



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΘΡΕΨΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**Διδακτορική Διατριβή**

Διαιτητικά χαρακτηριστικά υπολειμμάτων εστίασης και χρήση τους  
στη διατροφή μονογαστρικών ζώων

**Ελισάβετ Μ. Γιαμούρη**

Επιβλέπων καθηγητής:

Αθανάσιος Παππάς, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Αθανάσιος Παππάς, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Παπαδομιχελάκης Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Τσιπλάκου Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΘΡΕΨΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**Διδακτορική Διατριβή**

Διαιτητικά χαρακτηριστικά υπολειμμάτων εστίασης και χρήση τους  
στη διατροφή μονογαστρικών ζώων

“Dietary characteristics of food waste and it’s utilization  
in monogastric animal diets”

**Ελισάβετ Μ. Γιαμούρη**

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αθανάσιος Παππάς, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γεώργιος Παπαδομιχελάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Ελένη Τσιπλάκου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ευάγγελος Ζωίδης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α

Μιχάλης Γκολιομύτης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Παναγιώτης Σμιτζής, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ναυσικά Καρακατσούλη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

## **Περίληψη**

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και η βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο ζωής του. Η προσπάθεια κάλυψης των αυξημένων αναγκών που έχουν δημιουργηθεί έχει οδηγήσει και σε αύξηση της ζήτησης κτηνοτροφικών προϊόντων. Την ίδια στιγμή, το κόστος διατροφής των παραγωγικών ζώων έχει αυξηθεί σημαντικά με αποτέλεσμα να αυξάνεται και το κόστος διατροφής των ανθρώπων. Αυτός είναι και ο λόγος που τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών θρεπτικών συστατικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφές.

Οι μεγάλες ποσότητες τροφίμων που χάνονται ή σπαταλώνται παγκοσμίως σε ετήσια βάση έχουν προκαλέσει ανησυχίες σχετικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Έτσι, έχει δοθεί μεγάλη σημασία στην ανακύκλωση και γενικότερη διαχείριση των υπολειμμάτων. Τα υπολείμματα αυτά που προέρχονται από τον χώρο της εστίασης θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως μια εναλλακτική πηγή ζωοτροφών, καθώς αποτελούν συστατικά πλούσια σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά. Ο όρος υπολείμματα αναφέρεται στα εδώδιμα υλικά που μπορεί να προκύψουν σε οποιοδήποτε στάδιο της αλυσίδας προμήθειας τροφίμων λόγω διαφόρων αιτιών. Τα υπολείμματα αυτά αφού υποστούν θερμική επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ζώων.

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής στο πλαίσιο του προγράμματος LIFE FOOD4FEED ήταν η αξιοποίηση τροφικών υπολειμμάτων που προέρχονταν από ξενοδοχειακές μονάδες της Κρήτης. Παράλληλα, διερευνήθηκαν τα διαιτητικά τους χαρακτηριστικά και έγινε εκτίμηση της χρήσης τους σε προκαθορισμένο ποσοστό στα σιτηρέσια μονογαστρικών ζώων και ειδικότερα σε παχυνόμενα ορνίθια και χοίρους. Μελετήθηκαν οι επιδράσεις σε παραμέτρους ανάπτυξης και σε επιλεγμένα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος, ο προσδιορισμός επιλεγμένων αιματολογικών και βιοχημικών δεικτών, το βάρος εσωτερικών οργάνων, ο προσδιορισμός της πεπτικότητας της τροφής, η αποτύπωση του προφίλ των λιπαρών οξέων του κρέατος αλλά και ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής του ικανότητας.

