέος (Davis et al., 1994).

Στο αίγιο γάλα το ελεύθερο αμινοξύ ταυρίνη προέρχεται από αμινοξέα που περιέχουν θείο, έχει σημαντικές μεταβολικές λειτουργίες όπως και η καρνιτίνη, το οποίο είναι ένα πολύτιμο συστατικό για τα νεογνήτα μωρά. Παίρνει μέρος στο σχηματισμό του εγκέφαλου των νεογνών και των χολικών αλάτων, τη μεταφορά του

ασβεστίου, την αντιοξειδωτική δραστηριότητα, τη διέγερση του νευρικού συστήματος και τη σταθεροποίηση των μεμβρανών (Redmond et al., 1998).

1.7.8. Το μη-πρωτεϊνικής φύσης άζωτο

Το περιεχόμενο των μη-πρωτεϊνικής φύσης αζωτούχων ουσιών (ΜΠΦΝ) στο αίγαιο γάλα και το γάλα του ανθρώπου είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό του αγελαδινού γάλακτος, αλλά υπάρχουν διαφορές μεταξύ των φυλών αιγών και αγελάδων (Park, 1991).

1.7.9. Οι υδατάνθρακες

Η λακτόζη είναι ο κύριος υδατάνθρακας στο αίγαιο, όπως και στο αγελαδινό γάλα, αλλά βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο. Η συγκέντρωση της λακτόζης δεν μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό. Παρόλα ταύτα, η συγκέντρωση της λακτόζης στο αίγαιο γάλα αυξάνεται από τη συμπλήρωση του σιτηρεσίου με φυτικής προέλευσης έλαια, σε αντίθεση με το αγελαδινό γάλα (Chilliard et al., 2005). Η λακτόζη ευνοεί την απορρόφηση του ασβεστίου, του φωσφόρου και του μαγνησίου και τη χρησιμοποίηση της βιταμίνης D κατά την πέψη. Το αίγαιο γάλα είναι σημαντικά πιο πλούσιο σε ολιγοσακχαρίτες που προέρχονται από τη λακτόζη (lactose-derived oligosaccharides) σε σχέση με το αγελαδινό γάλα. Οι ολιγοσακχαρίτες του γάλακτος θεωρούνται ωφέλιμοι στη διατροφή του ανθρώπου, λόγω των πρεβιοτικών και των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων τους (Martinez-Férez et al., 2006).

1.7.10. Τα ανόργανα στοιχεία και οι βιταμίνες

Το περιεχόμενο του αιγείου γάλακτος σε ανόργανα στοιχεία ποικίλει από 0,7 έως 0,85%. Συγκριτικά με το ανθρώπινο και το αγελαδινό γάλα, το αίγαιο γάλα περιέχει περισσότερο Ca, P, Mg, και Cl, αλλά λιγότερο Na και S. Το επίπεδό τους, όπως και αυτό των ιχνοστοιχείων, επηρεάζεται από τη φυλή, τη διατροφή, το ζώο και το στάδιο της γαλακτικής περιόδου (Park, 2006). Επίσης, το αίγαιο γάλα περιέχει λιγότερο Fe, αλλά περισσότερο Zn και I από ότι το γάλα του ανθρώπου (Park, 2009).

Η περιεκτικότητα του αίγειου γάλακτος σε βιταμίνες είναι παρόμοια με αυτή του αγελαδινού και του ανθρώπινου γάλακτος. Το αίγειο γάλα είναι εφοδιασμένο με επαρκείς ποσότητες βιταμίνης Α, νιασίνης, θειαμίνης, ριβοφλαβίνης και παντοθενικού οξέος (Park, 2009), ενώ είναι πτωχό σε φυλλικό οξύ και βιταμίνη B₁₂ (Park & Haenlein, 2006). Στο αίγειο γάλα απουσιάζει το β-καροτένιο, το οποίο μετατρέπεται σχεδόν όλο σε ρετινόλη και αυτός είναι ο λόγος που το αίγειο γάλα είναι πάντα λευκό, σε αντίθεση με το αγελαδινό γάλα.

1.7.11. Η συνεισφορά του αίγειου γάλακτος στην υγεία και τη διατροφή του ανθρώπου

Το γάλα αποτελεί μια πηγή θρεπτικών συστατικών για τα νεογνά των θηλαστικών καθώς και για τα παιδιά και τους ενήλικες που το καταναλώνουν για τη σωστή ανάπτυξη και τη θρέψη του οργανισμού. Επίσης, θεωρείται λειτουργικό τρόφιμο, καθώς περιέχει ποικίλα βιοενεργά συστατικά, όπως οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες του ορού, οι οποίες έχουν βρεθεί ότι έχουν αυξανόμενη σημαντικότητα για τις φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες, που έχουν σπουδαία επίδραση στο μεταβολισμό και την υγεία του ανθρώπου (Gobbetti et al., 2007). Στις μέρες μας, το αίγειο γάλα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ειδικής σύνθεσής του και θεωρείται ένα υψηλής ποιότητας φυσικό προϊόν για την παρασκευή τροφίμων για τα νεογνά και τους ηλικιωμένους ανθρώπους, καθώς και για συγκεκριμένες ομάδες του πληθυσμού με ξεχωριστές ανάγκες (Haenlein, 1992, 2004, Park, 2006). Το αίγειο γάλα έχει αρχίσει να συνδέεται με τη διατροφή του ανθρώπου, λόγω της διατροφικής του αξίας, της πεπτικότητάς του, των θεραπευτικών και διατροφικών χαρακτηριστικών του (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

Αν και έχουν αναγνωριστεί εδώ και χρόνια η διατροφική σημασία και ο σημαντικός ρόλος του αίγειου γάλακτος στη διατροφή του ανθρώπου, λίγες τεχνικές μελέτες έχουν διεξαχθεί και δημοσιευθεί. Όμως έχουν ταυτοποιηθεί ορισμένες βιοενεργές ουσίες στο αίγειο γάλα και σε γαλακτοκομικά προϊόντα, που έχουν ένα ισχυρό ενδεχόμενο να επιδράσουν ευεργετικά στην υγεία του ανθρώπου, όπως :

- στη γαστρεντερική ανάπτυξη, δραστηριότητα και λειτουργία
- στην ανάπτυξη των νεογνών
- στην ανάπτυξη και λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος

- στη μικροβιολογική δραστηριότητα

Εξαιτίας των μοναδικών του χαρακτηριστικών, όπως η πεπτικότητα, η μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα στα μικρής αλύσου λιπαρά οξέα, στα μεσαίας αλύσου λιπαρά οξέα, στα ανόργανα στοιχεία Fe, Zn, Ca και Mg, η υψηλότερη ενεργότητα της αντιμικροβιακής λακτοϋπεροξειδάσης, και το υψηλό επίπεδο ορισμένων αμινοξέων (π.χ. βαλίνη, γλυκίνη και ιστιδίνη), το αίγιο γάλα συνιστάται ορισμένες φορές ως λειτουργικό τρόφιμο κατάλληλο για ασθενείς που πάσχουν από διάφορες αλλεργίες και γι' αυτούς που χρειάζονται καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών (Park, 1994, Slačanac et al., 2010).

Έχει προταθεί ότι το αίγιο γάλα είναι κατάλληλο για τη διατροφή των νεογνών όταν δεν είναι δυνατόν να γίνει θηλασμός. Το αίγιο, όπως και το αγελαδινό γάλα αποτελούν πηγή υψηλής ποιότητας λίπους, πρωτεϊνών, ανόργανων στοιχείων και κάποιων βιταμινών, αλλά η διαδικασία έκκρισης του γάλακτος για τα δυο είδη θηλαστικών διαφέρει, με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στη σύνθεση. Η διαδικασία έκκρισης στην αίγα προσομοιάζει με αυτή του ανθρώπου. Συνεπώς, το αίγιο γάλα μοιάζει περισσότερο με του ανθρώπου παρά με το αγελαδινό από αυτή την άποψη, κάνοντάς το μια λογική και πολύτιμη εναλλακτική λύση του αγελαδινού γάλακτος, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό παρασκευής υποκατάστατων του ανθρώπινου γάλακτος. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Mack (1953), αναφέρεται ότι τα παιδιά που κατανάλωναν αίγιο γάλα, παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και αυξημένες παραμέτρους ανάπτυξης από αυτά που διατρέφονταν με αγελαδινό γάλα.

Σύμφωνα με τον McCullough (2003), η προσθήκη των μέτριας-αλύσου τριγλυκεριδίων σε βρεφικές τροφές είναι αμφιλεγόμενη, διότι δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για τη βελτίωση της εξισορρόπησης της ενέργειας ή της αύξησης του βάρους, καθώς οι παρενέργειες των μέτριας-αλύσου τριγλυκεριδίων περιλαμβάνουν τυμπανισμό-φούσκωμα, διάρροιες και εμετούς. Παρόλα ταύτα, στα νεογνά που χορηγήθηκε η φόρμουλα με τα μέτριας-αλύσου τριγλυκερίδια, απορροφήθηκε σημαντικά περισσότερο ασβέστιο και μαγνήσιο από ότι στην ομάδα του μάρτυρα (McCullough, 2003).

1.7.11.1. Οι επιδράσεις του λίπους του γάλακτος

Η βιολογική υπεροχή του αίγειου γάλακτος και των προϊόντων του όσον αφορά στη σύνθεση του λίπους, δεν έχει προωθηθεί στην αγορά, αλλά υπάρχει ισχυρό δυναμικό υπεράσπισης της μοναδικότητας του αίγειου γάλακτος στη διατροφή του ανθρώπου και στην ιατρική, καθώς χρησιμοποιείται για τη θεραπεία διάφορων γαστρεντερικών διαταραχών και ασθενειών, ενώ παράλληλα έχει αναγνωριστεί η συμβολή του στην ανακούφιση από αλλεργίες που δημιουργούνται από το αγελαδινό γάλα (Haenlein 1992, 2004). Αναφέρεται ότι το λίπος του αίγειου γάλακτος πέπτεται πιο γρήγορα από αυτό του αγελαδινού γάλακτος επειδή, η λιπάση δρα στους δεσμούς των εστέρων των μικρής-αλύσου ή μέτριας-αλύσου λιπαρών οξέων πιο εύκολα από ότι στα λιπαρά οξέα με μεγαλύτερη ανθρακική αλυσίδα (Jenness, 1980, Park, 1994). Οι López-Aliaga et al. (2010) παρουσίασαν τις επιδράσεις του λίπους του αίγειου και του αγελαδινού γάλακτος στην αξιοποίησή του μέσω της πέψης και σε κάποιες βιοχημικές παραμέτρους που συνδέονται με το μεταβολισμό του λίπους στο σύνδρομο δυσαπορρόφησης. Η κατανάλωση ενός διαιτολογίου βασισμένου στο αίγιο γάλα για 14 ημέρες βελτίωσε την αξιοποίηση του λίπους μέσω της πέψης, μείωσε τις απώλειες από τα κόπρανα συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα και επίσης πλησίασε την ευεργετική δράση που παρατηρήθηκε με τη χρήση του ελαιόλαδου.

Όπως προαναφέρθηκε, το αίγιο γάλα περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα μικρής-αλύσου και μέτριας-αλύσου λιπαρά οξέα από το αγελαδινό γάλα, με αποτέλεσμα να συνεισφέρει σημαντικά στη θρέψη του ανθρώπου (Wong et al., 2003). Τα μέτριας-αλύσου λιπαρά οξέα απορροφώνται άθικτα και δεν υφίστανται τη διαδικασία της διάσπασης και της επανεστεροποίησης. Επιπλέον, τα μέτριας-αλύσου λιπαρά οξέα υδρολύονται πιο γρήγορα από τα παγκρεατικά ένζυμα σε σύγκριση με τα μεγάλης-αλύσου λιπαρά οξέα, παρέχοντας ενέργεια στα παιδιά που βρίσκονται στην ανάπτυξη. Για αυτό το λόγο, η χρήση των μέτριας-αλύσου λιπαρών οξέων έχει αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως μέσο για την μείωση βάρους επειδή αυτά τα Λ.Ο. αποτελούν μια γρήγορη πηγή ενέργειας ειδικά σε περιπτώσεις που υπάρχει κακή θρέψη και σύνδρομο δυσαπορρόφησης (Telliez et al., 2002). Επιπρόσθετα, οι Alferez et al. (2001), έδειξαν ότι η αξιοποίηση του λίπους και η αύξηση του βάρους βελτιώθηκαν από διαιτολόγιο που περιελάμβανε αίγιο γάλα σε σύγκριση με αυτό που περιελάμβανε αγελαδινό γάλα. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν ήταν τα εξής : το επίπεδο της χοληστερόλης μειώθηκε, ενώ τα τριγλυκερίδια, η υψηλής πυκνότητας

λιποπρωτεΐνη (HDL), η γλουταμινική οξαλοξική τρανσαμινάση και η γλουταμινική πυρουβική τρανσαμινάση παρέμειναν φυσιολογικές. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση αίγειου γάλακτος μειώνει το επίπεδο της ολικής χοληστερόλης και το κλάσμα της χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL), λόγω του υψηλότερου ποσοστού των μέτριας-αλύσου τριγλυκεριδίων (36% στο αίγιο σε αντίθεση με το 21% στο αγελαδινό γάλα), που μειώνουν τη σύνθεση της ενδογενούς χοληστερόλης.

Το γάλα που προέρχεται από αίγες, που καταναλώνουν βοσκή, περιλαμβάνει σχετικά μεγαλύτερες ποσότητες Σ.Λ.Ο., το οποίο είναι γνωστό για διάφορες ευεργετικές και βιοενεργές λειτουργίες στην υγεία του ανθρώπου, συμπεριλαμβάνοντας αντικαρκινικές, αντιαθηρωματικές, ανοσοδιεγερτικές και ενισχυτικές της ανάπτυξης ιδιότητες (Park, 2006). Μελέτες από τους Gaullier et al. (2007), έχουν επίσης αναφέρει ότι η συμπλήρωση της διατροφής των υγείων, υπέρβαρων και των παχύσαρκων ενηλίκων ατόμων με Σ.Λ.Ο. μειώνει το λίπος σε συγκεκριμένες περιοχές του σώματος. Το Σ.Λ.Ο. θεωρείται μια σημαντική βιοενεργός ουσία στο αίγιο γάλα, η οποία όταν επαυξάνεται η δράση της από αλλαγές στη διατροφή, έχει ως αποτέλεσμα το λίπος του γάλακτος να περιλαμβάνει μια μικρότερη ποσότητα κορεσμένων λιπαρών οξέων και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα Λ.Ο. (όπως, το βασενικό οξύ) και πολυακόρεστα Λ.Ο. (Park et al., 2007).

Οι έρευνες από τους Reynolds και Roche (2010), αναφέρουν ότι οι συνθετικές και οι φυσικές πηγές του Σ.Λ.Ο. μπορεί να έχουν ευνοϊκή επίδραση σε φλεγμονές όπως κολίτιδα, η αθηροσκλήρωση, τα μεταβολικά σύνδρομα και η ρευματοειδής αρθρίτιδα. Οι περισσότερες βιολογικές δράσεις αποδίδονται στα cis-9, trans-11 και trans-10 και cis-12 ισομερή. Υπάρχουν αποδείξεις που προτείνουν ότι τα cis-9 και trans-11 Σ.Λ.Ο., είναι υπεύθυνα για τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες που αποδίδονται στο Σ.Λ.Ο..

Τα διακλαδισμένα Λ.Ο. επίσης έχουν μελετηθεί στο αίγιο γάλα (Alonso et al., 1999). Όπου και έχει βρεθεί ένας σχετικά αυξημένος αριθμός δευτερευόντων διακλαδισμένων Λ.Ο., όπως και η περιεκτικότητα στο trans-C18:1 Λ.Ο. είναι σημαντικά μειωμένη στο αίγιο από ότι στο αγελαδινό γάλα όταν ακολουθείται το ίδιο σύστημα διατροφής, με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο κίνδυνος της στεφανιαίας νόσου (Haenlein, 2004).

1.7.11.2. Οι επιδράσεις των πρωτεϊνών του γάλακτος

Το αίγιο γάλα χρησιμοποιείται ευρέως από τους ανθρώπους με διαταραχές πέψης και ευαισθησίες στα προϊόντα που παρασκευάζονται από αγελαδινό γάλα. Το επίπεδο της πρωτεΐνης στο αίγιο γάλα είναι παρόμοιο με αυτό στο αγελαδινό γάλα, αλλά υπάρχουν διαφορές στη δομή και την ανοσολογία των πρωτεϊνών μεταξύ των δυο ειδών ζώων, με το αίγιο γάλα να έχει χαμηλό περιεχόμενο (ή καθόλου) στην α_{s1} -καζεΐνη και υψηλότερο στην α_{s2} -καζεΐνη, καθώς και υψηλότερη περιεκτικότητα σε β -καζεΐνη, που το κάνει να μοιάζει υπό μίαν έννοια με το γάλα του ανθρώπου (βλέπε Πίνακα 1.5.2.). Καθώς, το αίγιο γάλα έχει σχετικά χαμηλό περιεχόμενο σε α_{s1} -καζεΐνη, είναι λογικό τα παιδιά με αυξημένη ευαισθησία στην α_{s1} -καζεΐνη στο αγελαδινό γάλα να δέχονται σε ικανοποιητικό βαθμό το αίγιο γάλα (Chandan et al., 1992). Επιπρόσθετα, το αίγιο γάλα έχει κάποιες ειδικές χρήσεις στη θεραπεία της αλλεργίας και ιδιαίτερα στη παιδική ηλικία (Luke & Keith, 1992).

Έχει προταθεί από τον Walker (1965), από κλινικές παρατηρήσεις σε νεογέννητα και παιδιά, ότι άτομα με ευαισθησία στις πρωτεΐνες ορού του αγελαδινού γάλακτος μπόρεσαν να δεχτούν το αίγιο γάλα σε ικανοποιητικό βαθμό. Επίσης, σε κλινικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε τρία διαφορετικά νοσοκομεία με αντικείμενο έρευνας τις αλλεργίες και διήρκησαν 25 χρόνια, παρατηρήθηκε ότι 1 στα 100 νεογέννητα που είχαν εμφανίσει αλλεργία στο αγελαδινό γάλα, δεν παρουσίασαν αλλεργική αντίδραση όταν τους χορηγήθηκε αίγιο γάλα. Επιπρόσθετα, οι Chandan et al. (1992) πρότειναν ότι τα νεογνά και τα παιδιά, τα οποία ήταν ευαίσθητα στα προϊόντα που βασίζονταν στο αγελαδινό γάλα, συχνά ευνοούνταν από την αντικατάστασή τους με προϊόντα βασισμένα στο αίγιο γάλα. Έρευνες από τον Soothill (1987) επιπλέον, αναφέρουν ότι τα παιδιά που εμφάνιζαν ευαισθησία ή αλλεργία στο αγελαδινό γάλα αλλά όχι στο αίγιο επίσης αντιδρούσαν στο αγελαδινό τυρί, αλλά όχι στο αίγιο τυρί. Μετά από μακροχρόνιες μελέτες στη Γαλλία με ασθενείς αλλεργικούς στο γάλα, διαπιστώθηκε ότι η αντικατάσταση του αγελαδινού από αίγιο γάλα έγινε δεκτή (Sabbah et al., 1997).

Ο Brennehan (1978) επίσης, ανέφερε ότι στην πειραματική του έρευνα περίπου το 40% των ασθενών με αλλεργία και ευαισθησία στις πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος μπορούσαν να δεχτούν τις πρωτεΐνες του αίγιου γάλακτος. Αυτοί οι ασθενείς ήταν ευαίσθητοι στην α -γαλακτοαλβουμίνη του αγελαδινού γάλακτος, η οποία παρουσιάζει διαφορές μεταξύ των γαλάτων διαφορετικών ειδών. Η

αλλεργία στο αγελαδινό γάλα επίσης, μπορεί να οφείλεται στη β-γαλακτογλοβουλίνη (Heyman & Desjeux, 1992).

Η αλλεργία σε κάποιο τρόφιμο μπορεί να παρουσιαστεί ιδιαίτερα τα πρώτα χρόνια της ζωής του ανθρώπου και παρατηρείται για τροφές που διαφέρουν από το μητρικό γάλα (Noimark & Cox, 2008). Έτσι, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι έχουν αναγνωριστεί συγκεκριμένες αλλεργίες έναντι του αίγειου γάλακτος (Ah-Leung et al., 2006). Το γάλα από διάφορα είδη θηλαστικών (άλογο, γάιδαρος και αίγα) έχει προταθεί ως μια εναλλακτική επιλογή για την αλλεργία στο αγελαδινό γάλα (Park & Haenlein, 2006). Όμως, συμπτώματα αλλεργίας στο αίγειο γάλα εμφανίζονται σε αρκετά μεγαλύτερη ηλικία από τις αλλεργίες στο αγελαδινό γάλα (Ah-Leung et al., 2006), γεγονός που μπορεί να ευνοεί τα νεογέννητα που εξαρτώνται από το γάλα καθώς είναι η μόνη πηγή θρεπτικών συστατικών για αυτά. Επιπρόσθετα, τα συμπτώματα που συνδέονται με την αλλεργία στο αίγειο γάλα, μπορεί να εμφανίζονται σε άτομα που έχουν ήδη αναπτύξει αλλεργία στο αγελαδινό γάλα, αλλά απαιτείται πέντε φορές περισσότερο αίγειο γάλα απ' ό,τι αγελαδινό για να προκληθεί αντίδραση γεγονός που υποστηρίζει τη διαφορά της αλλεργιογόνου δύναμης του αίγειου και του αγελαδινού γάλακτος (Bellioni-Businco et al., 1999). Η πιο αποδοτική πέψη της β-γαλακτογλοβουλίνης παρέχει μια πιθανή εξήγηση για την μειωμένη αλλεργική δράση του αίγειου γάλακτος (Bevilacqua et al., 2001). Επίσης, καθώς το επίπεδο της α_{s1} -καζεΐνης ποικίλει ανάλογα με τη φυλή και την εποχή του έτους και επειδή δεν περιέχουν όλα τα γάλατα από τις αίγες χαμηλό επίπεδο α_{s1} -καζεΐνης, το επίπεδο της αλλεργικής απάντησης μπορεί να διαφοροποιείται (Prosser, 2005, Moiola et al. 1998, 2007).

