



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΛΕΚΙΘΙΝΗΣ ΚΑΙ / Ή
ΙΧΘΥΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ, ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ
ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΥΓΟΥ ΟΡΝΙΘΩΝ ΑΥΓΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΜΑΛΟΥΣΗΣ ΑΧΙΛΛΕΑΣ
ΓΕΩΠΟΝΟΣ Ζ.Π.

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΝΤΟΤΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δημήτριος Ντότας

Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Α.Π.Θ

Κωνσταντίνος Παπανικολάου

Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Α.Π.Θ.

Ευαγγελία Σωσσίδου

Αναπλ. Ερευνήτρια Ι.Κ.Ε.Θ, ΕΛΓΟ Δήμητρα

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Που υποβλήθηκε στην Επιτροπή Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης «Επιστήμη Ζωικής Παραγωγής» του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Γεωπονίας, της Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ως μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για τη λήψη του Διπλώματος Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης (ΜΔΕ).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συντομογραφίες	4
Ευχαριστίες	5
Πρόλογος	6
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	10
Κεφάλαιο 2. Υλικά και μέθοδοι	28
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα και σχολιασμός	36
Συμπεράσματα	43
Περίληψη	44
Summary	46
Βιβλιογραφία	46

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

M= Μάρτυρας

F= επέμβαση που προστέθηκε 2% ιχθυέλαιο

L= επέμβαση που προστέθηκε 0,05% λεκιθίνη σόγιας

FL= επέμβαση που προστέθηκε 2% ιχθυέλαιο και 0,05% λεκιθίνη σόγιας

κ.μ.ο.= κατά μέσο όρο

g= γραμμάριο

kg= χιλιόγραμμα

PC: φωσφατιδυλοχολίνη

LPC: λυσοφωσφατιδυλοχολίνη

PE: φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη

PLs: φωσφολιπίδια

EPA: εικοσιπεντανοϊκό οξύ

DHA: δοκοσαεξανοϊκό οξύ

PUFA: πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

SPSS= Statistical Package for Social Sciences

A.Π.Θ.= Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ξ.Ο= Ξηρή Ουσία

Λ.Ο= Λιπαρές Ουσίες

I.Ο= Ινώδεις Ουσίες

A.Ο= Αζωτούχες Ουσίες ($N_{ολ} \times 6,25$)

M.D.A= malondialdehyde (Μηλονική διαλδεύδη)

HU= Μονάδες Haugh

min= λεπτά

mg= χιλιοστόγραμμα

ml= χιλιοστόλιτρο

nm= νανόμετρο

mM= millimole

μg/g= μικρογραμμάριο/γραμμάριο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών σπουδών της Ειδίκευσης “Επιστήμη Ζωικής Παραγωγής” του Τμήματος Γεωπονίας, της Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Δημήτριο Ντότα, επιβλέποντα καθηγητή, τόσο για την ανάθεση του θέματος της εργασίας αυτής, όσο και για την πολύτιμη συμπαράστασή του κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του πειράματος και τη συνεχή παρακολούθηση, τις υποδείξεις και τη διόρθωση των κειμένων με σκοπό την πληρέστερη παρουσίασή της. Επίσης, την Δρ. Ευαγγελία Σωσίδου, Αναπληρώτρια Ερευνήτρια του Ινστιτούτου Κτηνιατρικών Ερευνών Θεσσαλονίκης ΕΛΓΟ “Δήμητρα”, για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές της καθ’ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος. Ευχαριστώ θερμά το προσωπικό του Εργαστηρίου Ζωοτεχνίας του Τμήματος Κτηνιατρικής του Α.Π.Θ., για την βοήθειά του στην ποιοτική αξιολόγηση των αυγών.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον Προϊστάμενο του Αγροκτήματος του Α.Π.Θ. κ. Αντώνη Γκαϊδατζή, καθώς επίσης και τον Ζωοκόμο κ. Αθανάσιο Λιούφα για την παροχή κάθε εξυπηρέτησης στη διάρκεια της έρευνας, διότι με την πείρα και την συνεχή φροντίδα τους αντιμετωπίστηκαν οι όποιες δυσκολίες ανέκυπταν στην πορεία των πειραματισμών. Τέλος, θα ήθελα θερμά να ευχαριστήσω όλους τους Καθηγητές του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, γιατί με τις μεγάλες προσπάθειές τους συνέβαλαν τα μέγιστα στην ουσιαστική διεύρυνση των γνώσεών μου στην Επιστήμη της Ζωικής Παραγωγής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τις τελευταίες δεκαετίες αναδεικνύεται μια ισχυρή συσχέτιση της διατροφής και της υγείας του ανθρώπου. Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι, η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη χρόνιων παθήσεων στον άνθρωπο, συμπεριλαμβανομένων του καρκίνου, των καρδιαγγειακών παθήσεων, του διαβήτη και της παχυσαρκίας. Οι σύγχρονες διατροφικές προσεγγίσεις αφορούν την ανάπτυξη τροφών που βελτιώνουν την ανθρώπινη υγεία με σκοπό τη μείωση των αρνητικών οικονομικών και κοινωνικών επιδράσεων των χρόνιων παθήσεων. Πρόσφατα, σε αρκετές χώρες όπως η Δανία, ο Καναδάς και οι Η.Π.Α. έχει καθιερωθεί με νομοθετικές ρυθμίσεις η υποχρεωτική επισήμανση των τροφίμων με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης των trans λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη διατροφή.

Τα αυγά αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της διατροφής του ανθρώπου. Η καλή γεύση και οι πολλές χρήσεις τους στην παραγωγή μιας ευρείας ποικιλίας τροφίμων έχουν οδηγήσει στην αύξηση της κατανάλωσής τους παγκοσμίως. Οι λειτουργικές πρωτεΐνες τους, έχουν αναγνωριστεί ως υψηλής βιολογικής αξίας, λόγω της υψηλής πεπτικότητας και σύνθεσης αμινοξέων (Sossidou *et al.*, 2008). Επίσης, έχουν αξιολογηθεί ως μια πηγή βασικών λιπαρών οξέων, αρκετών βιταμινών και μετάλλων που απαιτούνται έτσι ώστε η ημερήσια πρόσληψή τους, να παρέχει τη συνιστώμενη ποσότητα των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών βάσει των αναγκών του ανθρώπου. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα, τα έχουν χαρακτηρίσει ως πολλά υποσχόμενα λειτουργικά τρόφιμα για τις επόμενες δεκαετίες, σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία (Eid, 2005). Τα λειτουργικά τρόφιμα, μπορούν να οριστούν ως τρόφιμα ή συστατικά τροφίμων που μπορούν να ενισχύσουν την υγεία, μέσω της παροχής πέραν του φυσιολογικού, οφέλους μέσω των θρεπτικών συστατικών τους. Τα αυγά είναι μία από τις πιο πλήρεις τροφές, αλλά οι καταναλωτές έχουν τεθεί υπό σοβαρή πίεση, λόγω των αμφιλεγόμενων εκθέσεων σχετικά με τις αρνητικές επιδράσεις τους στην υγεία τους, λόγω της χοληστερόλης που περιέχεται σε αυτά (Basmacoglu *et al.*, 2003). Ωστόσο, ο Σιμόπουλος (2000) απέδειξε ότι, οι καρδιαγγειακές παθήσεις σχετίζονται περισσότερο με την σύνθεση λιπαρών οξέων της τροφής που περιέχουν αυτά, και όχι τόσο με την περιεκτικότητα της χοληστερόλης.

Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (n-3 PUFA), διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, δεδομένου ότι βοηθούν στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών όπως της στεφανιαίας νόσου, της υπέρτασης και του διαβήτη, καθώς και ορισμένων φλεγμονωδών παθήσεων, όπως αρθρίτιδα και δερματίτιδα (Σιμόπουλος, 2000).

Αυτές οι ασθένειες, αποτελούν ένα αυξανόμενο πρόβλημα κυρίως στις χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, λόγω της κυριαρχίας των ζωικών λιπών και των μερικώς υδρογονωμένων φυτικών ελαίων, στη διατροφή των κατοίκων αυτών των χωρών.

Ο Κουτσός (2007) αναφέρει ότι, το προφίλ των λιπαρών οξέων των αυγών, μπορεί να εμπλουτιστεί μεταξύ πέντε έως τριάντα ειδών μέσω της διατροφής, χωρίς να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των αυγών ή στα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνίθων. Επιπλέον, οι Jiang *et al.* (1991), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, οι διατροφικές πηγές ακόρεστων λιπαρών οξέων θα μπορούσαν να μειώσουν την χοληστερογενή επίδραση των αυγών, μεταβάλλοντας την σύσταση των λιπαρών οξέων και την ενσωμάτωση περισσότερων ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων στη λέκιθο του αυγού. Επιπλέον, οι Cachaldora *et al.* (2008) ανέφεραν ότι, η διατροφική προσθήκη λινελαίου και ιχθυελαίου, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μία γραμμική αύξηση της συγκέντρωσης του α-λινολενικού, εικοσιπεντανοϊκού, εικοσιδυοπεντανοϊκού και δοκοσαεξανοϊκού οξέος στη λέκιθο του αυγού, ανάλογα με τα διατροφικά επίπεδα ενσωμάτωσης των λιπαρών αυτών οξέων.

Οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στη χώρα μας κατά την περίοδο του θέρους, έχουν πολύ μεγαλύτερες αρνητικές επιπτώσεις στα ορνίθια κρεοπαραγωγής και τις όρνιθες αυγοπαραγωγής, από οποιοδήποτε άλλο παραγωγικό ζώο. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλή, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον στο εσωτερικό των θαλάμων ή με την κατάλληλη διαχείριση της διατροφής, που θα επιτρέπει στα πτηνά να αποβάλλουν την πλεονάζουσα θερμότητα και να αισθάνονται άνετα. Υπό αυτές τις δύσκολες συνθήκες, είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται βασικές τεχνικές διαχείρισης που θα στοχεύουν στη μέγιστη εκδήλωση του κληρονομικού δυναμικού των παραγωγικών ζώων και των ορνίθων αυγοπαραγωγής στην προκειμένη περίπτωση (Sossidou *et al.*, 2005).

Το επιστημονικό ερέθισμα της παρούσης εργασίας, ήταν η παραγωγή αυγών εμπλουτισμένων σε ω-3 λιπαρά οξέα με όλες τις γνωστές ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του καταναλωτή. Επίσης, επιδιώχθηκε η ανάσχεση της πτώσης της αυγοπαραγωγής σε συνθήκες μειωμένης κατανάλωσης τροφής, καθώς και ο περιορισμός της καταπόνησης των ορνίθων, κατά τη θερινή περίοδο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο εμπλουτισμός με ω -3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) στα αυγά των ορνίθων, είναι μια επιτυχημένη στρατηγική για την εξασφάλιση επαρκούς εφοδιασμού αυτών των τόσο ωφέλιμων λιπαρών οξέων σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του ανθρώπινου πληθυσμού. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με την προσθήκη κοινών πηγών ω -3 PUFA (όπως ιχθυέλαια, θαλάσσια φύκη ή λιναρόσπορος κ.ά.) στο σιτηρέσιο των ορνίθων (Baucells *et al.*, 2000). Το ιχθυέλαιο, αποτελεί τη κύρια διατροφική πηγή που χρησιμοποιείται ευρέως, για την αύξηση των ω -3 PUFA στη λέκιθο (Gonzalez Esquerria and Leeson, 2000). Η βέλτιστη συγκέντρωση των ω -3 PUFA στο σιτηρέσιο των αυγοπαραγωγών ορνίθων, πρέπει να διερευνάται πειραματικά σε κάθε παραγωγικό στάδιο, κατά την διάρκεια της τελικής απόφασης κατάρτισης των σιτηρεσίων (Pappas *et al.*, 2005).

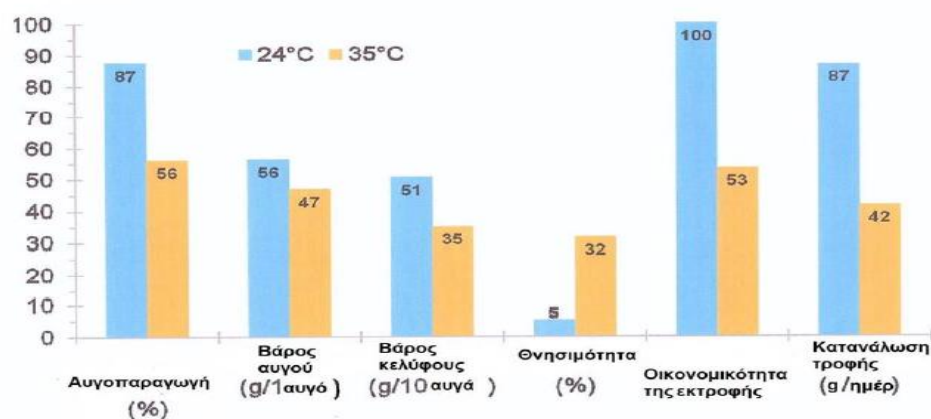
Η αναλογία ω -6: ω -3 λιπαρά οξέα περίπου 5:1, θεωρείται πλέον ότι είναι η βέλτιστη. Τα μακράς αλύσου λιπαρά οξέα, που παρέχονται ως εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA, C₂₀:5, n-3) και δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA, C₂₂:6, n-3), βρίσκονται κυρίως στα ιχθυέλαια και σε ορισμένα θαλάσσια φύκη, και αποτελούν τα πιο αποτελεσματικά στην υγεία. Όταν τα ω -3 λιπαρά οξέα, παρέχονται κατά κύριο λόγο ως λινολενικό οξύ, το οποίο βρίσκεται σε φυτικά έλαια, είναι περιορισμένης αποτελεσματικότητας, η οποία παραλλάσει μεταξύ των ειδών των ζώων. Επιπλέον, όσο αυξάνεται η αναλογία πέρα από το 5:1, η αποτελεσματικότητα του λινολενικού οξέος μειώνεται περαιτέρω. Τα μακράς αλύσου ω -3 λιπαρά οξέα EPA και DHA, διαδραματίζουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην υγεία, καθώς βελτιώνουν την ανοσολογική απόκριση σε καταστάσεις εμφάνισης φλεγμονών. Αυτό οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγικότητα και μείωση της θνησιμότητας (Dunn-Hurrocks *et al.*, 2011).

Ο Γάλλος ερευνητής Maurice Gobley, ανακάλυψε για πρώτη φορά τη λεκιθίνη το 1850, και την ονόμασε «Lekithos» από την ελληνική λέξη λέκιθος, για την ονομασία του κρόκου του αυγού. Εκείνη την εποχή, τα αυγά αποτελούσαν την κύρια πηγή παραγωγής εμπορικών σκευασμάτων λεκιθίνης ενώ σήμερα την αποτελεί η σόγια.

Η λέκιθος του αυγού, αποτελεί μια καλή πηγή φωσφολιπιδίων (PLs), τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 10 % του υγρού βάρους της (Chi and Lin, 2002), που ισοδυναμεί περίπου με το 22 % των συνολικών στερεών συστατικών της. Τα κύρια συστατικά της λεκιθίνης του αυγού, είναι η φωσφατιδυλοχολίνη (PC) σε ποσοστό 80,5 % και η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη (PE) σε ποσοστό 11,7%. Περιέχει επίσης λυσοφωσφατιδυλοχολίνη (LPC), σφιγγομυελίνη (SM), και ουδέτερα λιπίδια σε μικρές

ποσότητες. Η εκχύλιση των συνολικών φωσφολιπιδίων από την λέκιθο είναι επιθυμητή, λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων και των πολύτιμων εφαρμογών της στη βιομηχανία σε συμπληρώματα διατροφής, σε παιδικές τροφές, στις φαρμακευτικές βιομηχανίες καλλυντικών δρώντας ως γαλακτωματοποιητής (Sim, 1994). Η λεκιθίνη του αυγού δεν χρησιμοποιείται ευρέως στα τρόφιμα όσο η λεκιθίνη σόγιας, λόγω της εμπορικής διαθεσιμότητάς της, του υψηλότερου κόστους και των αγνώστων λειτουργικών ιδιοτήτων της. Έχει αναφερθεί ότι η διατροφική προσθήκη της φωσφατιδυλοχολίνης της λεκίθου του αυγού, μπορεί να μειώσει περισσότερο την απορρόφηση της χοληστερόλης σε σχέση με αυτή της σόγιας, σε πείραμα με αρουραίους (Jiang *et al.*, 2001). Επίσης, περιέχει σχετικά περισσότερα κορεσμένα λιπαρά οξέα και μπορεί να έχει καλύτερη αντιοξειδωτική σταθερότητα, σε σχέση με τη λεκιθίνη σόγιας.

Η βέλτιστη θερμοκρασία για τις όρνιθες αυγοπαραγωγής κυμαίνεται στους 19-24°C. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 7-26°C, η αυγοπαραγωγική ικανότητα δεν επηρεάζεται καθόλου. Όταν η αυγοπαραγωγή μειώνεται, τότε τόσο η ποιότητα του κελύφους όσο και το βάρος του αυγού επηρεάζεται, καθώς επίσης παρεμποδίζεται και ο μεταβολισμός, όταν επικρατούν θερμοκρασίες >26° C. Έρευνες έδειξαν ότι η θερμότητα ασκεί αρνητική επίδραση στο βάρος του αυγού και μπορεί να επιφέρει μείωση του βάρους έως 9,5g (Mashaly *et al.*, 2004). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος αποτελεί τον τρίτο κατά σειρά σπουδαιότητας παράγοντα, μετά την ηλικία και το γονότυπο της όρνιθας, που επηρεάζει την ποιότητα του κελύφους του αυγού (Διάγραμμα 1). Οι μεταβολές της θερμοκρασίας και κυρίως η άνοδος σε υψηλά επίπεδα πχ 30°C, συνοδεύεται από μεγάλο αριθμό σπασμένων αυγών. Επίσης, επιφέρει μείωση του πάχους του κελύφους του αυγού μέχρι και 17,5% (Mashaly *et al.*, 2004).