Στο πλαίσιο της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν τέσσερις πειραματικές δοκιμές, οι δύο από τις οποίες αφορούσαν παχυνόμενα ορνίθια και οι δύο παχυνόμενους χοίρους. Στην πρώτη πειραματική δοκιμή με τα παχυνόμενα ορνίθια χρησιμοποιήθηκαν 200 νεοσσοί, ηλικίας μίας ημέρας, και κατανεμήθηκαν τυχαία σε 20 κελιά των 10 ορνιθίων το καθένα. Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις με 10 επαναλήψεις η κάθε μία. Η πρώτη διατροφική επέμβαση ήταν ο μάρτυρας (C) στην οποία χορηγήθηκε ένα εμπορικό σιτηρέσιο με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλευρο και η δεύτερη επέμβαση (T) κατανάλωνε το ίδιο σιτηρέσιο με ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 15%. Τα δύο σιτηρέσια ήταν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά. Τα ορνίθια της ομάδας του μάρτυρα είχαν μεγαλύτερη κατανάλωση τροφής και σημείωσαν μεγαλύτερο σωματικό βάρος σε σχέση με τα ορνίθια της επέμβασης, την 42<sup>η</sup> ημέρα. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο βάρος των εσωτερικών οργάνων και στις αιματολογικές παραμέτρους. Διαφορές εντοπίστηκαν σε παραμέτρους προσδιορισμού του χρώματος, όπως στο συντελεστή που προσδιορίζει την ένταση του κίτρινου χρώματος στο κρέας, ενώ και η δύναμη διάτμησης ήταν χαμηλότερη στην ομάδα της επέμβασης σε σχέση με τον μάρτυρα. Ακόμα οι συγκεντρώσεις των κορεσμένων (SFA) και των μονοακόρεστων (MUFA) λιπαρών οξέων (%) στο μυϊκό ιστό ήταν μικρότερες για την ομάδα του μάρτυρα, ενώ ο λόγος PUFA/SFA ήταν μεγαλύτερος στην ομάδα του μάρτυρα από ότι στην ομάδα της διατροφικής επέμβασης. Η οξειδωτική σταθερότητα του κρέατος δεν ήταν διαφορετική μεταξύ των ομάδων. Η πεπτικότητα των λιπαρών και ινωδών ουσιών ήταν χαμηλότερη στην ομάδα του μάρτυρα σε σχέση με αυτή της επέμβασης με τα υπολείμματα εστίασης.

Στην δεύτερη πειραματική δοκιμή με τα παχυνόμενα ορνίθια χρησιμοποιήθηκαν 240 νεοσσοί μίας ημέρας και κατανεμήθηκαν τυχαία σε 20 κελιά των 12 πτηνών το καθένα. Δημιουργήθηκαν 4 διατροφικές επεμβάσεις με 5 επαναλήψεις η κάθε μία. Υπήρχε η ομάδα του μάρτυρα (C) στην οποία χορηγήθηκε ένα εμπορικό σιτηρέσιο με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλευρο, η ομάδα NM που κατανάλωνε το ίδιο σιτηρέσιο με ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 10% από τα οποία είχαν αφαιρεθεί υπολείμματα κρέατος, η ομάδα NS στην οποία τα υπολείμματα εστίασης περιείχαν υπολείμματα κρέατος και δεν είχαν υποστεί αποστείρωση συμμετείχαν σε ποσοστό 10% και η ομάδα S που κατανάλωνε υπολείμματα τα οποία περιείχαν κρέας και είχαν αποστειρωθεί σε ποσοστό 10%. Τα σιτηρέσια ήταν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά. Η ομάδα NM σημείωσε σημαντικά χαμηλότερο σωματικό βάρος σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα. Δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των αιματολογικών παραμέτρων και στα

βάρη των εσωτερικών οργάνων με εξαίρεση το θύλακα του *Fabricius*. Οι παράμετροι ποιότητας του κρέατος δεν διέφεραν, όπως και η οξειδωτική σταθερότητά του. Διαφορές εντοπίστηκαν στην πεπτικότητα της οργανικής ουσίας, η οποία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες και στην πεπτικότητα των ινωδών ουσιών που επίσης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τις ομάδες NS και S. Η συγκέντρωση των SFA ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα NS, ενώ των MUFA στην ομάδα S, στην οποία ο λόγος PUFA/SFA ήταν σημαντικά μικρότερος.