Έρευνες από τους Bevilacqua et al. (2001), έχουν προτείνει ότι η μειωμένη αλλεργική δράση του αίγειου γάλακτος πρέπει να συνδέεται άμεσα με το χαμηλό επίπεδό του σε α_{s1} -καζεΐνη ή με την τροποποιημένη αναλογία της β-γαλακτογλοβουλίνης προς την α_{s1} -καζεΐνη. Η αντίσταση στην πέψη αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα στην αλλεργική δράση των πρωτεϊνών (Astwood et al., 1996). Αναφέρεται ότι το αίγειο γάλα σχηματίζει ένα λεπτότερο στρώμα από αυτό του αγελαδινού γάλακτος κατά την οξίνιση στο στομάχι (Haenlein, 1992). Η χαμηλή περιεκτικότητα σε α_{s1} -καζεΐνη θεωρείται ότι συμβάλλει στο σχηματισμό μαλακού και πιο εύπεπτου πηγματος κατά τη διάρκεια της πέψης. (Clark & Sherbon, 2000).

Διάφορες άλλες ενδεδειγμένες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από τους ερευνητές Reinert και Fabre (1997), Fabre (1997), και Grzesiak (1997), σε παιδιά που

εμφάνιζαν αλλεργία, έδειξαν ότι μετά από θεραπεία με αίγιο γάλα παρουσιάστηκαν θετικά αποτελέσματα στο 93% των παιδιών: Συμπεραίνεται ότι ο κύριος λόγος της υποαλλεργικής αξίας του αίγιου γάλακτος, συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, είναι η διαφορά στη δομή των πρωτεϊνών τους (Imafidon et al., 1991), με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη πεπτικότητα του. Επιπλέον, οι Almaas et al. (2006), έδειξαν ότι οι πρωτεΐνες του αίγιου γάλακτος υπέστησαν τη διαδικασία της πέψης στο γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου, από τα ένζυμα του στομάχου και του δωδεκαδακτύλου με πιο γρήγορο ρυθμό από ότι οι πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος.

Στην πραγματικότητα, αν και η χρήση του αίγιου γάλακτος δεν συστήνεται ευρέως για τη δημιουργία ειδικής υποαλλεργικής φόρμουλας, θα μπορούσαν να επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα στην προετοιμασία κατάλληλης τροποποιημένης φόρμουλας για ορισμένες ομάδες ασθενών με αλλεργία (Ballabio et al., 2011).

1.7.11.3. Βιοενεργά πεπτίδια και αίγιο γάλα

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος αποτελούνται από πεπτίδια με συγκεκριμένες βιολογικές δράσεις, στις οποίες μπορεί να περιλαμβάνονται και συμπτώματα αλλεργίας. Τα βιολογικά ενεργά πεπτίδια ελευθερώνονται από την πέψη ή την πρωτεόλυση των καζεϊνών και των πρωτεϊνών του ορού του γάλακτος και παρουσιάζουν πολύ σημαντικές βιολογικές δράσεις για όλα τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Οι Chessa et al. (2009), αναφέρουν ότι από τα βιοενεργά πεπτίδια που βρίσκονται στο αίγιο και το αγελαδινό γάλα, τα εννέα εμφανίζουν οπιοειδή δράση, τα πέντε συγκρατούν ιχνοστοιχεία, τα 23 παρουσιάζουν αντιυπερτασική, τρία είναι αντιθρομβωτικά και έξι ανοσορυθμιστικά. Επίσης, οι ερευνητές αυτοί κατέληξαν στο συμπέρασμα κατά την αξιολόγηση των τοπικών φυλών αιγών ως προς τη διακύμανση και τις γενετικές παραλλαγές των καζεϊνών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ξεχωριστές γενετικές παραλλαγές των βιοενεργών πεπτιδίων που προκύπτουν από αυτές. Τα βιοενεργά πεπτίδια επίσης, μπορούν να απελευθερωθούν από τις πρωτεΐνες του γάλακτος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του γάλακτος και κατά την ωρίμανση των τυριών, εμπλουτίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα γαλακτοκομικά προϊόντα (Gobbetti et al., 2002).

Όπως στο γάλα του ανθρώπου, έτσι και στο αίγιο γάλα περιέχονται βιοενεργά συστατικά όπως, νουκλεοτίδια, πολυαμίνες, σιαλικό οξύ, ελεύθερα

αμινοξέα και παράγοντες ανάπτυξης που προωθούν την ιδανική λειτουργία του οργανισμού. Η αντιμικροβιακή δράση του γάλακτος αποδίδεται κυρίως στις ανοσογλοβουλίνες και σε άλλες πρωτεΐνες του ορού όπως, η λακτοφερίνη, η λακτοϋπεροξειδάση και η λυσοζύμη. Επίσης, έχουν βρεθεί αντιβακτηριακά πεπτίδια, τα οποία είναι ενεργά και δρουν εναντίον ενός μεγάλου εύρους παθογόνων μικροοργανισμών όπως, τα γένη των βακτηρίων *Escherichia*, *Helicobacter*, *Listeria*, *Salmonella* και *Staphylococcus*, ζύμες και μύκητες (Atanasova & Ivanova, 2010).

Ανάμεσα στα γνωστά βιοενεργά πεπτίδια, οι ερευνητές Geerlings et al. (2006), έχουν ταυτοποιήσει και χαρακτηρίσει νέα ανασταλτικά πεπτίδια του μετατρεπτικού ενζύμου της αγγειοτασίνης (ACE) στο αίγιο γάλα, τα οποία θα μπορούσαν να έχουν ωφέλιμες δράσεις στον έλεγχο της υπέρτασης εάν ακολουθείται μακροχρόνια πρόσληψη συμπληρωμάτων υδρολυμάτων αίγιου γάλακτος. Τα ACE ανασταλτικά πεπτίδια προέρχονται από τις καζεΐνες και τις πρωτεΐνες του ορού του αγελαδινού, του αίγιου και του πρόβειου γάλακτος και οι πρωτεΐνες του αίγιου γάλακτος θεωρούνται μια σημαντική εν δυνάμει πηγή τους (Lee et al., 2005, Quirós et al., 2005).

1.7.11.4. Τα νουκλεοτίδια

Τα νουκλεοτίδια βρίσκονται στο γάλα του ανθρώπου και σε άλλων ειδών ανώτερων οργανισμών, σε ποικίλα επίπεδα. Οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί *in vitro* στους ζωικούς οργανισμούς και στον άνθρωπο έχουν δείξει ότι τα νουκλεοτίδια αναλαμβάνουν ένα σημαντικό ρόλο στη διέγερση της ανάπτυξης και την ίαση του γαστρεντερικού συστήματος (Carver & Walker, 1995) και συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία του ανοσολογικού συστήματος (Aggett et al., 2003). Το αίγιο γάλα περιέχει μια σύνθετη ομάδα από νουκλεοτίδια που διευκολύνουν την ωρίμανση του ανοσοποιητικού συστήματος των νεογνών και γι' αυτόν το λόγο τα νουκλεοτίδια γενικά αποτελούν μέρος των ειδικών μορφών φόρμουλας για τα νεογνήτα μωρά (Schaller et al., 2007). Μελέτες από τους Prosser et al. (2008), έχουν δείξει ότι οι φόρμουλες για τα νεογνά που παρασκευάζονται από αίγιο γάλα έχουν τα ίδια επίπεδα νουκλεοτιδίων με αυτά του γάλακτος του ανθρώπου και δεν είναι αναγκαία η προσθήκη συμπληρωματικών νουκλεοτιδίων. Επιπρόσθετα, η βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου είναι μεγαλύτερη στο αίγιο γάλα από ότι στο αγελαδινό λόγω της

υψηλότερης περιεκτικότητάς του σε νουκλεοτίδια γάλακτος, γεγονός που συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφηση του σιδήρου στο έντερο (Park et al., 1986).

1.7.11.5. Οι πολυαμίνες

Οι πολυαμίνες (π.χ. σπερμιδίνη, σπερμίνη) είναι βασικές ενώσεις για την ανάπτυξη και τη διαφοροποίηση των κυττάρων. Έχει προταθεί ότι μπορεί να παίζουν ρόλο στην παρεμπόδιση ή στη μείωση της ευαισθησίας στις αλλεργιογόνες ουσίες που βρίσκονται στα τρόφιμα (Dandrifosse et al., 2000). Η ολική συγκέντρωση των πολυαμιμών που βρίσκεται φυσιολογικά στο αίγιο γάλα έχει βρεθεί σε υψηλότερα επίπεδα από αυτή που βρίσκεται στο αγελαδινό γάλα και παρόμοια με το γάλα του ανθρώπου (Prosser, 2005).

1.7.11.6. Το σιαλικό οξύ

Το σιαλικό οξύ βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα γάγγλια του εγκεφάλου και θεωρείται σημαντικό δομικό και λειτουργικό στοιχείο του ανθρώπινου εγκεφάλου. Καθώς τα νεογνά δεν έχουν αναπτύξει την ικανότητα να συνθέτουν σιαλικό οξύ επαρκώς, λόγω της μη ολοκληρωμένης λειτουργικής δραστηριότητας του ήπατός τους (Wang et al., 2001), η συμπληρωματική χορήγηση σιαλικού οξέος με τη διατροφή, ειδικά με το γάλα, θα είναι σημαντική στην παροχή ικανοποιητικών ποσοτήτων για την ιδανική ανάπτυξη του εγκεφάλου των νεογνών. Η περιεκτικότητα του γάλακτος του ανθρώπου σε σιαλικό οξύ είναι περίπου 30 mg/dL και αυτή του αίγιου γάλακτος κυμαίνεται στα 8 mg/dL (Wang et al., 2001).

1.7.11.7. Η ταυρίνη

Από τα ελεύθερα αμινοξέα, η ταυρίνη έχει βρεθεί ότι παίζει ρόλο όσον αφορά τη σταθερότητα των μεμβρανών, το σχηματισμό των χολικών αλάτων την αντιοξειδωτική δράση, την ομοιοστασία του ασβεστίου, τη διαφοροποίηση της ανάπτυξης και την ωσμορύθμιση, με κάποιες δυνητικά ανοσορυθμιστικές ιδιότητες (Redmond et al., 1998). Το αίγιο γάλα περιέχει αρκετή ταυρίνη και συμβάλλει στη θεραπεία του διαβήτη (Anaeto et al., 2010). Τα νεογνά έχουν περιορισμένη ικανότητα

σύνθεσης της ταυρίνης και γι' αυτόν το λόγο τα έμβρυα δεσμεύουν την ταυρίνη σε όλη την περίοδο της κύησης.

1.7.11.8. Οι παράγοντες ανάπτυξης

Το γάλα του ανθρώπου περιέχει ένα εύρος αυξητικών παραγόντων, όπως οι παρόμοιοι με την ινσουλίνη αυξητικοί παράγοντες (IGF)-1, IGF-2, IGF-πρωτεΐνη σύνδεσης, (TGF)-α και TGF-β, τα οποία είναι φυσιολογικά σημαντικά μόρια που παράγονται στον οργανισμό και μπορούν να εκκινήσουν την κυτταρική ανάπτυξη και την έκφραση πολλών διαφοροποιημένων λειτουργιών (Penttila et al., 2003, Ogawa et al., 2004). Έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη κάποιων από αυτούς τους παράγοντες ανάπτυξης στο αίγιο γάλα, αλλά ο φυσιολογικός τους ρόλος χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.

Επειδή το αίγιο γάλα περιέχει NO μπορεί να ασκεί καρδιοπροστατευτική και αντιαθηρωματική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου. Επιπλέον, η επαγωγή των προφλεγμονωδών κυτταροκινών όπως η TNF-α, η ιντερλευκίνη IL-6 και των αντιφλεγμονωδών κυτταροκινών όπως η IL-10, υποδεικνύει ότι το αίγιο γάλα μπορεί να είναι ωφέλιμο για τους ηλικιωμένους (Martemucci et al., 2010).

1.7.11.9. Οι επιδράσεις των ολιγοσακχαριτών του γάλακτος

Οι ολιγοσακχαρίτες του γάλακτος έχουν αντιγονικές ιδιότητες και κατέχουν πολύτιμο ρόλο στην προώθηση της ανάπτυξης της φυσικής μικροχλωρίδας του εντέρου στα νεογνά (Park & Haenlein, 2007). Το αίγιο γάλα μπορεί να παρουσιάζει ιδιαίτερο διατροφικό ενδιαφέρον, ειδικά όσον αφορά το υψηλά βιοενεργό ολιγοσακχαριδικό κλάσμα (Boehm & Stahl, 2007). Για την υποστήριξη αυτής της παρατήρησης, πρόσφατα έχει δημοσιευθεί έρευνα όπου αναφέρει ότι οι ολιγοσακχαρίτες του αίγιου γάλακτος κατέχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες σε μοντέλο που εφαρμόστηκε σε πειραματόζωα με κολίτιδα (Daddaoua et al., 2006). Οι Gopal & Gill (2000), έχουν αναφέρει τη συνεισφορά των ολιγοσακχαριτών στην ανάπτυξη και εξέλιξη του εγκεφάλου των νεογέννητων μωρών.

1.7.11.10. Οι επιδράσεις των ανόργανων στοιχείων και των βιταμινών του γάλακτος

Είναι γνωστό ότι τα υψηλά επίπεδα ασβεστίου στο γάλα κατέχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη, την ενδυνάμωση και την πυκνότητα των οστών στα παιδιά, καθώς και στην παρεμπόδιση της οστεοπόρωσης που εμφανίζεται σε μεγαλύτερες ηλικίες. Επίσης, το ασβέστιο έχει βρεθεί ότι είναι ωφέλιμο στη μείωση της απορρόφησης της χοληστερόλης, στη ρύθμιση του σωματικού βάρους και στην πίεση του αίματος (Park, 2009).

Η επίδραση του αίγειου και του αγελαδινού γάλακτος στη διατροφική αξιοποίηση του σιδήρου έχει μελετηθεί από τους López-Aliaga et al. (2010), οι οποίοι βρήκαν ότι το αίγειο γάλα επιδρά στον μεταβολισμό του ασβεστίου και του σιδήρου, με τρόπο που ελαχιστοποιεί κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των δυο στοιχείων.

Δεν έχει μελετηθεί εάν το αίγειο γάλα επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπου σε ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες. Ωστόσο, τα πιο βασικά ανόργανα στοιχεία υπάρχουν σε αρκετά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο αίγειο και αγελαδινό γάλα από ότι στο γάλα του ανθρώπου. Από την άλλη πλευρά, για τα νεογνά που ταΐζονται αποκλειστικά με αίγειο γάλα υπάρχει ο κίνδυνος να εμφανίσουν αναιμία, εκτός εάν το αίγειο γάλα είναι εμπλουτισμένο με φυλλικό οξύ (O'Connor, 1992). Εκτός από τη χαμηλή συγκέντρωση φυλλικού οξέος, το αίγειο γάλα έχει επίσης χαμηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη B₁₂ συγκριτικά με το αγελαδινό γάλα, αλλά το αίγειο γάλα έχει αρκετά υψηλότερη συγκέντρωση σε βιταμίνη D, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη, παντοθενικό οξύ, βιταμίνη B₆ και βιοτίνη σε σύγκριση με το γάλα του ανθρώπου (Park, 2006).

2. Πειραματικό Μέρος

2.1. Υλικά και μέθοδοι

2.1.1. Η διατροφή των ζώων

Η πειραματική μελέτη διεξήχθη στις πειραματικές εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψης & Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τους μήνες Απρίλιο-Μάιο. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 12 γαλακτοπαραγωγές αίγες, οι οποίες έχουν προέλθει από διασταύρωση εγχώριας φυλής × Alpine, με μέσο σωματικό βάρος : 45 kg για την ομάδα Α και 48 kg για την ομάδα Β. Η μέση ημερήσια ατομική γαλακτοπαραγωγή της κάθε αίγας για την Α ομάδα ήταν 1,56 kg και για την Β ομάδα 1,5 kg.

Οι αίγες χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (n=6). Η σύνθεση του σιτηρεσίου είχε διαφοροποιήσεις για τις δύο ομάδες (Πίνακας 2.1.), ώστε στην ομάδα Α (μάρτυρας) ο λόγος NDF : άμυλο να είναι 0,82 και στην ομάδα Β (διατροφική επέμβαση) ο λόγος NDF : άμυλο να ισούται με 3,38. Ο λόγος χονδροειδείς / συμπυκνωμένες ζωοτροφές καθορίστηκε 50/50 και για τις δύο ομάδες ζώων.

Επίσης, διεξήχθη μια επιπρόσθετη πειραματική διαδικασία σύμφωνα με τις υποδείξεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών έχοντας ως στόχο τη φροντίδα και την ορθή διαχείριση των αγροτικών ζώων. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 24 γαλακτοπαραγωγές αίγες ηλικίας 3 ετών εγχώριας φυλής, με σωματικό βάρος (ΣΒ) 55 ± 2.1 kg. Οι αίγες χωρίστηκαν σε 3 ομοιογενείς υπο-ομάδες (n = 8) ισορροπημένες ως προς το ΣΒ και την παραγωγή γάλακτος. Σε κάθε ομάδα χορηγήθηκε το ίδιο σιτηρέσιο, αλλά σε διαφορετική ποσότητα ώστε να καλύπτεται το 70% (υπο-σιτισμός), το 100% (μάρτυρας) και το 130% (υπερ-σιτισμός) των αντίστοιχων αναγκών των ζώων σε ενέργεια και ολική πρωτεΐνη (Πίνακας 2.2). Η ποσότητα του σιτηρεσίου που χορηγήθηκε στις τρεις ομάδες των αιγών προσαρμόστηκε στις ημέρες: 0, 12, 24, 31 και 52 του πειράματος, σύμφωνα με τις ανάγκες των ζώων, οι οποίες βασίστηκαν στο ΣΒ και την παραγωγή γάλακτος.

Πίνακας 2.1. Η κατά μέσο όρο ημερήσια κατανάλωση των δύο διαφορετικών διατροφικών επεμβάσεων (σε kg/αίγα) για τις δύο ομάδες αιγών κατά την πειραματική διαδικασία.

Ομάδα αιγών	Ζωοτροφές	Ημέρα πειράματος						
		1	7	14	22	29	35	42
A	Αραβόσιτος	0,44	0,44	0,45	0,43	0,42	0,41	0,40
	Πίτυρα Σίτου	0,44	0,44	0,45	0,43	0,42	0,41	0,40
	Σογιάλευρο (μαζί Ισορ. βιτ.+ιχν.)	0,22	0,22	0,23	0,21	0,21	0,20	0,20
B	Αραβόσιτος	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
	Πίτυρα Σίτου	0,23	0,23	0,24	0,22	0,22	0,21	0,21
	Σογιάλευρο (μαζί Ισορ. βιτ.+ιχν.)	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13
	Ηλιάλευρο	0,30	0,30	0,30	0,28	0,27	0,26	0,26
	Στέμφυλα Σακχαροτεύτων	0,36	0,36	0,36	0,34	0,33	0,31	0,31

Πίνακας 2.2. Η κατά μέσο όρο πρόσληψη τροφής (σε kg / αίγα) από τις αίγες και στις τρεις διατροφικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας υποσιτισμός-μάρτυρας-υπερσιτισμός (Tsiplakou et al., 2011).

Επίπεδο διατροφής	Ζωοτροφές	Ημέρα πειράματος					
		0	12	24	31	39	52
Υπο-σιτισμός (70%)	Χόρτο μηδικής	0,63	0,55	0,52	0,50	0,49	0,48
	Συμπυκνωμένες	0,63	0,55	0,52	0,50	0,49	0,48
Μάρτυρας (100%)	Χόρτο μηδικής	0,90	0,87	0,84	0,78	0,75	0,73
	Συμπυκνωμένες	0,90	0,87	0,84	0,78	0,75	0,73
Υπερ-σιτισμός (130%)	Χόρτο μηδικής	1,16	1,22	1,14	1,05	1,00	0,98
	Συμπυκνωμένες	1,16	1,22	1,14	1,05	1,00	0,98

Το σιτηρέσιο βασίστηκε σε χονδροειδείς ζωοτροφές και συγκεκριμένα στο χόρτο μηδικής και σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές με μια αναλογία χονδροειδείς/συμπυκνωμένες = 50/50.

2.2. Δειγματοληψία, μεταχείριση και προσδιορισμός της γενικής σύστασης των δειγμάτων

Η άμελξη των ζώων γινόταν δύο φορές την ημέρα : μια νωρίς το πρωί και μια το απόγευμα, μετά ακολουθούσε η χορήγηση της τροφής σε ατομικές ταΐστρες για κάθε ζώο.