Διάγραμμα 1: Επίδραση της θερμοκρασίας του πτηνοτροφείου στις αποδόσεις και σε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 Η ΛΕΚΙΘΙΝΗ ΣΟΓΙΑΣ

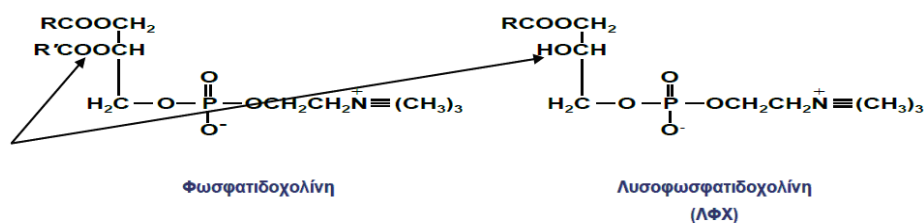
Η λεκιθίνη σόγιας, είναι ένα υποπροϊόν επεξεργασίας του σογιέλαιου. Χρησιμεύει εκτός από πηγή ενέργειας, ως γαλακτωματοποιητής, έχοντας τη δυνατότητα να διευκολύνει την απορρόφηση του λίπους (Lechowski *et al.*, 1999). Η παραλαβή της από τα σπέρματα σόγιας, πραγματοποιείται με την αρχική διατήρηση αυτών σε μία σταθερή θερμοκρασία και επίπεδο υγρασίας για περίπου επτά έως 10 ημέρες. Αυτή η διαδικασία ενυδατώνει τους σογιόσπορους και μαλακώνει το περιβλήμα τους. Στη συνέχεια, οι σπόροι καθαρίζονται και διασπώνται σε μικρά κομμάτια με τα περιβλήματά τους να διαχωρίζονται από τους ραγισμένους σπόρους. Τα κομμάτια σόγιας, θερμαίνονται και πιέζονται σε νιφάδες. Το σογιέλαιο εξάγεται από τις νιφάδες μέσω μιας διαδικασίας απόσταξης και η λεκιθίνη διαχωρίζεται από το έλαιο με την προσθήκη νερού κατά τη διαδικασία της φυγοκέντρισης (Sim, 1994).

Τα κύρια συστατικά της λεκιθίνης είναι τα φωσφολιπίδια, φωσφατιδυλοχολίνη (PC) σε ποσοστό 13-18%, η οποία είναι πλούσια σε ενέργεια και δομικά στοιχεία όλων των βιολογικών μεμβρανών, η φωσφατιδυλεθανολαμίνη (PE) σε ποσοστό 10-15%, η φωσφατιδυλινοσιτόλη (PI) σε ποσοστό 10-15% και το φωσφατιδικό οξύ (PA) σε ποσοστό 5-12%. Η φωσφατιδυλοχολίνη, είναι ένα φυσικό μίγμα διγλυκεριδίων στεατικού, παλμιτικού, λινελαϊκού και ελαϊκού οξέος, η οποία συνδέεται με τον εστέρα χολίνης του φωσφορικού οξέος (Fiume, 2001).

Η φωσφατιδυλοχολίνη παίζει ένα καθοριστικό ρόλο στην ενεργοποίηση πολυάριθμων ενζύμων των κυτταρικών μεμβρανών, όπως της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD) και του γλουταθείου (GSH), τα οποία είναι σημαντικά αντιοξειδωτικά για την προστασία των κυτταρικών μεμβρανών από τη ζημία που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (ROS). Οι ROS προκαλούν βλάβες στο μιτοχονδριακό DNA, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη μιτοχονδριακή λειτουργία. Η λεκιθίνη μπορεί να προστατεύσει το μιτοχονδριακό DNA, διατηρώντας το συσχετιζόμενο με την ηλικία μειωμένο δυναμικό της μιτοχονδριακής μεμβράνης και ως εκ τούτου τη δραστηριότητά της (Ulkowski, 2005). Η λεκιθίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διατροφή των ζώων, όπως των προβάτων (Jenkins and Fotouhi, 1990), των αμνών (Lough *et al.*, 1991), των χοίρων (Soares and Lopez - Bote, 2002), των ορνίθων αυγοπαραγωγής (Attia *et al.*, 2009), των αλόγων (Holland *et al.*, 1998) και των ψαριών (Liu *et al.*, 2004).

Η λεκιθίνη αποτελεί μια εξαιρετική πηγή χολίνης, η οποία είναι απαραίτητη για κάθε ζωντανό κύτταρο και είναι ένα από τα κύρια συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών (Emmert *et al.*, 1996). Η χολίνη που προσλαμβάνεται μέσω της τροφής δεν είναι μόνο σημαντική για τη σύνθεση των φωσφολιπιδίων στις κυτταρικές μεμβράνες, αλλά είναι επίσης απαραίτητη για τη χολινεργική νευρομεταβίβαση και τη μεταφορά των λιπιδίων χοληστερόλης. Χωρίς τη χολίνη, οι κυτταρικές μεμβράνες σκληραίνουν, απαγορεύοντας με αυτό το τρόπο την είσοδο και την έξοδο σημαντικών θρεπτικών ουσιών από το κύτταρο (Marchesini *et al.*, 2012).

Στη διατροφή των αγροτικών ζώων, χρησιμοποιούνται τώρα τελευταία και βιοτασιενεργές ουσίες βασισμένες στην λυσολεκιθίνη και κυρίως εμπλουτισμένες με λυσοφωσφατιδοχολίνη (Calton *et al.*, 1998). Η λυσολεκιθίνη περιέχει ένα μίγμα λυσοφωσφολιπιδίων που προέρχονται από τη λεκιθίνη. Τα φωσφολιπίδια της λεκιθίνης υδρολύονται (μετασχηματίζονται) κατά ένα ποσοστό δια της ενζυματικής κατεργασίας και δημιουργούνται τα λυσοφωσφολιπίδια. Κατά τη συγκεκριμένη χημική διεργασία ένα λιπαρό οξύ του φωσφολιπιδίου αντικαθίσταται από ένα υδροξύλιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1.1.1. Μοριακή δομή της φωσφατιδοχολίνης & λυσοφωσφατιδοχολίνης

1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΙΘΙΝΗΣ ΣΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΠΩΝ ΤΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην απορρόφηση ελαίου/λίπους, είναι η ανάγκη επεξεργασίας αδιάλυτων ουσιών στο νερό μέσα σε ένα υδατικό περιβάλλον, όπως είναι ο εντερικός σωλήνας. Για τον λόγο αυτό οι βιοτασιενεργές ουσίες, όπως τα φωσφολιπίδια, είναι απαραίτητες. Αυτές οι ουσίες, είναι αμφίσημα μόρια με ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο μέρος στη φύση. Αυτή τους η ιδιότητα, επιτρέπει σε αυτές να μειώνουν την ενδοεπιφανειακή τάση σε διαλύματα ελαίου σε νερό και να βοηθούν τον σχηματισμό γαλακτώματος τύπου ελαίου σε υδατικό περιβάλλον.

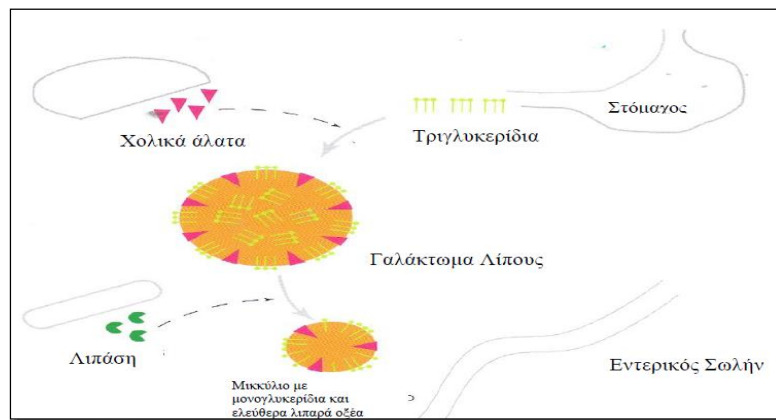
Υπάρχουν δύο κρίσιμες διαδικασίες που επηρεάζουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα και τον βαθμό απορρόφησης των λιπαρών συστατικών της τροφής (Irtova *et al.*, 2004). Αυτές είναι, το μέσο μέγεθος των σταγονιδίων του γαλακτώματος που σχηματίζεται εντός του εντερικού σωλήνα και η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων που απαιτείται προκειμένου να σχηματισθεί ένα μικκύλιο (καλείται και Κρίσιμη Μικκυλιακή Συγκέντρωση CMC). Έχει αποδειχθεί ότι, η φωσφατιδοχολίνη μειώνει σημαντικά το μέγεθος των σταγονιδίων του γαλακτώματος και η λυσοφωσφατιδοχολίνη ακόμη περισσότερο, σε γαλακτώματα που σχηματίζονται από τη δράση της οβαλβουμίνης και του λινελαϊκού οξέος (πίνακας 1.2.1.). Έτσι, αυξάνεται η επιφάνεια των σταγονιδίων με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται σημαντική αύξηση της δραστηριότητας της λιπάσης, στο συγκεκριμένο όγκο γαλακτώματος.

Πίνακας 1.2.1: Επίδραση της λεκιθίνης/λυσολεκιθίνης στο γαλακτώμα οβαλβουμίνης/λινελαϊκού οξέος

Σύμπλεγμα γαλακτώματος	Μέσο μέγεθος σταγόνας (μm)
Οβαλβουμίνη/λινελαϊκό οξύ	6,6
Οβαλβουμίνη/λινελαϊκό οξύ/λεκιθίνη	2,4
Οβαλβουμίνη/λινελαϊκό οξύ/λυσολεκιθίνη	0,07

Η μικρή ποσότητα λιπάσης που υπάρχει στο λεπτό έντερο των ορνιθίων και των χοιριδίων δρα αποτελεσματικότερα όταν τα σταγονίδια του γαλακτώματος είναι μικρά και έχουν έτσι μεγαλύτερη πιθανότητα να «συναντηθούν» με τη λιπάση. Επομένως, ακόμη και στην περίπτωση που η λιπάση είναι ελλειμματική στο ζώο (π.χ. νεαρά ζώα), μπορεί να αυξηθεί η δραστηριότητά της με την προσθήκη της λεκιθίνης στη τροφή. Μόλις τα λιπαρά

οξέα αποσπασθούν από το λίπος μέσω της δράσης της λιπάσης, μπορούν εύκολα πλέον να σχηματίσουν μικκύλια προκειμένου να απορροφηθούν από τον εντερικό αυλό (εικόνα 1.2.1).



Εικόνα 1.2.1: Γαλακτωματοποίηση λιπών, πέψη και απορρόφηση στον εντερικό σωλήνα

Η δεύτερη κρίσιμη παράμετρος όσον αφορά την απορρόφηση των λιπαρών ουσιών είναι η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων που απαιτείται για το σχηματισμό μικκυλίων. Αυτή η συγκέντρωση καλείται Κρίσιμη Μικκυλιακή Συγκέντρωση (CMC) και εξαρτάται αποκλειστικά από τη φύση και την συγκέντρωση της τασιενεργούς ουσίας. Η πιο σημαντική τασιενεργός ουσία είναι τα χολικά άλατα (χολή), τα οποία περιέχονται συχνά στον γαστρεντερικό σωλήνα. Η CMC αυτών, είναι 100 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με την φωσφατιδυλοχολίνη. Εάν η CMC μειωθεί, τότε λιγότερα λιπαρά οξέα απαιτούνται για τη δημιουργία μικκυλίων, τα οποία από τη στιγμή που θα δημιουργηθούν, απορροφώνται από τον εντερικό σωλήνα του ζώου. Ο σχηματισμός μικρότερων σταγονιδίων γαλακτώματος, έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν περισσότερα σταγονίδια στον ίδιο όγκο, με αποτέλεσμα την καλύτερη δράση της λιπάσης και τελικά την καλύτερη απορρόφηση των ελαίων της τροφής.

1.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΛΕΚΙΘΙΝΗΣ ΣΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΖΩΑ

1.3.1. Ορνίθια κρεοπαραγωγής

Υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι, η προσθήκη της λεκιθίνης στο σιτηρέσιο ορνιθίων κρεοπαραγωγής, βελτιώνει το ρυθμό ανάπτυξης, το ρυθμό εκμετάλλευσης της τροφής και την ποιότητα του κρέατος (Huang *et al.*, 2007). Επίσης, επειδή δρα ως γαλακτωματοποιητής, ρυθμίζει τον μεταβολισμό του σωματικού λίπους και μπορεί να

αντικαταστήσει το 2,5-3,5% της συνολικής περιεκτικότητας των λιπών της τροφής, συμβάλλοντας στην καλύτερη οικονομικότητα της εκτροφής (Huang *et al.*, 2008).

1.3.2. Χοιρίδια

Η χρήση αντιβιοτικών που διεγείρουν την ανάπτυξη, επηρεάζει σημαντικά τη μέση ημερήσια αύξηση βάρους των χοιριδίων την περίοδο μετά τον απογαλακτισμό. Ο σταδιακός περιορισμός προσθήκης τους στα μείγματα, αύξησαν την αναγκαιότητα για εξεύρεση άλλων συμπληρωματικών ουσιών που να έχουν θετική επίδραση στην αξιοποίηση της τροφής από τα χοιρίδια, καθώς το πεπτικό τους σύστημα δεν είναι ακόμη πλήρως αναπτυγμένο. Το λίπος του γάλακτος των χοιρομητέρων, περιέχει μια μεγάλη ποσότητα βραχείας αλύσου λιπαρών οξέων που είναι εύκολα απορροφήσιμα (Palmquist *et al.*, 1993). Η πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών του γάλακτος μπορεί να είναι έως και 95 % (Heugten and Odle, 2000). Επιπλέον, το λίπος γαλακτωματοποιείται και μπορεί πιο εύκολα να απορροφηθεί σε αυτή τη μορφή. Όμως, κατά τη στιγμή του απογαλακτισμού δε χορηγείται και θα πρέπει να βρεθεί άλλος τρόπος για να αντικατασταθεί επαρκώς (Jensen *et al.*, 1997). Οι Heugten and Odle (2000), θεωρούν ότι η ανεπαρκής πεπτικότητα, είναι το μείζον πρόβλημα της προσθήκης λιπών στα μείγματα των χοιριδίων, λόγω του μεγέθους των σταγονιδίων του λίπους. Σε ένα πείραμά τους, εμφανίστηκε υψηλότερη πεπτικότητα του λίπους, της ενέργειας και της πρωτεΐνης, μετά την προσθήκη ενός γαλακτωματοποιητή σε μορφή λυσολεκιθίνης στο μίγμα ανάπτυξης χοιριδίων. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι η λεκιθίνη, που αποτελεί έναν γαλακτωματοποιητή, θα μπορούσε να βοηθήσει τα χοιρίδια στην αύξηση του σωματικού τους βάρους έως το βάρος των 22 kg και να βελτιώσει το συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (Schwarzer and Adams, 1996).

1.3.3. Αγελάδες γαλακτοπαραγωγής

Αποδείχθηκε ότι, τα συμπληρώματα προστατευμένης χολίνης (RPC) στην ξηρά περίοδο και την περίοδο γαλακτοπαραγωγής στις αγελάδες, βελτιώνουν όχι μόνο την γαλακτοπαραγωγή (Erdman and Sharma, 1991; Pinotti *et al.*, 2003), αλλά και τη σύνθεση των λιπιδίων (Piepenbrink and Overton, 2003). Οι Pinotti *et al.* (2002) ανέφεραν ότι, η χολίνη μπορεί να βελτιώσει τη μεταφορά των λιπιδίων στο αίμα, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης λιπώδους εκφύλισης του ήπατος και κέτωσης, κατά την περίοδο εγκυμοσύνης των αγελάδων. Ως εναλλακτική πρόταση αντί της χρήσης της RPC, είναι η λεκιθίνη, καθώς

αποτελεί μια οικονομικά αποδοτική πηγή χολίνης, και περιέχει περίπου 20 % φωσφατιδοχολίνη και άλλα φωσφατίδια (φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη και φωσφατιδυλινοσιτόλη).

1.3.4 Αιγοπρόβατα

Η προσθήκη λεκιθίνης στο σιτηρέσιο των αιγοπροβάτων, κατά τη διάρκεια της γαλουχίας, έχει αποδειχθεί ότι έχει θετικό αποτέλεσμα στην αύξηση της γαλακτοπαραγωγής, στη βελτίωση των κύριων δεικτών αναπαραγωγής και της υγείας. Επίσης, έχει αποδειχθεί μια ποιοτική και ποσοτική βελτίωση του γάλακτος καθώς και της βιολογικής του αξίας, με την μείωση της περιεκτικότητας των κορεσμένων λιπαρών οξέων και την αύξηση της περιεκτικότητας σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Lough *et al.*, 2005). Τα φωσφολιπίδια της λεκιθίνης σόγιας, είναι σημαντικά για την ύγρανση των λιπιδίων, τα οποία μπορούν να παραμείνουν αδιάσπαστα στη μεγάλη κοιλία, αποφεύγοντας την επίδραση των οξέων στο λεπτό έντερο. Η προσθήκη της στη τροφή, αυξάνει το επίπεδο των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στο κρέας και το λιπώδη ιστό και μειώνει τη ζύμωση των ινωδών ουσιών στο χώρο της μεγάλης κοιλίας (Wettstein *et al.*, 2001).