Στην πρώτη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενους χοίρους, χρησιμοποιήθηκαν 19 ευνουχισμένοι χοίροι της φυλής Duroc×Large white×Landrace. Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις, ο μάρτυρας (C) και η επέμβαση DHR (dried hotel residues) με 10 και 9 χοίρους αντίστοιχα. Η ομάδα του μάρτυρα καταλάωνε ένα εμπορικό σιτηρέσιο πάχυνσης με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλευρο και στην ομάδα DHR χορηγήθηκε το ίδιο σιτηρέσιο με ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 10%. Η ημερήσια αύξηση σωματικού βάρους ήταν χαμηλότερη στην ομάδα DHR. Το pH στο κρέας ήταν σημαντικά χαμηλότερο στην ομάδα DHR, και οι αιματολογικές παράμετροι σημείωσαν διαφορές μεταξύ των ομάδων. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των SGOT-AST, SGPT-ALT και της χοληστερόλης ήταν σημαντικά υψηλότερη για την ομάδα της επέμβασης. Το σύνολο των SFA ήταν σημαντικά μικρότερο στην ομάδα DHR, ενώ διέφερε και το άθροισμα n-3 που ήταν σημαντικά αυξημένο στην ομάδα DHR, ενώ ο λόγος n-6/n-3 είχε αντίθετη εικόνα. Η αντιοξειδωτική ικανότητα δε διέφερε για τις δύο ομάδες, ενώ η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα του μάρτυρα σε σχέση με την ομάδα DHR.

Στη δεύτερη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενους χοίρους, χρησιμοποιήθηκαν 20 ευνουχισμένοι χοίροι της φυλής Duroc×Large white×Landrace. Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις, ο μάρτυρας (C) και η επέμβαση DHR. Κάθε ομάδα αποτελούνταν από 10 χοίρους. Η ομάδα του μάρτυρα καταλάωνε ένα εμπορικό σιτηρέσιο πάχυνσης με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλευρο και στην ομάδα DHR χορηγήθηκε το ίδιο σιτηρέσιο με ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 8%, από τα οποία όμως είχαν αφαιρεθεί τα υπολείμματα κρέατος. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους ανάπτυξης, στους αιματολογικούς δείκτες, στις παραμέτρους ποιότητας του κρέατος, στο προφίλ των λιπαρών οξέων του κρέατος και στην οξειδωτική σταθερότητά του.

Συμπερασματικά, από τις πειραματικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης υποστηρίζεται η χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων εστίασης στη διατροφή των μονογαστρικών ζώων. Ο έλεγχος της ασφάλειας και η εξασφάλιση της ποιότητας των υπολειμμάτων είναι ωστόσο πρωταρχικός στόχος. Η συνέχιση της έρευνας σχετικά με τα υπολείμματα εστίασης κρίνεται απαραίτητη, προκειμένου να διασφαλιστεί η χρησιμοποίηση ενός προϊόντος που θα μειώσει το κόστος της διατροφής των ζώων και θα συνεισφέρει ουσιαστικά στην βελτίωση της βιωσιμότητας του κλάδου της ζωικής παραγωγής.

**Επιστημονική περιοχή:** διατροφή μονογαστρικών

**Λέξεις κλειδιά:** λιπαρά οξέα, ορνίθια κρεοπαραγωγής, παχυνόμενοι χοίροι, ποιότητα κρέατος, υπολείμματα εστίασης

## **Dietary characteristics of food waste and its utilization in monogastric animal diets**

*Department of Animal science*

*Laboratory of Nutritional Physiology and Feeding*

### **Abstract**

The increasing world population in combination with the improvement of living standards has significantly changed the lifestyle of human beings. The increasing human needs have raised the demand for products of animal origin. At the same time, demand for alternative sources of nutrients has increased due to the high cost of feedstuff which causes a constant raise on the cost of human diets.