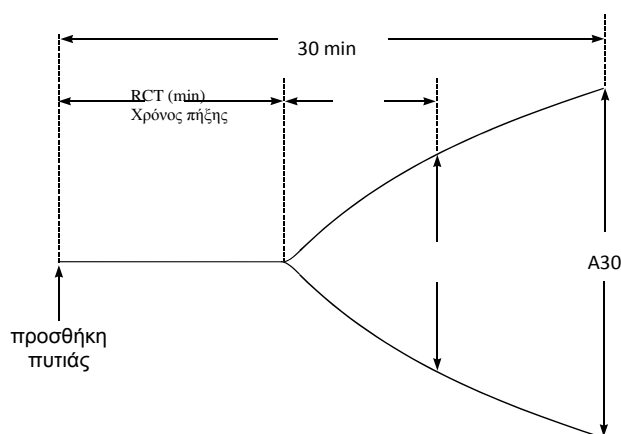
Οι δειγματοληψίες έλαβαν μέρος τις ημέρες 1, 7, 14, 22, 29, 35 και 42 της πειραματικής διαδικασίας. Τα ατομικά δείγματα γάλακτος προέρχονταν από την πρωινή άμελξη και αμέσως μετά τη συλλογή τους μεταφέρονταν στο εργαστήριο Γαλακτοκομίας με σκοπό τον άμεσο προσδιορισμό του pH και της γενικής σύστασής τους. Πριν από τις αναλύσεις γινόταν διήθηση και ένα μέρος του δείγματος συσκευαζόταν κατάλληλα και διατηρούνταν σε <-25 °C για περαιτέρω ανάλυση. Ο προσδιορισμός της σύστασης των δειγμάτων γινόταν σε αυτοματοποιημένο αναλυτή υπερύθρου φασματοσκοπίας (Milkoscan 133 A/S N, Foss Electric, Denmark).

2.3. Προσδιορισμός του χρόνου πήξης με πυτιά

Ο προσδιορισμός έγινε με τη χρήση του Formagraph (Lattodinamographo, Foss, Italia). Στις δέκα θέσεις του οργάνου τοποθετούνταν τα δείγματα του γάλακτος. Μετά τη προσθήκη του διαλύματος πυτιάς ένας μεταλλικός βραχίονας που μπορεί να ταλαντώνεται βυθιζόταν στα δείγματα. Η κίνηση αυτή του μεταλλικού βραχίονα καταγραφόταν ως συνεχής γραμμή. Πριν από την πήξη του γάλακτος η ταλάντωση γίνεται ελεύθερα και η γραμμή είναι ευθεία, ενώ με την έναρξη της πήξης η γραμμή αρχίζει να διακλαδίζεται (Εικόνα 2.1).

Σε κάθε θέση τοποθετούνταν 10 ml δείγματος γάλακτος στους 35 °C και αμέσως γινόταν προσθήκη 100 μl διαλύματος χυμοσίνης 0,3% (βιοτεχνολογική πυτιά Chy-max, Chr-Hansen, Denmark) σε ρυθμιστικό διάλυμα 20 mM $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$ pH 5,5. Σε ορισμένες περιπτώσεις που δεν παρατηρήθηκε

πήξη, γινόταν ενίσχυση του γάλακτος με 10 ml διαλύματος 25% CaCl₂ ή διπλασιαζόταν η ποσότητα του πηκτικού ενζύμου.



Εικόνα 2.1. Καταγραφή της κίνησης του μεταλλικού βραχίονα στο Formagraph.

2.4. Χρωματογραφική ανάλυση των καζεϊνών

Η χρωματογραφική ανάλυση των καζεϊνών του γάλακτος πραγματοποιήθηκε με την HPLC ανεστραμμένης φάσης (RP-HPLC), όπως περιγράφεται από τους Moatsou *et al.* (2008). Χρησιμοποιήθηκε η στήλη Vydac C4 214 TP 5415 (Separation group, Hesperia, CA, USA) σε αυτοματοποιημένο HPLC σύστημα (Waters, MA, USA). Ο διαλύτης Α περιείχε υπερκάθαρο νερό με 0,1% τριφθοροξικό οξύ (TFA, Serva Electrophoresis GmbH, D-69115, Heidelberg, Carl-Benz Str. 7, Germany) και ο διαλύτης Β αποτελούταν από 80% ακετονιτρίλιο (Lichrosolv grade, Merck KGaA, Germany), 20% υπερκάθαρο νερό και 0,1% TFA. Οι συνθήκες έκλουσης ήταν: i. θερμοκρασία περιβάλλοντος, ii. ταχύτητα ροής 1 ml/min, iii. βαθμωτή έκλουση από 35% Β σε 62% Β σε 54 min, και iv. καταγραφή της απορρόφησης του εκλούσματος στα 214 nm.

Τα δείγματα του γάλακτος (0,5 ml από κάθε δείγμα) διαλύονταν σε (2 ml) διάλυμα 100 mM Tris, 8 M Urea, 13g/l trisodium citrate και 20 mM dithiothreitol, pH 8,0. Μετά από επώαση στους 37°C για 1 h, η διάλυση αραιωνόταν με διαλύτη Α που περιείχε 6 M ουρία και ακολουθούσε προσθήκη 0,5 ml διαλύματος 10% TFA ώστε το pH να είναι <3. Ακολουθούσε διήθηση από φίλτρο 0,45 μm και ποσότητες δειγμάτων

50-100 μl αναλύονταν. Ο υπολογισμός βασιζόταν στην ολοκλήρωση της επιφάνειας των σχετικών κορυφών και εκφραζόταν ως ποσοστό επί του συνόλου της επιφάνειας των κορυφών των καζεϊνών. Για την ερμηνεία των χρωματογραφικών κατατομών, αναλύθηκαν ισοηλεκτρική καζεΐνη και όξινο ορός από αίγιο γάλα μεγάλης ανάμιξης καθώς και καζεΐνη με γνωστές γενετικές παραλλαγές των καζεϊνών από το Εργαστήριο Γαλακτοκομίας .

Επιπρόσθετα στα ατομικά δείγματα γάλακτος των γαλακτοπαραγωγικών αιγών, που προέρχονταν από την 39^η ημέρα του διατροφικού πειράματος (Tsiplakou et al., 2012), ακολουθήθηκε η ανάλογη εργαστηριακή προετοιμασία για την χρωματογραφική ανάλυση των καζεϊνών τους.

2.5. Στατιστική ανάλυση

Η επίδραση των παραγόντων του πειράματος (διατροφική επέμβαση, αριθμός δειγματοληψίας) στα χαρακτηριστικά των δειγμάτων γάλακτος εξετάστηκε με τη μέθοδο της ανάλυσης παραλλακτικότητας δύο διαστάσεων (two way-ANOVA) και οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD, $P < 0.05$). Η στατιστική ανάλυση έγινε με το λογισμικό Statgraphics Plus Centurion XVI (Manugistics, Inc., Rockville, Maryland 20852, USA).

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

3.1. Η επίδραση του λόγου NDF:άμυλο του σιτηρεσίου σε βιοχημικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά του γάλακτος γαλακτοπαραγωγών αιγών

Στον Πίνακα 3.1. παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μεταβλητών που προσδιορίστηκαν στα δείγματα γάλακτος του πειράματος και στον Πίνακα 3.2. τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.1. Μέσοι όροι (\pm τυπική απόκλιση) των μεταβλητών που προσδιορίστηκαν στα δείγματα γάλακτος από τις δυο ομάδες αιγών. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι 42 προσδιορισμών (6 αίγες \times 7 δειγματοληψίες). RCT: χρόνος πήξης με πυτιά, A30: συνεκτικότητα του πήγματος 30 min μετά την προσθήκη πυτιάς, CN%: μεμονωμένες καζεΐνες (% του συνόλου τους).

Μεταβλητή	Τυπικό σφάλμα	Ομάδα	
		Μάρτυρας (A)	διατρ.επέμβαση(B)
pH	0,012	6,47	6,43
πρωτεΐνη, %	0,103	3,47	2,97
πρωτεΐνη, g/ημέρα	-	54,08	54,55
Λίπος, %	0,084	3,64	3,47
Λίπος, g/ημέρα	-	56,73	52,05
λακτόζη, %	0,048	4,72	4,73
λακτόζη, g/ημέρα	-	73,56	70,95
Πρωτ.+λιπ.+λακτόζη, %	0,108	11,82	11,17
RCT, min	0,542	12,77	10,60
A30, mm	0,792	13,69	11,53
κ -CN, %	0,340	12,00	12,19
α_{s2} -CN, %	0,424	16,81	17,47
α_{s1} -CN, %	1,161	15,34	11,11
β -CN, %	0,853	55,86	59,24

ομάδα A : ομάδα του μάρτυρα (NDF:άμυλο=0,82)

ομάδα B : ομάδα της διατροφικής επέμβασης (NDF:άμυλο=3,38)

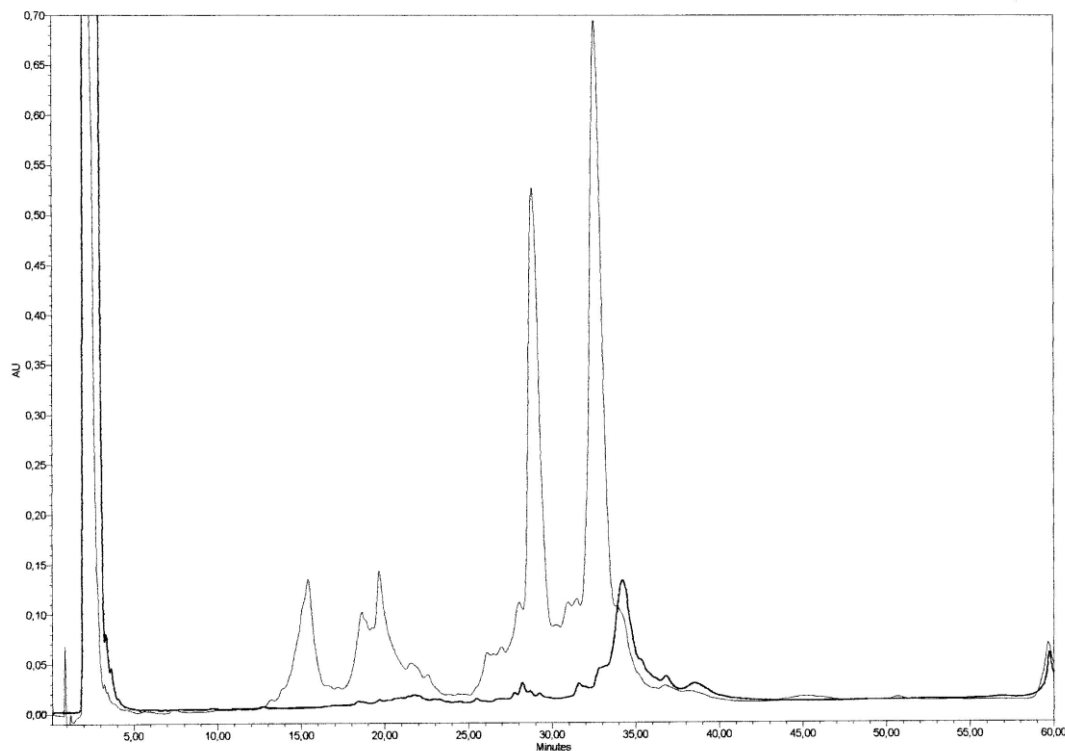
Η αξιολόγηση των κατατομών των δειγμάτων γάλακτος από τις δύο ομάδες αιγών βασίστηκε στην ανάλυση των προτύπων (Εικόνες 3.1 και 3.2) και στη μελέτη των Moatsou et al. (2008a), σχετικά με την πρωτεΐνη του γάλακτος αυτόχθονων και γενετικά βελτιωμένων φυλών αιγών. Στην Εικόνα 3.1 γίνεται συγκριτική παρουσίαση των κατατομών αίγιου γάλακτος και όξινων ορών, από την οποία προκύπτει ότι δεν υπάρχει επικάλυψη των πρωτεϊνών του ορού με τις καζεΐνες του γάλακτος. Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζονται οι κατατομές των καζεϊνικών κλασμάτων αίγιου γάλακτος διαφορετικών γονοτύπων ως προς την α_{s1} -CN. Στις Εικόνες 3.3 και 3.4 παρουσιάζονται οι κατατομές του πρωτεϊνικού κλάσματος των δειγμάτων των ομάδων Α και Β του πειράματος αντίστοιχα. Οι σχετικοί ποσοτικοί προσδιορισμοί παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.2. Στατιστικά σημαντική επίδραση ($P < 0.05$) των παραγόντων του πειράματος (δειγματοληψία και διατροφική επέμβαση) στις μεταβλητές που προσδιορίστηκαν σύμφωνα με την ανάλυση παραλλακτικότητας. RCT: χρόνος πήξης με πυτιά, A30: συνεκτικότητα του πήγματος 30 min μετά την προσθήκη πυτιάς, CN%: μεμονωμένες καζεΐνες (% του συνόλου τους).

Μεταβλητή	Δειγματοληψία	Διατρ.Επέμβαση
Πρωτεΐνη (%)		×
Λίπος (%)		
Λακτόζη (%)		
Πρωτ.+Λίπος+Λακτ. (%)	×	×
pH		
RCT		×
A30		
% κ-CN	×	
% α_{s2} -CN	×	
% α_{s1} -CN		×
% β-CN		×

Από τους Πίνακες 3.1, 3.2 και 3.3 προκύπτει ότι οι δύο διαφορετικές διατροφικές επεμβάσεις (ομάδες ζώων Α και Β) διαφέρουν ως προς τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πρωτεϊνικού κλάσματος. Η ομάδα Α παρουσίασε υψηλότερη περιεκτικότητα σε συνολική πρωτεΐνη, η οποία συσχετιζόταν θετικά και στατιστικά σημαντικά με το ποσοστό συμμετοχής της α_{s1} -CN στο καζεϊνικό κλάσμα,

ενώ συνέβαινε το αντίθετο με τη β -CN (Πίνακας 3.7). Γενικά, είναι γνωστό ότι στο αίγιο γάλα παρατηρείται μεγάλη διακύμανση ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και σε συνολικά στερεά, τόσο μεταξύ ατόμων, όσο και μεταξύ φυλών. Μια σχετική ερευνητική δραστηριότητα έχει δείξει ότι το γάλα των Ελληνικών αυτόχθονων φυλών περιέχει περισσότερο λίπος και πρωτεΐνη και ειδικά καζεΐνη σε σχέση με το γάλα των βελτιωμένων διεθνών φυλών (Anifantakis & Kandarakis, 1980; Simos, et al. 1991; Alichanidis & Polychroniadou, 1996; Morgan et al., 2003; Moatsou et al., 2004). Σε ότι αφορά στην περιεκτικότητα σε καζεΐνη, οι διαφορές που παρατηρούνται σχετίζονται εκτός από τη συνηθισμένη διακύμανση που παρατηρείται στο γάλα των μηρυκαστικών και στον εκτεταμένο γενετικό πολυμορφισμό που παρατηρείται σε αυτό το είδος (Μοάτσου et al., 2008b).



Εικόνα 3.1. Συγκριτική παρουσίαση των RP-HPLC κατατομών (A214) αίγειου γάλακτος και όξινου ορού (έντονη γραμμή).

Στα δείγματα της ομάδας Β το μέσο ποσοστό της α_{s1} -CN ήταν γενικά χαμηλό (περίπου 11%) γεγονός που απεικονίζεται και στην Εικόνα 3.4. Είναι εμφανές ότι στην ομάδα αυτή δεν περιλαμβάνεται κανένα ζώο με ισχυρό γονότυπο ως προς την α_{s1} -CN. Όπως προαναφέρθηκε η αξιολόγηση των πρωτεϊνικών κατατομών βασίστηκε

στη σύγκριση των χρόνων έκλουσης των κορυφών των δειγμάτων του πειράματος με αυτούς της Εικόνας 3.2, αλλά και σε βιβλιογραφικά δεδομένα. Ειδικότερα για τον αντικειμενικό προσδιορισμό του χρόνου έκλουσης της κάθε κορυφής υπολογίστηκε ο σχετικός ως προς τη β -CN χρόνος έκλουσης (RRT, relative retention time). Είναι γνωστό ότι η κορυφή της β -CN είναι η κυρίαρχη του χρωματογραφήματος στο αίγιο γάλα και επιπλέον η παρουσία διαφορετικών γενετικών παραλλαγών της στα δείγματα δεν επηρεάζει τη θέση και το σχήμα της στις κατατομές.

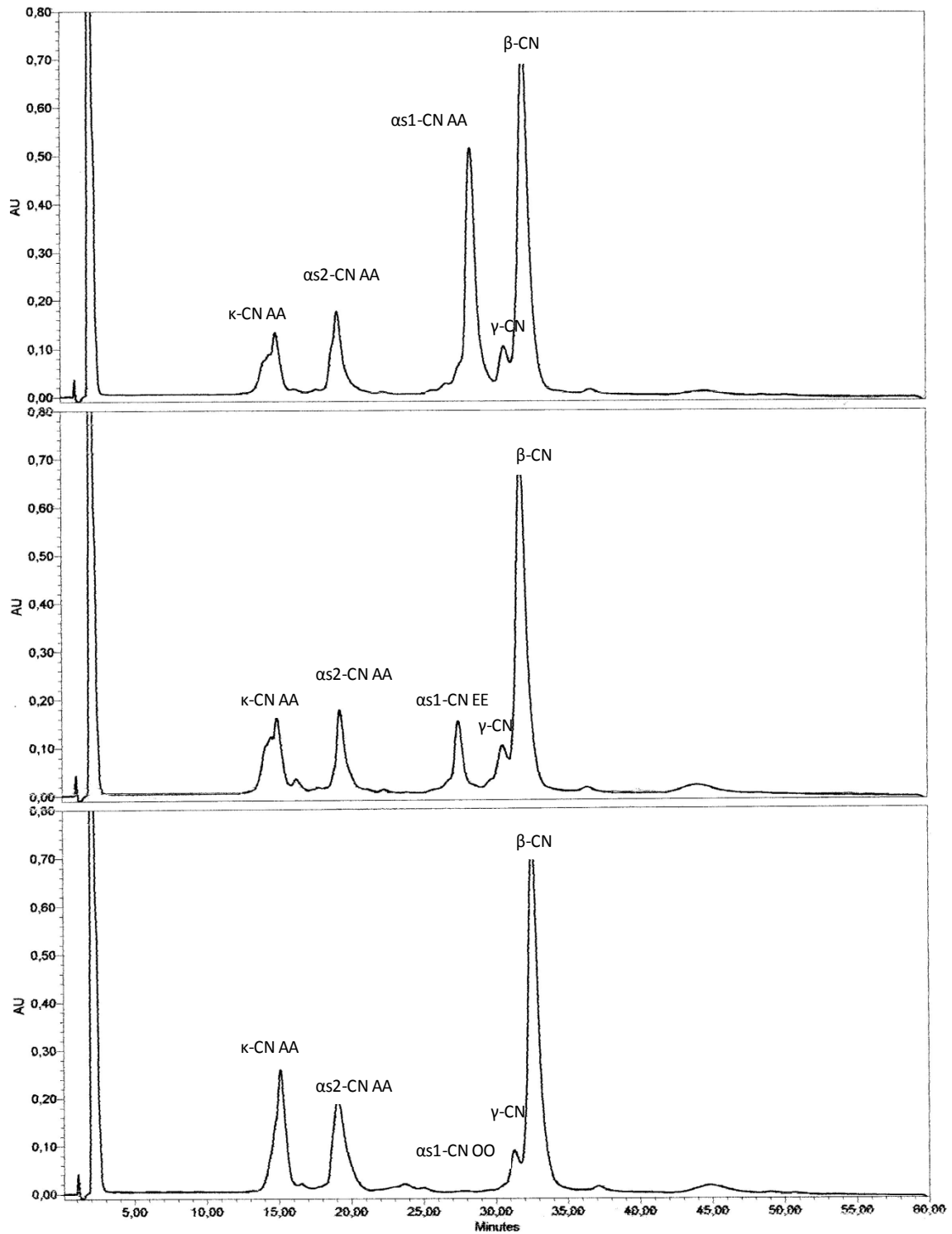
Πίνακας 3.3. Χαρακτηριστικά του πρωτεϊνικού κλάσματος και χρόνος πήξης με πυτιά (RCT) των δειγμάτων γάλακτος των αιγών του πειράματος (A, B: οι δυο ομάδες των αιγών), SN/TN : διαλυτό άζωτο / ολικό άζωτο.

Αίγα	Πρωτεΐνη ¹ (%)	κ -CN ^{1,2} (%)	α_{s2} -CN ^{1,2} (%)	α_{s1} -CN ^{1,2} (%)	β -CN ^{1,2} (%)	RCT ¹ (min)	SN/TN (%) ³
A 963	3,28±0,162	12,12±1,070	14,47±1,509	21,18±1,111	52,24±0,822	9,15±0,982	26,80
A 968	3,12±0,151	11,97±1,657	15,64±1,130	16,08±0,934	56,31±1,293	15,13±4,355	21,30
A 983	2,76±0,113	9,83±1,918	17,91±2,407	14,91±1,818	57,36±1,523	9,85±1,320	25,87
A 985	5,24±0,271	12,28±0,503	15,03±1,187	28,98±1,395	43,72±1,575	18,99±4,597	24,41
A1260	3,05±0,490	13,43±2,015	20,35±3,005	3,25±0,689	62,96±1,886	15,15±3,976	19,66
A1339	3,37±0,457	12,34±1,867	17,44±1,547	7,64±1,077	62,58±1,973	10,46±1,408	23,84
B 964	2,97±0,117	15,65±1,669	18,68±1,936	3,54±0,950	62,14±1,577	10,11±1,912	28,49
B 965	2,86±0,119	14,22±2,200	21,72±1,708	6,15±1,282	57,92±1,711	11,99±1,225	20,59
B 967	3,20±0,081	12,20±1,815	15,89±3,156	15,01±2,201	56,89±2,524	9,03±0,707	26,51
B 970	2,98±0,119	10,67±2,443	17,38±2,007	14,75±2,134	57,20±2,589	10,61±1,373	23,80
B 999	2,94±0,108	10,13±1,788	16,96±1,358	12,78±1,147	60,13±1,933	10,97±1,527	21,98
B1340	2,88±0,256	10,24±1,886	14,17±1,423	14,42±0,970	61,17±1,721	10,88±1,570	25,64

¹ Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι (\pm τυπική απόκλιση) των 7 δειγματοληψιών του πειράματος.

