



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ «OREGANO»

Η Χρήση Αρωματικών Φυτών, στη Διατροφή Αιγών Βιολογικής Εκτροφής και η επίδρασή τους στην Παραγωγή, την Ποιότητα Γάλακτος και των Προϊόντων αυτού

Ενότητα Εργασίας 1 «Πειραματική εκτροφή αιγών»

2^η Ετήσια Αναφορά Αποτελεσμάτων

Επιστημονικά Υπεύθυνος: Ιωάννης Κ. Μητσόπουλος, Καθηγητής,
ΔΙΠΑΕ

Θεσσαλονίκη, 2025





ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ OREGANO

«Η Χρήση Αρωματικών Φυτών, στη Διατροφή Αιγών Βιολογικής Εκτροφής και η επίδρασή τους στην Παραγωγή, την Ποιότητα Γάλακτος και των Προϊόντων αυτού»

Ενότητα Εργασίας 1: Πειραματική εκτροφή αιγών

Ερευνητική Ομάδα Τμήμα Γεωπονίας ΔΠΙΑΕ, Τμήμα Κτηνιατρικής ΑΠΘ & Ινστιτούτο Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Μαρία Κακογλέπη

- Ιωάννης Μητσόπουλος, Καθηγητής , Επιστημονικά Υπεύθυνος
- Βασίλειος Μπαμπίδης Καθηγητής, ΔΠΙΑΕ
- Αγγελόπουλος Σταμάτης, Καθηγητής, ΔΠΙΑΕ
- Σταυρούλα Κυρίτση, Επικ. Καθηγήτρια, ΔΠΙΑΕ
- Δημήτριος Κυρτσούδης, Υποψ. Διδάκτορας, ΔΠΙΑΕ
- Ηλίας Γιάννενας , Αν. Κτηνιατρικής, ΑΠΘ
- Στέλλα Δόκου, Υποψ. Διδάκτορας, ΑΠΘ
- Δρ. Βασιλική Κοτσάμπαση, Ερευνήτρια, ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
- Δρ. Δημήτριος Γουρδουβέλης, Γεωπόνος Ζωοτέχνης, ΥΑΑ&Τ
- Κωνσταντίνα Κ. Κοκκινομάτη, Ζωοτέχνης
- Νικολέτα Φαντερσμινσεν Γεωπόνος
- Μαρία Κακογλέπη Κτηνοτρόφος



Περιεχόμενα

1. Πρόλογος.....	2
2. Στόχοι του Έργου.....	5
3. Περιγραφή των δράσεων-παραδοτέα Ενότητας Εργασίας 1.....	5
4.. Πειραματική εκτροφή αιγών.....	6
4.1. Εισαγωγή.....	5
4.2. Υλικά και Μέθοδοι.....	5
4.3. Αποτελέσματα και συζήτηση	9
4.4. Συμπεράσματα.....	15
4.5. Γενικό Συμπέρασμα και Προοπτική.....	16
6. Βιβλιογραφία.....	17

1. Πρόλογος

Η εκτεταμένη και συστηματική χρήση αντιβιοτικών στη βιομηχανική κτηνοτροφία αποτελεί διαχρονικό ζήτημα, καθώς συνδέεται όχι μόνο με την προληπτική χορήγησή τους για τη θεραπεία ασθενειών, αλλά και για την επιτάχυνση της ανάπτυξης των ζώων ή ως αντιστάθμισμα ανεπαρκών συνθηκών υγιεινής. Τα τελευταία χρόνια, οι πιέσεις για περιορισμό της χρήσης κτηνιατρικών φαρμάκων έχουν ενταθεί, με οδηγία να χορηγούνται αποκλειστικά σε μεμονωμένες περιπτώσεις, ύστερα από τεκμηριωμένη διάγνωση κτηνιάτρου, και όχι προληπτικά.

Στη βιολογική κτηνοτροφία αυτή η αρχή εφαρμόζεται ήδη, καθώς δίνεται έμφαση στην πρόληψη μέσω φυσικών μεθόδων χωρίς τη χρήση φαρμάκων. Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν ερευνητικό έργο μελετά τη χρήση αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης ως φυσικού συμπληρώματος στη διατροφή αιγών βιολογικής εκτροφής. Το αιθέριο έλαιο ρίγανης, πλούσιο σε βιοδραστικές ενώσεις, διαθέτει αποδεδειγμένες αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιμικροβιακές ιδιότητες, ενώ παράλληλα ενισχύει την πεπτική λειτουργία. Η ενσωμάτωσή του στη διατροφή στοχεύει στη φυσική ενίσχυση της υγείας των ζώων, συμβάλλοντας στην πρόληψη της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, στη μείωση της οξείδωσης των ιστών και τελικά στη βελτίωση τόσο της παραγωγικότητας όσο και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Η πρακτική αυτή αναμένεται να στηρίζει τη βιωσιμότητα των βιολογικών εκτροφών, να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων μέσω της ποιοτικής και γευστικής τους αναβάθμισης και να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για τους παραγωγούς αρωματικών φυτών, ανοίγοντας τον δρόμο για νέες αγορές.

Κατά την πειραματική διαδικασία ακολουθήθηκε προκαθορισμένο πρωτόκολλο. Διενεργήθηκαν συστηματικές γαλακτομετρήσεις, συλλέχθηκαν δείγματα γάλακτος για χημικές αναλύσεις, ενώ αξιολογήθηκαν παράλληλα η γαλακτοπαραγωγή, η συμπεριφορά και η γενική υγεία των ζώων. Στην 28^η και την 56^η ημέρα του πειράματος συλλέχθηκε επαρκής ποσότητα γάλακτος, η οποία αξιοποιήθηκε για την παρασκευή καινοτόμων γαλακτοκομικών προϊόντων στο Εργαστήριο Γαλακτοκομίας του Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων του ΔΠΑΕ. Συγκεκριμένα παρασκευάστηκαν: παστεριωμένο γάλα, κεφίρ, λευκό τυρί άλμης, μυζήθρα και χαλούμι. Για το γάλα και τα προϊόντα αυτά

μετρήθηκαν βασικοί ποιοτικοί και τεχνολογικοί δείκτες, όπως η ξηρά ουσία, η περιεκτικότητα σε λίπος, η οξύτητα και το pH.