The large amounts of food that gets lost or wasted annually in a global scale has raised concerns over the environmental impact. Hence, the recycling and generally the handling of food waste is of major importance. Food waste that derives from food industry can be a potential animal feed, since it is a valuable source of energy and nutrients and might be used as feedstuff after thermal procedure. The term 'Food waste' refers to the food loss that occurs in any stage of the food supply chain due to several causes.

The present PhD dissertation was part of the LIFE FOOD4FFED project and aimed to investigate the use of food waste derived from hotels in Crete. At the same time the dietary characteristics of food waste and its use in the diet of monogastric animals and especially in broilers and fattening pigs were evaluated. The growth performance parameters, meat quality traits, selected haematological and biochemical parameters, the weight of internal organs, nutrients' digestibility, fatty acids profile and lipid oxidation of meat were assessed.

Concerning the experimental procedure, four experimental trials were carried out in broilers and fattening pigs, two in each species. In the first trial in broilers, 200 one-day-old broilers were used and were allocated into 2 treatment groups with 10 replicate pens containing 10 birds per pen. In the first group named control (C), the diet did not contain any food waste, whereas in the second treatment (T) food waste residues from hotels were incorporated at the level of 15% in the diet. Diets had similar crude protein and metabolizable energy content. Broilers fed the control treatment consumed more feed and gained more weight compared to broilers fed the food waste supplemented diet. No significant differences were observed for internal organ weights and

haematological parameters, although some differences were observed in colour traits and in the shear force of meat. Concentrations of saturated (SFA) and monounsaturated (MUFA) fatty acids (% of total fatty acids) were lower in the control group, while the concentration of PUFA/MUFA was higher in the C group. The MDA concentration did not differ between the treatments while ether extract and crude fiber digestibility were lower in the C group compared with T group.

In the second experimental trial in broilers, 240 one-day-old broilers were used and were allocated into four treatment groups, namely, control (C), non-meat treatment (NM) with an inclusion of 10% food waste with no meat residues and no sterilization, nonsterilized treatment (NS) with an inclusion of 10% food waste and sterilized treatment (S) with an inclusion of 10% sterilized food waste which contained meat, each with 5 replicate pens of 12 broilers. Diets had similar crude protein and metabolizable energy content. Broilers in the NM group had significantly lower body weight compared to the control group. Minor differences were observed in haematological parameters as well as in the weight of the bursa of *Fabricius*. Moreover, meat quality traits and MDA levels did not differ. However, differences were observed in the nutrients' digestibility of organic matter, which was higher in C group compared with NM, NS and S groups. The group NS had higher concentration of SFA, while MUFA was higher in S group and the PUFA/MUFA was lower in the same group.

In the first trial with fattening pigs, 19 castrated pigs of Duroc×Large white×Landrace were allocated into 2 treatments. The first dietary group was the control C, consisted of 10 pigs and the second group was the treatment group named DHR (dried hotel residues) consisted of 9 pigs. In the C group, pigs were fed a corn-soybean meal-based diet with no food waste residues, while the DHR group were fed the same diet with an inclusion of food waste at 10%. Daily feed intake tended to be lower in the DHR group. The value of meat pH was lower in the DHR group, and the haematological parameters were different between control and DHR treatment. The concentration of SGOT-AST, AGPT-ALT and cholesterol were higher in DHR group. The sum of SFA was significantly lower in DHR group, n-3 were increased in DHR treatment, while the n-6/n-3 had a reverse result. MDA concentration was similar in both groups, while the digestibility of crude fiber was lower in control group.

In the second trial with fattening pigs 20 castrated pigs of Duroc×Large white×Landrace were allocated into 2 treatments. The first dietary group was control (C), consisted of 10 pigs and the



second group was the treatment group named DHR also consisted of 10 pigs. In the C group pigs were fed a corn-soybean meal-based diet with no food waste residues, while the DHR group were fed the same diet with an inclusion 8% of food waste with no meat residues. No major differences were observed in growth performance parameters, in haematological parameters, in the meat quality traits, in the fatty acid profile and in the MDA concentration.