² εκφρασμένα επί του συνόλου τους και υπολογισμένα με βάση τις χρωματογραφικές κατανομές. Οι τιμές είναι μέσοι όροι των 7 δειγματοληψιών του πειράματος.

³ προσδιορίστηκαν μόνο στην τελευταία δειγματοληψία με τη μέθοδο Kjeldahl.



Εικόνα 3.2. Συγκριτική παρουσίαση των RP-HPLC κατατομών (A214) καζεΐνης από πρότυπα δείγματα αίγειου γάλακτος με διαφορετικές γενετικές παραλλαγές της α1-καζεΐνης.

Οι RRT της Εικόνας 3.2 υπολογίστηκαν ως εξής : για την κ-CN AA στα $17,15 \pm 0,30$ min, για την α_{s2} -CN AA στα $12,95 \pm 0,49$ min, για την α_{s1} -CN AA στα 3,62 min και για την α_{s1} -CN EE στα 4,33 min. Όσον αφορά στη συμμετοχή της α_{s1} -CN στη συνολική καζεΐνη των προτύπων της Εικόνας 3.2, προέκυψε ότι η ισχυρή παραλλαγή AA αντιστοιχούσε στο 31,1%, ενώ η μεσαία παραλλαγή EE στο 13,56%. Σύμφωνα με τα ευρήματα των Moatsou et al. (2008a), σε αίγεια γάλατα με δύο ισχυρούς αλληλόμορφους για την α_{s1} -CN η περιεκτικότητα υπολογίστηκε περίπου 7,5 g α_{s1} -CN / L γάλακτος ή 25-27% επί της συνολικής καζεΐνης. Επιπλέον, τα γάλατα με δύο μεσαίες γενετικές παραλλαγές περιείχαν περίπου 4,5 g α_{s1} -CN / L γάλακτος ή 16-17% του συνόλου, ενώ γάλατα με αδύναμες γενετικές παραλλαγές περιείχαν περίπου 0,6 g α_{s1} -CN / L γάλακτος ή 2% επί του συνόλου. Επομένως στην ομάδα Α που περιλαμβανόταν και ένα ζώο ομόζυγο ως προς τους ισχυρούς γονοτύπους της α_{s1} -CN (αίγα Νο 985), παρουσίασε υψηλότερο μέσο ποσοστό συνολικής πρωτεΐνης (Πίνακας 3.3). Ταυτόχρονα στην ίδια ομάδα περιλαμβάνονταν τα ζώα 1260 και 1339, τα οποία είχαν εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό αυτής της καζεΐνης που υποδεικνύει την παρουσία αδύναμων και μηδενικών αλληλόμορφων ή συνδυασμών τους. Στα δείγματα 968 και 983, η α_{s1} -CN αποτελεί συνδυασμό ισχυρού και μηδενικού ή αδύναμου αλληλόμορφου, ενώ στο δείγμα 963 ήταν συνδυασμός ισχυρού και μεσαίου αλληλόμορφου. Η τελευταία αυτή παρατήρηση ισχύει και για τα δείγματα 967, 970, 999 και 1340 της ομάδας Β. Τα δείγματα 964 και 965 της ομάδας Β είχαν παρόμοια α_{s1} - χαρακτηριστικά με τα 1260 και 1339 της ομάδας Α.

Τα δείγματα της μελέτης, μεταξύ των δύο διαφορετικών διατροφικών επεμβάσεων, διέφεραν και ως προς την α_{s2} -CN τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Σε ορισμένα δείγματα και των δύο ομάδων υπήρχαν δύο διαφορετικές γενετικές παραλλαγές της καζεΐνης αυτής. Με βάση τους μάρτυρες, η α_{s2} -CN Α υπήρχε σε όλα τα δείγματα, άλλωστε η παραλλαγή αυτή βρέθηκε να είναι η πιο συχνή γενετική παραλλαγή σε ελληνικά ατομικά δείγματα ακολουθούμενη από την C (Moatsou et al., 2008a). Επιπλέον, η συχνότητα εμφάνισης της α_{s2} -CN Α σε ζώα Alpine και Saanen έχει βρεθεί 0,85 έναντι 0,11 για την C (Bouniol et al., 1994). Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι για την α_{s2} -CN αναφέρεται και η πιθανή παρουσία μηδενικού αλληλόμορφου, στην προαναφερθείσα εργασία αναφέρονται δύο επίπεδα ποσοτικής έκφρασης αυτής της καζεΐνης. Το υψηλό αντιστοιχεί σε 4,1 έως 4,5 g α_{s2} -CN / L γάλακτος ή σε 15-17% επί του συνόλου των καζεϊνών. Αντίθετα το χαμηλό εκφράζεται ως 2-2,5 g α_{s2} -CN / L γάλακτος ή 7-9% επί του συνόλου των καζεϊνών.

Ωστόσο, σε μελέτες από τους Cristian et al. (1999a) αναφέρεται ότι παρατηρήθηκε αύξηση της α_{s2} -καζεΐνης στη διατροφική επέμβαση με ελαιοκράμβη-σιτάρι σε σύγκριση με την ομάδα του μάρτυρα που διατρεφόταν με ενσίρωμα και σανό.

Η α_{s2} -CN είναι ένα μίγμα μορίων με διαφορετικό βαθμό φωσφορυλίωσης από 6 έως 13P (Trujillo et al., 2000, Pierre et al., 2004, Moatsou et al., 2008) και το φαινόμενο αυτό επηρεάζει και το σχήμα των αντίστοιχων κορυφών.

Πίνακας 3.4. Φυσικοχημική σύσταση του γάλακτος των αιγών του πειράματος (A, B: οι δυο ομάδες των αιγών). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι (\pm τυπική απόκλιση) των 7 δειγματοληψιών.

Αίγα	Πρωτεΐνη (%)	Λίπος (%)	Λακτόζη (%)	Πρωτ.+λίπ.+ Λακτ. (%)	pH
A963	3,28 \pm 0,162	4,32 \pm 0,450	4,92 \pm 0,097	12,53 \pm 0,478	6,35 \pm 0,044
A968	3,12 \pm 0,151	3,34 \pm 0,216	4,58 \pm 0,129	11,03 \pm 0,229	6,45 \pm 0,037
A983	2,76 \pm 0,113	3,48 \pm 0,299	5,01 \pm 0,090	11,25 \pm 0,352	6,45 \pm 0,029
A985	5,24 \pm 0,271	2,90 \pm 0,249	4,01 \pm 0,111	12,14 \pm 0,374	6,49 \pm 0,036
A1260	3,05 \pm 0,490	3,45 \pm 0,637	4,93 \pm 0,129	11,43 \pm 1,072	6,63 \pm 0,117
A1339	3,37 \pm 0,457	4,35 \pm 0,277	4,86 \pm 0,127	12,58 \pm 0,639	6,44 \pm 0,047
B964	2,97 \pm 0,117	3,82 \pm 0,218	4,44 \pm 0,085	11,22 \pm 0,312	6,42 \pm 0,033
B965	2,86 \pm 0,119	3,33 \pm 0,184	4,77 \pm 0,109	10,96 \pm 0,374	6,49 \pm 0,040
B967	3,20 \pm 0,081	3,87 \pm 0,213	4,91 \pm 0,176	11,98 \pm 0,413	6,39 \pm 0,028
B970	2,98 \pm 0,119	2,93 \pm 0,250	4,64 \pm 0,118	10,55 \pm 0,453	6,39 \pm 0,040
B999	2,94 \pm 0,108	3,57 \pm 0,272	4,89 \pm 0,114	11,40 \pm 0,383	6,46 \pm 0,042
B1340	2,88 \pm 0,256	3,28 \pm 0,160	4,72 \pm 0,138	10,88 \pm 0,440	6,46 \pm 0,031

Το χαρακτηριστικό σχήμα της κορυφής της κ-CN των δειγμάτων αποδίδεται στις γλυκοζυλιωμένες κορυφές αυτής της καζεΐνης, η οποία υπάρχει στο γάλα ταυτόχρονα ως μίγμα του γλυκοζυλιωμένου, του μη-γλυκοζυλιωμένου και του

φωσφορυλιωμένου σε 1 έως 2 θέσεις τύπου (Moreno et al., 2001). Σε δείγματα από την ελληνική αυτόχθονη φυλή και από τη φυλή Σκοπέλου η συμμετοχή της κ-CN στο σύνολο των καζεϊνών κυμαινόταν από 13-14% έναντι 16% του γάλακτος φυλών Alpine και Saanen (Moatsou et al., 2006, 2008). Στη δεύτερη περίπτωση (των βελτιωμένων φυλών) το ποσοστό της κ-CN είναι υψηλότερο καθώς το ποσοστό της α_{s1} -CN βρέθηκε πολύ χαμηλό στο 12,9% έναντι > 21,8% των εγχώριων φυλών αίγας. Γενικά, το μέσο ποσοστό της κ-CN των παρόντων δειγμάτων ήταν χαμηλό (Πίνακας 3.1). Το ποσοστό της β-CN, με εξαίρεση το δείγμα 985 που περιείχε πολύ α_{s1} -CN, ήταν πάντοτε μεγαλύτερο από 50% επί του συνόλου, όπως συμβαίνει με το αίγιο γάλα ιδιαίτερα των βελτιωμένων φυλών. Στην προκειμένη περίπτωση το χαμηλό ποσοστό της κ-CN που είχαν τα συγκεκριμένα δείγματα έκανε ακόμη πιο έντονη την παρουσία της β-CN.

Οι πολυμορφισμοί και η ποσοτική έκφραση της α_{s1} -CN συσχετίζονταν με τη σύσταση του γάλακτος ως προς το περιεχόμενο σε ολική πρωτεΐνη (Πίνακας 3.7) σε συμφωνία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Martin et al., 1999, Bevilacqua et al. 2002, Moatsou et al. 2008a). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.2 οι δύο ομάδες ζώων διέφεραν στατιστικά σημαντικά και ως προς την α_{s1} -CN και ως προς τη συνολική πρωτεΐνη, αλλά και ως προς τα στερεά συστατικά τους (πρωτεΐνη + λίπος + λακτόζη).

Γενικά, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της διατροφής έχει παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης της ολικής πρωτεΐνης και καζεΐνης του γάλακτος από την αύξηση της προσλαμβανόμενης ενέργειας του σιτηρεσίου, αλλά μεταβολή στην αναλογία των καζεϊνικών κλασμάτων δεν παρουσιάζεται πάντα. Έρευνες από τους Yousef et al. (1969) έδειξαν ότι η αύξηση της κατανάλωσης δημητριακών καρπών οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης και της καζεΐνης του γάλακτος κατά 0,14% και 0,27% αντίστοιχα. Επίσης, αυξήθηκαν οι α-καζεΐνες κατά 5,3%, ενώ οι γ-καζεΐνες μειώθηκαν κατά 5,7%. Οι Cristian et al. (1999a,b) μελέτησαν τις επιδράσεις διαφορετικών μορφών αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου και βρήκαν μια αύξηση στη συγκέντρωση της α_{s2} -CN και μια μείωση στη συγκέντρωση της α_{s1} -CN για τη διατροφή με λούπινα-σιτάρι σε σύγκριση με το ενσίρωμα και σανό χόρτου. Αυτά τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι το είδος της ενέργειας σε συνδυασμό με την αύξηση της προσλαμβανόμενης μεταβολιστέας ενέργειας αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στη σύνθεση του γάλακτος ως προς το πρωτεϊνικό του περιεχόμενο.

Οι Coulon et al. (2001) έδειξαν ότι η αύξηση της προσλαμβανόμενης ενέργειας, στο 125% των αναγκών των ζώων, είχε μια σημαντική επίδραση στις

συγκεντρώσεις της πρωτεΐνης και της καζεΐνης του γάλακτος, αλλά δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην αναλογία των καζεϊνικών κλασμάτων. Μόνο η συγκέντρωση της κ-καζεΐνης παρουσίασε μια μικρή αύξηση με την αύξηση της ενέργειας του σιτηρεσίου και μια θετική συσχέτιση με τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης του γάλακτος, η οποία αποδόθηκε στην επίδραση είτε του γονότυπου είτε της διατροφής (Coulon et al., 2001). Επίσης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η αναλογία των καζεϊνικών κλασμάτων δεν ανταποκρίνεται στις διατροφικές επεμβάσεις όταν το επίπεδο των αζωτούχων ουσιών και της ενέργειας του σιτηρεσίου είναι κοντά στις ανάγκες των ζώων. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και από τη μελέτη των Grant και Patel (1980) οι οποίοι δεν βρήκαν σημαντική επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση των καζεϊνικών κλασμάτων, των καζεϊνών ή των πρωτεϊνών του ορού. Ωστόσο, οι Mackle et al. (1999b) αναφέρουν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της β-καζεΐνης μεταξύ διαφορετικών διατροφικών επεμβάσεων, οι οποίες περιελάμβαναν χορτονομή, δημητριακούς καρπούς και ενσίρωμα, αλλά δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στη συγκέντρωση των υπόλοιπων καζεϊνικών κλασμάτων, της πρωτεΐνης, της καζεΐνης και των πρωτεϊνών του ορού.

Από την άλλη πλευρά, παρατηρήσεις σχετικά με την επίδραση του γονότυπου παρουσιάζονται από τους Pirisi et al. (1994) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση του επιπέδου σύνθεσης της α_{s1} -CN και αναφέρουν ότι το υψηλό επίπεδο σύνθεσης έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο pH, περισσότερα στερεά συστατικά, λίπος, πρωτεΐνη και καζεΐνη και μικρότερο μέγεθος καζεϊνικών μικκυλίων στο αίγιο γάλα με αποτέλεσμα η απόδοση σε τυρί να είναι υψηλότερη. Πρόσφατα, η επίδραση των γονότυπων της α_{s1} -CN στην πρωτεϊνοπεριεκτικότητα, την καζεΐνη και το pH του αίγιου γάλακτος επιβεβαιώθηκε από τους Devold et al. (2011), οι οποίοι αναφέρουν επίσης ότι ο μηδενικός αλληλόμορφος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων και τη μείωση της συνεκτικότητας του πήγματος. Επίσης, οι Dagnasew et al. (2011) βρήκαν ότι ο γονότυπος της α_{s1} -CN επιδρά στην απόδοση σε γάλα, στη σύσταση και στη γεύση του και επιπλέον αναφέρουν ότι και ο γονότυπος της κ-καζεΐνης μπορεί να έχει προσθετική επίδραση στην πρωτεϊνοπεριεκτικότητα και στην απόδοση σε γάλα.

Ο παράγοντας <<ομάδα>>, δηλαδή η διατροφική επέμβαση, επηρέασε και σε ένα από τα σημαντικότερα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του γάλακτος που είναι ο χρόνος πήξης με πυτιά (RCT), ο οποίος σχετίζεται με τη σύσταση του γάλακτος. Στα δείγματα αυτής της μελέτης παρατηρήθηκε ότι η ομάδα A που είχε μέση

περιεκτικότητα σε ολική πρωτεΐνη 3,47 έναντι 2,97 της ομάδας B, είχε μέσο χρόνο πήξης κατά 20% υψηλότερο σε σχέση με την ομάδα B. Όπως απεικονίζεται στον Πίνακα 3.3 ενώ ο μέσος χρόνος πήξης της πλειοψηφίας των ατομικών δειγμάτων κυμαινόταν από 9-12 min, υπήρχαν τα δείγματα από 3 αίγες (A985, A968, A1260) τα οποία καθυστέρησαν πολύ να πήξουν. Επιπλέον ο μέσος χρόνος πήξης τους παρουσίασε μεγάλες διακυμάνσεις στη διάρκεια των δειγματοληψιών και στην 7^η δειγματοληψία δεν έπληξαν στη διάρκεια των 30 min της μέτρησης.

Η πήξη του γάλακτος με πυτιά είναι ένα φαινόμενο που εξελίσσεται σε δύο καλά μελετημένες φάσεις την ενζυμική και τη μη-ενζυμική, η οποία εξαρτάται από τα ιόντα Ca. Η πρώτη φάση επηρεάζεται από τις φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούν και από την αναλογία πηκτικού ενζύμου / καζεΐνη (Walstra et al. 2006). Το RCT όπως αναμενόταν συσχετιζόταν στατιστικά σημαντικά με το pH, το οποίο είναι μια σημαντική παράμετρος για την πήξη και την πρωτεΐνη, αλλά αρνητικά με την λακτόζη και την β-CN. Αυτό σημαίνει ότι καθώς αυξανόταν η πρωτεΐνη των δειγμάτων αυτά καθυστερούσαν να πήξουν. Αντίστροφη σχέση του χρόνου πήξης και της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές για το αίγιο γάλα και έχει αποδοθεί κυρίως στην α_{s1} -CN, η οποία φαίνεται ότι μπορεί να δεσμεύσει μια ποσότητα ιόντων ασβεστίου με αποτέλεσμα αυτά να μην είναι διαθέσιμα για τη δημιουργία του παρακαζεϊνικού δικτύου κατά τη δεύτερη φάση της πήξης (Storry et al. 1983, Clark and Sherbon 2000 a,b, Ambrosoli et al. 1998).

Η καθυστέρηση της πήξης σε αίγιο γάλα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αναφέρεται και από τους Clark & Sherbon (2000a). Αναφέρουν επίσης ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε α_{s1} -CN αυξάνει το χρόνο πήξης, αλλά συσχετίζεται θετικά με τη συνεκτικότητα του πήγματος. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί από τους Μοάτσου et al. (2008b), σύμφωνα με τα οποία γάλατα της αυτόχθονης Ελληνικής φυλής αιγών με 60% ισχυρές γενετικές παραλλαγές της α_{s1} -καζεΐνης παρουσίασαν μέσο χρόνο πήξης 12 min έναντι 9,80 min των βελτιωμένων γαλακτοπαραγωγικών φυλών, τα οποία περιείχαν μόλις 13% ισχυρές παραλλαγές. Όμως ορισμένες εργασίες δεν κατέληξαν σε παρόμοια ευρήματα. Οι Zullo et al. (2005) αναφέρουν ότι γάλα με τις ισχυρές γενετικές παραλλαγές AB της α_{s1} -καζεΐνης έπληξε γρηγορότερα. Πρόσφατα οι Caravaca et al. (2011), μελέτησαν δείγματα γάλακτος των αιγών Murciano-Granandina με ισχυρούς - μεσαίους και μεσαίους - αδύναμους γονότυπους και αναφέρουν ότι δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε καζεΐνη και το χρόνο πήξης και το ρυθμό

σκλήρυνσης του πήγματος. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι στατιστικά σημαντική επίδραση στο χρόνο πήξης είχαν οι γενετικές παραλλαγές της κ-καζεΐνης. Επίδραση του γονότυπου της κ-καζεΐνης στα χαρακτηριστικά του γάλακτος έχει επίσης αναφερθεί και από τους Dagnasew et al. (2011) όπως προαναφέρθηκε.

Οι Saz Sampelayo et al. (1998), εφάρμοσαν ένα σχήμα διατροφής σε αίγες της φυλής Granandina, στο οποίο το 20% των ολικών αζωτούχων ουσιών προερχόταν από κουκιά, ηλιοπλακούντες, γλουτένη αραβοσίτου και βαμβακόσπορο και αναφέρουν ότι επηρεάστηκαν η σύσταση του γάλακτος και οι τυροκομικές του ιδιότητες. Συγκεκριμένα το σχήμα με τον ηλιοπλακούντα έδωσε γάλα με τη λιγότερη συνολική πρωτεΐνη, β-καζεΐνη και κ-καζεΐνη. Επιπλέον, σε επιβεβαίωση ευρημάτων που προαναφέρθηκαν ο χρόνος πήξης σε αυτά τα δείγματα γάλακτος ήταν ο μικρότερος, καθώς επίσης και η τελική συνεκτικότητα του πήγματος. Τα αντίθετα αποτελέσματα έδωσε η χρήση της γλουτένης αραβοσίτου, με αύξηση της πρωτεΐνης του γάλακτος, λόγω της αύξησης της καζεΐνης και συγκεκριμένα της β-καζεΐνης και αύξηση της τυροκομικής δυνατότητας του γάλακτος των αιγών που κατανάλωσαν το σιτηρέσιο με τη συγκεκριμένη πηγή αζωτούχων ουσιών.

Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο θεωρητικό τμήμα αυτής της μελέτης αυτό που ισχύει γενικά είναι ότι η αύξηση των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου δεν επηρεάζει την περιεκτικότητα του γάλακτος σε καζεΐνη, αλλά το κλάσμα αζώτου και ιδιαίτερα την περιεκτικότητα σε ουρία. Σύμφωνα επίσης με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (παράγραφοι 1.3 και 1.4), η αναλογία άμυλο:NDF που ήταν η πειραματική επέμβαση της παρούσας εργασίας αναμένεται να επηρεάζει την παραγωγή λακτόζης, καθώς η αύξηση της ενέργειας του σιτηρεσίου αυξάνει τη γλυκόζη του αίματος (Freetly & Ferrell, 1999). Παράλληλα μπορεί να αναμένεται και αύξηση της πρωτεΐνης επειδή η προκαλούμενη αύξηση στην παραγωγή προπιονικού οξέος «απελευθερώνει» αμινοξέα από το μηχανισμό της γλυκονεογένεσης (Pulina et al. 2004, 2006). Η αναλογία NDF:άμυλο στο σιτηρέσιο της ομάδας Α, η οποία είχε την τιμή 0,82, δεν αύξησε τη λακτόζη στο γάλα σε σχέση με το γάλα της ομάδας Β. Αντίθετα οι δύο ομάδες είχαν την ίδια περιεκτικότητα σε λακτόζη (Πίνακας 3.1). Όμως παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στην πρωτεΐνη, η οποία ήταν 4,72% κατά μέσο όρο στα γάλατα της ομάδας Α και 3,47% σε αυτά της ομάδας Β. Όμως ο παράγοντας «δειγματοληψία», που εκφράζει την επίδραση της γαλακτικής περιόδου, δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, επομένως είναι πιθανό τα

αυξημένα ποσοστά της ομάδας A να οφείλονται στο γενετικό δυναμικό των ζώων αυτής της ομάδας όπως αυτό αναλύθηκε προηγουμένως.

Οι Avondo et al. (2009), προτείνουν ότι υπάρχει μια έμμεση επίδραση του γονοτύπου στην απόδοση σε γάλα που επηρεάζει και τη σύστασή του, εάν δοθεί στα ζώα η δυνατότητα της ελεύθερης επιλογής κατανάλωσης τροφής. Συγκεκριμένα οι α_{s1} -AA αίγες επέλεξαν περισσότερο τις ζωοτροφές αραβόσιτος και κριθάρι έναντι των κουκιών και των ηλιοπλακούντων, με αποτέλεσμα ο λόγος ενέργεια προς αζωτούχες ουσίες του σιτηρεσίου να είναι υψηλότερος και στο τέλος να ευνοηθεί η μεταβολική λειτουργία ως προς τη σύνθεση της πρωτεΐνης του γάλακτος. Αντίθετα οι Schmidely et al. (2002), δεν βρήκαν σύνδεση μεταξύ των γονοτύπων της α_{s1} -καζεΐνης (των ισχυρών ή μεσαίων) και της διατροφής στην απόδοση του γάλακτος.

Οι De la Torre et al. (2009) σε αίγες φυλής Malagueña, εφάρμοσαν δύο επίπεδα αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου. Το πρώτο είχε 136 g/kg Ξ.Ο. (Σ1) και το δεύτερο είχε 177 g/kg Ξ.Ο. (Σ2). Επιβεβαιώνουν ότι στην περίπτωση των αιγών με υψηλό γενετικό δυναμικό η παραγωγή του γάλακτος και των κύριων συστατικών του εξαρτάται από το επίπεδο της πρωτεΐνης του σιτηρεσίου. Ο γονότυπος καθορίζει την σύνθεση του γάλακτος, με τις αίγες με τον ισχυρό γονότυπο ως προς την α_{s1} -καζεΐνη να παράγουν γάλα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, πρωτεΐνη (3,5 g/kg υψηλότερη από αυτή στο γάλα αιγών με αδύναμο γονότυπο), α_{s1} -καζεΐνη, α_{s2} -καζεΐνη και λίπος. Οι αίγες με το υψηλό γενετικό δυναμικό που κατανάλωσαν το Σ1 ήταν πιο αποδοτικές από τις αίγες με τον αδύναμο γονότυπο, γεγονός που δεν παρατηρήθηκε όταν το σιτηρέσιο αυτό αντικαταστήθηκε από το Σ2. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πιθανόν οι αίγες με τον ισχυρό γονότυπο παρουσίασαν μέγιστη παραγωγική ικανότητα σύνθεσης της πρωτεΐνης του γάλακτος και η αύξηση των αζωτούχων ουσιών του σιτηρεσίου (Σ2) προφανώς δεν είχε επίδραση στην ποσότητα του γάλακτος και στην πρωτεΐνοπεριεκτικότητά του. Επίσης, οι αίγες με τον ισχυρό γονότυπο παρουσίασαν εμφανώς καλύτερη αξιοποίηση της πρωτεΐνης και της ενέργειας του σιτηρεσίου από τις αίγες με τον αδύναμο γονότυπο. Ο κύριος λόγος της διαφοράς στην παραγωγή γάλακτος μεταξύ των δύο ομάδων ζώων όπως υπογραμμίστηκε από τους De la Torre et al. (2008), ήταν ο υψηλότερος ρυθμός ενεργειακής πρόσληψης των αιγών με τον ισχυρό γονότυπο.

Από την άλλη πλευρά έρευνες από τους Morand-Fehr et al. (2000), αναφέρουν ότι στις αίγες η αύξηση του επιπέδου των αζωτούχων ουσιών στο σιτηρέσιο, συνήθως

οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής γάλακτος, χωρίς να παρατηρείται αύξηση της πρωτεϊνοπεριεκτικότητάς του.

Στο πείραμα των Boutoial et al. (2013a), η ενσωμάτωση στο διατροφικό σχήμα αιγών Murciano-Granandina 7,5% απόσταγμα φύλλων θυμαριού αύξησε στατιστικά σημαντικά την πρωτεΐνη, το λίπος και τη ξηρή ουσία του γάλακτος, ενώ μείωσε τη λακτόζη. Επιπλέον αυξήθηκε δραματικά κατά 40% ο χρόνος πήξης με πυτιά. Η ίδια ερευνητική ομάδα (Boutoial et al., 2013b), βρήκε ότι η συμπλήρωση της διατροφής με 20% εκχύλισμα δενδρολίβανου αύξησε την πρωτεΐνη, όχι όμως στατιστικά σημαντικά και μείωσε στατιστικά σημαντικά το χρόνο πήξης με πυτιά, ενώ δεν αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στο ποσοστό της πρωτεΐνης.

Έχοντας αυτά υπόψη και βλέποντας τους πολύ παρατεταμένους χρόνους πήξης των δειγμάτων A 968, A 1260 και A 985 ενισχύσαμε το γάλα με CaCl_2 προκειμένου να διερευνήσουμε την αιτία των προβλημάτων που παρουσίασαν κατά την πήξη με πυτιά που προαναφέρθηκαν. Τα γάλατα της αίγας A 968 μετά την προσθήκη αυτή παρουσίασαν μέσο χρόνο πήξης $10,02 \pm 1,636$ min και τα γάλατα A 1260 $12,25 \pm 1,64$ min, ενώ η προσθήκη αυτή δεν βελτίωσε τη συμπεριφορά του A 985. Επομένως στα δύο πρώτα, τα οποία δεν διέφεραν πολύ ως προς το περιεχόμενο τους σε πρωτεΐνη το πρόβλημα εντοπιζόταν στη δεύτερη μη-ενζυμική φάση της πήξης (Πίνακας 3.3). Όσον αφορά στο δείγμα A 985 μετά από διπλασιασμό της ποσότητας του ενζύμου καταγράφηκε μέσος χρόνος RCT $10,29 \pm 1,650$ min. Στα δείγματα γάλακτος της αίγας 985 όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4, η μέση σύσταση ήταν πολύ ιδιαίτερη με πολύ υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης 5,24% και ασυνήθιστα χαμηλή περιεκτικότητα σε λακτόζη. Ο δε λόγος πρωτεΐνης προς λίπος ήταν 1,81 σε πλήρη αντίθεση με το γενικό κανόνα που ισχύει με το γάλα των μηρυκαστικών. Το ίδιο ζώο έδινε πολύ χαμηλές αποδόσεις σε γάλα γεγονός που συνδέεται με την πολύ χαμηλή περιεκτικότητά του σε λακτόζη. Η λακτόζη ρυθμίζει την παραγωγή γάλακτος στο γαλακτικό κύτταρο του μαστού, αφού καθώς προχωρά η βιοσύνθεση της λακτόζης στο σύμπλεγμα Golgi, η ωσμωτική πίεση αυξάνει με αποτέλεσμα την είσοδο νερού, ρυθμίζοντας έτσι τον όγκο του γάλακτος που θα εκκριθεί. (Μοάτσου 2009).

Στη 7^η δειγματοληψία όπως προαναφέρθηκε δύο δείγματα τα A 968 και A 985 δεν έπηζαν εντός των 30 min της δοκιμής ακόμη και μετά από προσθήκη CaCl_2 στο

968 και διπλασιασμό του ενζύμου στο 985, οι χρόνοι πήξης ήταν πάρα πολύ εκτεταμένοι, 19,87 και 27 min αντίστοιχα. Επομένως, σε αυτή τη δειγματοληψία επέδρασαν και άλλοι παράγοντες εκτός από τη σύσταση και το πρωτεϊνικό κλάσμα του γάλακτος. Έχει αναφερθεί ότι μικροσυστατικά του αγελαδινού γάλακτος όπως η α_2 -μακρογλοβουλίνη μπορούν να παρεμποδίσουν την πήξη του γάλακτος. Η πρωτεΐνη αυτή είναι περισσότερη στο πρωτόγαλα, στο γάλα κατά το τέλος της γαλακτικής περιόδου και στο μαστιτικό γάλα. Επίσης, είναι λοιπόν πιθανό η συγκεκριμένη παρεμπόδιση που παρατηρήθηκε να οφείλεται στη είσοδο από το αίμα αναστολέων της χυμοσίνης (Huppertz et al.2006, Bansal et al. 2010).

Η αρνητική συσχέτιση της λακτόζης με το RCT στην παρούσα μελέτη είναι σε συμφωνία με αυτή την παρατήρηση καθώς είναι γνωστό ότι γάλατα μαστιτικά ή στο τέλος της γαλακτικής περιόδου έχουν χαμηλή λακτόζη για να αντισταθμίσουν την είσοδο άλλων συστατικών από το αίμα του ζώου. Στατιστικά σημαντική επίδραση της περιεκτικότητας σε λακτόζη του αίγιου γάλακτος από τη φυλή Cilentana στο χρόνο πήξης αναφέρεται και από τους Zullo et al. (2005).

Άλλες μεταβλητές που αφορούν στο φαινόμενο της πήξης του γάλακτος με πυτιά, είναι η ταχύτητα σκλήρυνσης του πήγματος και η τελική συνεκτικότητα του πήγματος. Στην παρούσα μελέτη προσδιορίστηκε η τελική συνεκτικότητα του πήγματος 30 min μετά την προσθήκη της πυτιάς (A30). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το A30 μεταξύ των δύο ομάδων δειγμάτων εξαιτίας των πολύ μεγάλων τυπικών αποκλίσεων που παρατηρήθηκαν σε ορισμένους από τους μέσους του πειράματος (Πίνακας 3.3). Όμως, όπως συνέβαινε και με το RCT η ομάδα A, η οποία υπερετερούσε ως προς τη συνολική πρωτεΐνη και ως προς την α_{s1} -CN, έδωσε πήγματα με κατά ~ 20% υψηλότερη μέση συνεκτικότητα σε σχέση με την ομάδα B.

Πίνακας 3.5. Φυσικοχημική σύσταση, χρόνος πήξης με πυτιά (RCT) και συνεκτικότητα του πήγματος στα 30 min των δειγμάτων αίγειου γάλακτος του πειράματος κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών (A, B: οι δύο ομάδες αγών του πειράματος). Οι τιμές είναι ο μέσος όρος των δειγμάτων από 6 διαφορετικές αίγες.

Δειγμα- Τοληψία	Πρωτεΐνη		Λίπος		Λακτόζη	
	A	B	A	B	A	B
1	3,86±0,720 ^b	3,12±0,205 ^a	3,78±0,790	3,62±0,332	4,73±0,336	4,81±0,299
2	3,55±0,991	3,05±0,126	3,97±0,711	3,64±0,400	4,80±0,459	4,77±0,229
3	3,43±1,075	2,96±0,112	3,51±0,737	3,46±0,463	4,80±0,455	4,84±0,180
4	3,39±0,940	2,92±0,141	3,35±0,519	3,15±0,286	4,63±0,397	4,60±0,150
5	3,37±0,948	2,90±0,218	3,78±0,562	3,51±0,349	4,73±0,398	4,74±0,183
6	3,33±0,969	2,87±0,146	3,66±0,669	3,42±0,410	4,65±0,356	4,63±0,142
7	3,37±0,805	2,99±0,188	3,44±0,604	3,46±0,443	4,68±0,301	4,71±0,154
Δειγμα- Τοληψία	pH		RCT		A30	
	A	B	A	B	A	B
1	6,51±0,168	6,43±0,065	13,26±6,265	9,91±1,509	12,58±8,152	11,22±3,373
2	6,48±0,097	6,43±0,042	11,29±2,558	9,42±1,363	15,87±7,504	12,87±4,287
3	6,51±0,110	6,46±0,046	14,97±6,632	12,09±1,270	12,96±1,864	10,48±3,473
4	6,48±0,081	6,45±0,044	14,33±4,193	12,14±1,194	14,31±1,823	9,70±2,605
5	6,40±0,093	6,38±0,046	13,19±3,156	10,65±1,764	13,32±2,190	12,10±4,892
6	6,46±0,075	6,45±0,045	12,74±5,118	9,86±1,309	11,69±3,391	14,10±5,090
7	6,45±0,052	6,45±0,036	9,60±0,540	10,13±0,974	15,12±1,888	10,27±3,435

^{a, b} υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των δύο ομάδων (LSD, P<0,05)

Πίνακας 3.6. Κατατομή των μεμονωμένων καζεϊνών (% του συνόλου τους) σε δείγματα αίγειου γάλακτος του πειράματος (A, B: οι δυο ομάδες αιγών του πειράματος). Οι τιμές είναι ο μέσος όρος (\pm τυπική απόκλιση) των δειγμάτων από 6 διαφορετικές αίγες.

Δειγμα- τοληψία	κ-καζεΐνη		α_{s2} -καζεΐνη	
	A	B	A	B
1	10,37 \pm 1,006 ¹	9,83 \pm 2,823 ¹	18,68 \pm 2,541 ²	20,47 \pm 2,551 ²
2	11,33 \pm 1,607 ^{1,2}	11,33 \pm 3,081 ^{1,2}	17,85 \pm 3,512 ^{1,2}	17,00 \pm 3,043 ¹
3	10,45 \pm 1,196 ¹	11,19 \pm 3,230 ^{1,2}	18,22 \pm 3,600 ^{1,2}	17,71 \pm 2,847 ^{1,2}
4	12,99 \pm 0,647 ³	13,40 \pm 3,293 ²	15,56 \pm 1,579 ¹	17,01 \pm 2,613 ¹
5	12,90 \pm 1,685 ^{2,3}	13,12 \pm 1,453 ²	15,91 \pm 2,225 ^{1,2}	15,68 \pm 3,103 ¹
6	13,36 \pm 0,987 ³	13,30 \pm 1,652 ²	15,75 \pm 1,852 ^{1,2}	16,48 \pm 3,298 ¹
7	12,57 \pm 2,757 ^{2,3}	13,14 \pm 2,770 ²	15,68 \pm 2,069 ^{1,2}	17,92 \pm 2,825 ^{1,2}
Δειγμα- τοληψία	α_{s1} -καζεΐνη		β -καζεΐνη	
	A	B	A	B
1	14,97 \pm 9,416	11,42 \pm 5,532	55,99 \pm 7,926	58,28 \pm 2,899
2	15,61 \pm 8,518	11,18 \pm 5,128	55,22 \pm 6,134	60,49 \pm 2,488
3	14,50 \pm 8,73	10,67 \pm 3,981	56,82 \pm 6,677	60,43 \pm 3,025
4	14,94 \pm 9,534	10,77 \pm 5,389	56,51 \pm 8,473	55,81 \pm 3,321
5	15,90 \pm 9,576	10,66 \pm 5,646	55,28 \pm 7,246	60,55 \pm 2,194
6	15,03 \pm 9,195	10,92 \pm 4,828	55,87 \pm 7,017	59,31 \pm 1,999
7	16,43 \pm 9,99	12,13 \pm 5,653	55,33 \pm 7,629	56,82 \pm 2,600

¹⁻³ υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των διαφορετικών δειγματοληψιών (LSD, P<0,05)

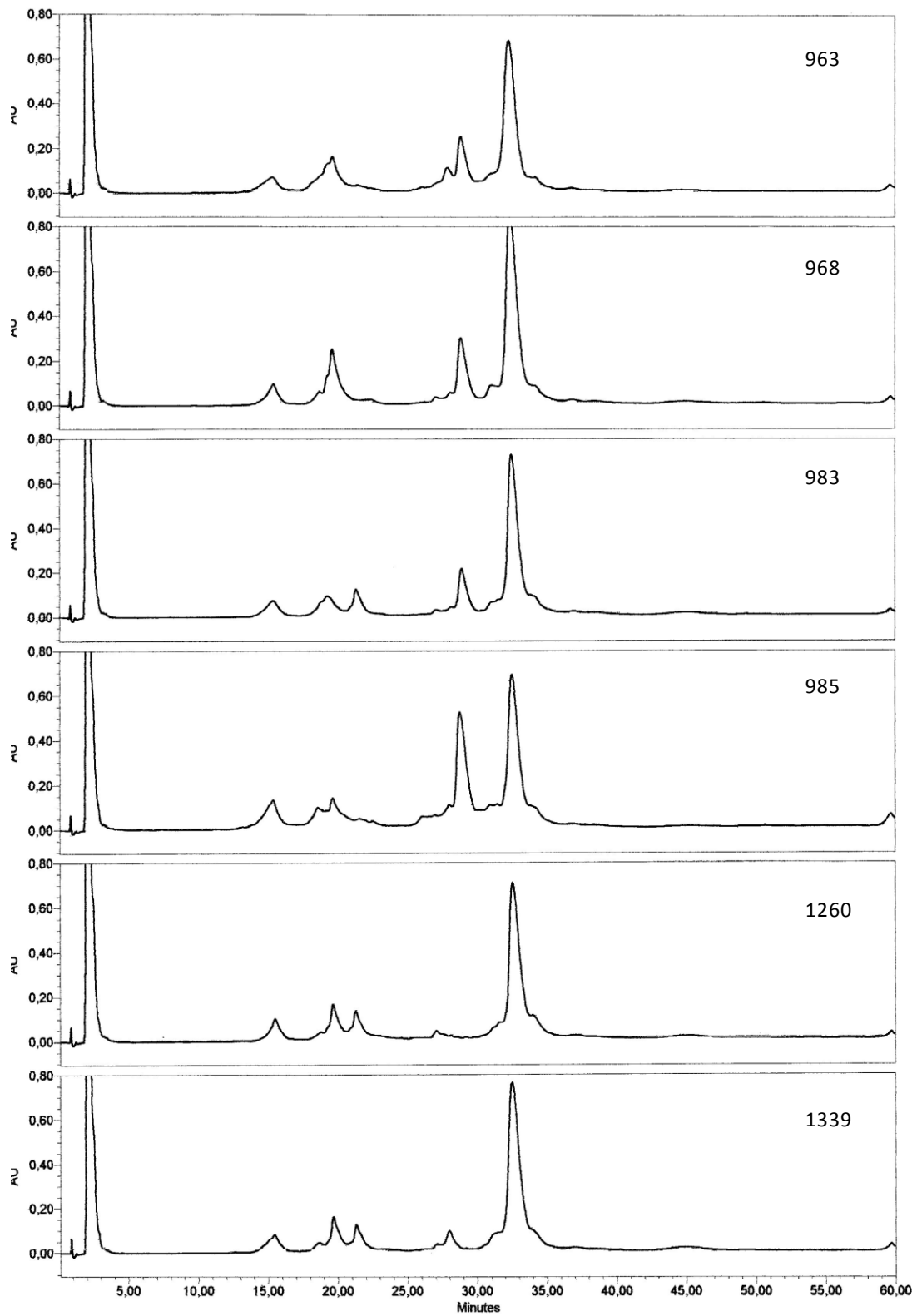
Η έρευνα των Devold et al. (2000) στο αγελαδινό γάλα έχει δείξει ότι το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων επηρεάζεται από τη σύνθεση του γάλακτος, τις γενετικές παραλλαγές των πρωτεϊνών του γάλακτος, το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες,

καζεΐνες και πρωτεΐνες του ορού. Επίσης, η α_{s1} -CN επηρεάζει σημαντικά το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων, η BB γενετική παραλλαγή της στο αγελαδινό γάλα συνδέεται με σημαντικά αυξημένα μικκύλια σε σχέση με την BC παραλλαγή (Lodes et al., 1996, Walsh et al., 1998). Ειδικά για το αίγιο γάλα έχει αποδειχτεί ότι το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων συσχετίζεται αρνητικά με την τελική συνεκτικότητα του πήγματος πυτιάς (Remeuf et al. 2001). Το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων αυξάνει όταν μειώνεται η περιεκτικότητα σε α_{s1} -CN κυρίως και δευτερευόντως σε κ-CN (Pierre et al. 1998). Όπως προαναφέρθηκε, παρόμοια ήταν τα ευρήματα των Pirisi et al. (1994) και Devold et al. (2011) σχετικά με τα καζεϊνικά μικκύλια αίγιου γάλακτος με πολύ χαμηλό ή μηδενικό επίπεδο α_{s1} -CN. Επομένως, γάλατα με λίγη α_{s1} -CN αναμένεται να δίνουν πήγματα με μικρότερη συνεκτικότητα, όπως παρατηρήθηκε και στη συγκεκριμένη μελέτη. Πράγματι το A30 συσχετιζόταν στατιστικά σημαντικά και θετικά με την α_{s1} -CN και τη συνολική πρωτεΐνη (Πίνακας 7.7). Τέλος, η στατιστική επεξεργασία δεν έδειξε σύνδεση μεταξύ του χρόνου πήξης RCT και του A30.