Επιπλέον, την 14^η, 28^η και 42^η ημέρα του πειράματος, συλλέχθηκαν από τις πειραματικές ομάδες των αιγών δείγματα στομαχικού περιεχομένου, τα οποία αναλύθηκαν με τη χρήση μοριακών-γενετικών μεθόδων στο Εργαστήριο Γενετικής του Τμήματος Γεωπονίας του ΔΙΠΑΕ. Στόχος της ανάλυσης ήταν η αναγνώριση και η μελέτη των πληθυσμών μεθανογόνων (αρχαίων), καθώς και η διερεύνηση της συσχέτισής τους με τη διατροφική παρέμβαση και τα επίπεδα γαλακτοπαραγωγής των ζώων. Διερευνήθηκε κατά πόσο η προσθήκη αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης στο σιτηρέσιο των ζώων μπορεί να επηρεάσει τη μεθανογένεση, μέσω τροποποιήσεων στη μικροβιακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας. Η πιθανή αυτή επίδραση έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της γαλακτοπαραγωγής, όσο και για τη μείωση των εκπομπών μεθανίου στο περιβάλλον.

2. Στόχοι του Έργου

- *Βελτίωση της μετατρεψιμότητας των ζωοτροφών, με πιθανή αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας του γάλακτος.*
- *Ανάπτυξη βέλτιστης τεχνικής αξιοποίησης αρωματικών φυτών ως πρόσθετων στις ζωοτροφές και διάχυση της τεχνογνωσίας σε κτηνοτρόφους και επιστημονική κοινότητα.*
- *Παραγωγή καινοτόμων προϊόντων προς όφελος των κτηνοτρόφων και της εθνικής οικονομίας.*
- *Δημιουργία νέας αγοράς για τα ελληνικά αρωματικά φυτά ως πρόσθετα ζωοτροφών.*
- *Μείωση ασθενειών και θνησιμότητας στις βιολογικές εκτροφές.*
- *Βελτίωση του εισοδήματος των παραγωγών.*
- *Αξιολόγηση της επίδρασης του αιθέριου ελαίου ρίγανης στη μείωση των εκπομπών μεθανίου, προάγοντας βιώσιμες πρακτικές ζωικής παραγωγής.*
- *Βελτίωση της ποιότητας των υπό εξέταση ειδών στην ελληνική αγορά.*
- *Διάχυση και διάδοση της παραγόμενης γνώσης προς όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.*

3. Περιγραφή των δράσεων-παραδοτέα Ενότητας (Εργασία 2)

Ο βασικός στόχος της Ενότητας Εργασίας 2, ήταν η διερεύνηση της ενσωμάτωσης αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης στη διατροφή αιγών βιολογικής εκτροφής και η αξιολόγηση των θετικών επιδράσεων του στην υγεία των ζώων, καθώς και στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος κατά την έναρξη της γαλατικής περιόδου. Παράλληλα, εξετάστηκε η επίδραση της συγκεκριμένης διατροφικής προσθήκης στις εκπομπές μεθανίου, δεδομένου ότι τα βιοδραστικά συστατικά της ρίγανης διαθέτουν αντιμικροβιακές ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να τροποποιήσουν τη μικροβιακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να περιοριστεί η δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών, οδηγώντας σε μείωση της μεθανογένεσης, γεγονός που συμβάλλει τόσο στη βιωσιμότητα της εκτροφής όσο και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκαν συναντήσεις με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, με σκοπό την καλύτερη οργάνωση και τον προγραμματισμό των δράσεων. Παράλληλα, έγινε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετική με το αντικείμενο.

Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης των δεδομένων συντάχθηκε το παραδοτέο της Ενότητας Εργασίας 2 του έργου «OREGANO».

Η εργασία «*Influence of Oregano Essential Oil on the Rumen Microbiome of Organically Reared Alpine Goats: Implications for Methanobacteria Abundance*», δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Animals* του εκδοτικού οίκου MDPI ως πλήρης εργασία στον τόμο *Animals* 2025, 15(13), 1937; <https://doi.org/10.3390/ani15131937>, στη συλλογή *Feeding Strategies to Improve Sustainability and Welfare in Animal Production*.

4. Πειραματική εκτροφή αιγών.

4.1. Εισαγωγή

Η παραγωγή αίγιου γάλακτος συνιστά μία από τις πλέον σημαντικές κτηνοτροφικές δραστηριότητες τόσο στην Ελλάδα όσο και σε ολόκληρη τη λεκάνη της Μεσογείου, αποτελώντας βασικό πυλώνα της τοπικής αγροδιατροφικής οικονομίας. Στη χώρα μας, το αίγιο γάλα αξιοποιείται κατά κύριο λόγο για την παραγωγή τυριών

Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ), τα οποία συγκροτούν αναπόσπαστο στοιχείο της εθνικής αγροδιατροφικής ταυτότητας. Σε διεθνές επίπεδο, η συνολική παραγωγή αίγιου γάλακτος ανήλθε σε 22,37 εκατομμύρια τόνους το 2022, καταγράφοντας αύξηση της τάξεως του 20% σε σχέση με το 2012 (OECD-FAO, 2022). Αντιθέτως, στην Ελλάδα καταγράφηκε σημαντική πτώση της εγχώριας παραγωγής, η οποία περιορίστηκε στους 0,35 εκατομμύρια τόνους το ίδιο έτος, σημειώνοντας μείωση 24% σε σχέση με μία δεκαετία πριν (FAOSTAT, 2024). Παρόμοια μείωση παρατηρήθηκε και στην παραγωγή φέτας, η οποία διαμορφώθηκε περίπου στους 144.000 τόνους το 2022. Η πτωτική αυτή τάση συνδέεται άμεσα με τη δραστική μείωση του αριθμού των εκτρεφόμενων αιγοπροβάτων στη χώρα, ο οποίος υποχώρησε κατά περίπου 40% την τελευταία δεκαετία. Η συρρίκνωση αυτή είχε ως αποτέλεσμα την εγκατάλειψη του παραδοσιακού ποιμενικού συστήματος εκτροφής και τη σταδιακή υιοθέτηση πιο εντατικών συστημάτων, τα οποία χαρακτηρίζονται από γενετική βελτίωση μέσω εισαγωγής φυλών υψηλής γαλακτοπαραγωγής, χρήση μηχανικής άμελξης και αξιοποίηση τεχνολογιών αιχμής με στόχο την ενίσχυση της παραγωγικότητας.