Finally, judging from the outcome of the present study, we conclude that the use of food waste in the diet of monogastric animals is highly recommended. Safety and the assurance of the quality of the food waste were of primary importance. Further work is necessary in order to achieve the utilization of the food waste product that will reduce the animals' nutrition cost and will contribute in a sustainable future of animal production.

**Scientific area:** nutrition of monogastrics

**Key words:** broilers, fatty acids, finishing pigs, food waste, meat quality

## **ΔΗΛΩΣΗ ΕΡΓΟΥ**

Η κάτωθι υπογεγραμμένη, Γιαμούρη Ελισάβετ δηλώνω ότι το κείμενο της μελέτης αποτελεί δικό μου, μη υποβοηθούμενο πόνημα. Υποβάλλεται σε μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του Διδακτορικού Διπλώματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Δεν έχει υποβληθεί ποτέ πριν για οποιοδήποτε λόγο ή για εξέταση σε οποιοδήποτε άλλο πανεπιστήμιο ή εκπαιδευτικό ίδρυμα της χώρας ή του εξωτερικού.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Γιαμούρη Ελισάβετ

15/09/2022

**Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της διδακτορικής διατριβής**

- 1) **GIAMOURI, E.**, PAPPAS, A. C., PAPADOMICHELAKIS, G., TSIPLAKOU, E., SOTIRAKOGLOU, K., MARKAKIS, N., GALLIOU, F., MANIOS, T., ZENTEK, J., LASARIDI, K., FEGEROS, K. & ZERVAS, G. “The food for feed concept. Performance of broilers fed hotel food residues.” *British Poultry Science* **2021**, 62(3): 452-458.
- 2) **GIAMOURI, E.**, PAPPAS, A.C., PAPADOMICHELAKIS, G.; SIMITZIS, P.E., MANIOS, T., ZENTEK, J., LASARIDI, K., TSIPLAKOU, E. & ZERVAS, G. “The Food for Feed Concept: Redefining the Use of Hotel Food Residues in Broiler Diets.” *Sustainability* **2022**, 14, 3659.
- 3) **GIAMOURI, E.**, PAPADOMICHELAKIS, G., PAPPAS, A.C., SIMITZIS, P.E., GALLIOU, F., PAßLACK, N., ZENTEK, J., LASARIDI, K., FEGEROS, K., MANIOS, T., TSIPLAKOU, E. & ZERVAS, G. “Meat Quality Traits as Affected by the Dietary Inclusion of Food Waste in Finishing Pigs.” *Sustainability* **2022**,14, 6593.

**Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές σχετικές με τη διατροφή των μονογαστρικών ζώων που σχετίζονται έμμεσα με τη διδακτορική διατριβή**

- 4) GEORGANAS, A., **GIAMOURI, E.**, PAPPAS, A.C., PAPADOMICHELAKIS, G., GALLIOU, F., MANIOS, T., TSIPLAKOU, E., FEGEROS, K. & ZERVAS G. “Bioactive Compounds in Food Waste: A Review on the Transformation of Food Waste to Animal Feed.” *Foods* **2020**, 9(3): 291
- 5) MAVROMMATIS, A., ZOGRAFAKI, M.-E., MARKA, S., MYRTSI, E.D., **GIAMOURI, E.**, CHRISTODOULOU, C., EVERGETIS, E., ILIOPOULOS, V., KOULOCHERI, S.D., MOSCHOPOULOU, G., SIMITZIS, P.E., PAPPAS, A.C., FLEMETAKIS, E., KOUTINAS, A., HAROTOUNIAN, S.A. & TSIPLAKOU, E. “Effect of a Carotenoid Extract from Citrus reticulata By-Products on the Immune-Oxidative Status of Broilers.” *Antioxidants* **2021**, 11(1): 144.
- 6) MAVROMMATIS, A., **GIAMOURI, E.**, TAVRIZELOU, S., ZACHARIOUDAKI, M., DANEZIS, G., SIMITZIS, P.E., ZOIDIS, E., TSIPLAKOU, E., PAPPAS, A.C.,