1.4 ΤΟ ΙΧΘΥΕΛΑΙΟ

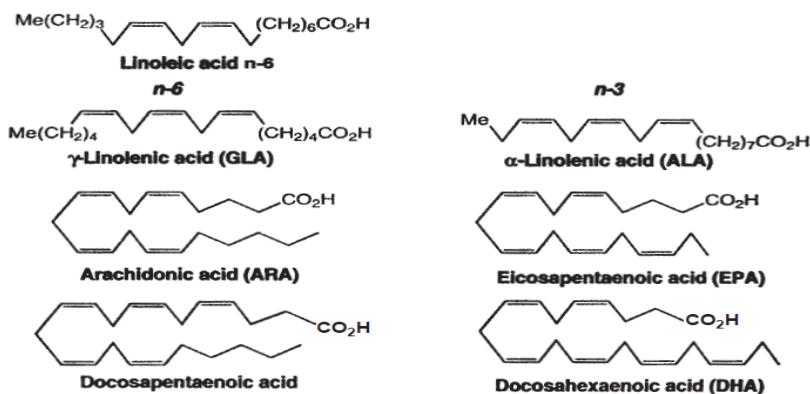
Τα ζώα δε μπορούν να συνθέσουν τα πολυακόρεστα (PUFA) ω-6 ή ω-3 λιπαρά οξέα *de novo*, καθώς δεν έχουν τα κατάλληλα ένζυμα δεσатуράσης των λιπαρών οξέων. Το ω-6 PUFA λινολεϊκό οξύ (LA) και το ω-3 PUFA α-λινολενικό οξύ (ALA), θα πρέπει συνεπώς να παρέχονται με τη τροφή, καθώς είναι απολύτως αναγκαία για πολλές διεργασίες, όπως η ανάπτυξη, η αναπαραγωγή, η όραση και η ανάπτυξη του εγκεφάλου (Gurr *et al.*, 2002).

Το ιχθυέλαιο είναι γνωστό ότι, περιέχει πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), κυρίως εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA; C20: 5n-3) και δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA; C22: 6n-3), που είναι γνωστά και ως ω-3 λιπαρά οξέα (Dyerberg and Jorgensen, 1982). Αυτά τα λιπαρά οξέα, αναστέλλουν τη σύνθεση του αραχιδονικού οξέος (AA, C20: 4n-6) και ανταγωνίζονται με αυτό για την ενσωμάτωση στη θέση C-2 των φωσφολιπιδίων (Dyerberg *et al.*, 1986). Έτσι, περιορίζεται η διαθεσιμότητα των εικοσανοειδών λιπιδίων, όπως οι προσταγλανδίνες, τα λευκοτριένια και οι θρομβοξάνες (Baguma *et al.*, 1999). Για τους λόγους αυτούς, τα ω-3

λιπαρά οξέα παρέχουν αντιφλεγμονώδεις, αντιυπερτασικές, αγγειοδιασταλτικές και αντιαθηρωθρομβωτικές επιδράσεις. Παρόλα αυτά, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι ευαίσθητα στην οξείδωση και η χρήση αντιοξειδωτικών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματικότερη παραγωγή αυτών πλούσιων σε ω-3 λιπαρά οξέα.

Όπως προαναφέρθηκε, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κύριες ομάδες, τα ω-6 και τα ω-3, τα οποία έχουν διαφορετικές φυσιολογικές λειτουργίες και επιδράσεις (εικ.2). Τα κύρια ω-6 λιπαρά οξέα, είναι το λινελαϊκό οξύ και οι μεταβολίτες του το γ-λινολενικό οξύ (GLA), που περιέχεται κυρίως στα φυτικά έλαια, καθώς και το αραχιδονικό οξύ (AA), που απαντάται κυρίως σε ζωικούς ιστούς. Τα κύρια ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, είναι το λινολενικό οξύ (ALA) και οι μεταβολίτες του, το εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA) και το δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA), τα οποία περιέχονται στα ιχθυέλαια. Τα δύο προηγούμενα, έχουν μια μοριακή δομή μακράς αλύσου με 20 και 22 άτομα άνθρακα αντίστοιχα, σε σύγκριση με 18 των GLA και ALA (εικ.2.1.2). Τα δύο βασικά λιπαρά οξέα, το λινελαϊκό οξύ (ω-6) και το α-λινολενικό οξύ (ω-3), μετατρέπονται σε μακράς αλύσου λιπαρά οξέα και τα παράγωγά τους με το ένζυμο δεσατουράση (Aida *et al.*, 2005). Αυτό το ένζυμο μεταβολίζει τόσο τα ω-6 όσο και τα ω-3 λιπαρά οξέα. Εάν η διατροφική πρόσληψη της μιας κατηγορίας λιπαρών οξέων από αυτά, είναι πολύ μεγάλη, τότε ο μεταβολισμός της άλλης ομάδας θα περιοριστεί. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια ανισορροπία στην παραγωγή προσταγλανδινών, λευκοτριενίων και θρομβοξανών (Vaughn *et al.*, 1994). Αυτές οι ορμόνες, εμπλέκονται σε σημαντικές φυσιολογικές διεργασίες, όπως του κεντρικού νευρικού συστήματος, τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και του χρόνου πήξεως, των φλεγμονωδών αντιδράσεων καθώς και στους αμυντικούς μηχανισμούς του ανοσοποιητικού συστήματος.

Main Omega-3 and omega-6 fatty acids



Εικ.1.5.1: Τα κύρια ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα

1.5 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΙΧΘΥΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΖΩΑ

Στα παραγωγικά ζώα υπάρχουν αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν ότι η προσθήκη ιχθυελαίου στο σιτηρέσιο βελτιώνει την υγεία τους. Στα πτηνά, μπορεί να βελτιώσει την ανθεκτικότητα στις ασθένειες, ενισχύοντας την ανοσολογική απόκριση του οργανισμού κατά την πρόκληση μιας νόσου και τη βελτίωση της ειδικής ανοσίας. Τα μακράς αλύσου ω-3 λιπαρά οξέα (EPA και DHA) αποδείχθηκε ότι, είναι τα ενεργά συστατικά των ιχθυελαίων που επιδρούν θετικά στα κοκκίδια και στην καρδιακή ανεπάρκεια. Επίσης, οφέλη παρατηρήθηκαν στους χοίρους μετά από μια βακτηριακή επίδραση με *E.coli*. Στα βοοειδή, αποδείχθηκε μια θετική επίδραση στον πνευμονικό ιστό που προσβάλλεται από πνευμονία. Τόσο στα μηρυκαστικά, όσο και στους χοίρους, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να βελτιώσει την αναπαραγωγική τους ικανότητα με αύξηση του ποσοστού σύλληψης. Αναλυτικότερα, η χρήση του ιχθυελαίου στα παραγωγικά ζώα, έχει ως εξής:

1.5.1. Πτηνά

Η κύρια θετική επίδραση του ιχθυελαίου στα πτηνά, είναι η βελτίωση της ανοσολογικής αντίστασης με εξισορρόπηση της σχέσης ω-6:ω-3 λιπαρά οξέα. Επειδή τα πτηνά, είναι μαθημένα να διανύουν μεγάλες αποστάσεις, και να υπόκεινται σε ξαφνικές και ενίοτε δραματικές αλλαγές στο περιβάλλον, έχουν ένα ιδιαίτερα δραστικό ανοσοποιητικό σύστημα. Ένα μεγάλο μέρος των απωλειών τους, σε εντατικές εκμεταλλεύσεις, οφείλεται στην υπερβολική αντίδραση του ανοσοποιητικού τους συστήματος σε κάποια παθολογική κατάσταση (Klasing, 1992). Η φυσιολογική αντίδραση των ζώων σε μια φλεγμονή, οδηγεί σε μείωση της όρεξης, της κατανάλωσης τροφής και του σωματικού λίπους καθώς και σε αυξημένη αποδόμηση του λίπους των σκελετικών μυών (Klasing *et al.*, 1987). Έχει αποδειχθεί ότι, η διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου οδηγεί σε βελτίωση ορισμένων δεικτών της ειδικής ανοσίας (Fritsche *et al.*, 1991). Η επάρκεια ενέργειας, πρωτεϊνών, ιχνοστοιχείων, ιδιαίτερα σιδήρου και ψευδαργύρου, και οι βιταμίνες A, C και E, έχουν από καιρό αναγνωριστεί ως σημαντικοί παράγοντες για τη σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος.

Η σωστή ισορροπία των λιπαρών οξέων, έχει αποδειχθεί ότι έχει μια θετική επίδραση στην ανοσολογική απόκριση σε μεγαλύτερο βαθμό, από οποιαδήποτε άλλη θρεπτική ουσία. Το ιχθυέλαιο βελτιώνει το ανοσοποιητικό σύστημα των πτηνών, μέσω της συμβολής των ω-3 λιπαρών οξέων που περιέχει. Η βέλτιστη συγκέντρωσή του στη τροφή είναι το 2%, στα

ορνίθια κρεοπαραγωγής (Klasing, 1992). Έχει αποδειχθεί ότι, το ιχθυέλαιο μειώνει τις απώλειες κατά την εμφάνιση κοκκιδίωσης και τις αρνητικών επιπτώσεων της στην ανάπτυξη και περιορίζει τις αλλοιώσεις του βλεννογόνου του εντέρου κατά 5% (Allen *et al.*, 1998). Η εξήγηση αυτής της θετικής επίδρασης των ω-3 λιπαρών οξέων που περιέχονται στο ιχθυέλαιο, είναι η διείσδυσή τους στους ιστούς του παρασίτου, με αποτέλεσμα αυτοί να γίνονται πιο ευαίσθητοι στην οξειδωτική επίθεση των φαγοκυττάρων (Allen *et al.*, 1998). Όταν δε χρησιμοποιούνται κοκκιδιοστατικά, για αποφυγή πρόκλησης κοκκιδίωσης, το επίπεδο των ιχθυελαίων στη διατροφή πρέπει να είναι υψηλό (5 %), αλλά ίσως μόνο για λίγες ημέρες στην ηλικία μεταξύ 14ης και 21ης ημέρας. Η προσθήκη του ιχθυελαίου σε σιτηρέσια ορνιθίων κρεοπαραγωγής σε αναλογία 2%, είχε ως αποτέλεσμα μικρή θνησιμότητα σε ποσοστό 0.85 %, καθώς και αύξηση του σωματικού βάρους κατά 3,6 % (Mc Naughton, 1996).

1.5.2. Χοίροι

Σε χοιρομητέρες, διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου κατά την 95^η ημέρα της κύησης μέχρι τον τοκετό, σε αναλογία 1.5%, διαπιστώθηκε ότι συνέβαλε στη γέννηση βαρύτερων χοιριδίων με το μέσο σωματικό βάρος να είναι μεγαλύτερο κατά 0.13kg και 0.33kg, στον τοκετό και στις 21 ημέρες αντίστοιχα (Walkiewicz *et al.*, 1995). Επίσης, η λιποπερικτικότητα του γάλακτος αυξήθηκε κατά 0,2 % ενώ η θνησιμότητα κατά τον απογαλακτισμό μειώθηκε κατά 5,7 %. Σε χοιρίδια (ηλικίας κάτω των τεσσάρων εβδομάδων), οι διαφορετικές πρωτεΐνες της τροφής, όπως αυτές που περιέχονται στο ιχθυέλαιο, σε σχέση με αυτές του γάλακτος της χοιρομητέρας, έχουν μια θετική επίδραση στην παραγωγή αντιγόνων και μπορούν να προκαλέσουν μια έντονη ανοσολογική απόκριση σε περίπτωση εμφάνισης φλεγμονής (Murray *et al.*, 1991).

1.5.3. Αγελάδες

Έχει αποδειχθεί ότι, τα μακράς αλύσου ω-3 λιπαρά οξέα του ιχθυελαίου, μπορούν να επηρεάσουν θετικά τη γονιμότητα αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, μέσω της παραγωγής προσταγλανδινών και προγεστερόνης, με αποτέλεσμα την επιβίωση του εμβρύου. Αυτός ο μηχανισμός, μπορεί επίσης να ισχύει και για επιδράσεις στη γονιμότητα για άλλα είδη παραγωγικών ζώων (Burke *et al.*, 1997). Διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου σε αναλογία 5 %

ή αραβοσιτελαίου 5%, έδωσε σημαντικά υψηλότερα ποσοστά γονιμότητας (96 %) στην πρώτη περίπτωση, σε σύγκριση με τη δεύτερη (91,6 %) (Blesbois *et al.*, 1997).

1.6 ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

Η θερμική καταπόνηση είναι η κατάσταση του ζώου κατά την οποία, λόγω υπερβολικής ανόδου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, και παρά τις προσπάθειες προσαρμογής (μέσω των μηχανισμών) που καταβάλλει, παρατηρείται μείωση των αποδόσεων ή ακόμη και θάνατός του. Αποτελεί μια κατάσταση που επηρεάζει αρνητικά την ευζωία των πτηνών. Ευζωία είναι η κατάσταση του ζώου, κατά την οποία αυτό βρίσκεται σε ορμονική σχέση με το περιβάλλον του και αξιολογείται με βάση την προσπάθεια που καταβάλλει ένα ζώο προκειμένου να προσαρμοστεί στο περιβάλλον του (Sossidou and Elton, 2009). Οι όρνιθες, σε αντίθεση με τα άλλα παραγωγικά ζώα, δε διαθέτουν ιδρωτοποιούς αδένες με αποτέλεσμα να μη μπορούν να αποβάλουν την περίσσεια θερμότητας, προκειμένου να διατηρήσουν μια σταθερή θερμοκρασία σώματος. Η πλεονάζουσα θερμότητα αποβάλλεται με διάφορους τρόπους όπως, με ακτινοβολία από την επιφάνεια του δέρματος, μέσω του αέρα σε μία άλλη όρνιθα, σε ψυχρότερα αντικείμενα με τα οποία το πτηνό βρίσκεται σε επαφή, όπως οι κλωβοστοιχίες, η στρωμνή, ή περσίδες εξαερισμού και στον περιβάλλοντα αέρα δια αγωγής (N'DRI A.L., 2006).

Σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, εκδηλώνεται με την οξεία της μορφή (heat stress) ή θερμοπληξία (thermal shock), οι οποίες παρατηρούνται το καλοκαίρι όταν σημειώνεται ταχεία και υπερβολική άνοδος της θερμοκρασίας (>30° C) με αποτέλεσμα να επιφέρει υψηλή θνησιμότητα. Η φυσιολογική θερμοκρασία της όρνιθας είναι 40,5° C – 41,5° C. Η ζώνη άνεσης της όρνιθας σε θερμοκρασία, σχετική υγρασία, φωτισμό και αερισμό (μικροκλίμα) εντός του πτηνοτροφείου, όπου δαπανά ελάχιστη ενέργεια για την μη αρνητική επίπτωση στην αυγοπαραγωγική της ικανότητα, είναι από 22° C-24° C (Mardsen and Morris, 1987). Πάνω από αυτή τη θερμοκρασία η όρνιθα αποβάλλει την πλεονάζουσα θερμότητα μέσω θερμορυθμιστικών μηχανισμών (θερμόλυση) για τη διατήρηση της ομοιόστασης. Μελέτες έχουν δείξει ότι, τόσο η αυγοπαραγωγή όσο και η ανάπτυξη των ορνίθων μειώνονται πέρα από αυτή τη θερμοκρασία, αλλά και ο μεταβολικός τους ρυθμός αυξάνεται (Richard, 2003). Επίσης, επηρεάζεται τόσο η ποιότητα του κελύφους του αυγού όπου έχει παρατηρηθεί μέχρι και μείωση του πάχους του κελύφους έως 17,6% όσο και το βάρος του αυγού, το οποίο μπορεί να μειωθεί μέχρι και 9,5 g (Mashaly *et al.*, 2004). Περίπου το 75% της μεταβολιστέας ενέργειας που καταναλώνεται από το πτηνό μετατρέπεται σε θερμότητα σώματος και πρέπει

να αποβληθεί στο περιβάλλον. Επομένως, η μείωση της λήψης τροφής από την όρνιθα είναι ένας σπουδαίος φυσιολογικός αμυντικός μηχανισμός για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης.