Στο πλαίσιο των σύγχρονων εξελίξεων, το παρόν ερευνητικό έργο επικεντρώνεται στη διερεύνηση της δυνατότητας ενίσχυσης της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας ενός εντατικού συστήματος βιολογικής εκτροφής αιγών, μέσω της διατροφικής ενσωμάτωσης αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης (*Origanum vulgare* L.). Το αιθέριο έλαιο ρίγανης αποτελεί πολύπλοκο μείγμα πτητικών δευτερογενών μεταβολιτών, με κύρια συστατικά την **καρβακρόλη**, τη **θυμόλη**, το **γ-τερπινένιο**, το **π-κιμένιο** και τη **λιναλοόλη**, ενώ έχει αναγνωριστεί για τις βιοδραστικές του ιδιότητες, όπως αντιμικροβιακή, αντιμυκητιασική, αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση (Stefanaki, 2016). Οι ιδιότητες αυτές αποδίδονται κυρίως στην υψηλή συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων, με κυριότερη **την καρβακρόλη**. Παράλληλα, η ανάγκη για μείωση του αριθμού σωματικών κυττάρων στο γάλα —προϋπόθεση για την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας— σε συνδυασμό με την απαγόρευση χρήσης αντιβιοτικών και τους αυστηρούς ελέγχους για την παρουσία καταλοίπων τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει καταστήσει επιτακτική την αναζήτηση εναλλακτικών στρατηγικών διαχείρισης. Μεταξύ των πιο ελπιδοφόρων προσεγγίσεων συγκαταλέγεται η χρήση εκχυλισμάτων αιθέριων ελαίων αρωματικών φυτών, τα οποία παρουσιάζουν φυσικές βιοδραστικές ιδιότητες (Giannenas et al., 2011; Ozcinar & Bayram, 2021).

Πλήθος μελετών έχουν τεκμηριώσει ότι η χορήγηση αιθέριων ελαίων δύναται να επηρεάσει θετικά τη μικροβιακή οικολογία της μεγάλης κοιλίας, αναστέλλοντας την ανάπτυξη τόσο Gram-θετικών όσο και Gram-αρνητικών βακτηρίων, περιορίζοντας τη μεθανογένεση και την απαμίνωση και οδηγώντας σε αυξημένη παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων, όπως το προπιονικό και το βουτυρικό (Calsamiglia et al., 2007). Επιπλέον, έχει καταδειχθεί ότι η συμπληρωματική χορήγηση αιθέριου ελαίου ρίγανης βελτιώνει τη μετατρεψιμότητα των ζωοτροφών μέσω ενίσχυσης των ευεργετικών εντερικών μικροοργανισμών, ενώ παράλληλα αναστέλλει παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Preuss et al., 2005) και *Pseudomonas aeruginosa* (Dutra et al., 2019). Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της χορήγησης εξαρτάται από τη δοσολογία, καθώς χαμηλές συγκεντρώσεις φαίνεται να έχουν θετική επίδραση στη μικροχλωρίδα της μεγάλης κοιλίας, ενώ υψηλότερες δόσεις ενδέχεται να επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις (Zhou et al., 2019).

Συνεπώς, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης της διατροφικής προσθήκης αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης σε εντατικό σύστημα βιολογικής εκτροφής αιγών, με ιδιαίτερη έμφαση στη γαλακτοπαραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος μετά τον απογαλακτισμό των εριφίων, δηλαδή κατά την έναρξη της γαλακτικής περιόδου, όπου παρατηρείται και η υψηλότερη παραγωγή γάλακτος. Επιπλέον, διερευνήθηκε η επίδραση της διατροφικής ενσωμάτωσης αιθέριου ελαίου ρίγανης στη μικροβιακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας, με στόχο την αξιολόγηση της ικανότητάς της να τροποποιεί τη σύνθεσή της. Η δράση αυτή δύναται να περιορίσει τη δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών, οδηγώντας σε μείωση της μεθανογένεσης· εξέλιξη που ενισχύει τόσο τη βιωσιμότητα της εκτροφής όσο και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χορήγηση αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης πραγματοποιήθηκε πειραματικά μέσω της συμπτκνωμένης ζωοτροφής, σε δόσεις 1 και 2 ml ανά ζώο ημερησίως, και διήρκεσε συνολικά 56 ημέρες.

4.2 Υλικά και μέθοδοι

Για τη διεξαγωγή του πειράματος επιλέχθηκε τυχαίο δείγμα είκοσι τεσσάρων (24) αρμεγόμενων αιγών φυλής Alpine από συνολικό κοπάδι 450 ζώων, που εκτρέφεται στο Δημοτικό Διαμέρισμα Πυλαίας, του Δήμου Αλεξανδρούπολης, της Περιφερειακής Ενότητας Έβρου. Τα κριτήρια επιλογής του δείγματος, αφορούσαν την ομοιογένεια

στην ηλικία, την περίοδο γαλακτοπαραγωγής, και το δείκτη θρεπτικής κατάστασης των αιγών. Έτσι, το μέσο σωματικό βάρος των επιλεγμένων αιγών ήταν $49 \pm 1,8$ kg.