- GEORGIU, C.A. & FEGEROS, K. “Impact of Mycotoxins on Animals’ Oxidative Status.” *Antioxidants* **2021**, 10(2): 214.
- 7) MAVROMMATIS, A., **GIAMOURI, E.**, MYRTSI, E., EVERGETIS, E., FILIPPI, K., PAPAPOSTOULOU, H., KOULOCHERI, S., ZOIDIS, E., PAPPAS, A., KOUTINAS, A., HAROUTOUNIAN, S. & TSIPLAKOU, E. “Antioxidant Status of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with Vinification By-Products: A Valorization Approach.” *Antioxidants* **2021**, 10 (8): 1250
- 8) MAVROMMATIS, A., SIMITZIS, P., KYRIAKAKI, P., **GIAMOURI, E.**, MYRTSI, E., EVERGETIS, E., FILIPPI, K., PAPAPOSTOULOU, H., KOULOCHERI, S., PAPPAS, A., KOUTINAS, A., HAROUTOUNIAN, A. & TSIPLAKOU, E. “Immune-Related Gene Expression Profiling of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with Vinification Byproducts: A Valorization Approach II.” *Antioxidants* **2021**, 11(11): 3038
- 9) **GIAMOURI, E.**, FORTATOS, S., PAPPAS, A.C., YANNOPOULOS, S. & PAPADOMICHELAKIS, G. “Effects of Selenium Nanoparticles-loaded Chitosan Microspheres on Meat Selenium Content and Oxidative Stability in Broiler Chickens.” *Acta Scientifica Veterinaria Sciences* **2021**, 3(11): 27-38.
- 10) FORTATOS, S., **GIAMOURI, E.**, PAPPAS, A.C., YANNOPOULOS, S. & PAPADOMICHELAKIS, G. “Selenium Nanoparticles-loaded Chitosan Microspheres as a Dietary Selenium Source in Rabbits: Impact on Meat Selenium Content and Oxidative Stability.” *Acta Scientifica Veterinaria Sciences* **2021**, 39(11): 45-56.
- 11) GEORGANAS, A., **GIAMOURI, E.**, CHRISTODOULOU, C., MAVROMMATIS, A., ZOIDIS, E., PAPADOMICHELAKIS, G., SIMITZIS, P.E. TSIPLAKOU E., PAPPAS, A.C. & FEGEROS, K. (2022) Impact of bioactive compounds on animals and the environment. In: YILDIZ, G. & İZLI, G., (Eds.) Bioactive Compounds and their Importance, Nova Science Publishers, New York, USA, pp. 61-104
- 12) GEORGANAS, A., **GIAMOURI, E.**, PAPPAS, A.C., PAPADOMICHELAKIS, G., FORTATOS, S., MANIOS, T., LASARIDI, K., FEGEROS, K., TSIPLAKOU, E. & ZERVAS, G. “Redefining the future of catering waste application in animal diets – A review on the minimization of potential hazards in catering waste prior to application in animal diets.” *Animal Feed Science and Technology* **2022**, 289, 115334.