Κατά τη διάρκεια της θερμικής καταπόνησης, οι όρνιθες μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματός τους στα κανονικά όρια. Οι ρυθμίσεις της συμπεριφοράς μπορούν να εμφανιστούν γρήγορα και με λιγότερο κόστος (Lustick, 1983). Σε περίπτωση που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται πάνω από τη ζώνη άνεσης, οι όρνιθες αφιερώνουν λιγότερο χρόνο για περπάτημα-κίνηση (McFarlane *et al.*, 1989), καταναλώνουν λιγότερη τροφή, για να μειωθεί η παραγόμενη θερμότητα μέσω του μεταβολισμού και περισσότερο νερό για να αντισταθμίσουν το νερό που χάνεται μέσω της ψύξης με εξάτμιση (May and Lot, 1992). Επίσης, υπό την επίδραση αυτών των θερμοκρασιών οι όρνιθες καταβρέχουν με νερό τα λοφία τους προκειμένου να αυξηθεί η ψύξη λόγω εξάτμισης από αυτές τις επιφάνειες (Whittow, 1986). Τα θερμόπληκτα πτηνά ξοδεύουν σχετικά λιγότερο χρόνο σε κοινωνική συμπεριφορά και στην αλλαγή της στάσης τους. Όταν διατηρούνται στους κλωβούς τείνουν να απομακρύνονται μεταξύ τους, ασθμαίνουν, και συχνά λαμβάνουν μια στάση στα φτερά τους που γέρνουν και ανυψώνονται ελαφρώς από το σώμα για να μεγιστοποιήσουν την απώλεια θερμότητας (Mench, 1985). Μια άλλη μεταβολή που υφίστανται οι όρνιθες, είναι η πτώση των φτερών έτσι ώστε να προκληθεί απώλεια της αισθητής θερμότητας (Richards, 1977). Η ταχύπνοια είναι μία από τις ορατές αντιδράσεις των ορνίθων κατά τη διάρκεια της έκθεσής τους στη θερμότητα. Αυτή η εξειδικευμένη μορφή αναπνοής απομακρύνει τη θερμότητα με την ψύξη λόγω εξάτμισης, στις επιφάνειες της στοματικής κοιλότητας και της αναπνευστικής οδού (Wang *et al.*, 1989). Η ταχύπνοια, αυξάνει την απώλεια του διοξειδίου του άνθρακα από τους πνεύμονες, η οποία οδηγεί σε μια μείωση της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα και των διττανθρακικών στο πλάσμα του αίματος. Αυτή η μείωση των διττανθρακικών, παρεμποδίζει το σχηματισμό κελύφους διότι παρεμποδίζεται η διαθεσιμότητα του ανιόντος που απαιτείται κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των κρυστάλλων Ca_2CO_3 σε αυτό (Mongin, 1968). Η θερμική καταπόνηση προκαλεί τη διέγερση της απελευθέρωσης της κορτικοστερόνης από τα επινεφρίδια (Edens, 1978), και αυξάνει τις συγκεντρώσεις της στο πλάσμα του αίματος των ορνίθων. Η απελευθέρωσή της από τον φλοιό των επινεφριδίων γίνεται με τη μεσολάβηση του υποθαλάμου και της υπόφυσης. Τόσο τα νευρικά όσο και τα ενδοκρινή ερεθίσματα υποκινούν από το νευρικό σύστημα την παραγωγή του παράγοντα απελευθέρωσης της κορτικοτροπίνης (CRF) από τους νευρώνες μέσα στο μεσαίο ύψωμα του υποθαλάμου. Τα θερμόπληκτα κύτταρα των πτηνών, συνθέτουν τις πρωτεΐνες της θερμικής καταπόνησης, οι

οποίες δεσμεύουν τις θερμοευαίσθητες πρωτεΐνες για να τις προστατεύσουν από τη μετουσίωση, επηρεάζοντας άμεσα τη βιωσιμότητα του κυττάρου (Nover, 1991). Η επίδραση της θερμικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ικανότητα των ορνίθων, εκδηλώνεται πρωταρχικά με την μειωμένη αυγοπαραγωγή. Για αυτή την επίδραση υπάρχουν ενδείξεις ότι τουλάχιστον εν μέρει, επηρεάζεται από ορμόνες που επιδρούν στην πρόκληση ωοθηλακιορρηξίας. Στην όρνιθα, η θερμική καταπόνηση προκαλεί μείωση της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LH) και στον υποθάλαμο μείωση της απελευθερωτικής ορμόνης της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LHRH) και λίγο πριν την ωοθυλακιορρηξία, μείωση των επιπέδων στο πλάσμα, της LH και της προγεστερόνης (Novero *et al.*, 1991). Η έκθεση στην υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, επιφέρει πτώση της πίεσης του αίματος, αύξηση της καρδιακής λειτουργίας και μείωση της περιφερειακής αντίστασης. Η ροή του αίματος από το κέντρο προς την περιφέρεια διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά της θερμότητας από τους εν τω βάθει ιστούς του σώματος της όρνιθας, στους αντίστοιχους περιφερειακούς που είναι σε θέση να διαχέουν τη θερμότητα στο περιβάλλον (Darre and Harrison, 1987). Κατά τη διάρκεια της οξείας θερμικής καταπόνησης το καρδιαγγειακό σύστημα διανέμει το αίμα στα όργανα που συμμετέχουν πρωταρχικά στη λειτουργία της θερμορύθμισης, δίνοντας δευτερεύουσα σημασία σε άλλες λειτουργίες όπως στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων και την πέψη. Στις θερμόπληκτες όρνιθες, η μεγάλη αύξηση της καρδιακής λειτουργίας που παρατηρείται, αποδεικνύει την έντονη απαίτηση από το καρδιαγγειακό σύστημα να απομακρύνει την περίσσεια θερμότητα και μπορεί να προκαλέσει μέχρι και το θάνατο (Darre and Harrison, 1987).

1.6.1 Η επίδραση της λεκιθίνης στη θερμική καταπόνηση

Τα λίπη, είναι γνωστό ότι έχουν υψηλή αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης της ενέργειας, γιατί μειώνουν την απώλεια ενέργειας υπό μορφή θερμότητας. Έτσι, το σιτηρέσιο πρέπει να συμπληρώνεται με λίπη και όχι μόνο με υδατάνθρακες. Αυξάνοντας την ενέργεια, αυξάνεται ο ρυθμός ανάπτυξης αλλά και η παραγωγή θερμότητας. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία σώματος, το πτηνό προσπαθώντας να ισοσκελίσει την παραγωγή και την απώλεια θερμότητας μειώνει την λήψη τροφής. Πειράματα έδειξαν ότι η λήψη τροφής μειώνεται κατά 5% για κάθε αύξηση κατά 1° C μεταξύ 32-38° C (Bozkurt *et al.*, 2012). Η προσθήκη λίπους σε θερμές περιόδους, μπορεί να ξεπεράσει το 4.5% σε σιτηρέσια ορνιθίων κρεοπαραγωγής και επίσης να αυξηθεί στα σιτηρέσια των ορνίθων αυγοπαραγωγής, για να

αντιμετωπισθούν οι ανάγκες σε ενέργεια λόγω μειωμένης πρόσληψης της τροφής. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η απορρόφηση και η αξιοποίηση των λιπών πρέπει να είναι όσο μεγαλύτερη γίνεται, αφού η παραγωγή θερμότητας από την κατανάλωση λιπών είναι σαφώς μικρότερη από αυτή των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών (Renaudeau *et al.*, 2012) . Τα ορνίθια κρεοπαραγωγής και οι νεαρές όρνιθες, δεν παράγουν ικανές ποσότητες χολής για να αφομοιώσουν τις αυξημένες ποσότητες λιπών, και επομένως ο ρυθμός ανάπτυξης δεν μπορεί να είναι ο αναμενόμενος. Η λεκιθίνη αυξάνει την απορρόφηση του λίπους και των λιποδιαλυτών βιταμινών (A, D, E, K). Επίσης, μεγιστοποιεί τις επιδόσεις των ζώων με το σχηματισμό μικροσκοπικών σταγονιδίων λίπους που εύκολα αποδομούνται από τη λιπάση και από το σχηματισμό μεγάλου αριθμού μικκυλίων λιπαρών οξέων, που εύκολα απορροφώνται από τις εντερικές λάχνες (Azman and Ciftci, 2004). Τέλος, η λεκιθίνη επειδή αυξάνει τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών και τη μεταφορά των ιόντων, συμβάλλει στην ηλεκτρολυτική ισορροπία κατά την εκδήλωση της θερμικής καταπόνησης.

1.6.2 Η επίδραση του ιχθυελαίου στη θερμική καταπόνηση

Η προσθήκη ιχθυελαίου στο σιτηρέσιο ορνίθων αυγοπαραγωγής, έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την πρόσληψη τροφής κατά 17.2 %, σε εσωτερική θερμοκρασία πτηνοτροφείου 31°C, ενώ σε θερμοκρασία 10-18°C το ποσοστό περιορίζεται σε 4,5% (McNaughton J.,1996). Με την πέψη του λίπους, παράγεται λιγότερη θερμότητα σε σύγκριση με την αντίστοιχη των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών. Το ιχθυέλαιο έχει το πλεονέκτημα ότι δεσμεύει τους κόκκους της τροφής με αποτέλεσμα να διεγείρει την πρόσληψή της από τα πτηνά. Επίσης, αυξάνει το επίπεδο της ενέργειας του σιτηρεσίου, το οποίο είναι πολύ σημαντικό γιατί αντισταθμίζεται η μειωμένη πρόσληψη ενέργειας, λόγω της μικρότερης κατανάλωσης της τροφής κατά την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών. Επιπρόσθετα, επιβραδύνεται η διέλευση της προσλαμβανόμενης τροφής μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα, με αποτέλεσμα την καλύτερη αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών. Η προσθήκη λίπους σε θερμές περιόδους, μπορεί να ξεπεράσει και το 4,5% στα σιτηρέσια των ορνιθίων κρεοπαραγωγής (Novak C. and Scheideler S.E., 2001). Επίσης, μπορεί να αυξηθεί στα σιτηρέσια των ορνίθων αυγοπαραγωγής, για να αντιμετωπισθούν οι υψηλές ανάγκες σε ενέργεια υπό συνθήκες θερμικής καταπόνησης.

1.6.3 Διατροφικές παρεμβάσεις αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης των πτηνών

1.6.3.1 Πρωτεΐνη

Η ανάγκη σε πρωτεΐνη είναι μειωμένη, λόγω της πτώσης της αυγοπαραγωγής υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Έχει αποδειχθεί ότι, κυρίως η σύνθεση των πρωτεϊνών και δευτερευόντως η κατανομή τους, επηρεάζονται από τη χρόνια θερμική καταπόνηση, οδηγώντας σε μείωση της εναπόθεσής τους στα πτηνά. Οι Lin *et al.* (2006) απέδειξαν ότι, υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών μειώνεται η πρωτεϊνοσύνθεση, η οποία δεν μπορεί να βελτιωθεί με την αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης η οποία χορηγείται μέσω της τροφής, ενώ αντίθετα μπορεί να έχει και μια αρνητική επίδραση στο ρυθμό ανάπτυξης στα ορνίθια κρεοπαραγωγής (Cahaner *et al.*, 1995).

1.6.3.2 Βιταμίνες

Η μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών υπό την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας λόγω μειωμένης κατανάλωσης της τροφής των πτηνών, έχει αρνητικό αντίκτυπο και στην πρόσληψη των ιχνοστοιχείων όπως των βιταμινών A, E, C, κ.λπ., οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις και στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος των ορνίθων.

1.6.3.2.1 Βιταμίνη A

Η αρνητική επίδραση της θερμικής καταπόνησης στην αυγοπαραγωγή, μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη διατροφική προσθήκη βιταμίνης A (8000 IU / kg τροφής) (Lin *et al.*, 2002). Η βιταμίνη A είναι ωφέλιμη για την άμυνα των θερμοπληκτων ορνίθων καθώς μπορεί να περιορίσει τις οξειδωτικές βλάβες που προκαλούνται από την έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία, και βελτιώνει την ανοσολογική απόκριση (Wang *et al.*, 2002). Η διατροφική προσθήκη βιταμίνης A (15.000 IU) ημερησίως σε ορνίθια κρεοπαραγωγής, οδήγησε στην αύξηση του ζώντος βάρους τους και στην βελτίωση της εκμετάλλευσης της τροφής (Kucuk *et al.*, 2003). Οι θερμοπληκτες όρνιθες αμέσως μετά τον εμβολιασμό NDV, χρειάζονται υψηλότερη διατροφική πρόσληψη βιταμίνης A, έτσι ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο επίπεδο παραγωγής αντισωμάτων (Lin *et al.*, 2002).

1.6.3.2.2 Βιταμίνη C

Η βιταμίνη C ή ασκορβικό οξύ (AA), μπορεί να συντεθεί από τα πτηνά και έτσι δεν απαιτείται να προστίθεται στη τροφή υπό κανονικές συνθήκες. Όταν τα πτηνά έχουν προσβληθεί από στρεσογόνους παράγοντες, όπως η υψηλή θερμοκρασία, η διατροφική προσθήκη του AA μπορεί να είναι επωφελής στις αποδόσεις (Mckee and Hurrison, 1995). Οι Sahin *et al.* (2004), ανέφεραν ότι διατροφική προσθήκη του μπορεί να μειώσει τις μεταβολές του μεταβολισμού των ορνίθων που συνδέονται με την αύξηση της κορτικοστερόνης στο πλάσμα του αίματος. Η κορτικοστερόνη, είναι η κύρια γλυκοκορτικοστεροειδής ορμόνη που σχετίζεται με καταστάσεις καταπόνησης. Όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα επινεφρίδια τότε αναστέλλει τη σύνθεση των κορτικοστεροειδών. Σε καταστάσεις καταπόνησης προκαλείται μείωση του AA των επινεφριδίων λόγω απελευθέρωσης της κορτικοστερόνης. Η θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει μέχρι και πενταπλάσια αύξηση της συγκέντρωσης των κορτικοστεροειδών στο πλάσμα του αίματος. Επιπλέον, το AA είναι ένα από τα πιο σημαντικά αντιοξειδωτικά και κατά τη θερμική καταπόνηση μπορεί να περιορίσει τις οξειδωτικές βλάβες των κυττάρων των πτηνών (Lin *et al.*, 2000), και η διατροφική του προσθήκη έχει ωφέλιμη επίδραση στη διατήρηση της οξειδοαναγωγικής ισορροπίας των θερμόπληκτων πτηνών. Η υψηλή διατροφική προσθήκη του (1000 mg/kg τροφής) έχει ευεργετική επίδραση στις αποδόσεις των θερμόπληκτων πτηνών (Okan *et al.*, 1996a), ενώ το αντίθετο ισχύει στις όρνιθες που διαβιώνουν υπό κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Orban *et al.*, 1993).

1.6.3.2.3 Βιταμίνη E

Η διατροφική προσθήκη της βιταμίνης E είναι ευεργετική επίδραση στην αυγοπαραγωγή σε θερμόπληκτες όρνιθες. Αυτή η ευεργετική επίδρασή της, συνδέεται με μία αύξηση της πρόσληψης τροφής καθώς και των στερεών του ωχρού και της αλβουμίνης (Kirunda *et al.*, 2001). Η βιταμίνη E αυξάνει τις συγκεντρώσεις της βιτελλογενίνης στο πλάσμα, λόγω της απελευθέρωσής της από το ήπαρ όπως και των πολύ χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (Bollengier-Lee *et al.*, 1998), ενώ παράλληλα προστατεύει τις κυτταρικές μεμβράνες των ηπατοκυττάρων από τις οξειδωτικές βλάβες (Whitehead and Mitchell, 1998). Η υψηλή διατροφική προσθήκη της βιταμίνης E (250mg/kg τροφής), έχει ευεργετική επίδραση στην αυγοπαραγωγή σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (Puthrongsiriporn *et al.*, 2001).

1.6.3.2.4 Άλλα θρεπτικά συστατικά

Η θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς μεταβολές στην ενδογενή βακτηριακή μικροχλωρίδα. Η προσθήκη προβιοτικών με *Lactobacillus* strains, μπορεί να εμπλουτίσει την ποικιλία της χλωρίδας των γαλακτοβακίλλων στο τυφλό έντερο των ορνίθων, και συνεπώς να βοηθήσει στην αποκατάσταση της εξισορρόπησης της μικροχλωρίδας των ορνιθίων κρεοπαραγωγής που έχουν υποστεί θερμική καταπόνηση (Lan *et al.*, 2004). Η διατροφική προσθήκη χρωμίου (120 ppb) είναι ευνοϊκή στις αποδόσεις των θερμόπληκτων ορνιθίων κρεοπαραγωγής, με την αύξηση της πρόσληψης τροφής και του σωματικού βάρους, τη βελτίωση της μετατρεψιμότητας της τροφής, και των χαρακτηριστικών του σφάγιου (Sahin *et al.*, 2002). Η διατροφική προσθήκη ψευδαργύρου (4,5 mg/kg τροφής), είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του σωματικού βάρους, της μετατρεψιμότητας της τροφής, και τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του σφάγιου (Kucuk *et al.*, 2003). Επιπλέον, η συνδυαστική διατροφική προσθήκη ψευδαργύρου και βιταμίνης Α έχει θετική επίδραση στην ανάσχεση των αρνητικών επιπτώσεων της θερμικής καταπόνησης στις αποδόσεις των ορνιθίων κρεοπαραγωγής (Kucuk *et al.*, 2003).

1.6.3.2.5 Ηλεκτρολύτες

Η ηλεκτρολυτική ισορροπία του σιτηρεσίου (DEB), εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την ηλικία του πτηνού και τη διάρκεια της έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες (Ahmad and Sarwar, 2006). Η πολύ υψηλή DEB (360 mEq/kg) και η πολύ χαμηλή DEB (0 mEq/kg) μπορεί να προκαλέσουν μεταβολική αλκάλωση και οξείδωση, αντίστοιχα. Πρέπει να επιδιώκεται η DEB να κυμαίνεται στα 250 mEq/kg σε καταστάσεις θερμικής καταπόνησης ώστε να διατηρούνται σε φυσιολογικά επίπεδα οι παράμετροι του αίματος.