Οι επιλεγέντες αίγες κατανεμήθηκαν τυχαία σε τρεις (3) πειραματικές ομάδες, αποτελούμενες από οκτώ (8) ζώα η καθεμία. Η ομάδα Α (μάρτυρας) τρεφόταν με το τυπικό σιτηρέσιο της εκτροφής που περιλάμβανε χονδροειδείς και συμπτκνωμένες βιολογικές ζωοτροφές. Στις ομάδες Β και Γ, στη συμπτκνωμένη ζωοτροφή προστίθετο βιολογικό αιθέριο έλαιο ρίγανης (*Origanum vulgare* L.), σε ποσότητες 1 ml και 2 ml ανά ζώο ημερησίως, αντίστοιχα. Η χορήγηση του σιτηρεσίου πραγματοποιούνταν δύο φορές την ημέρα, πρωί και βράδυ, αμέσως μετά την άμελξη. Η ημερήσια χορήγηση χονδροειδών ζωοτροφών ανερχόταν σε 2kg ανά ζώο και περιλάμβανε 1,2 kg σανό μηδικής, 0,3 kg άχυρο κριθής και 0,5 kg ενσίρωμα αραβοσίτου. Το ημερήσιο σιτηρέσιο συμπτκνωμένων ζωοτροφών ανερχόταν σε 1,5 kg ανά αίγα και αποτελούνταν από: 50% βιολογικό αραβόσιτο, 20% βιολογική σόγια, 13% πίτυρα βιολογικού σίτου, 6% βιολογικό κριθάρι, 6% βιολογικό τριτικάλε και 5% πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων. Η ενσωμάτωση του αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης (*Origanum vulgare* L.), στο σιτηρέσιο έγινε με τη χρήση γαλακτωματοποιητή εμπορικής ονομασίας Tween 80 (Polysorbate 80), κατάλληλου για τρόφιμα (food grade), σε ποσότητα 2 ml ανά ζώο ανά ημέρα. Ο γαλακτωματοποιητής προστέθηκε σε όλα τα σιτηρέσια, συμπεριλαμβανομένου και του σιτηρεσίου της ομάδας μάρτυρα, ώστε να εξασφαλιστεί η ομοιομορφία μεταξύ των ομάδων. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου, οι αίγες σταβλιζόταν σε ομαδικά κελιά των οκτώ (8) κεφαλών και είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε ατομικές ποτίστρες νερού με αυτόματη πλήρωση. Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε από την 20^η ημέρα της γαλακτικής περιόδου και διήρκεσε συνολικά 56 ημέρες, μετά από περίοδο προσαρμογής 10 ημερών, κατά την οποία γινόταν ατομική καταγραφή της ημερήσιας γαλακτοπαραγωγής των πειραματικών ομάδων για κάθε ζώο ξεχωριστά. Οι ημέρες μέτρησης της παραγωγής γάλακτος ορίστηκαν η ημέρα 1^η (έναρξη πειράματος), καθώς και οι ημέρες 14^η, 28^η, 42^η και 56^η. Όλες οι αίγες αρμέγονταν με αμελκτική μηχανή δύο φορές ημερησίως (στις 07:00 και στις 17:00) σε αμελκτήριο εξοπλισμένο με σύστημα αναγνώρισης κάθε ζώου μέσω στομαχικού βόλου. Από τα ατομικά δείγματα γάλακτος που συλλέχθηκαν, την 1^η, 14^η, 28^η, 42^η και 56^η ημέρα πειραματισμού, πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση για (%) προσδιορισμό: λίπους, πρωτεϊνών, λακτόζης, Στερεό Υπόλειμμα και Στερεού Υπολείμματος άνευ Λίπους (SNF). Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε

μικροβιολογικός έλεγχος της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) καθώς και προσδιορισμός του αριθμού σωματικών κυττάρων (SCC). Όλες οι αναλύσεις διενεργήθηκαν στο διαπιστευμένο εργαστήριο του ΕΛΓΟ-Δήμητρα (Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός Δήμητρα) στο Δημοτικό Διαμέρισμα Παραλίμνης της Περιφερειακής Ενότητας Πέλλας. Τα αποτελέσματα των χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων, καθώς και τα δεδομένα της γαλακτοπαραγωγής, καταγράφηκαν αρχικά σε φύλλα εργασίας MS Excel. Στη συνέχεια, έγινε στατιστική επεξεργασία για την ανίχνευση σημαντικών διαφορών στις μέσες τιμές μεταξύ των ομάδων, χρησιμοποιώντας ανάλυση διακύμανσης (One-Way ANOVA) στο στατιστικό πακέτο SPSS (έκδοση 24).

Παράλληλα, την 14^η, 28^η και 42^η ημέρα του πειράματος συλλέχθηκαν από τις πειραματικές ομάδες των αιγών δείγματα στομαχικού περιεχομένου. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μετά την ολοκλήρωση της πρωινής άμελης. Αποστειρωμένοι - μίας χρήσης, γαστροεισοφαγικοί καθετήρες, ουροσυλλέκτες, γάζες και σύριγγες (έμβολα) των 60ml χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη του στομαχικού περιεχομένου. Αρχικά προσδιορίστηκε το κατάλληλο μήκος καθετήρα, ώστε να επαρκεί για τη συλλογή υλικού από την μεγάλη κοιλία. Έπειτα από την εισαγωγή του καθετήρα πραγματοποιήθηκε λήψη γαστρικού υγρού με τη χρήση εμβόλου. Τα πρώτα 10ml του γαστρικού υγρού απορρίφθηκαν (σε δοχείο για βιολογικά υλικά) για την αποφυγή επιμόλυνσης των δειγμάτων με σίελο. Στη συνέχεια συλλέχθηκε επαρκής ποσότητα (60ml) γαστρικού υγρού, η οποία αρχικά στραγγίστηκε με τη χρήση αποστειρωμένης γάζας, για την κατακράτηση στερεών υπολειμμάτων, τοποθετήθηκε στους αποστειρωμένους περιέκτες. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν άμεσα σε βαθιά κατάψυξη (-80°C) στο Εργαστήριο Γενετικής του ΔΠΙΑΕ. Στη συνέχεια ακολούθησε η επεξεργασία με την ομογενοποίηση των δειγμάτων του γαστρικού υγρού (pool sampling), που συλλέχθηκαν τις παραπάνω ημέρες και ελήφθη ικανή ποσότητα υγρού για απομόνωση γενετικού υλικού και γονοτύπιση των βακτηριακών πληθυσμών της μεγάλης κοιλίας (**Φωτογραφία 1**). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μετά από τη γονοτύπιση των βακτηριακών πληθυσμών της μεγάλης κοιλίας, αρχικά αναλύθηκαν για ανάκτηση «διαβασμάτων» (reads) στη βάση δεδομένων GSR και στη συνέχεια αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS 24. Αποτελέσματα της μεταχείρισης αυτής δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Animals του εκδοτικού οίκου MDPI ως πλήρης εργασία στον τόμο Animals