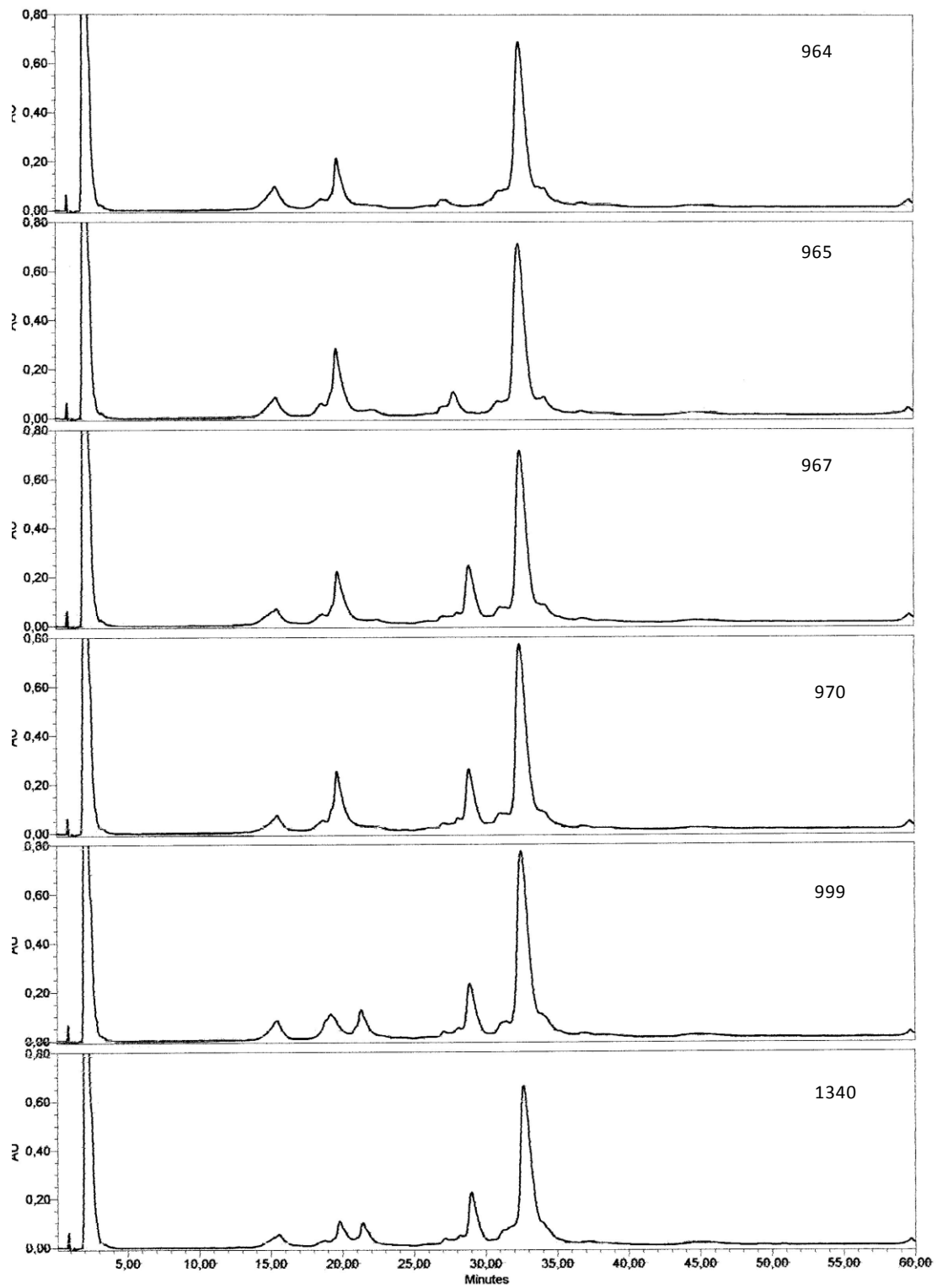
Η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της φυσικοχημικής και καζεϊνικής σύστασης ανά ομάδα και δειγματοληψία φαίνεται στους Πίνακες 3.5 και 3.6 αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, όπως αυτά απεικονίζονται στον Πίνακα 3.2 προκύπτει ότι ο παράγοντας <<δειγματοληψία>>, δηλαδή η γαλακτική περίοδος, επέδρασε στατιστικά σημαντικά στα ποσοστά των κ- και α_{s2} -καζεϊνών. Οι στατιστικές διαφορές εντοπίστηκαν με τη δοκιμή της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς κυρίως από την 4^η δειγματοληψία δηλαδή από την 4^η εβδομάδα του πειράματος και μετά.

Πίνακας 3.7. Στατιστικά σημαντικοί ($P < 0.01$) συντελεστές συσχέτισης (R) των μεταβλητών που προσδιορίστηκαν.

(R)	pH	πρωτ/νη	Λίπος	λακ/ζη	πρωτ. +λίπος +λακ/ζη	RCT	A30	κ-CN	α_{s2} -CN	α_{s1} -CN	β -CN
pH						0,540			0,472		
Πρωτ/νη				-0,634	0,525	0,525	0,348			0,626	0,718
λίπος				0,469	0,735						
λακτόζη		-0,634	0,469			-0,460		-0,312		-0,392	0,512
πρωτ. + λίπος + λακτόζη			0,735								-0,270
RCT	0,540	0,525	-0,432	-0,460							-0,321
A30		0,348							-0,343	0,452	
κ-CN				-0,312						-0,360	
α_{s2} -CN	0,472						-0,343			0,578	
α_{s1} -CN		0,626		-0,392	0,245		0,452	-0,360	-0,578		-0,869
β -CN		-0,718		0,512	-0,270	-0,321	-0,357			-0,869	



Εικόνα 3.3. RP-HPLC κατατομές (A214) ατομικών δειγμάτων γάλακτος από τις αίγες της ομάδας Α.



Εικόνα 3.4. RP-HPLC κατατομές (A214) ατομικών δειγμάτων γάλακτος από τις αίγες της ομάδας Β.

3.2. Η επίδραση του μακρόχρονου υποσιτισμού και υπερσιτισμού αιγών στη κατατομή του καζεϊνικού κλάσματος του γάλακτος

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Tsiplakou et al. (2012), είχε ως στόχο να ερευνήσει την επίδραση τριών διατροφικών επεμβάσεων (υποσιτισμός-μάρτυρας-υπερσιτισμός) στην παραγωγή και τη φυσικοχημική σύνθεση του γάλακτος των αιγών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν μια μείωση της γαλακτοπαραγωγής στην υποσιτισμένη ομάδα σε σχέση με την υπερσιτισμένη ομάδα, με σημαντικές διαφορές κατά την 31^η ημέρα του πειράματος. Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο περιεχόμενο του γάλακτος σε πρωτεΐνη μεταξύ των δύο ομάδων ζώων μόνο την 12^η ημέρα του πειράματος, η οποία ήταν χαμηλότερη στις υπερσιτισμένες έναντι στις υποσιτισμένες αίγες. Η χρωματογραφική ανάλυση των ατομικών δειγμάτων γάλακτος των αιγών και από τις τρεις ομάδες πραγματοποιήθηκε την 39^η ημέρα του πειράματος, όπου η περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη ήταν 4,25% για τις υποσιτισμένες αίγες (70% κάλυψη αναγκών), 4,31% για τις αίγες μάρτυρα (100%) και 4,20% για τις υπερσιτισμένες αίγες (130%).

Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα ποσοστά των κύριων καζεϊνών στο γάλα των ζώων που συμμετείχαν στο πείραμα υποσιτισμός – υπερσιτισμός και αφορούν την 39^η ημέρα της διατροφικής επέμβασης, όπως αυτό περιγράφεται από τους Tsiplakou et al. (2012). Η αξιολόγηση των χρωματογραφικών κατατομών (Εικόνες 3.5, 3.6 και 3.7) έγινε όπως αναφέρεται στην Παράγραφο 3.1., όπου τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι τα ζώα του συγκεκριμένου πειράματος είχαν σε μεγαλύτερη συχνότητα ισχυρούς και μεσαίους αλληλόμορφους για την α_{s1} -καζεΐνη σε σχέση με προηγούμενο πείραμα. Ως προς την α_{s2} -καζεΐνη στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρχαν και οι δύο γενετικές παραλλαγές A και C.

Στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι του πειράματος συγκρίνοντας τον Πίνακα αυτόν με τον Πίνακα 3.1 είναι σαφές ότι τα ζώα και των τριών ομάδων (υποσιτισμός-μάρτυρας-υπερσιτισμός) παρήγαγαν γάλα με υψηλή πρωτεϊνοπεριεκτικότητα, συγκεκριμένα η α_{s1} -καζεΐνη ήταν έως και υπερδιπλάσια από αυτή της ομάδας B της Παραγράφου 3.1 (πείραμα με διαφορετικά επίπεδα NDF:αμύλου). Ως αποτέλεσμα το ποσοστό της β -καζεΐνης ήταν χαμηλότερο.

Πίνακας 3.8. Κατατομή των καζεϊνικών κλασμάτων (% του συνόλου τους) στα δείγματα γάλακτος από αίγες του πειράματος των Tsiplakou et al., (2012). Ομάδες 1, 2, 3 : υποσιτισμός (70%), μάρτυρας (100%) και υπερσιτισμός (130%) αντίστοιχα.

Ομάδα 1	%κ-CN	%α_{s2}-CN	%α_{s1}-CN	%β-CN
No A40	6,32	20,68	26,59	46,41
No A42	8,78	23,60	14,65	52,97
No A43	6,04	24,15	15,44	54,37
No A55	7,73	15,65	30,05	46,57
No A52	10,54	20,61	26,85	42,00
No A48	7,00	21,62	25,67	45,71
No A53	8,86	18,96	25,05	47,13
No A60	9,11	14,63	31,85	44,41
Ομάδα 2				
No A44	9,42	18,03	27,14	45,40
No A46	8,67	20,03	22,60	48,70
No A47	8,27	16,46	26,44	48,84
No A50	7,66	18,79	27,24	46,32
No A54	8,31	16,71	25,98	49,00
No A59	10,33	15,95	31,91	41,81
No A62	9,29	15,21	27,33	48,17
No A63	7,99	17,50	25,00	49,51
Ομάδα 3				
No A51	8,15	19,95	26,53	45,37
No A57	10,01	17,36	27,54	45,09
No A58	7,45	19,01	27,91	45,63
No A61	7,48	21,13	26,70	44,69
No A41	9,96	18,48	17,56	54,00
No A45	6,99	23,07	16,98	52,96
No A49	8,67	19,04	24,56	47,73
No A56	8,74	18,13	24,07	49,05

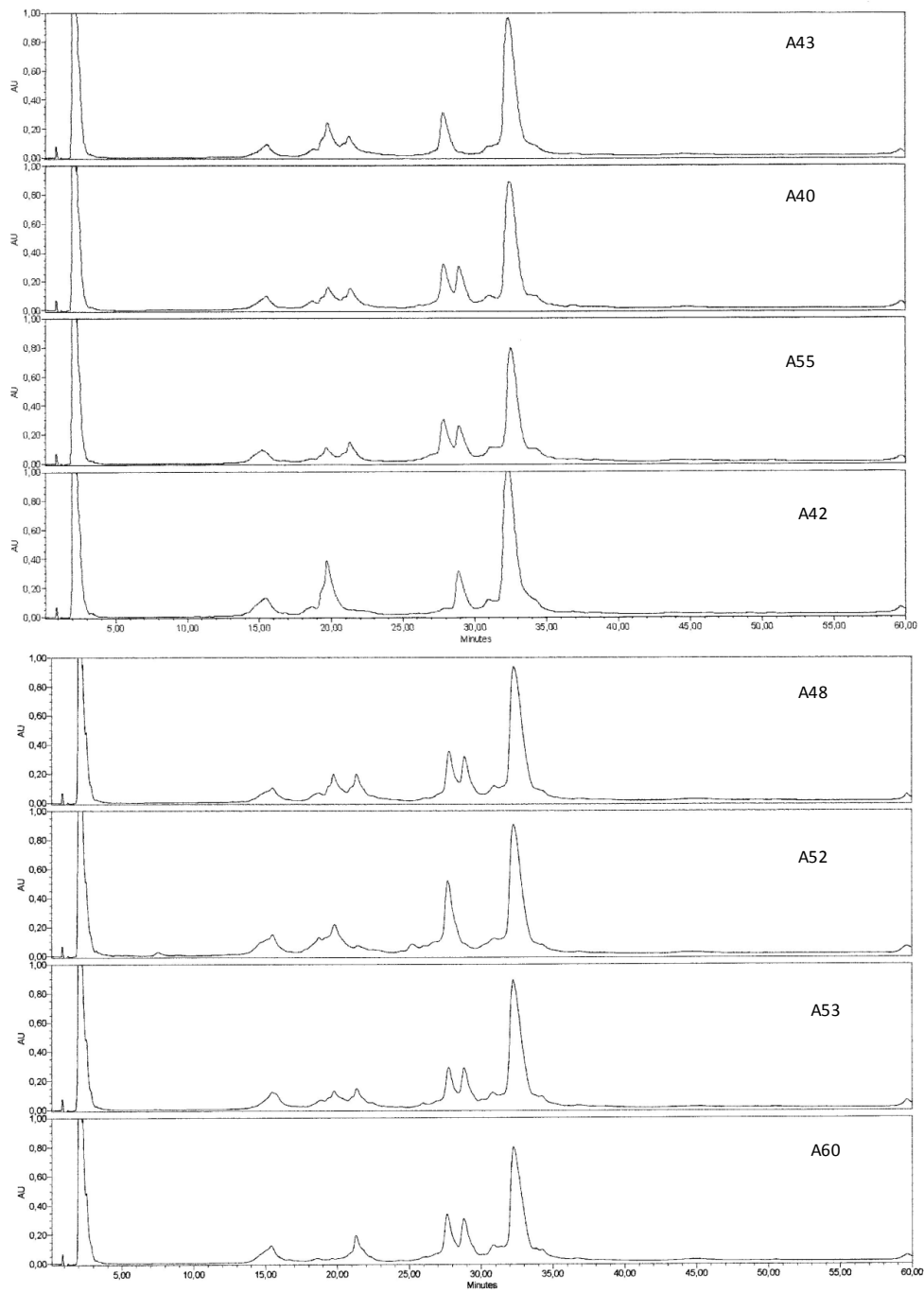
Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται από τους Tsiplakou et al. (2012), για τη σύσταση του γάλακτος την 39^η ημέρα του πειράματος, τα οποία αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία. Αναφέρεται η μέση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη: 4,25%, 4,31% και 4,20% για τις ομάδες 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Τα οποία είναι κατά πολύ υψηλότερα από αυτά του Πίνακα 3.1.

Η Ανάλυση Παραλλακτικότητας δεν έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στην κατατομή των καζεϊνικών κλασμάτων του παράγοντα <<διατροφική επέμβαση>>. Παρόλα ταύτα η μέθοδος της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς εντόπισε διαφορές ως προς την α_{s2} -καζεΐνη μεταξύ της ομάδας υποσιτισμού και μάρτυρα. Σε ανάλογη μελέτη διατροφικής επέμβασης από τους Coulon et al. (2001) παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της ενέργειας του σιτηρεσίου (125% των αναγκών των ζώων) είχε σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση της πρωτεΐνης και της καζεΐνης, αλλά δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στα καζεϊνικά κλάσματα του γάλακτος παρά μόνο στη συγκέντρωση της κ-καζεΐνης που παρουσίασε μια μικρή αύξηση.

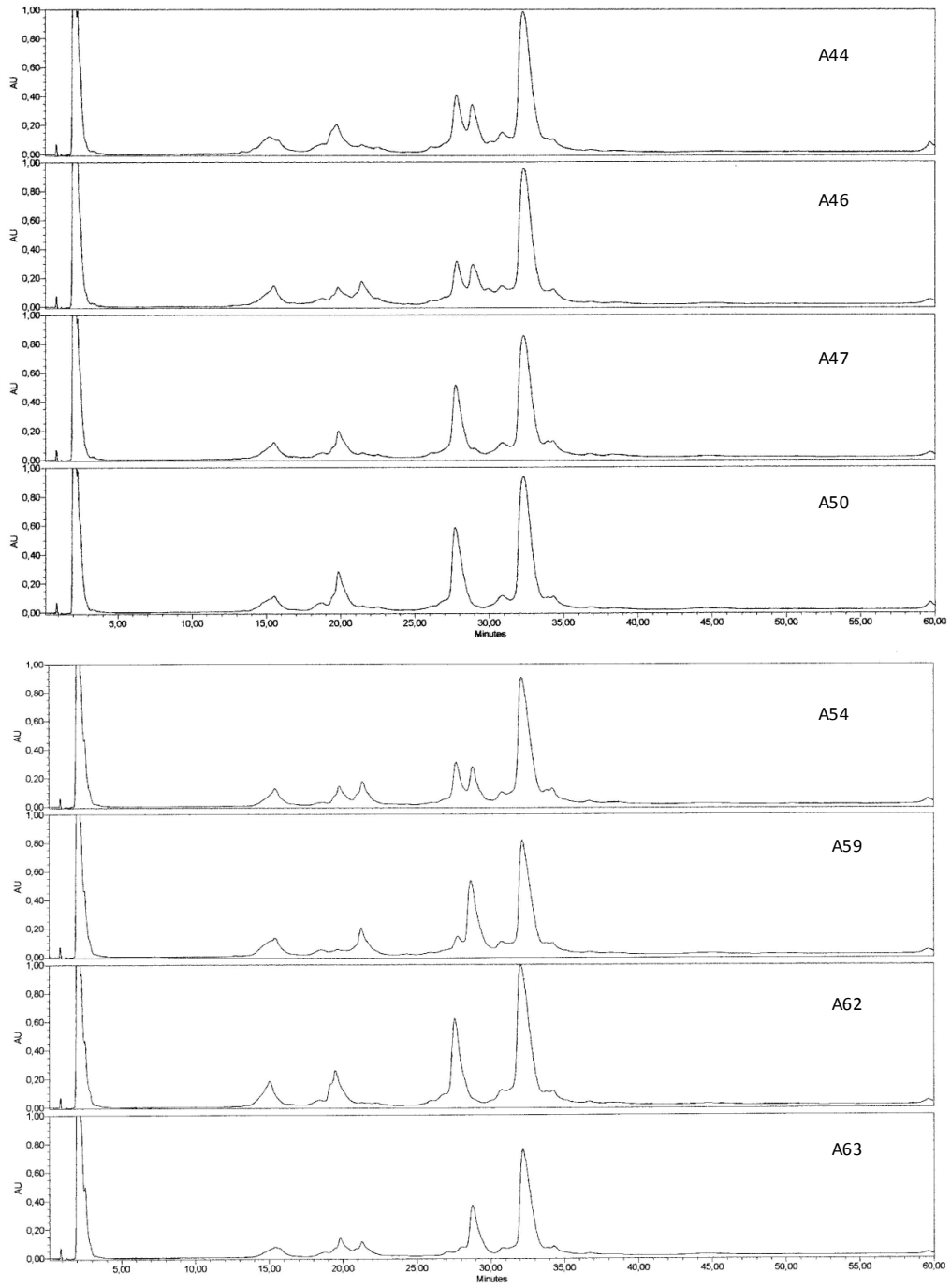
Πίνακας 3.9. Μεμονωμένα καζεϊνικά κλάσματα εκφρασμένα ως ποσοστό επί του συνόλου τους στα δείγματα γάλακτος τριών ομάδων αιγών του πειράματος των Tsiplakou et al., (2012). Οι τιμές του Πίνακα είναι οι μέσοι όροι του γάλακτος 8 διαφορετικών ζώων (\pm τυπική απόκλιση). Ομάδες 1, 2, 3 : υποσιτισμός (70%), μάρτυρας (100%) και υπερσιτισμός (130%).