Οι ηλεκτρολύτες χορηγούνται στη τροφή για τη διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας, της οσμωτικής πίεσης και του ηλεκτρικού δυναμικού των κυτταρικών μεμβρανών και είναι απαραίτητοι για την ενδο-εξωκυτταρική ομοιόσταση (Borges *et al.*, 2003). Μεταξύ αυτών, τα μονοσθενή ιόντα (Na, K και Cl) είναι τα βασικά μέταλλα που εμπλέκονται στην οξεοβασική ισορροπία των υγρών του σώματος (Mongin, 1981), επειδή έχουν μια υψηλότερη διαπερατότητα και έχουν καλύτερη απορρόφηση σε σύγκριση με τα δισθενή ιόντα (Ca και Mg) (Borges *et al.*, 2004). Κατά την θερμική καταπόνηση των ορνιθίων, παρατηρείται αυξημένη απώλεια CO₂ και αναπνευστική αλκάλωση (Toyomizu *et*

al., 2005). Υπό τέτοιες συνθήκες, τα νεφρά επιχειρούν να διορθώσουν την οξεοβασική ισορροπία με νεφρική ανταλλαγή διττανθρακικών με Cl (Mongin, 1981). Αυτό έχει ως συνέπεια, την αύξηση των συγκεντρώσεων του Cl στο πλάσμα. Κατά τη διάρκεια της θερμικής καταπόνησης οι Belay *et al.*, ανέφεραν αυξημένη απέκκριση K και Na μέσω των ούρων και των κοπράνων και μειωμένη απέκκριση Cl. Επειδή το Na και το K είναι αλκαλικά ιόντα, η απώλεια τους μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της οξύτητας υγρών του σώματος. Αυτές οι αλλαγές στην οξεοβασική ισορροπία είναι υπεύθυνες (μαζί με την μειωμένη πρόσληψη τροφής) για την καθυστέρηση της ανάπτυξης και των χαμηλών αποδόσεων υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος. Παρατηρήθηκε ότι, η διατροφική προσθήκη σε ποσοστό 0,3 ή 1,0% χλωριούχου αμμωνίου (NH₄Cl) και 1,5 έως 2,0% K με τη μορφή του KCl, βελτιώνει σημαντικά την αύξηση βάρους σε ορνίθια κρεοπαραγωγής κατά 9,5 και 25%, αντίστοιχα, και μειώνει το pH του αίματος. Η χορήγηση του χλωριούχου αμμωνίου, βοηθά στη μείωση του pH του αίματος, γι 'αυτό συνιστάται να συμπληρωθεί στη διατροφή, καθώς λόγω του υπεραερισμού παρατηρείται αλκάλωση στις όρνιθες. Ωστόσο, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να μην συμπληρώνεται σε περίσσεια καθώς μπορεί να προκαλέσει οξέωση. Γι'αυτό το λόγο, συνιστάται το όξινο ανθρακικό νάτριο να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με χλωριούχο αμμώνιο για να ρυθμιστεί το pH του αίματος και για να απομακρυνθεί οποιαδήποτε οξέωση που μπορεί να αναπτυχθεί (Naseem *et al.*, 2005). Οι Smith and Teeter (1989) ανέφεραν ότι το NaCl, το KCl και το K₂SO₄ μπορούν να περιορίσουν αποτελεσματικότερα τις αρνητικές επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης, όταν προστίθενται στο πόσιμο νερό σε σχέση με τη τροφή, λόγω της αύξησης της κατανάλωσης του νερού των ορνίθων, η οποία διευκολύνει την απαγωγή της θερμότητας και μειώνει τη θερμοκρασία του σώματος. Οι Borges *et al.* (2004), διαπίστωσαν ότι η προσθήκη ηλεκτρολυτών σε περιεκτικότητα 240 m eq / kg τροφής είναι η ιδανικότερη καθώς και του Na σε ποσοστό 0,25% και του Cl σε ποσοστό 0,3%.

1.6.3.2.6 Βεταΐνη

Οι μεθυλομάδες χρησιμοποιούνται συνεχώς για τις βασικές μεταβολικές οδούς (ηπατική λειτουργία, DNA, RNA και την πρωτεϊνική σύνθεση). Οι κύριες πηγές των ομάδων μεθυλίου είναι η χολίνη, η μεθειονίνη και η βεταΐνη. Η βεταΐνη περιέχεται στα ζαχαρότευτλα, και αποτελεί έναν μεταβολίτη που προέρχεται από τη χολίνη (βιταμίνη B) με ενζυματική οξείδωση και έχει δύο σημαντικές ιδιότητες. Λειτουργεί ωσμωλυτικά καθώς βοηθά στη διατήρηση της ισορροπίας του ύδατος και των ιόντων, προστατεύοντας τα κύτταρα και τους

ιστούς από την αφυδάτωση (Remus, J., 2001). Επίσης είναι ένας δότης μεθυλίου. Η κίνηση του ύδατος εντός και εκτός των κυττάρων, εξαρτάται από την ενδοκυττάρια και την εξωκυττάρια συγκέντρωση των αλάτων και των στερεών συστατικών. Σε καταστάσεις θερμικής καταπόνησης, η εξωκυττάρια συγκέντρωση σε άλατα και στερεά, αυξάνεται εξαιτίας του περισσότερου νερού που χάνεται με εξάτμιση, από τα ούρα και τα κόπρανα. Το ενδοκυτταρικό νερό μετακινείται από το εσωτερικό του κυττάρου, προκειμένου να αποκατασταθεί η υδατική ισορροπία. Προσπαθώντας να παρεμποδίσει αυτή την μετακίνηση του νερού, το κύτταρο ενεργοποιεί την αντλία ιόντων Na/K (ΑΤΡάση) για να αυξήσει την ενδοκυτταρική συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών και να είναι σε θέση να συγκρατήσει το νερό. Αυτή η διαδικασία, απαιτεί μια υψηλή ενεργειακή δαπάνη και προκαλεί μια αύξηση των ενδοκυτταρικών ιόντων, όπως του καλίου, που μπορεί να είναι επικίνδυνη. Ο Remus (2001) αναφέρει ότι, το κύριο πλεονέκτημα της βεταΐνης στη σχέση Na/K, είναι η λιγότερη ενέργεια που απαιτείται για να διατηρήσει τη βεταΐνη στο εσωτερικό του το κύτταρο, από το να ενεργοποιήσει την Na/K ΑΤΡάση. Έτσι, περισσότερη ενέργεια είναι διαθέσιμη για την ανάπτυξη και την παραγωγή. Επιπλέον, είναι ασφαλέστερο για το κύτταρο να κρατήσει ενδοκυτταρικά υψηλές ποσότητες βεταΐνης από ηλεκτρολύτες, όπως το κάλιο. Αν η κατανάλωση της τροφής μειώνεται, τότε πρέπει να παρέχεται επιπρόσθετη μεθειονίνη και χολίνη. Η βεταΐνη μπορεί να δωρίσει ομάδες μεθυλίου για να σχηματιστεί καρνιτίνη, η οποία εμπλέκεται στη μεταφορά μέσω των μιτοχονδρίων και στην οξείδωση των λιπαρών οξέων. Η βεταΐνη έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόληψη της λιπώδους εκφύλισης ήπατος, η οποία αποτελεί μια συχνή παθολογική κατάσταση των ορνίθων αυγοπαραγωγής υπό την επίδραση θερμικής καταπόνησης. Οι Attia *et al.*, (2006) απέδειξαν ότι η προσθήκη βεταΐνης σε άνυδρη μορφή σε ποσοστό 1% στη τροφή, μπορεί να βελτιώσει την ανάπτυξη των ορνιθίων κρεοπαραγωγής η οποία παρεμποδίζεται υπό την επίδραση της θερμικής καταπόνησης.

Σκοπός της παρούσης εργασίας, ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διατροφικής προσθήκης λεκιθίνης, ιχθυελαίου ή του συνδυασμού τους στη θερμική καταπόνηση, τις αποδόσεις και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αυγών ορνιθίων αυγοπαραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Ζωικό υλικό - Σταβλισμός

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το διάστημα από τον Ιούλιο του 2012 μέχρι τον Αύγουστο του ίδιου έτους στις πειραματικές εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος της Γεωπονικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και η συνολική διάρκειά της ήταν 49 ημέρες. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν εκατόν σαράντα τέσσερις (144) όρνιθες αυγοπαραγωγής Isa Brown ηλικίας 48 εβδομάδων κατά την έναρξη, οι οποίες χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις (4) πειραματικές ομάδες, με έξι επαναλήψεις των 6 ορνίθων η κάθε μία. Κάθε επανάληψη αποτελείτο από 2 παρακείμενα κελιά των 3 ορνίθων το καθένα. Στην πρώτη ομάδα (μάρτυρας - M), χορηγήθηκε προς κατά βούληση κατανάλωση σιτηρέσιο αυγοπαραγωγών ορνίθων βασισμένο σε αραβόσιτο και σογιάλευρο. Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη ομάδα, χορηγήθηκε προς κατά βούληση κατανάλωση το ίδιο σιτηρέσιο με προσθήκη εμπορικών σκευασμάτων ιχθυελαίου σε αναλογία 2% (ομάδα F), λεκιθίνη σόγιας σε αναλογία 0,05% (ομάδα L) και συνδυασμός ιχθυελαίου με λεκιθίνη σόγιας (ομάδα FL) στις προαναφερθείσες αναλογίες, αντίστοιχα. Για χρονικό διάστημα 49 ημερών, εξετάστηκαν τα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνίθων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού, η θνησιμότητα, η συμπεριφορά τους στη θερμική καταπόνηση, καθώς και η μεταβολή του σωματικού βάρους των ορνίθων.

Η σύνθεση του σιτηρεσίου του μάρτυρα δίνεται στον πίνακα 2.1.1 και η χημική σύσταση κατά Weende στον πίνακα 2.1.2. Οι προδιαγραφές του σκευάσματος του ιχθυελαίου που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν πείραμα, παρουσιάζονται στο πίνακα 2.1.3.

Πίνακας 2.1.1: Σύνθεση σιτηρεσίου μάρτυρα που χορηγήθηκε στις όρνιθες αυγοπαραγωγής (g/kg).

Ζωοτροφή	%
Αραβόσιτος	63,0
Σογιάλευρο (44%)	19,5
Πίτυρα σίτου	3,4
Ιχθυάλευρο (72%)	2,5
Σογιέλαιο	1,5
Μαρμαρόσκονη	8,0
Φωσφορικό διασβέστιο	1,3
Αλάτι	0,3
D, L Μεθειονίνη	0,1
Πρόμιγμα βιταμινών/Ιχνοστοιχείων	0,4

Πίνακας 2.1.2: Χημική σύσταση (%) του σιτηρεσίου αυγοπαραγωγής κατά Weende.

Θρεπτικά συστατικά	%
Ξηρή Ουσία	89,72
	<i>% Ξ.Ο</i>
Οργανική Ουσία	85,96
Ολικές Αζωτούχες Ουσίες	16,34
Λιπαρές Ουσίες	3,03
Ινώδεις Ουσίες	2,48

Πίνακας 2.1.3: Χημική σύνθεση εμπορικού σκευάσματος ιχθυελαιίου

Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων	Αντιοξειδωτικά
- 18% DHA (C22:6 ω-3)	E 320 Butylate Hydroxyanisole, BHA
- 6% EPA (C20:5 ω-3)	
- 30% DHA+EPA	E 310 Propyl Gallate, PG, 4mg/kg

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου του πειραματικού πτηνοτροφείου γινόταν καθημερινά, με θερμομόμετρο μεγίστου-ελαχίστου. Η θερμοκρασία σε όλη τη διάρκεια του πειράματος κυμάνθηκε μεταξύ 27 και 35°C και ήταν κατά μέσο όρο 31,2±4,2°C.

Ο τύπος προγράμματος φωτισμού που εφαρμόστηκε, ήταν 15^{1/2} ώρες συνεχές φως και 8^{1/2} ώρες σκοτάδι. Ο φωτισμός ξεκινούσε από τις 6:30 το πρωί και συνεχιζόταν έως τις 10 το βράδυ (εικ. 2.1.1).



Εικόνα 2.1.1: Εσωτερική όψη πτηνοτροφείου Αγροκτήματος Α.Π.Θ.

2.2 Παραγωγικά χαρακτηριστικά ορνίθων

Στο πείραμα αυτό, μελετήθηκε η διατροφική επίδραση του ιχθυελαίου, της λεκιθίνης και του συνδυασμού των δύο, στα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνίθων. Κάθε ημέρα καταγραφόταν η αυγοπαραγωγή. Μετρήθηκε επίσης κατά κελί, επανάληψη και ομάδα η συνολική αυγοπαραγωγή, τα σπασμένα και χωρίς κέλυφος αυγά, ο ρυθμός αυγοπαραγωγής και η παραχθείσα μάζα αυγών, ως γινόμενο του ρυθμού αυγοπαραγωγής και του μέσου βάρους του αυγού. Ακόμη, προσδιορίστηκαν σε εβδομαδιαία και συνολική βάση η κατανάλωση και η εκμετάλλευση της τροφής, και καταγράφηκε η θνησιμότητα και η εν γένει συμπεριφορά των ορνίθων στη θερμική καταπόνηση, με καθημερινή παρακολούθηση των ορνίθων. Επίσης, προσδιορίστηκε η μεταβολή του σωματικού βάρους όλων των ορνίθων με ζύγισή τους στην έναρξη και στη λήξη του πειράματος.

2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά αυγών

Εκτιμήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αυγών. Για το σκοπό αυτό, λαμβάνονταν τυχαία κάθε εβδομάδα 48 αυγά (12 από κάθε επέμβαση, 1 αυγό από κάθε κελί), στα οποία γινόταν εκτίμηση των παρακάτω ποιοτικών χαρακτηριστικών: Βάρος αυγού, επιμήκης και εγκάρσιος άξονας του αυγού, χρώμα, διάμετρος, ύψος, βάρος και pH λεκίθου, ύψος και pH λευκώματος, ειδικό βάρος αυγού, χρωματισμός, πάχος και παραμόρφωση κελύφους και μονάδες Haugh.

Αναλυτικότερα:

- Το βάρος του αυγού υπολογίστηκε με ζυγό ακριβείας (Navigator™, N2B110, OHAUS Corporation, εικόνα 2.3.1), στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ.
- Το βάρος της λεκίθου μετρήθηκε κατόπιν διαχωρισμού της, με ζυγό ακριβείας (Navigator™, N2B110, OHAUS Corporation), στο εργαστήριο Ζωοτεχνίας της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ..



Εικόνα 2.3.1: Ζυγός ακριβείας για τη μέτρηση του βάρους του αυγού

- Το pH της λεκίθου και το pH του λευκώματος υπολογίστηκαν με ψηφιακό μετρητή τύπου WTW, στο εργαστήριο Ζωοτεχνίας της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ..
- Το ειδικό βάρος του αυγού προσδιορίστηκε στο εργαστήριο Ζωοτεχνίας της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ.. Η μέτρηση βασίστηκε στη μέθοδο που στηρίζεται στην αρχή του Αρχιμήδη. Σύμφωνα με αυτή, το αυγό μετά από ζύγιση σε ζυγό ακριβείας (Navigator™, N2B110, OHAUS Corporation) βυθίζεται σε απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 14-18°C και κατόπιν υπολογίζεται το βάρος του στο νερό με ζυγό ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων (AND, EK-120D, Ltd, εικόνα 2.3.2). Για τον υπολογισμό του ειδικού βάρους του αυγού χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

Ειδικό Βάρος = Βάρος στον Αέρα/ Βάρος στον Αέρα – Βάρος στο Νερό



Εικόνα 2.3.2: Συσκευή προσδιορισμού ειδικού βάρους αυγού

- Ο επιμήκης και ο εγκάρσιος άξονας του αυγού μετρήθηκαν με παχύμετρο και με ακρίβεια δεκάτου του εκατοστού (εικόνα 2.3.3) στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ..



Εικόνα 2.3.3: Παχύμετρο για τη μέτρηση του επιμήκη και του εγκάρσιου άξονα του αυγού

- Το ύψος της λεκίθου και του λευκόματος υπολογίστηκαν με ειδικό μικρομετρικό κοχλία (AMES S-6428 B.C. AMES CO Waltham Mass USA, εικόνα 2.3.4) στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ..



Εικόνα 2.3.4: Μικρομετρικός κοχλίας με τρίποδα

- Το χρώμα της λεκίθου προσδιορίστηκε στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ., με βάση την οπτική μέθοδο της κλίμακας Roche. Συγκεκριμένα, ο χρωματισμός της λεκίθου προσδιοριζόταν οπτικά με σύγκριση της λεκίθου με το έγχρωμο ριπίδιο της Roche (εικ. 2.3.5). Με το ριπίδιο αυτό πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ της λεκίθου που βρίσκεται υπό έλεγχο και των διαφόρων αποχρώσεων μιας κλίμακας χρωμάτων που μεταβάλλονται βαθμιαία ανάμεσα στα φύλλα του ριπιδίου.
- Το ριπίδιο φέρει δεκαπέντε (15) φύλλα, που κυμαίνονται σε χρωματισμό από το ωχρό πρασινοκίτρινο και μέσα από το χρυσοκίτρινο μέχρι το βαθύ πορτοκαλί. Κατά την εκτίμηση, τα φύλλα του ριπιδίου φέρονται αμέσως πάνω από τη λέκιθο και παρατηρούνται κατακόρυφα από πάνω για τον καθορισμό της απόχρωσης που ταιριάζει με το χρώμα της λεκίθου.