2025, 15(13), 1937; <https://doi.org/10.3390/ani15131937>, στη συλλογή Feeding Strategies to Improve Sustainability and Welfare in Animal Production.

4.3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν σχετικά με τη γαλακτοπαραγωγή και τα συστατικά του γάλακτος θεωρήθηκαν ως οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο SPSS για στατιστική επεξεργασία. Τα αποτελέσματα των περιγραφικών στατιστικών αναλύονται στον (Πίνακα 1.), για κάθε ομάδα συγκεντρωτικά.

Η ανάλυση της μεταβλητής «γαλακτοπαραγωγή» έδειξε ότι οι ομάδες Β και Γ, που έλαβαν αιθέριο έλαιο βιολογικής ρίγανης μέσω της συμπυκνωμένης ζωοτροφής, παρουσίασαν αύξηση της μέσης γαλακτοπαραγωγής κατά 10% και 13% αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα. Επιπλέον, κατά την 62^η ημέρα της γαλακτοπαραγωγής (42^η ημέρα δειγματοληψίας), οι ομάδες Β και Γ εμφάνισαν αύξηση κατά 14% και 17% αντίστοιχα συγκριτικά με την ομάδα Α. Οι σχετικές διαφορές απεικονίζονται στο (Σχήμα 1).

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ σε όλες τις μεταβλητές μεταξύ των πειραματικών ομάδων.

Ελέγχθηκε επίσης εάν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές των μεταβλητών μεταξύ των ομάδων και των ημερών, και παρουσιάζονται στον (Πίνακα 2). Για καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων η τιμή $p (=,001)$ είναι χαμηλότερη από το επίπεδο α της τάξης του 0,05. Η μηδενική υπόθεση μπορεί να απορριφθεί και η εναλλακτική υπόθεση μπορεί να γίνει αποδεκτή. Τα αποτελέσματα στον (Πίνακα 2), δείχνουν ότι οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές για τις μεταβλητές: Γαλακτοπαραγωγή, Λίπος (%), Πρωτεΐνη (%) και Ολικά Στερεά (%). Συνεπώς, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ επέμβασης και χρόνου ήταν σημαντικές για τις περισσότερες από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν.

Συνολικά, η προσθήκη αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης (*Origanum vulgare* L.) στη συμπυκνωμένη ζωοτροφή οδήγησε σε αύξηση της μέσης γαλακτοπαραγωγής των ομάδων Β και Γ, καθώς και στο μέγιστο της φάσης γαλακτοπαραγωγής, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Α). Παράλληλα, παρατηρήθηκε βελτίωση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του γάλακτος, όπως η συγκέντρωση λακτόζης, χωρίς σημαντικές αλλαγές στις υπόλοιπες παραμέτρους της σύστασης. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η

προσθήκη αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης ενισχύει κυρίως την παραγωγικότητα των ζώων, ενώ πιθανόν επηρεάζει θετικά και τη μικροβιακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας, οδηγώντας σε περιορισμό της δραστηριότητας των μεθανογόνων μικροοργανισμών και, κατά συνέπεια, σε μείωση των εκπομπών μεθανίου. Έτσι, η παρέμβαση φαίνεται να βελτιώνει την αποδοτικότητα της εκτροφής χωρίς να θίγει την ποιότητα του γάλακτος, προάγοντας ταυτόχρονα πιο βιώσιμες πρακτικές παραγωγής.

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η διατροφή αιγών ή άλλων μικρών μηρυκαστικών με αιθέριο έλαιο ρίγανης μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα χωρίς να επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του γάλακτος (Kyrtsoudis, 2024; Caroprese et al., 2023; Paraskevakis et al., 2015; Giannenas et al. 2011). Όσον αφορά τη σύσταση του γάλακτος, η προσθήκη αιθέριου ελαίου ρίγανης δεν προκάλεσε σημαντικές αλλαγές, εκτός από μικρή επίδραση στη συγκέντρωση λακτόζης. Τα παρατηρούμενα αποτελέσματα συμφωνούν με άλλες μελέτες, οι οποίες αναφέρουν ότι τα αιθέρια έλαια μπορούν να τροποποιήσουν μετρίως τη χημική σύνθεση του γάλακτος, ανάλογα με τη δόση και τη διάρκεια χορήγησης (Wu et al., 2020; Zhou et al., 2020). Παρόμοια ευρήματα αναφέρονται στη μελέτη των Giannenas et al. (2011), όπου η χορήγηση μίγματος αιθέριων ελαίων σε πρόβατα γαλακτοπαραγωγής οδήγησε σε αύξηση της γαλακτοπαραγωγής, γεγονός που αποδόθηκε στη βελτιωμένη αξιοποίηση του σιτηρεσίου, χωρίς ωστόσο να παρατηρηθεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στη σύσταση του γάλακτος. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι το pH της μεγάλης κοιλίας δεν επηρεάστηκε από τη χορήγηση, ενώ οι συγκεντρώσεις οξικού παρουσίασαν τάση αύξησης, με παράλληλη μερική μετατροπή του σε προπιονικό. Οι Ozcinar και Bayram (2021), υποστηρίζουν ότι η συμπληρωματική προσθήκη αιθέριων ελαίων κατά την όψιμη φάση της γαλακτοπαραγωγής συμβάλλει όχι μόνο στη βελτίωση της ποιότητας και της απόδοσης του γάλακτος, αλλά και στην ενίσχυση της αντιμικροβιακής δραστηριότητας εντός της μεγάλης κοιλίας. Αντίστοιχα, οι Zhou et al. (2019) διερεύνησαν την επίδραση του αιθέριου ελαίου ρίγανης στο pH και στη μικροβιακή κοινότητα της μεγάλης κοιλίας σε πρόβατα, καταλήγοντας ότι η χορήγηση μπορεί να ασκήσει θετικές επιδράσεις στη μικροβιακή ισορροπία των μηρυκαστικών.