Ομάδα	% κ-καζεΐνη	% α_{s2} -καζεΐνη	% α_{s1} -καζεΐνη	% β-καζεΐνη
1	8,05 \pm 1,547	19,99 \pm 3,433 ^β	24,52 \pm 6,273	47,45 \pm 4,180
2	8,74 \pm 0,881	17,34 \pm 1,580 ^α	26,71 \pm 2,627	47,22 \pm 2,606
3	8,43 \pm 1,134	19,52 \pm 1,834 ^{α,β}	23,98 \pm 4,351	48,07 \pm 3,659

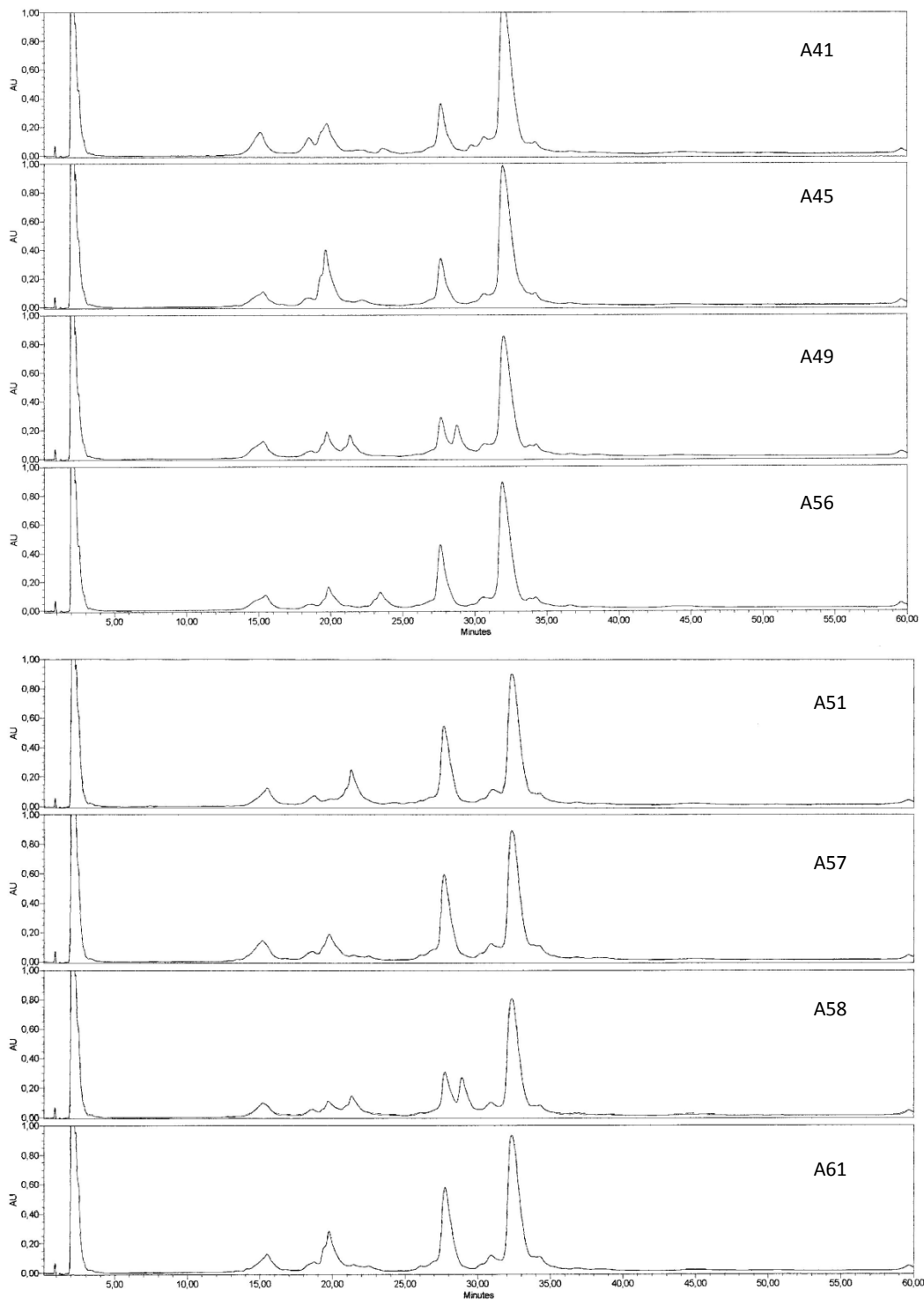
a-c : διαφορετικοί εκθέτες υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων (LSD, P< 0,05)



Εικόνα 3,5, RP-HPLC κατατομές (A214) ατομικών δειγμάτων γάλακτος από τις αίγες της ομάδας 1,



Εικόνα 3,6, RP-HPLC κατατομές (A214) ατομικών δειγμάτων γάλακτος από τις αίγες της ομάδας 2,



Εικόνα 3,7, RP-HPLC κατατομές (A214) ατομικών δειγμάτων γάλακτος από τις αίγες της ομάδας 3.

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης η διαφοροποίηση του λόγου NDF:άμυλο στο σιτηρέσιο των αιγών επηρέασε ορισμένα χαρακτηριστικά του πρωτεϊνικού κλάσματος του γάλακτος ($P < 0,05$) όπως η συνολική πρωτεϊνοπεριεκτικότητα και η αναλογία των α_{s1} - και β -καζεϊνών στο καζεϊνικό κλάσμα. Ως επακόλουθο, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) και στο χρόνο πήξης με πυτιά. Οι διαφορές που καταγράφηκαν ως προς τη συνεκτικότητα του πήγματος αν και έντονες δεν αποδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές.

Από την καταγραφή των καζεϊνικών κατατομών των δειγμάτων φάνηκε ότι ένα μέρος των διαφορών αυτών μπορεί να αποδοθεί στο γενετικό δυναμικό των ζώων, καθώς εντός των ομάδων υπήρχε έντονη διακύμανση ως προς το επίπεδο σύνθεσης της α_{s1} -καζεϊνης. Πράγματι, η περιεκτικότητα σε συνολική πρωτεΐνη συσχετιζόταν θετικά και στατιστικά σημαντικά με το ποσοστό συμμετοχής της α_{s1} -καζεϊνης στο καζεϊνικό κλάσμα, ενώ συνέβαινε το αντίθετο με τη β -καζεΐνη.

Επιπλέον, η ανάλυση του πρωτεϊνικού κλάσματος δειγμάτων από πείραμα υποσιτισμού και υπερσιτισμού των αιγών έδειξε μόνο οριακή επίδραση στη συγκρότηση του καζεϊνικού κλάσματος, καθώς επέδρασε στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) μόνο στη σχετική αναλογία της α_{s2} -καζεϊνης.

Επομένως, η εφαρμογή των παραπάνω διατροφικών επεμβάσεων στα ζώα με το συγκεκριμένο γενετικό δυναμικό ως προς τη βιοσύνθεση της α_{s1} -καζεϊνης δεν είχε σαφή επίδραση στα χαρακτηριστικά του καζεϊνικού κλάσματος του παραγόμενου γάλακτος

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1. Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Ζέρβας Γεώργιος, (2005). Φυσιολογία θρέψης Παραγωγικών Ζώων. *Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.*

Ζέρβας Γ., Καλαϊσάκης Π., Φεγγερού Κ. (2004). Διατροφή Αγροτικών Ζώων. *Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.*

Καμιναρίδης Σ., Μοάτσου Γ., (2009). Γαλακτοκομία. *Εκδόσεις Εμβρυο, Αθήνα.*

Μοάτσου, Γ., Α. Μοσχοπούλου, Α.-Ν. Βαμβακάκη, D. Mollé, V. Gagnaire, I. Κανδαράκης, Ε. Ανυφαντάκης & J. Léonil (2008b). Χαρακτηριστικά του αιγείου γάλακτος ελληνικών αυτόχθονων φυλών. *1^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο για το γάλα και τα προϊόντα του.* Ε.Ε.Γ.Ε., Αθήνα 9 & 10 Οκτωβρίου. Βιβλίο Πρακτικών: *Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος (Ειδικό Τεύχος)*, σελ. 82-96.

Ρογδάκης, Ε. (1995). Φυσιολογία αποδόσεων των αγροτικών ζώων. III : Γαλακτοπαραγωγή. Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

5.2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Aggett, P., Leach, J.L., Rueda, R. & MacLean, W.C. (2003). Innovation in infant formula development: a reassessment of ribonucleotides in 2002. *Nutrition*. 19, 375-384.

Ah-Leung, S., Bernard, H., Bidat, E., Paty, E., Rancé, F. & Scheinmann, P. (2006). Allergy to goat and sheep milk without allergy to cow's milk. *Allergy*. 61, 358-1365.

Albenzio, M., Annicchiarico, G., Santillo, A., Muscio, A., Sevi, A. (2005). Effect of dietary protein level on ewe milk yield and on air quality under different ventilation rates. *Ital. J. Anim. Sci.* 4 (Suppl. 2), 339–341.

- Alferez, M.J.M., Barrionuevo, M., Lopez-Aliaga, I., Sanz Sampelayo, M.R., Lisbona, F., Robles, J.C. & Campos, M.S. (2001). Digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. *Journal of Dairy Research*. 68, 451-461.
- Alichanidis, E. και Polychroniadou, A. (1996). Special features of dairy products from ewe and goat milk from the physicochemical and organoleptic point of view. IDF Special Issue 9603. International Dairy Federation, Brussels.
- Allen, M.S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3063-3075.
- Almaas, H., Holm, H., Langsrud, T., Flengsrud, R. & Vegarud, G.E. (2006). In vitro studies of the digestion of caprine whey proteins by human gastric and duodenal juice and the effects on selected microorganisms. *British Journal of Nutrition*. 96, 562-569.
- Ambrosioli, R., DiStasio, L. and Mazzocco, P. (1998). Content of alphas1-casein and coagulation properties in goat milk. *Journal of Dairy Science*. 71(1), 24-28.
- Anaeto, M., Adeyeye, J.A., Chioa, G.O., Olarinmoye, A.O. & Tayo, G.O. (2010). Goat products : meeting the challenges of human health and nutrition. *Agriculture and Biology. Journal of South America*. 1, 1231-1236.
- Anifantakis, E.M., και Kandarakis, I.J. (1980). Contribution to the study of the composition of goat's milk. *Milchwissenschaft*. 35(10), 617-619.
- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J. & Juarez, M. (1999). Fatty acid composition of caprine milk: major branched-chain, and trans fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 82, 878-884.
- Astwood, J.D., Leach, J.N. & Fuchs, R.L. (1996). Stability of food allergens to digestion in vitro. *Nature Biotechnology*. 14, 1269-1273.

- Atanasova, J. & Ivanova, I. (2010). Antibacterial peptides from goat and sheep milk proteins. *Biotechnological Equipment*. 24, 1799-1803.
- Avondo M., Pagano R.I., Guastella A.M., Criscione A., Di Gloria M., Valenti B., Piccione G. and Pennisi P. (2009). Diet selection and milk production and composition in Girgentana with different α_{s1} -casein genotype. *Journal of Dairy Research*. 76, 202–209.
- Ballabio, C., Chessa, S., Rignanese, D., Gigliotti, C., Pagnacco, G., Terracciano, L., & Fiocchi, A. (2011). Goat milk allergenicity as a function of α_{s1} -casein genetic polymorphism. *Journal of Dairy Science*. 94, 998-1004.
- Bansal, N., Fox, P., and Paul L. H. Mcsweeney, P.L.H. (2010). Inhibition of rennets by blood serum. *International Journal of Dairy Technology*. 63, 381-386.
- Bava, L., Rapetti, L.P., Crovetto, G.M., Tamburini, A., Sandrucci, A., Galassi, G., Succi, G. (2001). Effects of a nonforage diet on milk production, energy and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. . *J. Dairy Sci*. 82, 2450-2459.
- Bellioni-Businco, B., Paganelli, R., Lucenti, P., Giampietro, P.G., Perborn, H. & Businco, L. (1999). Allergenicity of goat's milk in children with cow's milk allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 103, 1191-1194.
- Bencini, R., Pulina, G. (1997). The quality of sheep milk: a review. *Aust. J. Exp. Agric*. 37, 485–504.
- Bevilacqua, C., Martin, P., Candalh, C., Fauquant, J., Piot, M., Roucaypol, A.-M., Pilla, F. & Heyman, M. (2001). Goats' milk of defective α_{s1} -casein genotype decreases intestinal and systemic sensitization to β -lactoglobulin in guinea pigs. *Journal of Dairy Research*. 68, 217-227.

- Bevilacqua, C., Ferranti, P., Garro, G., Veltri, C., Lagonigro, R., Leroux, C., Pietrolá, E., Addeo, F., Pilla, F., Chianese, L., και Martin, P. (2002). Interallelic recombination is probably responsible for the occurrence of a new α s1-casein variant found in the goat species. *European Journal of Biochemistry*. 269, 1293-1303.
- Boehm, G. & Stahl, B. (2007). Oligosaccharides from milk. *Journal of Nutrition*. 137, 8475-8495.
- Bonanno, A., Di Grigoli, A., Di Trana, A.,† Di Gregorio, P.,† Tornambè, G. , Bellina, V., Claps, S., Maggio, G. ,† and Todaro, M. (2013). Influence of fresh forage – based diets and α s1- casein (CSN1S1) genotype on nutrient intake and productive, metabolic, and hormonal responses in milking goats. *J. Dairy Sci*. 96, 2107–2117.
- Bouniol, C., Brignon, G., Mahé, M. F., και Printz, C. (1994). Biochemical and genetic analysis of variant C of caprine α s2-casein. *Animal Genetics*. 25(3), 173-177.
- Bovenhuis, H., Van Arendonk, J.A.M., & Korver, S. (1992). Associations between milk protein polymorphism and milk protein traits. *Journal of Dairy Science*. 75, 2549-2559.
- Brenneman, J.C. (1978). *Basics of Food Allergy*, pp. 170-174. Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- Cannas, A., Pes, A., Mancuso, R., Vodret, B., Nudda, A. (1998). Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *J. Dairy Sci*. 81, 499–508.
- Caravaca F., Amills M., Jordana J., Angiolillo A., Aguera P., Aranda C., Mene´ndez-Buxadera A., Sanchez A., Carrizosa J., Urrutia B., Sa`nchez A. & Serradilla J.M. (2008). Effect of α s1-casein (CSN1S1) genotype on milk CSN1S1 content in Malaguena and Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Research*. 75, 481–484.

- Carver, J.D. & Walker, W.A. (1995). The role of nucleotides in human nutrition. *Nutritional Biochemistry*. 6, 58-72.
- Chanat, E., Martin, P., and Ollivier-Bousquet, M. (1999). α S1-casein is required for the efficient transport of β - and κ -casein from the endoplasmic reticulum to the Golgi apparatus of mammary epithelial cells. *J. Cell Sci.* 112, 3399–3412.
- Chandan, R.C., Attaie, R. & Shahani, K.M. (1992). Nutritional aspects of goat milk and its products. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Goats, 2-8 March 1992, New Delhi, India*, Vol. II, pp. 399-420. Indian Council of Agricultural Research Publishers, New Delhi, India.
- Chessa, S., Chiatti, F., Rignanese, D., Ceriotti, G., Caroli, A. & Pagnacco, G. (2009). Nutraceutical properties of goat milk: in silico analysis of the casein sequences. *Options Mediterraneennes*. 91, 241-243.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Bernard, L., Gaborit, P., Raynal-Ljutovac, K., Lauret, A. (2005). Effects of type of forage and lipid supplementantation on goat milk fatty acids and sensorial properties of cheeses. In: *Future of Sheep and Goat Dairy Sectors*. Special issue of the International Dairy Federation No.0501. Part 5. pp. 297-304.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Bernard, L., Gaborit, P., Raynal-Ljutovac, K., Lauret, A., & Leroux, C. (2006). Optimising goat's milk and cheese fatty acid composition: effects of genotype, feeding factors and dairy technology. In: *Improving the Fat Content of Foods* (eds G. Williams & J. Buttriss), pp. 281-312. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Christian M.P., Grainger C., Sutherland B.J., Mayes J.J., Hannah M.C., Kefford B. (1999). Managing diet quality for Cheddar cheese manufacturing milk. 2. Pasture v. grain supplements. *Journal of Dairy Research*. 66, 357-363.
- Clark, S., κ at Sherbon, J. W. (2000a). Alphas1-casein milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Research*. 38(2), 123-134.

- Clark, S., and Sherbon, J. W. (2000b). Genetic variants of alpha1-CN in goat milk: breed distribution and associations with milk composition and coagulation properties. *Small Ruminant Research*. 38(2), 135-143.
- Cortes, J.F.C., Robinson, J.J., McHattie, I., Fraser, C. (1977). The sensitivity of ewe milk yield to changes in dietary crude protein concentration. *Anim. Prod.* 24, 135 (Abstract).
- Coulon J.B., Dupont D., Pochet S., Pradel P., Duployer H. (2001). Effect of genetic potential and level of feeding on milk protein composition. *Journal of Dairy Research*. 68, 269-577.
- Cowan, R.T., Robinson, J.J., McHattie, I., Pennie, K. (1981). Effects of protein concentration in the diet on milk yield, change in body composition and the efficiency of utilization of body tissue for milk production in ewes. *Anim. Prod.* 33, 111–120.
- Daddaoua, A., Puerta, V., Requena, P., Martínez-Férez, A., Guadix, E., de Medina, F-S., Zarzuelo, A., Suárez, M.-D., Boza, J.J. & Martínez-Augustin, O. (2006). Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten-induced colitis. *Journal of Nutrition*. 136, 672-676.
- Dagnachew, B.S., Thaller, G., Lien, S., and Ådnøy, T., (2011). Casein SNP in Norwegian goats: additive and dominance effects on milk composition and quality. *Genetics Selection, Evolution*. 43, 31-42.
- Dandrifosse, G., Peulen, O., El Khefif, N., Deloyer, P., Dandrifosse, A.C. & Grandfils, Ch. (2000). Are milk polyamines preventive agents against food allergy. *Proceeding of the Nutrition Society*. 59, 81-86.
- Davis, T.A., Nguyen, H.V., Garcia-Bravo, R., Florotto, N.L., Jackson, E.M., Lewis, D.S., Lee, D.R. & Reeds, P.J. (1994). Amino acid composition of human milk is not unique. *Journal of Nutrition*. 124, 1126-1130.

- De la Torre G., Serradilla J.M., Gil Extremera F. & Sanz Sampelayo M.R. (2008). Nutritional utilization in Malaguena dairy goats differing in genotypes for the content of α s1-casein in milk. *Journal of Dairy Science*. 91, 2443–2448.
- De la Torre A.G., Morales E.R., Serradilla J.M., Extremera F.G. and Sanz Sampelayo M.R. (2009). Milk production and composition in Malaguena dairy goats. Effects of genotype for synthesis of α s1-casein on milk production and its interaction with dietary protein content. *Journal of Dairy Research*. 76, 137–143.
- De Peters, E.J., Cant, J.P. (1992). Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. *J. Dairy Sci.* 75, 2043-2060.
- Devendra, C. (2012). Dairy goats in Asia: multifunctional relevance and contribution to food and nutrition security. In: *Proceedings of the First Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April 2012* (eds R. Abdullah et al.), pp. 1-6. *Institute Tropical Agriculture Publ.*, University Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia.
- Devold, T. G., Brovold, M. J., Langsrud, T., Vegarud, G. E. (2000). Size of native and heated casein micelles, content of protein and minerals in milk from Norwegian Red Cattle – effect of milk protein polymorphism and different feeding regimes. *International Dairy Journal*. 10, 313-323.
- Devold, T.G., Nordbø, R., Langsrud, T., Svenning, C., Brovold, M.J., Sørensen, E.S., Christensen, B., Ådnøy, T., and Vegarud, G.E. (2011). Extreme frequencies of the α s1-casein “null” variant in milk from Norwegian Dairy Goats - implications for milk composition, micellar size and renneting properties. *Dairy Science and Technology*. 91, 39-51.
- Dong C & Ng-Kwai-Hang K.F. (1998). Characterization of a non-electrophoretic Genetic variant of β -casein by peptide mapping and mass spectrometric analysis. *International Dairy Journal*. 8, 967-972.

- Eigel, W.N., Butler J.E., Ernstrom C.A., Farrell H.M.Jr, Harwalkar V.R., Jennes R., McL Whitney R. (1984). Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth Revision. *Journal of Dairy Science*. **67**, 1599-1631.
- Freetly H.C., Ferrell C.L. (1999). Relationship of portal-drained viscera and liver net flux of glucose, lactate, volatile fatty acids, and nitrogen metabolites to milk production in the ewe. *J. Dairy Sci.* **82**, 597-604.
- Fox, P.F. and McSweeney, P.L.H. (2003). *Advanced Dairy Chemistry Volume 1: Proteins*, 3rd edn. *Kluwer Academic/Plenum Publishers*.
- Gaullier, J.M., Halse, J., Høivik, H.O., Høye, K., Syvertsen, C., Nurminiemi, M., Hassfeld, C., Einerhard, A., O Shea, M. & Gudmundsen, O. (2007). Six months supplementation with conjugated linoleic acid induces regional-specific fat mass decreases in overweight and obese. *British Journal of Nutrition*. **97**, 550-560.
- Geerlings, A., Villar, I.C., Hidalgo Zarco, F., Sánchez, M., Vera, R., Zafra Gomez, A., Gomez Boza, J. & Duarte, J. (2006). Identification and characterization of novel angiotensin-converting enzyme inhibitors obtained from goat milk. *Journal of Dairy Science*. **89**, 3326-3335.
- Gobetti, M., Stepaniak, L., De Angelis, M., Corsetti, A. & Di Cagno, R. (2002). Latent bioactive peptides in milk proteins: proteolytic activation and significance in dairy processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **42**, 223-239.
- Gobetti, M., Minervini, F. & Rizzello, C.G. (2007). Bioactive peptides in dairy products. In: *Handbook of food Products Manufacturing* (ed. Y.H. Hui), pp. 489-517. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- Gonzalez, J.S., Robinson, J.J., McHattie, I., Fraser, C. (1982). The effect in ewes of source and level of dietary protein on milk yield, and the relationship between the intestinal supply of non-ammonia nitrogen and the production of milk protein. *Anim. Prod.* **34**, 31-40.