Εικόνα 2.3.5: Δεκαπενταβάθμιο ριπίδιο Roche για τον προσδιορισμό του χρώματος της λεκίθου του αυγού

- Η διάμετρος της λεκίθου μετρήθηκε με παχύμετρο και με ακρίβεια εκατοστού του χιλιοστού (mm), στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ..
- Ο χρωματισμός του κελύφους μετρήθηκε με όργανο μέτρησης της ανάκλασης του φωτός (EQ Reflectometer York electronics center, εικόνα 2.3.6) στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Εφαρμοσμένης Διατροφής Αγρ. Ζώων της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ.. Το χρώμα του κελύφους αποτελεί κληρονομικό χαρακτηριστικό και δεν έχει άμεση σχέση με την ποιότητα του αυγού. Ωστόσο, το χρώμα των αυγών φαίνεται ότι επηρεάζει σημαντικά την εμπορικότητα και τη ζήτησή τους. Ο χρωματισμός του αυγού ως κληρονομικό γνώρισμα δεν επηρεάζεται από τη διατροφή της όρνιθας, αλλά είναι δυνατό ορισμένες αναπνευστικές, κυρίως, ασθένειες ή και η

χρήση συγκεκριμένων φαρμάκων και απολυμαντικών, να προκαλέσουν μείωση στην απόχρωση των καφετιών αυγών (Larbier & Leclercq, 1994).



Εικόνα 2.3.6: Όργανο μέτρησης του χρωματισμού του κελύφους

- Η μέτρηση του πάχους του κελύφους πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ζωοτεχνίας της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ.. Έγινε μετά από θραύση του αυγού στην περιοχή του ισημερινού, πλύσιμο και ξήρανση του κελύφους σε συνθήκες δωματίου για 24 ώρες και χωρίς την αφαίρεση των υποκελύφωων μεμβρανών του αυγού, με παχύμετρο (AMES25-5 Waltham, εικόνα 2.3.7).



Εικόνα 2.3.7: Παχύμετρο για τη μέτρηση του πάχους του κελύφους

- Οι μονάδες Haugh υπολογίστηκαν με ειδική συσκευή EQM York Electronics center supplied by Technical services and supplies Ltd (εικόνα 2.3.8) στο εργαστήριο Ζωοτεχνίας της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ.. Κάθε αυγό θραυόταν και το περιεχόμενό του αφηνόταν να πέσει ομαλά από μικρό ύψος σε επίπεδη και λεία επιφάνεια, όπου στη συνέχεια τοποθετούνταν μικρομετρικός κοχλίας με τρίποδα (εικ. 12) για τον προσδιορισμό των μονάδων Haugh (δείκτης ύψους του πυκνού λευκού του αυγού προς το βάρος του). Ο υπολογισμός των μονάδων Haugh (HU) γινόταν από την εξίσωση:

$$\text{Μονάδες Haugh (HU)} = 100 \cdot \log(h - 1,7 \cdot w^{0,37} + 7,6)$$

όπου, h: μετρούμενο ύψος λευκού σε mm

w: μετρούμενο βάρος του αυγού σε g



Εικόνα 2.3.8: Συσκευή υπολογισμού μονάδων Haugh

2.4 Εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης

Για την εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης των ορνίθων, χρησιμοποιήθηκαν άμεσοι και έμμεσοι τρόποι. Στους άμεσους τρόπους, συμπεριλαμβάνονται η μέτρηση σε κάθε πειραματική ομάδα των παραγωγικών χαρακτηριστικών των ορνίθων, όπως η αυγοπαραγωγή, ο αριθμός των αυγών χωρίς κέλυφος, η κατανάλωση της τροφής και το σωματικό βάρος. Επίσης, συμπεριλαμβάνονται και οι μετρήσεις σε κάθε πειραματική ομάδα των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αυγού όπως το βάρος και το πάχος του κελύφους. Ο σκοπός αυτών των μετρήσεων, ήταν η πιθανότητα διαπίστωσης σημαντικά μειωμένης ποιοτικής αξιολόγησης, που θα μπορούσε να οδηγήσει στο συμπέρασμα της εμφάνισης της θερμικής καταπόνησης των ορνίθων. Επίσης, αξιολογήθηκε το ποσοστό θνησιμότητας καθώς και η αιτία που προκάλεσε το θάνατο μέσω της νεκροψίας στο ανατομείο του Ι.Κ.Ε.Θ. ΕΛΓΟ Δήμητρα. Στους έμμεσους τρόπους, συμπεριλήφθηκαν η οπτική παρατήρηση της μεταβολής της συμπεριφοράς των ορνίθων, όπως η μειωμένη κίνηση-περπάτημα, η αυξημένη κατανάλωση του νερού, η καταβροχή με νερό των λοφίων, η κοινωνική συμπεριφορά, η εμφάνιση άσθματος, η ανύψωση των φτερών, η πτώση των φτερών και η ταχύπνοια, εντός του πτηνοτροφείου του Αγροκτήματος της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ..

2.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Τα συγκεντρωθέντα ποσοτικά δεδομένα του πειράματος, υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης. Εφαρμόστηκε η μέθοδος OneWayAnova. Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS, PAZWstatistics18. Το επίπεδο σημαντικότητας που χρησιμοποιήθηκε ήταν το $\alpha=0.05$, που θεωρήθηκε επαρκές και ικανοποιητικό για τη διαπίστωση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

3.1 Παραγωγικά χαρακτηριστικά ορνίθων

Στον πίνακα 3.1.1 φαίνονται τα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνίθων κατά την προσθήκη στο σιτηρέσιό τους ιχθυελαίου σε αναλογία 2%, λεκιθίνης σόγιας σε αναλογία 0,05%, και του συνδυασμού τους στις προαναφερθείσες αναλογίες.

Πίνακας 3.1.1: Παραγωγικά χαρακτηριστικά¹ ορνίθων αυγοπαραγωγής
Επεμβάσεις

<i>Παράμετροι</i>	M	F	L	FL	SE	P	CV(%)
Συνολική αυγοπαραγωγή	1450 ^a	1436 ^a	1446 ^a	1506 ^b	1,85	*	1,26
Σπασμένα αυγά	8	10	16	0	1,3	ΜΣ	15,29
Αυγά χωρίς κέλυφος	1	2	3	1	0,2	ΜΣ	11,42
Ρυθμός αυγοπαραγωγής (%)	82,2 ^a	81,4 ^a	82,0 ^a	85,4 ^b	1,32	*	1,59
Μάζα αυγών/όρνιθα/ημέρα (g)	49,1	47,0	47,9	50,0	2,34	ΜΣ	4,82
Συνολική παραχθείσα μάζα αυγών (kg)	86,7	83,0	87,5	88,2	3,51	ΜΣ	4,06
Μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά όρνιθα (g)	115	112	114	120	3,4	ΜΣ	2,95
Εκμετάλλευση τροφής (kg τροφής/ kg μάζας αυγών)	2,46	2,50	2,49	2,54	0,004	ΜΣ	0,16
Θνησιμότητα (%)	13,89 ^c	0 ^a	5,55 ^b	0 ^a	2,456	*	50,53

¹Μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα μέσων όρων

M: μάρτυρας, F: επέμβαση με προσθήκη ιχθυελαίου (2%) στη τροφή, L: επέμβαση με προσθήκη λεκιθίνης (0,05%) στη τροφή, FL: επέμβαση με προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης στη τροφή στις παραπάνω αναλογίες.

^{a,b}: μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν σημαντικά ($P \leq 0,05$).

ΜΣ: μη σημαντική, * $P > 0,05$.

Από τη μελέτη του πίνακα 2.3.1.1 προκύπτουν ότι η συνολική αυγοπαραγωγή ήταν κατά μέσο όρο 1450 αυγά ανά επέμβαση για τη συνολική διάρκεια της πειραματικής περιόδου (49 ημέρες), και αυξήθηκε σημαντικά ($P \leq 0,05$) στην επέμβαση με τη συνδυασμένη διατροφική προσθήκη λεκιθίνης και ιχθυελαίου (ομάδα FL), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Επίσης, ο ρυθμός αυγοπαραγωγής ήταν κατά μέσο όρο 82,2% και αυξήθηκε σημαντικά στην επέμβαση με τη συνδυασμένη διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης σε σύγκριση με τις επεμβάσεις M, F και L. Ωστόσο, ο ρυθμός αυγοπαραγωγής θεωρείται ικανοποιητικός, αν ληφθεί υπόψη ότι οι όρνιθες κατά την έναρξη του πειράματος ήταν νεαρής ηλικίας (48 εβδομάδων). Παρόλα αυτά, λόγω της θερμικής καταπόνησης στην οποία υποβλήθηκαν οι όρνιθες εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος, το ποσοστό ωοτοκίας θεωρείται ικανοποιητικό. Τα σπασμένα και χωρίς κέλυφος αυγά, δεν επηρεάστηκαν από την προσθήκη ιχθυελαίου, λεκιθίνης και του συνδυασμού τους και αντιστοιχούσαν κ.μ.ο. στο 1,8% της συνολικής αυγοπαραγωγής. Το μικρό αυτό ποσοστό, αν και επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες την περίοδο του πειράματος, δικαιολογείται από το νεαρό της ηλικίας των ορνίθων οι οποίες δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η συνολική παραχθείσα μάζα αυγών ήταν κ.μ.ο. 86,7 kg και δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στην ημερήσια παραγόμενη μάζα αυγών ανά όρνιθα, η οποία ήταν κ.μ.ο. 49,1g. Ακόμη, η εκμετάλλευση της τροφής, που απεικονίζει σε μεγάλο βαθμό την οικονομικότητα της διατροφής, ήταν κ.μ.ο. 2,46 kg/kg μάζας αυγών και δε διέφερε μεταξύ των επεμβάσεων. Η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής, ήταν σε σχετικά χαμηλό επίπεδο των 115g/όρνιθα και δεν διέφερε μεταξύ των επεμβάσεων. Αυτό δικαιολογείται από το θερμικό στρες που υπέστησαν οι όρνιθες και κατ'επέκταση την μειωμένη όρεξη. Τέλος, η θνησιμότητα ήταν σε υψηλό ποσοστό 13,89% στον μάρτυρα, περιορίστηκε στο 5,55% με τη διατροφική προσθήκη της λεκιθίνης και εμφανίστηκε μηδενική στις επεμβάσεις με τη διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου ή του συνδυασμού του με λεκιθίνη. Αυτό υποδεικνύει πως πρωτίστως θετική επίδραση στη θερμική καταπόνηση είχε η προσθήκη ιχθυελαίου και δευτερευόντως η λεκιθίνη.

Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι, η διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου είχε μόνο μικρές επιπτώσεις στις αποδόσεις των ορνίθων. Σε μια από αυτές (Schreiner *et al.*, 2004), η αυγοπαραγωγή δεν επηρεάστηκε από τη διατροφική αυτή προσθήκη, σε άλλη (Van Elswyk *et al.*, 1995) το βάρος των αυγών μειώθηκε, ενώ οι Schreiner *et al.* (2004) έδειξαν ότι η προσθήκη ιχθυελαίου δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στο βάρος των αυγών και στην πρόσληψη τροφής. Η προσθήκη ιχθυελαίου στο σιτηρέσιο των ορνίθων, έχει αναφερθεί ότι

μειώνει την αυγοπαραγωγή, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να αποδοθεί στη μείωση της κατανάλωσης της τροφής. Ο Ayerze and Coates (1999) ανέφεραν ότι, οι σημαντικές διαφορές στην αυγοπαραγωγή, εξαιτίας της διατροφικής προσθήκης ελαίων θα μπορούσε να οφείλεται στη διαφορετική προέλευση ή και σύνθεση των ελαίων. Οι Jones *et al.* (2000), βρήκαν ότι, η μείωση της κατανάλωσης τροφής στην οποία έχουν προστεθεί έλαια, συσχετίζεται άμεσα με μείωση της αυγοπαραγωγής. Επίσης, οι Shang *et al.* (2004) παρατήρησαν ότι, σε όρνιθες αυγοπαραγωγής που διατράφηκαν με σιτηρέσιο στο οποίο είχαν προστεθεί συζευγμένα λινολαικά οξέα (CLA) σε αναλογίες 1 , 2 , 3 , 4 , 5 και 6 % , η αυγοπαραγωγή μειώθηκε γραμμικά.

3.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού

Στον πίνακα 3.2.1 παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού των ορνίθων στο σιτηρέσιο των οποίων έγινε προσθήκη ιχθυελαίου (2%), λεκιθίνης σόγιας (0,05%) ή του συνδυασμού τους στις προαναφερθείσες αναλογίες.

**Πίνακας 3.2.1: Ποιοτικά χαρακτηριστικά¹ αυγού ορνίθων αυγοπαραγωγής
Επεμβάσεις**

Παράμετροι	M	F	L	FL	P
Βάρος αυγού (g)	59,0±1,46	57,8±0,62	58,5±1,3	58,60±3,41	ΜΣ
Επιμήκης άξονας αυγού (mm)	55,3±1,17	55,4±1,25	55,3±1,26	55,70±1,22	ΜΣ
Εγκάρσιος άξονας αυγού (mm)	43,4±1,17	42,7±0,94	43,2±1,12	43,20±0,71	ΜΣ
Χρώμα λεκίθου (15βάθμιο ριπίδιο)	8,8±0,31	9,0±0,26	9,1±0,34	9,20±0,31	ΜΣ
Διάμετρος λεκίθου (mm)	25,6±0,57 ^a	25,5±1,13 ^a	28,1±1,18 ^b	25,40±0,58 ^a	*
Ύψος λεκίθου (mm)	18,0±0,42	16,7±0,36	17,9±0,41	17,0±0,34	ΜΣ
Ύψος λευκώματος (mm)	8,7±0,71	7,6±0,55	8,4±0,3	8,20±0,28	ΜΣ
Βάρος λεκίθου (g)	15,6±0,58	14,2±0,4	15,2±0,3	15,30±0,40	ΜΣ
pH λεκίθου	6,12±1,58	6,04±1,36	6,08±1,55	6,12±1,60	ΜΣ
pH λευκώματος	8,73±0,061	8,68±0,041	8,81±0,047	8,75±0,033	ΜΣ
Ειδικό βάρος αυγού (g/cm ³)	1,084±0,025	1,068±0,036	1,086±0,052	1,088±0,059	ΜΣ
Χρωματισμός κελύφους	24,3±0,75	22,4±0,57	23,0±1,05	22,10±1,02	ΜΣ
Αντοχή κελύφους στη θραύση (kg)	3,9±0,34	4,2±0,43	3,7±0,34	3,40±0,29	ΜΣ
Πάχος κελύφους (mm)	0,446±0,0206	0,445±0,015	0,438±0,0132	0,436±0,0136	ΜΣ
Βάρος κελύφους (g)	5,7±0,33	5,8±0,30	5,7±0,34	5,80±0,20	ΜΣ
Μονάδες Haugh	80,75±4,25	87,58±6,02	83,16±5,24	86,83±3,184	ΜΣ

¹Μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα μέσω των όρων

^{a, b}: Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν σημαντικά (P≤0.05),

ΜΣ: μη σημαντική

M: μάρτυρας, F: επέμβαση με προσθήκη ιχθυελαίου στη τροφή σε αναλογία 2%, L: επέμβαση με προσθήκη λεκιθίνης στη τροφή σε αναλογία 0,05%, FL: επέμβαση με προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης στη τροφή στις προαναφερθείσες αναλογίες.

Από τη μελέτη του πίνακα 3.1.2, προκύπτει ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά το βάρος και το ειδικό βάρος του αυγού, τον επιμήκη και εγκάρσιο άξονα του αυγού, το χρώμα, το ύψος, το βάρος και pH της λεκίθου, το ύψος και το pH του λευκώματος, τον χρωματισμό, το βάρος, το πάχος, την παραμόρφωση και την αντοχή του κελύφους στην θραύση καθώς και τις μονάδες Haugh. Μόνο η διάμετρος της λεκίθου αυξήθηκε σημαντικά στην επέμβαση με τη διατροφική προσθήκη λεκιθίνης, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού όπως το βάρος, το πάχος και το βάρος του κελύφους, το ύψος και το χρώμα της λεκίθου, επηρεάζονται θετικά, αρνητικά ή καθόλου, από τη διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν βαρύτερα και παχύτερα κελύφη αυγών σε όρνιθες που προστέθηκε στο σιτηρέσιό τους 3,5 % ιχθυέλαιο (Salah, 2013). Το πάχος του κελύφους στις όρνιθες με προσθήκη 3,5 % ιχθυελαίου ήταν 0,419 mm, ενώ το αντίστοιχο στον μάρτυρα ήταν 0,389mm (Shang *et al.*, 2004). Από την άλλη πλευρά, οι Pappas *et al.* (2005) διαπίστωσαν ότι, η διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου μειώνει το πάχος του κελύφους σε σύγκριση με το σογιέλαιο. Ο Hammershøj (1995) ανέφερε ότι, η προσθήκη 3 % ιχθυελαίου οδηγεί σε χαμηλότερη ποιότητα του κελύφους. Άλλες μελέτες έδειξαν, μια μείωση του βάρους της λεκίθου και των αυγών, σε σιτηρέσια πλούσια σε ω-3 λιπαρά οξέα από λιναρόσπορο και ιχθυέλαιο (Van Elswyk, 1997). Ο Whitehead (1995) απέδειξε ότι, η διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου αυξάνει το βάρος του αυγού καθώς διεγείρεται η σύνθεση των πρωτεϊνών του ωαγωγού και αυξάνεται το βάρος του λευκώματος. Αυτό αποτελεί έναν μηχανισμό που είναι διαφορετικός από εκείνον που προκαλεί την αντίστοιχη αύξηση που συσχετίζεται με την ηλικία των ορνίθων.