Στη μελέτη μας, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, ωστόσο η ομάδα Β παρουσίασε μείωση της διακύμανσης των σωματικών κυττάρων, υποδηλώνοντας πιθανή βελτίωση της υγιεινής του μαστού. Τα αποτελέσματα αυτά

συμφωνούν με προηγούμενες έρευνες, οι οποίες αναφέρουν ότι η προσθήκη αιθέριων ελαίων, όπως της ρίγανης, μπορεί να μειώσει το επίπεδο φλεγμονής στο μαστό και να περιορίσει τα SCC, χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η παραγωγικότητα του γάλακτος (Giannenas et al., 2011; Kolling et al., 2022; Caroprese et al., 2023).

Η ομάδα Β παρουσίασε σημαντική μείωση της ολικής μικροβιακής χλωρίδας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Α), υποδηλώνοντας την αντιμικροβιακή δράση του αιθέριου ελαίου ρίγανης και βελτίωση της μικροβιολογικής ποιότητας του γάλακτος. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί σε άλλες μελέτες όπου η χρήση αιθέριων ελαίων οδήγησε σε μείωση παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ διατηρήθηκαν οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί του γάλακτος (Calsamiglia et al., 2007; Zhou et al., 2020; Dutra et al., 2019). Η ομάδα Γ παρουσίασε επίσης μείωση της μικροβιακού φορτίου, αλλά λιγότερο έντονα, γεγονός που υποδηλώνει ότι η δόση του αιθέριου ελαίου μπορεί να επηρεάζει την ένταση της αντιμικροβιακής δράσης. Έτσι, η διατροφική ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης σε αίγες μπορεί να αυξήσει τη γαλακτοπαραγωγή, να βελτιώσει ή να διατηρήσει την ποιότητα του γάλακτος και να προάγει τη βιωσιμότητα της εκτροφής (Kyrtsooudis, 2024; Paraskevakis et al., 2015; Kolling et al., 2022).

Αποτελέσματα γονοτύπισης

Η ανάλυση γενικού γραμμικού μοντέλου πολλαπλών μεταβλητών (GLM - multivariate analysis) των δεδομένων της γονοτύπισης ανέδειξε σημαντικές διαφορές για τις ομάδες στις οποίες χορηγήθηκε το αιθέριο έλαιο βιολογικής ρίγανης. Αναλυτικότερα, βρέθηκε σημαντική επίδραση του χρόνου χορήγησης (ημέρα δειγματοληψίας), της ομάδας (διατροφική επέμβαση) και σημαντική αλληλεπίδραση της γαλακτοπαραγωγής με τους πληθυσμούς των μεθανογόνων βακτηρίων της μεγάλης κοιλίας (**Πίνακας 3**). Πιο συγκεκριμένα, κατά την 42^η ημέρα της χορήγησης αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης οι ομάδες Β και Γ παρουσίασαν πτώση κατά 26% και 30% αντίστοιχα στους πληθυσμούς των μεθανογόνων βακτηρίων της μεγάλης κοιλίας. Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της γαλακτοπαραγωγής με τους πληθυσμούς των μεθανογόνων βακτηρίων της μεγάλης κοιλίας (**Σχήμα 1**).

Πίνακας 1. Περιγραφική στατιστική απεικόνιση των μετρήσεων της πειραματικής διαδικασίας (σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%).

Μεταβλητές		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα	Ελάχιστο	Μέγιστο
Γαλακτοπαραγωγή (kgr)	Ομάδα Α	1.345.34	421.154	74.450	506.00	1.979.00
	Ομάδα Β	1.490.21	446.693	78.965	692.00	2.519.00
	Ομάδα Γ	1.524.93	475.070	83.981	771.00	2.604.00
	Σύνολο	1.420.16	450.025	45.930	506.00	2.604.00
Λιποπεριεκτικότητα (%)	Ομάδα Α	4.96	.768	.136	3.11	6.37
	Ομάδα Β	4.97	1.003	.177	3.64	7.25
	Ομάδα Γ	5.01	.846	.149	3.32	7.64
	Σύνολο	4.98	.869	.089	3.11	7.64
Πρωτεΐνες (%)	Ομάδα Α	3.96	.467	.083	2.84	4.92
	Ομάδα Β	4.01	.638	.113	3.06	5.19
	Ομάδα Γ	4.20	.429	.076	3.44	5.18
	Σύνολο	4.06	.525	.054	2.84	5.19
Λακτόζη (%)	Ομάδα Α	4.56	.279	.049	3.50	4.90
	Ομάδα Β	4.37	.130	.023	4.08	4.59
	Ομάδα Γ	4.46	.287	.051	3.45	4.83
	Σύνολο	4.46	.253	.026	3.45	4.90
Στερεό υπόλειμμα (%)	Ομάδα Α	14.32	1.155	.204	11.66	17.14
	Ομάδα Β	14.28	.996	.176	12.39	16.29
	Ομάδα Γ	14.19	1.490	.264	11.89	17.23
	Σύνολο	14.26	1.220	.124	11.66	17.23
Σωματικά κύτταρα *1000/ml	Ομάδα Α	2.262.75	5.041.519	891.223	46.00	20109.00
	Ομάδα Β	2.411.84	2.803.318	495.561	57.00	11333.00
	Ομάδα Γ	2.337.44	4.885.125	863.576	111.00	28045.00
	Σύνολο	2.337.34	4.318.496	440.754	46.00	28045.00
Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (CFU ×10³/mL)	Ομάδα Α	354.78	1.066.945	188.611	8.00	4506.00
	Ομάδα Β	108.69	284.904	50.364	8.00	1538.00
	Ομάδα Γ	215.53	810.990	143.364	8.00	4611.00
	Σύνολο	226.33	789.199	80.547	8.00	4611.00