- Gopal, P.K. & Gill, H.S. (2000). Oligosaccharides and glycoconjugates in bovine milk and colostrum. *British Journal of Nutrition*. 84, S69-S74.
- Grant, C., Rotherham, B., Sharpe, S., Scragg, R., Thompson, J. & Andrews, J. (2005). Randomized, double-blind comparison of growth in infants receiving goat's milk formula versus cow milk infant formula. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 41, 564-568.
- Grosclaude, F., Mahé, M. F., Brignon, G., Di Stasio, L., and Jeunet, R. (1987). A mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat α S1-casein. *Genet. Sel. Evol.* 19, 399-412.
- Grzesiak, T. (1997). Lait de chevre, lait d'avenir pour les nourrissons. In: *Proceedings Colloque Interests Nutritionnel et Dietetique du Lait de Chevre*, Vol. 81, pp. 127-148. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Haenlein, G.F.W. (1992). Role of goat meat and milk in human nutrition. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Goats*, 2-8 March 1992, New Delhi, India, Vol. II, part II, pp. 575-580. Indian Council of Agricultural Research Publishers, New Delhi, India.
- Haenlein, G.F.W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 51, 155-163.
- Hatfield, P.G., Snowden, G.D., Head Jr., W.A., Glimp, H.A., Stobart, R.H., Besser, T. (1995). Production by ewes rearing single or twin lambs: effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine. *J. Anim. Sci.* 73, 1227-1238.
- Heyman, M. & Desjeux, J.F. (1992). Significance of intestinal food protein transport. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 15, 48-57.
- Huppertz, T., Uniacke T., Kelly, A.L. and Fox, P.F. (2006). Inhibition of the proteolytic activity of indigenous plasmin or exogenous chymosin and pepsin in bovine milk by blood serum. *International Dairy Journal*. 16, 691-696.

- Imafidon, G.I., Ng-Kwai-Hang, K. F., Harwalkar, V.R. & Ma, C.J. (1991). Effect of genetic polymorphism on the thermal stability of β -lactoglobulin and κ -casein mixture. *Journal of Dairy Science*. 74, 1791-1802.
- Jakob, E., & Puhan, Z. (1992). Technological properties of milk as influenced by genetic polymorphism of milk proteins - a review. *International Dairy Journal*. 2, 157-178.
- Jeness, R. (1980). Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. *Journal of Dairy Science*. 63, 1605-1630.
- Lamothe, S., Robitaille, G., St-Gelais, D. & Britten, M. (2007). Short communication: extraction of beta-casein from goat milk. *Journal of Dairy Science*. 90, 5380-5382.
- Lee, K.J., Kim, S.B., Ryu, J.S., Shin, H.S. & Lim, J.W. (2005). Separation and purification of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides derived from goat's milk casein hydrolysates. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 18, 741-746.
- Lodes, A., Krause, I., Buchberger, J., Aumann, J., & Klostermeyer, H. (1996). The influence of genetic variants of milk proteins on the composition and technological properties of milk. 1. Casein micelle size and the content of non-glycosylated κ -casein. *Milchwissenschaft*. 51, 368-373.
- Lopez-Aliaga, I., Diaz-Castro, J., Alferez, M.J.M., Barrionuevo, M. & Campos, M.S. (2010). A review of the nutritional and health aspects of goat milk in cases of intestinal resection. *Dairy Science and Technology*. 90, 611-622.
- Lu, C.D. (1988). Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Rumin. Res.* 1, 205-216.

- Lu, C.D., Potchoida, M.J., Sahlu, T. and Fernandez, J.M. (1990). Performance of dairy goats fed isonitrogenous diets containing soybean meal or hydrolysed feather meal during early lactation. *Small Ruminant Research*. 3, 425-434.
- Lu, C.D., Kawas, J.R., Mahgoub, O.G. (2005). Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research*. 60, 45-52.
- Luginbuhl, J.M., Poore, M.H., Conrad, A.P. (2000). Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. *J. Anim. Sci.* 78, 1677–1683.
- Luke, B. & Keith, L.G. (1992). Calcium requirements and the diets of women and children. *Journal of Reproductive Medicine*. 37, 703-709.
- McCullough, F.S.W. (2003). Nutritional evaluation of goat's milk. *British Food Journal*. 105, 239-251.
- Mc Donald P., Edwards RA., Grenhalgh JFD., Morgan CA. (2002). *Animal Nutrition*. Pearson Education.
- Mack, P.B. (1953). A preliminary nutrition study of the value of goat's milk in the diet of children. In: *Yearbook of the American Goat Society*, pp. 106-132. American Goat Society Publishers, Mena, AR.
- Mackle, T.R., & Bryant, A.M. (1996). Feeding, milk composition and product quality - an overview. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 57, 167-172.
- Mackle, T.R., & Bryant, A.M., Petch S.F., Hill J.P., Auldism M.J. (1999). Nutritional influences on the composition of milk from cows of different protein phenotypes in New Zealand. *Journal of Dairy Science*. 82, 172-180.
- Mahe', J.F., and Grosclaude., F. 1989. α S1-CnD, another allele associated with a decreased synthesis rate at the α S1-casein locus. *Genet. Sel. Evol.* 21, 127–129.

- Marletta D., Bordonaro S., Guastella A.M., Criscione A., D'Urso G. (2005). Genetic polymorphism of the calcium sensitive caseins in Sicilian Girgentana and Argentata dell'Etna goat breeds, *Small Ruminant Res.* 57, 133–139.
- Martemucci, J.F., D'Alessandro, G., Panaro, A.G., Cianciulli, M.A., Superbo, A., Jirillo, M. & Magrone, E. (2010). Ability of goat milk to modulate healthy human peripheral blood lymphomonocyte and polymorphonuclear cell function: in vitro effects and clinical implications. *Current Pharmaceutical Design.* 16, 870-876.
- Martin, P., and Grosclaude, F. (1993). Improvement of milk protein quality by gene technology. *Livestock Prod. Sci.* 35, 95–115.
- Martin, P. (1993). Polymorphisms genetique des lactoproteines caprines. *Lait.*
- Martin P., Ollivier-Bousquet M. & Grousclaude F. (1999). Genetic polymorphism of caseins : a tool to investigate casein micelle organization. *Interational Dairy Journal.* 9 (3-6), 163–171.
- Moatsou, G., Samolada, M., Panagiotou, P., και Anifantakis, E. (2004). Casein fractions of bulk milks from different caprine breeds. *Food Chemistry.* 87(1), 75-81.
- Moatsou, G., Vamvakaki, A-N., Mollé, D., Anifantakis, E. και Léonil, J. (2006). Protein composition and polymorphism in the milk of Skopelos goats. *Le Lait.* 86(5), 345-357.
- Moatsou, G., Moschopoulou, E., Mollé, D., Gagnaire, V., Kandarakis, I., και Léonil, J. (2007). Comparative study of the protein fraction of goat milk from international breeds. *Food Chemistry.* 106, 509-520.

- Moatsou, G., Moschopoulou, E., Mollé, D., Gagnaire, V., Kandarakis, I., και Léonil, J. (2008). Comparative study of the protein fraction of goat milk from the Indigenous Greek breed and from international breeds. *Food Chemistry*. 106(2), 509-520.
- Moioli, B., D'Andrea, M. & Pilla, F. (2007). Candidate genes affecting sheep and goat milk quality. *Small Ruminant Research*. 68, 179-192.
- Morand-Fehr, P., Bas, P., Blanchart, G., Paccord, R., Giger-Reverdin, S., Gihad, E. A., Hadjipanagiotou, M., Mowlem, A., Remeuf, F. & Sauvant, P. (1991). Influence of feeding on goat milk composition and technological characteristics. In: *Goat Nutrition* (ed. P. Morand-Fehr), pp. 209-224. Pudoc Wageningen, The Netherlands.
- Morand-Fehr P., Sanz Sampelayo M. R., Fedele Y. V., Le Frileux Y, Eknaes M. Schmidely Ph., Giger-Reverdin S., Bas P., Rubino R., Havrevall Ø. & Sauvant D. (2000). Effect of feeding on the quality of goat milk and cheese. In Proceedings of 7a International Conference on Goat. Tours, France, Vol. 1, pp. 53–65.
- Morgan, F., Massouras, T., Barbosa, M., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fiskatoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G., και Raynal-Ljutovac, F. (2003). Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research*. 47(1), 39-49.
- Martinez-Férez, A., Rudloff, S., Guadix, A., Henkel, G.A., Pohlentz, G., Boza, J.J., Guadix, E.M. & Kunz, C. (2006). Goat's milk is a natural source of lactose-derived oligosaccharides: isolation by membrane technology. *International Dairy Journal*. 16, 173-181.
- Neveu, C., Mollé, D., Moreno, J., Martin, P., Léonil, J. (2002). Heterogeneity of caprine beta-casein elucidated by RP-HPLC/MS: Genetic variants and phosphorylations. *Journal of Protein Chemistry*. 21(8), 557-567.

- Noimark, L. & Cox, H.E. (2008). Nutritional problems related to food allergy in childhood. *Pediatric Allergy and Immunology*. 19, 1988-1995.
- O'Connor, D.L. (1992). Folate in goat milk products with reference to other vitamins and minerals. In: *Proceedings of the First Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April 2012* (eds R. Abdullah et al.), pp. 604-609.
- Ogawa, J., Sasahara, A., Yoshida, T., Sira, M.M., Futatani, T., Kanerane, H. & Miyawaki, T. (2004). Role of transforming growth factor- β in breast milk for initiation of IgA production in newborn infants. *Early Human Development*. 77, 67-75.
- Pagano, R. I., Di Trana, A., Valenti, B., De Angelis, A., Avondo, M., Di Gregorio, P., and Pennisi, P. (2010b). Interaction diet energy level x genotype at alpha S1 casein locus in lactating goats fed ad libitum: Effects on metabolic and endocrinal response. Pages 323–324 in *Energy and Protein Metabolism*. EAAP publication No. 127. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Palmquist, D.L. (1984). Use of fats in diets for lactating dairy cows. In: J. Wiseman (Editor), *Fats in Animal Nutrition*. Butterworths, Boston, MA, pp., 357-381.
- Pandya, A.J. & Ghodke, K.M. (2007). Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*. 68, 193-206.
- Park, Y.W. (1991). Relative buffering capacity of goat milk, cow milk, soy-based infant formulas, and commercial non prescription antacid drugs. *Journal of Dairy Science*. 74, 3326-3333.
- Park, Y.W. (1994). Hypo-allergic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research*. 14, 151-159.
- Park, Y.W. (2006). Goat milk. Chemistry and nutrition. In: *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals* (eds Y.W. Park & G.F.W. Haenlein), pp. 34-58. Blackwell Publishing Professional, Ames, IA.

- Park, Y.W. (2009). Bioactive components in goat milk. In: *Bioactive Components in Milk and Dairy Products* (ed. Y.W. Park), pp. 43-48. Wiley-Blackwell, Ames, IA.
- Park, Y.W. & Haenlein, G.F.W. (2006). Therapeutic and hypo-allergic values of goat milk and implication of food allergy. In: *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals* (eds Y.W. Park & G.F.W. Haenlein), pp. 121-136. Blackwell Publishing Professional, Ames, IA.
- Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M. & Haenlein G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. **68**, 88-113.
- Park, Y.W. & Haenlein, G.F.W. (2007). Goat milk, its products and nutrition. In: *Handbook of Food Products Manufacturing* (ed. Y.H. Hui), pp. 449-488. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- Penttila, I.A., Flesch, I.E.A., McCue, A.L., Powel, B.C., Zhou, F.H., Read, L.C. and Zola, H. (2003). Maternal milk regulation of cell infiltration and interleukin 18 in the intestine of suckling pups. *Gut*. **52**, 1579-1586.
- Pierre, A., Le Quéré, J.-L., Riaublanc, A., Le Graët, Y., Demaizères, D., and Michel, F. (1998). Composition and physico-chemical characteristics of goat milks containing the A or O α _{S1} casein variants. *Le Lait*. **78**(2), 191-202.
- Pirisi, A., Colin, O., Laurent, F., Scher, J., Parmentier, M. (1994). Comparison of milk composition, cheesemaking properties and textural characteristics of the cheese from two groups of goats with a high or low rate of α _{S1}-casein synthesis. *International Dairy Journal*. **4**, 329-345.
- Polidori F., Baldi A., Cheli F., Pulina G. (1991). Alimentazione e qualità del latte caprino. III Simp. Int. Zootec. Qualità del Latte Ovino-Caprino, Varese, Italy. pp. 105-134.

- Prosser, C. (2005). β -Casein variants in goat milk. Summary paper prepared for Dairy Goat Co-operative (N.Z.) Ltd by AgResearch Ruakura Research Center, Hamilton, New Zealand.
- Prosser, C.G., Stelwagen, K., Cummins, R., Guerin, P., Gill, N. & Milne, C. (2004). Reduction in heat-induced gastrointestinal hyperpermeability in rats by bovine colostrum and goat milk powders. *Journal of Applied Physiology*. 96, 650-654.
- Prosser, C.G., McLaren, R.D., Frost, D., Agnew, M. & Lowry, D.J. (2008). Composition on non-protein nitrogen fraction of goat whole milk powder and goat milk-based infant and follow-on formulae. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 59, 123-133.
- Pulina, G.,(2004). Dairy Sheep Nutrition. *CABI Publishing*.
- Pulina, G., Nudda A., Battacone G., Cannas A. (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed and Technology*. 131, 255-291.
- Pulina G., Nudda A., Battacone G., Fancellu S. & Francesconi A.H.D. (2008). Nutrition and quality of goats' milk. In *Dairy Goats Feeding and Nutrition*, pp. 1–30 (Eds A. Cannas & G. Pulina). Wallingford, Oxon, UK: CAB International.
- Purroy, A., Jaime, C. (1995). The response of lactating and dry ewes to energy intake and protein source in the diet. *Small Rumin. Res.* 17, 17–24.
- Quirós, A., Hernández-Ledesmaa, B., Ramosa, M., Amigoa, L. & Recio, I. (2005). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of peptides derived from caprine kefir. *Journal of Dairy Science*. 88, 3480-3487.
- Racine, N.M., Watras, A.C., Carrel, A.L., Allen, D.B., McVean, J.J., Clark, R.R., O'Brien, A.R., O'Shea, M., Scott, C.E. & Schoeller, D.A. (2010). Effect of conjugated linoleic acid on body fat accretion in overweight or obese children. *American Journal of Clinical Nutrition*. 91, 1157-1164.

- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffou, G., Paccard, P., Guillet, I. & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Ruminant Research*. 79, 57-72.
- Redmond, H.P., Stapleton, P.P., Neary, P. & Bouchier-Hayes, D. (1998). Immunonutrition: the role of taurine. *Nutrition*. 14, 599-604.
- Reid, R.L., Jung, G.A., Cox-Ganser, J.M., Rybeck, B.F., Townsend, E.C. (1990). Comparative utilization of warm- and cool- season forages by cattle, sheep and goats. *J. Anim. Sci.* 68, 2986-2994.
- Reinert, P. & Fabre, A. (1997). Utilisation du lait de chevre chez l'enfant. Experience de Creteil. In: *Proceedings Colloque Interets Nutritionnel et Dietetique du Lait de Chevre*, Vol. 81, pp. 119-121. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Remeuf, F., Ricordeau, G., Brignon, G., και Grosclaude, F., (2001). Influence de la teneur en caséine β sur les caractéristiques physico-chimiques et l'aptitude à la coagulation enzymatique du lait de chèvre. *Le Lait*. 81(6), 731-742.
- Robinson, P. H., Tamminga, S. & Van Vuuren, A. M. (1987). Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 17, 37-62.
- Sabbah, A., Hassoun, S. & Drouet, M. (1997). L' allergie au lait de vache et sa substitution par le lait de chevre. In: *Proceedings Colloque Interets Nutritionnel et Dietetique du Lait de Chevre*, Vol. 81, pp. 111-118. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.

- Santini, F.J., Lu, C.D., Potchoiba, M.J., Fernandez, J.M., Coleman, S.W. (1992). Dietary fibre and milk yield, mastication, digestion and rate of passage in high Alpine goats fed alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 75, 209–219.
- Sanz Sampelayo M.R., Perez M.L., Gil Extremera F., Boza J.J., and Boza J. (1999). Use of different protein sources for lactating goats: milk production and composition as functions of protein degradability and amino acid composition. *Journal of Dairy Science.* 82, 555-565.
- Schaller, J.P., Buck, R.H. & Rueda, R. (2007). Ribonucleotides : conditionally essential nutrients shown to enhance immune function and reduce diarrheal disease in infants. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine.* 12, 35-44.
- Schmidely, P., Lloret-Pujol, M., Bas, P., Rouzeau A., Sauvant, D. (1999a). Influence of feed intake and source of dietary carbohydrate on the metabolic response to propionate and glucose challenges in lactating goats. *J. Dairy Sci.* 82, 738-746.
- Schmidely Ph, Meschy F., Tessier J. & Sauvant D. (2002). Lactation response and nitrogen, calcium, and phosphorus utilization of dairy goats differing by the genotype for *as1*-casein in milk, and fed diets varying in crude protein concentration. *Journal of Dairy Science.* 85 2299–2307.
- Senocq D., Mollé D., Pochet S., Léonil J., Dupont D. And Levieux D. (2002). A new bovine β -casein variant characterized by a Met₉₃→ Leu₉₃ substitution in the sequence A2. *Le Lait.* 82, 171-180.
- Simos, E., Voutsinas, L. P., και Pappas, C. P. (1991). Composition of milk of native Greek goats in the region of Metsovo. *Small Ruminant Research.* 4(1), 47-60.
- Slačanac, V., Bozanic, R., Hardi, J., Szabo, J.R., Lucan, M. & Krstanovic, V. (2010). Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *Journal of Dairy Technology.* 63, 171-189.
- Smit, G. (2003). Dairy Processing - Improving quality. Εκδόσεις: Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC.

- Soothil, J.H. (1987). Slow food allergic disease. In: *Food Allergy* (ed. R.K. Chandra), pp. 305-310. Nutrition Research Education Foundation, St John's, Newfoundland, Canada.
- Stelwagen, K. (2002). Milk Protein. Elsevier Science. AgResearch, Hamilton, New Zealand. 1836.
- Stensig, T., Weisbjerg, M.R. and Hvelplund, T. (1994). Estimation of Ruminant Digestibility of NDF from in Sacco Degradation and Rumen Fractional Outflow Rate. *Animal Sci.* 44, 96-109.
- Storry, J.E., Grandison, A.S., Millard, D. Owen, A.J. and Ford, G.D. (1983). Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from different breeds and species of ruminants. *Journal of Dairy Research.* 50(2), 215-229.
- Susin, I., Loerch, S.C., McClure, K.E. (1995). Effects of feeding a high-grain diet at a restricted intake on lactation performance and rebreeding of ewes. *J. Anim. Sci.* 73, 3199–3205.
- Swaisgood H. E. (1992). Chemistry of caseins. In: *Advanced Dairy Chemistry-I: Proteins*. Edited by P.F. Fox. Elsevier Science Publishers LTD, Essex, England. Pp 63-110.
- Telliez, F., Bach, V., Leke, A., Chardon, K., & Libert, J.P. (2002). Feeding behavior in neonates whose diet contained medium- chain triacylglycerols: short-term effects on thermoregulation and sleep. *American Journal of Clinical Nutrition.* 76, 1091-1095.
- Tsiplakou, E., & Zervas, G. (2008a). Comparative study between sheep and goats rumenic acid and vaccenic acid in milk fat under the same dietary treatments. *Livestock Science.* 119, 87-94.

- Tsiplakou, E., & Zervas, G. (2008a). The effects of dietary inclusion of olive tree leaves and grape mark 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.
- Tsiplakou, E., Chadio, S., Papadomichelakis, G., Zervas, G. (2012). The effect of long term under- and over- feeding on milk and plasma fatty acids profile and on insulin and leptin concentrations of goats. *International Dairy Journal*. 24, 87-92.
- Visser S., Slangen C. J., Lagerwerf F. M., Van Dongen W. D., Haverkamp J. (1995). Identification of a new genetic variant using reversed-phase high-performance liquid chromatography and mass spectrometric analysis. *Journal of Chromatography A*. 711, 141, 150.
- Vreeman H. J., Both P., Brinkhauis J. A. and van der Spek C. A. (1977). *Biochemica et Biophysica Acta*. 491, 93.
- Walsh, C. D., Guinee, T. P., Reville, W. D., Harrington, D., Murphy, J. J., O'Kelly, B. T., & FitzGerald, R. J. (1998). Influence of k-casein genetic variant on rennet gel microstructure, Cheddar cheesemaking properties and casein micelle size. *International Dairy Journal*. 8, 707-714.
- Walker, V.B. (1965). Therapeutic uses of goat's milk in modern medicine. In: British Goat Society's Yearbook, pp. 24-26. British Goat Society, Hexham, UK.
- Walstra, P., GEURTS T.J., NOOMEN A., JELLEMA A. & VAN BOECKEL M.A.J.S. (1999). Dairy Technology – Principles of Milk Properties and Processes. Εκδόσεις: Marcel Dekker Inc.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*, 2nd edn., (pp 588-596) Boca Raton, FL: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Wang, B., Brand-Miller, J., McVeagh, P. & Peter Petocz, P. (2001). Concentration and distribution of sialic acid in human milk and infant formulas. *American Journal of Clinical Nutrition*. 74, 510-515.

- Weimer, P.J. (1998). Manipulating ruminal fermentation : a microbial perspective. *J. Anim. Sci.* 76, 3114-3122.
- Wong, C.G., Bottiglieri, T. & Snead O.C. (2003). GABA, γ -hydroxybutyric acid and neurological disease. *Annals of Neurology.* 54, 3-12.
- Wu Z., Huber J.T. (1994). Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. *Livestock Production Science.* 39, 141-155.
- Yousef I.M., Huber J.T., Emery R.S. (1969). Milk protein synthesis as affected by High-Grain Low-Fiber Rations. *Journal of Dairy Science.* pp. 734-739.
- Zervas, G., & Tsiplakou, E. (2011). The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research.* 101, 140-149.
- Zevaco C. and Ribadeau-Dumas B. (1984). *Milchwissenschaft.* 39, 206.
- Zullo, A., Barone, C. M. A., Chianese, L., Colatruglio, P., Occidente, M., & Matassino, D. (2005). Protein polymorphisms and coagulation properties of Cilentana goat milk. *Small Ruminant Research.* 58(3), 223–230.