Ο Saleh (2013), αναφέρει ότι εμφανίζεται πιο σκούρο χρώμα της λεκίθου κατά τη διατροφή ορνίθων με σιτηρέσιο στο οποίο προστέθηκε 5 % ιχθυέλαιο. Οι Hammershøj and Parkhurst (1995) αναφέρουν ότι, το χρώμα της λεκίθου επηρεάζεται θετικά από τα ω-3 λιπαρά οξέα της τροφής, επειδή τα οξυκαροτενοειδή που περιέχονται στη τροφή είναι υδατοδιαλυτά, και η απορρόφησή τους από το έντερο είναι πιθανό να βελτιώνεται, όταν περιέχονται στη τροφή λιπίδια. Στην πραγματικότητα, το χρώμα της λεκίθου είναι ένα σημαντικό ποιοτικό κριτήριο αποδοχής ενός αυγού από τους καταναλωτές. Το αυγό εμπλουτισμένο με ω-3 PUFA, προερχόμενα από ιχθυέλαιο, μπορεί να συνδέεται με οσμή ιχθύος, η οποία μπορεί να είναι αποτρεπτική για τον καταναλωτή. Αυτό μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, αν προστεθεί στην τροφή των ορνίθων ιχθυέλαιο σε αναλογία 3,5% (Deborah *et al.*, 2005).

3.3 Μεταβολή του σωματικού βάρους των ορνίθων

Ο πίνακας 3.1.3, δείχνει τη μεταβολή του σωματικού βάρους των ορνίθων. Όπως προκύπτει από τον πίνακα αυτό, παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, τόσο εντός της κάθε ομάδας συναρτήσει του χρόνου, όσο και μεταξύ των ομάδων για κάθε χρονική στιγμή της ζύγισης, σε ότι αφορά το σωματικό βάρος των ορνίθων.

Πίνακας 3.1.3: Μεταβολή του σωματικού βάρους¹ των ορνίθων (g)

Επεμβάσεις	Ημέρα ζύγισης		Μεταβολή Βάρους	P
	1 ^η	49 ^η		
M	1802±25,4	1733±24,8	-69	MΣ
F	1723±28,3	1701±27,8	-22	MΣ
L	1761±20,7	1745±19,4	-16	MΣ
FL	1744±30,4	1758±31,2	+14	MΣ
P	MΣ	MΣ	-	-

¹Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις

M=μάρτυρας, F= μεταχείριση στην οποία προστέθηκε ιχθυέλαιο (2%) στη τροφή,

L= μεταχείριση στην οποία προστέθηκε λεκιθίνη (0,05%) στη τροφή,

FL= μεταχείριση στην οποία προστέθηκε ιχθυέλαιο (2%) και λεκιθίνη (0,05%) στη τροφή

MΣ: μη σημαντική

Οι Novak and Scheideler (2001) ανέφεραν ότι, η διατροφική προσθήκη ιχθυελαίου μειώνει την κατανάλωση τροφής η οποία οδηγεί σε μια μείωση του βάρους των ορνίθων. Αντίθετα, οι Ahn *et al.* (1999) διαπίστωσαν ότι, όρνιθες αυγοπαραγωγής που στο σιτηρέσιό τους έγινε προσθήκη 0, 2.5 και 5 % συζευγμένων λινολεϊκών οξέων (CLA), παρουσίασαν σημαντική μείωση του σωματικού τους βάρους κατά την προσθήκη CLA σε ποσοστό 5 %. Από την άλλη πλευρά, οι Gonzalez and Leeson (2000) έδειξαν ότι όρνιθες, που στο σιτηρέσιό τους προστέθηκε 2,4 και 6 % ιχθυελαίου, το σωματικό βάρος στην ηλικία των 19-55 εβδομάδων, δεν επηρεάστηκε από αυτή τη διατροφική προσθήκη. Επίσης, οι Mostafa *et al.* (2013) ανέφεραν ότι, το σωματικό βάρος αρουραίου δεν επηρεάζεται από τη διατροφική προσθήκη διαφορετικών πηγών ελαίων που περιέχουν ω-3 λιπαρά οξέα.

Σε μια προηγούμενη εργασία έχει αποδειχθεί ότι, το σωματικό βάρος ορνιθίων κρεοπαραγωγής δεν παρουσίασε κάποια μεταβολή όταν προστέθηκε λεκιθίνη σε ποσοστό

0,5% στο σιτηρέσιο κατά την 21^η και 35^η ημέρα χορήγησης (Azman and Ciftci, 2004). Σε μια άλλη εργασία έχει αποδειχθεί ότι, το τελικό σωματικό βάρος ήταν σημαντικά αυξημένο όταν προστέθηκε λεκιθίνη σε ποσοστό 0,5% στο σιτηρέσιο ορνιθίων κρεοπαραγωγής που περιείχε έλαιο σόγιας σε ποσοστό 1,5% μετά από 42 ημέρες (Huang J. *et al.*, 2007).

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής αποδεικνύουν ότι η προσθήκη ιχθυελαίου, λεκιθίνης ή και του συνδυασμού τους στα σιτηρέσια ορνιθίων αυγοπαραγωγής κατά τη θερινή περίοδο δεν επηρεάζουν σημαντικά τα περισσότερα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνιθίων, την πλειονότητα των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αυγού και το σωματικό βάρος των ορνιθίων. Υπάρχουν όμως, ορισμένες σημαντικές επιδράσεις όπως για παράδειγμα η αυξημένη αυγοπαραγωγή που οφείλεται στη συνδυασμένη προσθήκη λεκιθίνης και ιχθυελαίου, η σημαντική αύξηση της διαμέτρου της λεκίθου κατά την προσθήκη λεκιθίνης και η μειωμένη ή μηδενική θνησιμότητα που παρατηρείται κατά την προσθήκη λεκιθίνης και του συνδυασμού λεκιθίνης και ιχθυελαίου στα σιτηρέσια των ορνιθίων, οι οποίες πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω για εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

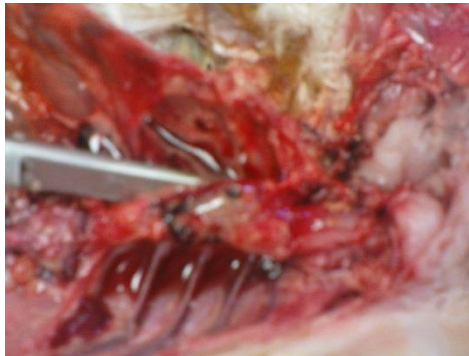
3.4 Εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1.1 η θνησιμότητα ήταν αυξημένη στο μάρτυρα, και ανήλθε σε ποσοστό 13,89%. Η προσθήκη λεκιθίνης τη μείωσε σημαντικά, σε ποσοστό 5,55%. Όμως, η προσθήκη ιχθυελαίου μόνο ή του συνδυασμού του με λεκιθίνη, είχε ως αποτέλεσμα μηδενική θνησιμότητα.

Μελέτες έδειξαν ότι, η αύξηση της απορρόφησης του λίπους και η εξοικονόμηση της φαινομένης μεταβολιστέας ενέργειας με την προσθήκη λεκιθίνης σε διάφορα σιτηρέσια ορνιθίων, οδηγούν σε διατήρηση των ζωοτεχνικών επιδόσεων λόγω βελτιωμένης απορρόφησης των λιπών της τροφής κατά 9%. Αυτό εξηγείται από την μειωμένη παραγωγή θερμότητας από τα πτηνά, με αποτέλεσμα τη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης του θερμικής καταπόνησης (Haitao L. *et al.*, 2008), Έχει αποδειχθεί ότι η αντιφλεγμονώδη δράση του ιχθυελαίου σε καταστάσεις θερμικής καταπόνησης, στηρίζεται στην ανασταλτική του επίδραση στην υπερπαραγωγή των προφλεγμονωδών κυτοκινών (Xi S. *et al.*, 1998).

Όλες οι νεκρές όρνιθες του μάρτυρα (M) και της πειραματικής ομάδας με τη διατροφική προσθήκη της λεκιθίνης (L), οδηγήθηκαν για νεκροψία και επιβεβαιώθηκε ότι η αιτία πρόκλησης του θανάτου τους ήταν η οξεία θερμική καταπόνηση. Κύριο χαρακτηριστικό ήταν η διαπίστωση καρδιακής προσβολής λόγω της μεγάλης αύξησης της καρδιακής

λειτουργίας, η οποία υποδεικνύει την έντονη προσπάθεια του καρδιαγγειακού συστήματος να απομακρύνει την περίσσεια θερμότητα (εικ. 3.1.4).



Εικόνα. 3.1.4.: Όψη καρδιακής προσβολής λόγω οξείας θερμικής καταπόνησης σε νεκροτομημένη όρνιθα

Το σωματικό βάρος των ορνίθων δεν είχε καμία στατιστικά σημαντική μείωση σε όλες τις πειραματικές ομάδες, γεγονός το οποίο αποδεικνύει ότι η κατανάλωση της τροφής των ορνίθων δε μειώθηκε σημαντικά υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών. Το πάχος του κελύφους του αυγού και το βάρος του αυγού δεν εμφάνισαν κάποια σημαντική μείωση σε όλες τις πειραματικές ομάδες. Επίσης, ο αριθμός των αυγών χωρίς κέλυφος δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντικός σε όλες τις πειραματικές ομάδες και επομένως η ταχύπνοια των ορνίθων φαίνεται ότι δεν προκάλεσε τη μείωση των διττανθρακικών έτσι ώστε να παρεμποδιστεί ο σχηματισμός του κελύφους του αυγού. Η συνολική αυγοπαραγωγή και ο ρυθμός αυγοπαραγωγής στην πειραματική ομάδα με τη συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης στο σιτηρέσιο των ορνίθων, ήταν σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τις υπόλοιπες πειραματικές ομάδες. Αυτό υποδηλώνει τη θετική επίδραση της συνδυασμένης προσθήκης ιχθυελαίου και λεκιθίνης στη θερμική καταπόνηση. Έτσι ενδεχομένως, αποφεύγεται η μείωση της ωχρινότροπου ορμόνης (LH), η μείωση της απελευθερωτικής ορμόνης της ωχρινότροπου ορμόνης (LHRH) στον υποθάλαμο τα οποία προκαλούν την μειωμένη αυγοπαραγωγή λόγω μειωμένης ωοθυλακιορρηξίας. Όσον αφορά τις μεταβολές της συμπεριφοράς των ορνίθων, παρατηρήθηκε σημαντικά μικρότερη ανύψωση των φτερών (ποσοστό 12%) στην ομάδα με τη συνδυασμένη προσθήκη λεκιθίνης και ιχθυελαίου, σε σχέση με το μάρτυρα (32%), την ομάδα με την προσθήκη λεκιθίνης (23%) και την ομάδα με την προσθήκη ιχθυελαίου (21%). Όλες οι υπόλοιπες μεταβολές στη συμπεριφορά των ορνίθων δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταξύ των πειραματικών ομάδων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❑ Η συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης στο σιτηρέσιο των ορνίθων, αύξησε σημαντικά τη συνολική αυγοπαραγωγή και το ρυθμό αυγοπαραγωγής, σε σύγκριση με τις άλλες τρεις επεμβάσεις.
- ❑ Η μάζα αυγών, η κατανάλωση και η εκμετάλλευση της τροφής δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την προσθήκη ιχθυελαίου ή λεκιθίνης και του συνδυασμού τους.
- ❑ Η θνησιμότητα ήταν αυξημένη στο μάρτυρα. Η προσθήκη λεκιθίνης τη μείωσε σημαντικά. Όμως, η προσθήκη ιχθυελαίου μόνο ή του συνδυασμού του με λεκιθίνη, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μηδενικής θνησιμότητας.
- ❑ Δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή του σωματικού βάρους των ορνίθων εξαιτίας της διατροφικής προσθήκης ιχθυελαίου, λεκιθίνης ή του συνδυασμού τους.
- ❑ Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων πειραματικών ομάδων ως προς τη συμπεριφορά τους, εκτός από την ανύψωση των φτερών, η οποία ήταν σημαντικά μειωμένη στην επέμβαση της συνδυασμένης προσθήκης λεκιθίνης-ιχθυελαίου (FL), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες (M, F και FL).
- ❑ Όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού δεν επηρεάστηκαν από την προσθήκη ιχθυελαίου, λεκιθίνης ή του συνδυασμού τους, εκτός από τη διάμετρο της λεκίθου που ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην επέμβαση με την προσθήκη λεκιθίνης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Ως γενικό συμπέρασμα, η συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης, σε αναλογίες 2% και 0,05% αντίστοιχα, στη τροφή αυγοπαραγωγών ορνίθων, αύξησε σημαντικά τη συνολική αυγοπαραγωγή και το ρυθμό αυγοπαραγωγής. Η προσθήκη λεκιθίνης στην τροφή, είχε ως αποτέλεσμα μικρό ποσοστό θνησιμότητας, ενώ η προσθήκη ιχθυελαίου και η συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης συνέβαλε στη μη εμφάνιση θνησιμότητας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της διατροφικής προσθήκης λεκιθίνης και/ή ιχθυελαίου στη θερμική καταπόνηση, στο σωματικό βάρος και στα παραγωγικά χαρακτηριστικά των ορνίθων, καθώς και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού ορνίθων αυγοπαραγωγής, υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών του καλοκαιριού.

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν 144 όρνιθες Isa Brown, ηλικίας 48 εβδομάδων κατά την έναρξη, οι οποίες χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις (4) πειραματικές ομάδες, με έξι επαναλήψεις των 6 ορνίθων η κάθε μία. Κάθε επανάληψη αποτελείτο από 2 παρακείμενα κελιά των 3 ορνίθων το καθένα. Στην πρώτη ομάδα (μάρτυρας, M) χορηγήθηκε προς κατά βούληση κατανάλωση ένα σιτηρέσιο αραβοσίτου-σόγιας αυγοπαραγωγών ορνίθων. Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη ομάδα χορηγήθηκε προς κατά βούληση κατανάλωση το ίδιο σιτηρέσιο με προσθήκη ιχθυελαίου 2% (ομάδα F), λεκιθίνης 0,05% (ομάδα L) και ιχθυελαίου 2% με λεκιθίνη 0,05% (ομάδα FL), αντίστοιχα. Καθημερινά γινόταν η καταγραφή της αυγοπαραγωγής. Σε εβδομαδιαία και συνολική βάση προσδιορίστηκαν η ημερήσια κατανάλωση τροφής, η εκμετάλλευση της τροφής και το βάρος των αυγών της κάθε πειραματικής ομάδας. Μετά από χρονικό διάστημα 49 ημερών, εξετάστηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού και η μεταβολή του σωματικού βάρους των ορνίθων.

Διαπιστώθηκε σημαντικά αυξημένος ($P \leq 0.05$) ο ρυθμός αυγοπαραγωγής στην επέμβασης FL, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Δεν υπήρξε καμία σημαντική διαφορά στο μέσο σωματικό βάρος των ορνίθων. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αυγού δεν παρουσίασαν καμία σημαντική διαφορά, εκτός από τη διάμετρο της λεκίθου, η οποία αυξήθηκε σημαντικά ($P \leq 0.05$) στην επέμβαση με την προσθήκη λεκιθίνης (L), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες προσθήκες. Αυξημένη θνησιμότητα (~15%) παρατηρήθηκε στις όρνιθες της πειραματικής ομάδας του μάρτυρα (M). Στην πειραματική ομάδα (L) η θνησιμότητα ήταν μειωμένη (~6%), ενώ στις πειραματικές ομάδες (F) και (FL) ήταν μηδενική.

Συμπερασματικά, η συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου 2% και λεκιθίνης σόγιας 0,05% στο σιτηρέσιο των ορνίθων αύξησε σημαντικά τον ρυθμό αυγοπαραγωγής και την συνολική αυγοπαραγωγή. Η προσθήκη λεκιθίνης βελτίωσε την συμπεριφορά των ορνίθων στη θερμική καταπόνηση με μείωση της θνησιμότητας, ενώ η προσθήκη ιχθυελαίου και η συνδυασμένη προσθήκη ιχθυελαίου και λεκιθίνης παρουσίασαν μηδενική θνησιμότητα.

Λέξεις κλειδιά: ιχθυέλαιο, λεκιθίνη, όρνιθες αυγοπαραγωγής, θνησιμότητα, αυγοπαραγωγή

“The effect of dietary supplementation with lecithin and / or fish oil on the performance, heat stress and egg quality traits of laying hens”

MSc Thesis

by Achilleas Malousis

SUMMARY

The aim of this study was to determine the effect of lecithin and/or fish oil dietary supplementation in heat stress, performance and egg quality traits at laying hens.

One hundred-forty four Isa Brown laying hens, 48 weeks old, were randomly divided into four experimental groups (code named M, F, L, FL) replicated six times with six hens per replicate. Each replicate consisted of two cages with three layers each. The group-M was given to consume a typical corn-soybean meal diet. The rest of the groups were given the same ration with the difference being the addition of 2% fish oil in group-F, 0.05% lecithin in group-L, 2% fish oil and 0.05% lecithin in group-FL. Every day the egg production was recorded. At the end of each week, the daily feed consumption and egg weight of each experimental group were examined. At the end of the 49 days trial, the performance, egg quality traits and body weight change were examined.

Results showed no significant differences on body weight and performance, apart from the rate of egg production and the total egg production being significantly higher ($P \leq 0.05$) in group-FL. Also, there were no differences among treatments in the egg quality traits of laying hens, apart from the yolk diameter which was significantly higher ($P \leq 0.05$) in group-L. Increased mortality was observed in laying hens of group-M, however, group-L had a lower rate, while group-F and group-FL had no mortality rate.

In conclusion, the combined dietary supplementation of 2% fish oil and 0.05% lecithin in laying hens increased significantly the rate of egg production and total egg production. The feeding supplementation of 0.05% lecithin improved the behavior of hens in heat stress which resulted to reduced mortality, while the fish oil and the combined addition of fish oil and lecithin resulted to no mortality rate.