Πίνακας 2: Πολλαπλή Σύγκριση μεταβλητών ανάμεσα στις ομάδες (σε συνδυασμό).

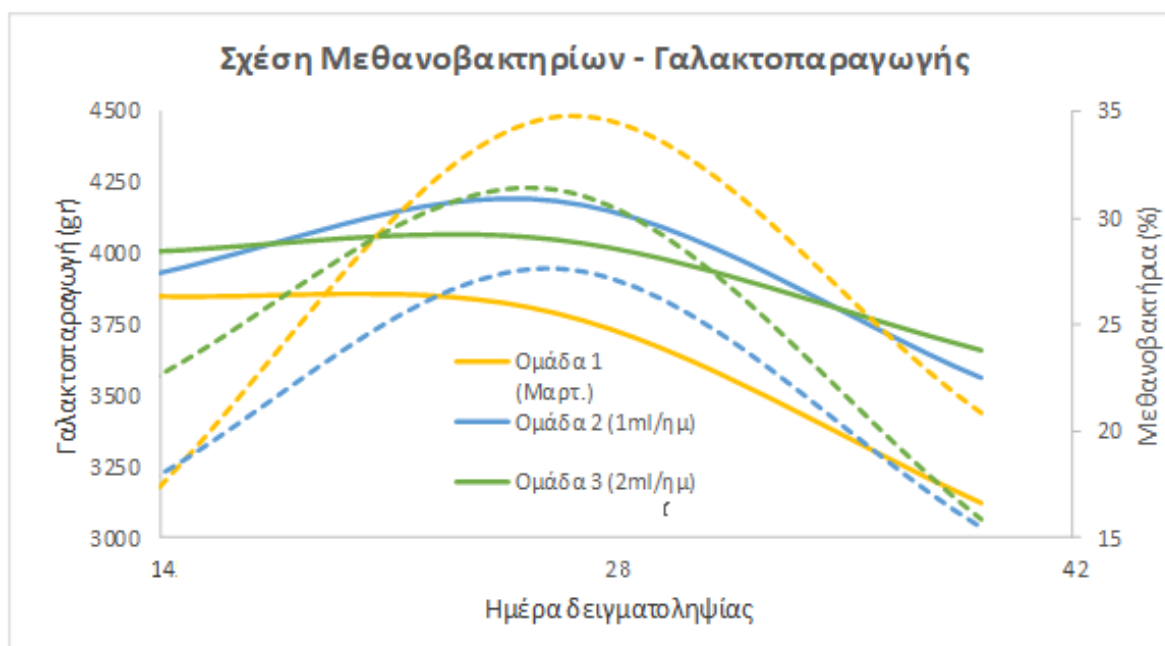
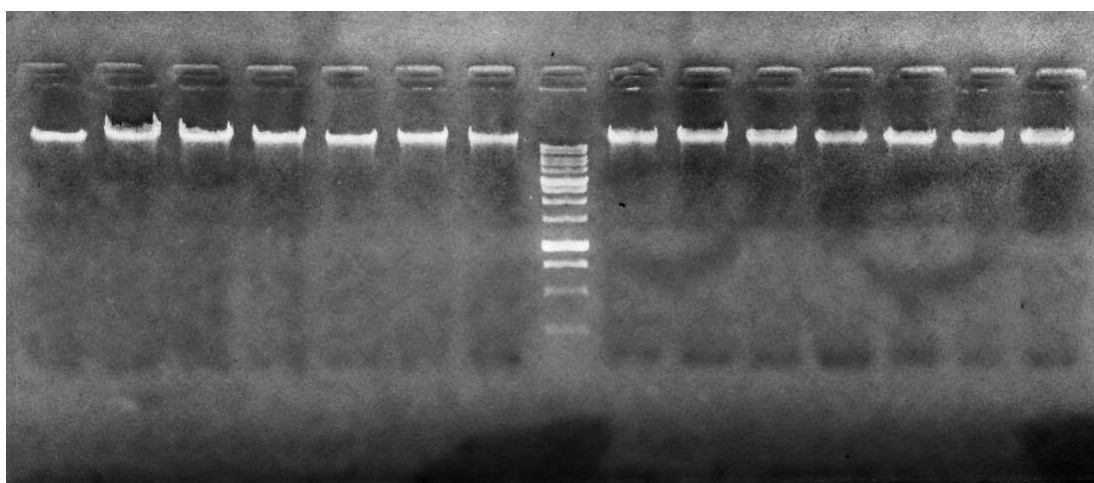
Μεταβλητές	Άθροισμα τετραγώνων	^{**} ΒΕ	Μέσο Τετράγωνο	F	Sig. (σημ.)
Γαλακτοπαραγωγή* Ημέρες	8918959.250	3	2792986.417	26.502	< .001
Λιποπερ.%* Ημέρες	18.900	3	6.300	10.973	< .001
Πρωτ.% * Ημέρες	5.533	3	1.844	8.218	< .001
Λακτόζη% * Ημέρες	.129	3	.043	.666	.575
Στερεό Υπολ.% * Ημέρες	33.795	3	11.265	9.637	< .001
Αριθμός Σωματικών Κυττ. *1000/ml * Ημέρες	92295347.2	3	30765115.7	1.685	.176
Ολική Μικροβ. Χλωρίδα *1000/ml * Ημέρες	2252986.833	3	750995.611	1.214	.309

^{**}Β Ε Βαθμοί Ελευθερίας

Πίνακας 3. Στατιστική σημαντικότητα επίδρασης παραγόντων στον βακτηριακό πληθυσμό των μεθανογενών βακτηρίων.