Keywords: fish oil, lecithin, laying hens, mortality, egg production

BIBΛIOΓPAΦIA

- Ahn, D. U., J. L. Sell, C. JO, M. Chamruspollert and M. Jeffrey. (1999). Effect of Dietary Conjugated Linoleic Acid on the Quality Characteristics of Chicken Eggs During Refrigerated Storage. *Poultry Sci.* 78:922–928.
- Aida H, Hamamdžic M, Gagic A, Mihaljevic M, Krinic J, Vegara M, Baltic M, Trajkovic S, Kadric M, Pasic JE (2005): *Egg yolk lipid modifications by fat supplemented diets of laying hens*. *Acta Vet*, 55, 41-51.
- Allen, P.C. & Danforth, H.B. (1998). Effects of dietary supplementation with n-3 fatty acid ethyl esters on coccidiosis in chickens. *Poultry Science* **77**, 1631-1635.
- Ayerza, R. and W. Coates. (1999). An omega-3 fatty acid enriched chia diet: its influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. *Can. J. Anim. Sci.* 79:53–58.
- Azman, M. A. and M. Ciftci. (2004). Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue. Med. Vet.* 155:445-448.
- Basmacoglu, H., M. Cabuk, K. Unal, K. Ozkan, S. Akkan and H. Yalcin. 2003. Effects of dietary fish oil and flax seed on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hens. *South Afr. J. Anim. Sci.* 33(4):266-273.
- Baucells MD, Crespo N, Barroete AC, Lopez-Ferrer S, Grashorn MA. (2000): Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poult Sci*, 79, 51-59.
- Blesbois, E., Lessire, M., Grasseau, I., Hallouis, J.M. & Hermier, D. (1997). Effect of Dietary Fat on the Fatty Acid Composition and Fertilizing Ability of Fowl Semen. *Biology of Reproduction*, **56**, 1216-1220.
- Bozkurt, M.; Kucukvilmaz, K.; Catli, A.U.; Cinar, M.; Bintas, E.; Coven, F. (2012). Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with manna-oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. *Poult. Sci.*, 91, 1379–1386.
- Burke, J.M., Staples, C.R., Risco, C.A., de la Sota, R.D. & Thatcher, W.W. (1997). Effect of ruminant grade menhaden fish meal on reproductive and productive performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. **80**, 3386-3398.
- Cachaldora, P., Garcia-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J.C. & Mendez, J. (2008). Effect of the type and the level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acid deposition efficiency in laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 141, 104-114.

- Cahaner, A., Pinchasov, Y. and Nir, I. (1995) Effects of dietary protein under high temperature on body weight, breast meat yield, and abdominal fat deposition of broiler stocks differing in growth rate and fatness. *Poultry Science* **74**: 968-975.
- Calton, D., D. Sanders and F. Brinkhaus. (1998). Lysolecithin and pigmentation of yolk. Proceedings of the World Poultry science Association. Italian Section 36. Meeting on eggs and egg product, June 1998. Processing and marketing, Forli, Italy, pp: 36-37
- Caston, L. J., E. J. Squires and S. Leeson. (1994). Hen performance, egg quality and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Can. J. Anim. Sci.* **74**:347-353.
- Chi, Y., and S. Lin. (2002). Research advance in extraction and application of egg-yolk lecithin. *Food and Fermentation Industries*, **28**:50-53
- Darre, M.J. and Harrison, P.C. (1987). Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of single comb white leghorn hens during an acute exposure to 35° C ambient temperature. *Poultry science* **66**, 541-547.
- Deborah, P., W. H. Howard, S. Matthias, B. Emanuele and G. F. Natale. (2005). Positional analysis of egg triacylglycerols and phospholipids from hens fed diets enriched with refined seal blubber oil. *J. Sci. Food Agric.* **85**:1703-1714.
- Dunn-Hurrocks, S., Pichardo-Fuchs, M., Lee, J., Ruiz-Feria, C., Creger, C., Hyatt, D., Stringfellow, K., Sanchez, M. & Farnell, M. (2011). Effect of omega-3 enriched layer rations on egg quality. *Int. J. Poult. Sci.* **10**, 8-11.
- Eid, Y. Z. (2005). Hen eggs beyond the nutritional value. Proceedings of the 3rd International poultry conference, 4-7 April, Hurgada –Egypt
- Emmert, J. L., T. A. Garrow and D. H. Baker. (1996). Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. *J. Anim. Sci.* **74**:2738-2744.
- Erdman R.A., Sharma B.K. (1991). Effect of dietary rumen-protected choline in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **74**: 1641–1647
- Fritche, K.L., Cassity, N.A. & Huang, S. (1991). Effect of dietary fat source on antibody production and lymphocyte proliferation in chickens. *Poultry Science*, **70**, 611-617.
- Gonzalez, E. R. and S. Leeson. (2000). Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Sci.* **79**:1597–1602.
- Haitao Li, Gavin S. and Huang S. (2008) Effects of LYSOFORTE supplemented in broiler diets as partial substitute of fat.

- Hammershoj, M. (1995). Effects of dietary fish oil with natural content of carotenoids on fatty acid composition, n-3 fatty acid content, yolk color and egg quality of hen eggs. *Arch.Geflugelkunde* 59:189-197.
- Heugten van E., Odle J. (2000): Evaluation of lysolecithin as an emulsifier for weanling piglets. 1998–2000 Department Report, Department Anim. Sci., ANS Report No. 248.
- Hoffman, D. R., R. C. Theuer, Y. S. Castaneda, D. H. Wheaton, R. H. Bosworth and A. R. Connor. (2004). Maturation of visual acuity is accelerated in breast-fed term infants fed baby food containing DHA enriched egg yolk. *J. Nutr.* 68:881-886.
- Huang J., D. Yang, and T. Wang. (2007). "Effects of replacing soy-oil with soylecithin on growth performance, nutrient utilization and serum parameters of broilers fed corn-based diets," *Asian-australasian journal of animal sciences*, vol. 20, pp. 1880-1886.
- Huang J., D. Yang, S. Gao, and T. Wang. (2008). "Effects of soy-lecithin on lipid metabolism and hepatic expression of lipogenic genes in broiler chickens," *Livestock Science*, vol. 118, pp. 53-60.
- Ipatova, O. M., N. N. Prozorovskaia, T. I. Torkhovskaia, V. S. Baranova and D. A. Guseva. (2004). Biological effects of the soybean phospholipids. *Biomed. Khim.* 50:436-450.
- Jensen J.S., Jensen S.K., Jakobsen K. (1997). Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *J. Anim. Sci.*, 75, 437–445.
- Jiang, Y., S.K. Noh, and S.I. Koo. (2001). Egg phosphatidylcholine decreases the lymphatic absorption of cholesterol in rats, *J. Nutr.*, 131:2358-2363.
- Jiang, Z., Ahn, D.U. & Sim, J.S. (1991). Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poult. Sci.* 70, 2467-2475.
- Jones, S., D. W. L. Ma, F. E. Robinson, C. J. Field and M. T. Clandinin. (2000). Isomers of conjugated linoleic acid (CLA) are incorporated into egg yolk lipids by CLA-fed laying hens. *J. Nutr.* 130:202–205.
- Kang, K. R., G. Cherian and J. S. Sim. (2001). Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid modified poultry products. *Poult. Sci.* 80:228–234.
- Kirunda, D.F.K., Scheideler, S.E. and McKee, S.R. (2001) The efficacy of Vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate) supplementation in hens diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. *Poultry Science* 80: 1378-1383.
- Klasing K. (1992). Nutrition and Immunity. *Large animal veterinarian*, July/August 1992.

- Klasing, K.C., Laurin, D.E., Peng, R.K. & Fry, D.M. (1987). Immunologically mediated growth depression in chicks: influence of feed intake, corticosterone and interleukin-1. *J. Nutr.* **117**, 1629-1637.
- Koutsos, E. (2007). Effects of hen nutrition on egg consumption. Feed info news service. www.feedinfo.com, accessed 8 April 2011.
- Kucuk, O., Sahin, N. and Sahin, K. (2003) Supplemental zinc and Vitamin A can alleviate negative effects of heat stress in broiler chickens. *Biological Trace Element Research* **94**: 225-235.
- Lan, P.T., Sakamoto, M. and Benno, Y. (2004) Effects of two probiotic lactobacillus strains on jejunal and caecal microbiota of broiler chicken under acute heat stress condition as revealed by molecular analysis of 16S rRNA genes. *Microbiology and Immunology* **48**: 917-929.
- Larbier M. and B. Leclercq (1994). Nutrition and feeding of poultry. Translated and edited by Julian Wiseman. Nottingham, *Nottingham University Press*.
- Lechowski R., W. Bielecki, E. Sawosz, M. Krawiec, and W. Kluciński. (1999). "The Effect of Lecithin Supplementation on the Biochemical Profile and Morphological Changes in the Liver of Rats Fed Different Animal Fats," *Veterinary research communications*, vol. 23, pp. 1-14.
- Lin, H., Wang, L.F., Song, J.L., Xie, Y.M. and Yang, Q.M. (2002) Effect of dietary supplemental levels of Vitamin A on egg production and immune responses of heat-stressed laying hens. *Poultry Science* **81**: 458-465.
- Lough, D.S.; Solomon, M.B.; Rumsey, T.S.; Elsasser, T.H.; Slyter, L.L.; Kahl, S.; Lynch, G.P. (1992). Effects of dietary canola seed soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *J. Anim.Sci.* **70**:1992, 1153-1156.
- Lustick, S.I., (1983). Cost-benefit of thermoregulation in birds: influences of posture, microhabitat selection, and colour. In: Aspey, W. and Lustick, S.I. (eds) *Behavioral Energetics*. Ohio State University Press, Columbus, Ohio, pp 265-294.
- Μαρινόπουλος, Γ., (2012). Η επίδραση της διατροφικής προσθήκης αιθέριων ελαίων αρωματικών φυτών στην υγεία, την ευζωία και τις αποδόσεις αυγοπαραγωγών ορνίθων.
- Marchesini G., Segato S., Stefani A.L., Tenti S., Dorigo M., Gerardi G., Bernardini D., Andrighetto I. (2012). Lecithin: a byproduct of biodiesel production and a source of choline for dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, in press
- Mardsen, A., Morris, T.R.(1987). Quantitative review of the effect of environmental temperature on feed intake, egg output and energy balance in laying pullets. *Brit. Poultry Science* **28**, 693-704.

- Mashaly, M.M. Hendricks III, G.L., Kalama, M.A., Gehad, A.E., Abbas, A.O., and Patterson, P.H. (2004). Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science* 61, 706-709.
- May, J.D. and Lott, B.D., (1992). Feed consumption patterns of broilers at high environmental temperatures. *Poultry Science* 71, 331-336.
- McFarlane, J.M., Curtis, S.E., Shanks, R.D. and Carmer, S.G. (1989). Multiple concurrent stressors in chicks. Effect on weight gain, feed intake, and behaviour. *Poultry Science* 68, pp 501-509.
- McKee, J.S. and Hurrison, P.C. (1995) Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poultry Science* 74: 1772-1785.
- McNaughton, J. (1996). Study shows dietary fish oil and fish solubles aid poultry. *Poultry Times* - February 1996.
- Mench, J., (1985). Behaviour and stress. *Maryland Poultryman*, July 1-2.
- Mostafa, R. A., Y. G. Moharram, S. Ramadan, S. Attia and A. El-Sharnouby. (2013). Utilization of some vegetable oil blends rich in omega-3 fatty acids: Biological evaluation. *Emir. J. Food Agric.* 25(5):320-330.
- Murray, M.J., Svingen, B.A., Holman, R.T. & Yaksh, T.L. (1991). Effects of a Fish Oil Diet on Pigs' Cardiopulmonary response to Bacteremia. *J. Parenteral & Enteral Nut.* 15, 152-158.
- NDRI, A. L, (2006). Διατριβή επί διδακτορία. Institut National Agronomique Paris-Grignon. Dept des sciences animals.
- Novak, C. and S. E. Scheideler. (2001). Long-term effects of feeding flaxseed-based diets. Egg production parameters, components, and eggshell quality in two strains of laying hens. *Poultry Sci.* 80:1480–1489.
- Nover, L., (1991) Heat shock response. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Okan, F., Kutlu, H.R., Canogullari, S. and Baykal, L. (1996a). Influence of dietary supplemental ascorbic acid on laying performance of Japanese quail reared under high environmental temperature. *British Poultry Science* 37: S71-S73.
- Orban, J.I., Roland, SR. D.A., Cummins, K. and Lovel, R.T. (1993) Influence of large dose of ascorbic acid on performance on performance, plasma calcium, bone characteristic, and eggshell quality in broilers and leghorn hens. *Poultry Science* 72: 691-700.
- Ouyang, K., W. J. Wang, M. S. Xu, J. Yan and S. G. Xinchun. (2004). Effects of different oils on the production performances and polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. *Asian Austr. J. Anim. Sci.* 17:843-847.
- Palmquist D.L., Beaulieu A.D., Barbano D.M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 76, 1753–1771.

- Pappas, A. C., T. Acamovic, N. H. C. Sparks, P. F. Surai and R. M. Devitt. (2005). Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Sci.* 84:865–874
- Piepenbrink M.S., Overton T.R. (2003). Liver metabolism and production of cows fed increasing amounts of rumen-protected choline during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 86: 1722–1733
- Pinotti L., Baldi A., Dell’Orto V. (2002). Comparative mammalian choline metabolism with emphasis on role in ruminants, especially the high yielding dairy cow. *Nutrition Research Reviews*, 15: 315
- Pinotti L., Baldi A., Politis I., Rebucci R., Sangalli L., Dell’Orto V. (2003). Rumen protected choline administration to transition cows: effects on milk production and vitamin E status. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 50, 1: 18–21.
- Puthongsiriporn, U., Scheideler, S.E., Sell, J.L. and Beck, M.M. (2001) Effects of Vitamin E and C supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poultry Science* 80: 1190-1200.
- Remus, Janet. (2001) Betaine for increased breast meat yield in turkey. *World Poultry. Elsevier* 17(2) 14-15.
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; de Basilio, V.; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 2012, 6, 707–728.
- Richard J. J., (2003). La regie de l’elevage des volailles. Fondation du XXIIIeme Congres Mondial Veterinaire, Montreal, Quebec.
- Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M.F. and Kucuk, O. (2003) Dietary Vitamin C and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in Japanese quail. *Journal of Nutrition* 133: 1882-1886.
- Saleh, A. A. (2013). Effects of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. *Emir. J. Food Agric.* 2013. 25 (8): 605-612.
- Schwarzer K., Adams C.A. (1996). The influence of specific phospholipids as absorption enhancer in animal nutrition. *Fett-Lipid*, 98, 304–308.
- Shang, X. G., F. L. Wang, D. F. Li, J. D. Yin and J. Y. Li. (2004). Effects of dietary conjugated linoleic acid on the productivity of laying hens and egg quality during refrigerated storage. *Poultry Sci.* 83:1688–1695.
- Sim, J.S. (1994). New extraction and fractionation method for lecithin and neutral oil from egg yolk in *Egg Uses and Processing Technologies*, edited by J.S. Sim, and S. Nakai, CAB International, Wallingford, UK, pp 128-138.

- Simopoulos, A. P. (2000). Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with n- 3 PUFA. *Poultry Sci.* 79:961–970.
- Sossidou, E., Yannakopoulos, A., Tserveni-Gousi, A., (2005). Consumers willingness to buy ω -3 eggs in the greek market. Proceedings of XI th European Symposium on the quality of eggs and eggs products. Doorwerth, Netherlands.
- Sossidou, E., Yannakopoulos, A., Tserveni-Goussi, P, et al. (2008). Consumers' attitudes to some characteristics of omega-3 eggs. *World's Poultry Sci. J.* 64 (supplement 1), p. 69-70.
- Sossidou, E. and Elson, H. (2009). Hens welfare to egg quality: a European perspective. *World's Poultry Sci. J.* 65, 4 p. 709-718
- Van Elswyk, M.E. (1997). Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *Br. J. Nutr.*, 78: S61-S69.
- Vaughn D.M. , Reinhart G.A., et al. (1994). Evaluation of effects of dietary n-6:n-3 fatty acid ratios on leukotriene B synthesis in dog skin and neutrophils. *Vet. Dermatology* 5, 163.
- Walkiewicz, A., Kamyk, P., Wielbo, E. & Stasiak, A. (1995). The influence of supplementary feeding of lactating sows with fish oil on the fat composition of milk and on litter rearing outcome. *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska. Sectio EE Zootechnica* **13**, 71-76.
- Wang, S., Bottje, W.G., Kinzler, S., Neldon, H.L. and Koike, T.I. (1989). Effect of heat stress on plasma levels of arginine vasotocin mesotocin in domestic fowl. *Comparative Biochemistry and Physiology* 93A, 721-724.
- Wang, L.F., Lin, H. and Yang, Q.M. (2002) The effect of dietary Vitamin A levels on peroxidation status of inoculated and heat-stressed laying hens. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica* 33: 443-447.
- Wettstein, H.R.; Formi Q.; Kreuzer, M.; Sutter, F. (2001). Influence of plant lecithin partly replacing rumen-protected fat on digestion, metabolic traits and performance of dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, volume 84, pag 165.
- Whitehead, C. C. (1995). Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53:91-98.
- Whittow, G.C., (1986). Regulation of body temperature. In: Sturkie, P.D. (ed) *Avian Physiology*. Springer, New York, pp. 221-252.
- Wu, Y., and T. Wang (2003). Soybean lecithin fractionation and functionality, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80:319-326
- Xi, S., D. Cohen, and L. H. Chen. (1998). Effects of fish oil on cytokines and immune functions of mice with murine AIDS. *J. Lipid Res.* 39:1677–1687.