Πληθυσμοί μεθανογόνων βακτηρίων ΜΚ	
Μεταβλητή	P-value
Ημέρα δειγματοληψίας	0.000*
Ομάδα	0.002*
Γαλακτοπαραγωγή	0.000*

*Στατιστικώς σημαντικό αποτέλεσμα ($P < 0.05$) έπειτα από μέθοδο διόρθωσης Bonferroni.

Σχήμα 1. Συσχέτιση πληθυσμού μεθανοβακτηρίων με τη γαλακτοπαραγωγή.**Φωτογραφία 1.** Επιτυχής απομόνωση γενετικού υλικού.

4.4. Συμπεράσματα

Η διατροφική ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης (*Origanum vulgare* L.) σε αιγές βιολογικής εντατικής εκτροφής αύξησε τη γαλακτοπαραγωγή στην έναρξη και στο μέσο της, καθώς διατήρησε σταθερά τα βασικά ποιοτικά συστατικά του γάλακτος (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη, στερεά υπολείμματα). Παράλληλα, βελτίωσε τη μικροβιολογική ποιότητα του γάλακτος, μειώνοντας την Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX), ενώ τα σωματικά κύτταρα (SCC) παρέμειναν σταθερά ή παρουσίασαν μικρή μείωση της διακύμανσης, υποδηλώνοντας βελτιωμένη υγιεινή του μαστού. Τα

φαινορικά συστατικά της ρίγανης φαίνεται ότι περιορίζουν τη δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών, συμβάλλοντας ενδεχομένως στη μείωση των εκπομπών μεθανίου. Συνολικά, η χρήση αιθέριου ελαίου ρίγανης προάγει τη βιώσιμη παραγωγή γάλακτος, συνδυάζοντας **αύξηση παραγωγικότητας, βελτίωση ποιότητας, ενίσχυση υγιεινής και μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος.**

4.5 Γενικό Συμπέρασμα και Προοπτική

Η ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου βιολογικής ρίγανης στη διατροφή αιγών αποδεικνύεται μια υποσχόμενη στρατηγική για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας του αιγείου γάλακτος, ενώ παράλληλα ενισχύει την υγιεινή του προϊόντος. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη δυνατότητα αξιοποίησης φυσικών πρόσθετων ως εργαλείων για πιο βιώσιμη και αποδοτική κτηνοτροφία.

Προοπτική: Η συστηματική εφαρμογή και αξιοποίηση αιθέριων ελαίων στη διατροφή αιγών μπορεί να οδηγήσει σε σταθερή βελτίωση των παραγωγικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του γάλακτος, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει ευκαιρίες για ανάπτυξη καινοτόμων πρακτικών στη βιολογική εκτροφή και ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας του κλάδου.

6. Βιβλιογραφία

- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595.
- Caroprese, M., et al. (2023). Essential oil supplementation in small ruminants: Effects on performance and milk quality. *Animals*, 13(3), 33. MDPI.
- Dutra, T.V., Castro, J.C., Menezes, J. L., Ramos, T.R., Do Prado, I.N., Machinski, M., et al. (2019). Bioactivity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil against *Alicyclobacillus* spp. *Industrial Crops and Products*, 129, 345–349.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.025>
- FAOSTAT (2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Giannenas, I., Skoufos, J., Giannakopoulos, C., Wiemann, M., Gortzi, O., Lalas, S., & Kyriazakis, I. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5569-5577.
- Kolling, G. J., et al. (2022). Milk production and hematological and antioxidant profiles of dairy goats supplemented with oregano essential oil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 51, e20220073. SciELO.
- Kyrtsoudis, D. (2024). The effect of oregano essential oil addition on milk production in Alpine goats. *Animal Resource Bioengineering*, 1, 1-7. arls.ro
- Ozcinar, U., & Bayram, I. (2021). The influence of essential oils supplementation on yield and quality of sheep milk. *Int J Sci Technol Res*, 30-39.
- OECD-FAO (2022). Agricultural Outlook 2022-2031. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2022-2031_f1b0b29c-en
- Paraskevakis, N., et al. (2015). Effects of dietary dried Greek oregano (*Origanum vulgare* L.) on performance and antioxidant status of lactating goats. *Small Ruminant Research*, 132, 1-7. ScienceDirect.
- Preuss, H.G., Echard, B., Enig, M., Brook, I., Elliott, T.B. (2005). Minimum inhibitory concentrations of herbal essential oils and monolaurin for gram-positive and gram-negative bacteria. *Cell Mol Biol*, 272, 29–34.
- Stefanaki, A., Cook, C. M., Lanaras, T., & Kokkini, S. (2016). The Oregano plants of Chios Island (Greece): Essential oils of *Origanum onites* L. growing wild in different habitats. *Industrial Crops and Products*, 82, 107-113.
- Wu, J., et al. (2020). Dietary supplementation with oregano essential oil and monensin in combination is antagonistic to growth performance of yearling Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8119-8129.

- Zhou, R., et al. (2020). Effects of oregano essential oil on in vitro ruminal fermentation. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4212-4221. Texas A&M AgriLife Organic.
- Zhou, R., Wu, J., Zhang, L., Liu, L., Casper, D.P., et al. (2019). Effects of oregano essential oil on the ruminal pH and microbial population of sheep. *PLOS ONE*, 14(5), e0217054. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217054>