## **Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της διδακτορικής διατριβής**

- 1) Γιαμούρη Ε., Παππάς Α.Χ., Παπαδομιχελάκης Γ., Τσιπλάκου Ε., Σωτηράκογλου Κ., Φεγγερός Κ., Ζέρβα Γ.** «Μελέτη της ενσωμάτωσης υπολειμμάτων εστίασης στο σιτηρέσιο ορνιθίων κρεοπαραγωγής στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τους». 34<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας Νο. 49, (2019), 68-69.
- 2) Γιαμούρη Ε., Παπαδομιχελάκης Γ., Παππάς Α.Χ., Τσιπλάκου Ε., Φεγγερό Κ., Ζέρβας, Γ.** «Επίδραση της προσθήκης υπολειμμάτων εστίασης στο σιτηρέσιο παχυνόμενων χοίρων στις παραγωγικές αποδόσεις και σε παραμέτρους ποιότητας κρέατος». 34<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας Νο. 49, (2019), 70-71.
- 3) Giamouri E., Pappas A.C., Papadomichelakis G., Tsiplakou E., Sotirakoglou K., Markakis N., Galliou F., Manios T., Zentek J., Lasaridi K., Fegeros K. & Zervas G.** “Effects of dietary dried food waste addition to broiler diets on growth performance.” EAAP No 26 (2020), 231.
- 4) Giamouri E., Papadomichelakis G., Pappas A.C., Tsiplakou E., Sotirakoglou K., Markakis N., Galliou F., Manios T., Zentek J., Lasaridi K., Fegeros K. & Zervas G.** “Effects of dietary food waste addition on growth performance and meat quality in finishing pigs.” EAAP- Poster presentation. No 26 (2020), 247.
- 5) Giamouri E., Pappas A.C., Papadomichelakis G., Tsiplakou E., Sotirakoglou K., Fegeros K. & Zervas G.** “Effects of Dietary Dried Food Waste Addition to Broiler Diets on Growth Performance and Haematological Parameters.” Retaste Conference. Vol. 1 RETASTE-F4F-27 (2021), 177.
- 6) Giamouri E., Papadomichelakis G., Pappas A.C., Tsiplakou E., Fegeros K. & Zervas G.** “Performance and Meat Quality as Affected by the Dietary Inclusion of Food Waste in Fattening Pigs.” Retaste Conference. Vol. 1 RETASTE-F4F-28 (2021), 178.
- 7) Γιαμούρη Ε., Παππάς Α.Χ., Παπαδομιχελάκης Γ., Τσιπλάκου Ε., Φεγγερός Κ., Ζέρβας Γ.** «Ενσωμάτωση Διαφορετικών Ειδών Υπολειμμάτων Εστίασης στο Σιτηρέσιο Ορνιθίων Κρεοπαραγωγής στα Παραγωγικά Χαρακτηριστικά τους». 35<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας Νο. 50, (2021), 53-54.

- 8) **Γιαμούρη Ε.**, Παπαδομιχελάκης Γ., Παππάς Α.Χ., Σμιτζής, Π.Ε., Τσιπλάκου Ε., Ζέρβας Γ. «Η επίδραση των υπολειμμάτων εστίασης στις παραγωγικές αποδόσεις και στις παραμέτρους ποιότητας του κρέατος παχυνόμενων χοίρων». 36<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας No. 51, (2022), 74-75.

**Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια σχετικές με τη διατροφή των μονογαστρικών ζώων που σχετίζονται έμμεσα με τη διδακτορική διατριβή**

- 9) **Γιαμούρη Ε.**, Φορτάτος Ε., Παππάς Α.Χ., Γιαννόπουλος Σ. και Παπαδομιχελάκης Γ. «Επίδραση της προσθήκης επικαλυμμένων με χιτοζάνη νανοσωματιδίων σεληνίου στο σιτηρέσιο ορνιθίων κρεοπαραγωγής στις παραγωγικές αποδόσεις και σε παραμέτρους ποιότητας του κρέατος». 35<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας No. 50, (2021), 45-46.
- 10) Φορτάτος Ε., **Γιαμούρη Ε.**, Παππάς Α.Χ., Γιαννόπουλος Σ. και Παπαδομιχελάκης Γ. «Επίδραση της προσθήκης επικαλυμμένων με χιτοζάνη νανοσωματιδίων σεληνίου στο σιτηρέσιο κονίκλων στις παραγωγικές αποδόσεις και σε παραμέτρους ποιότητας του κρέατος». 35<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας No. 50, (2021), 43-44.
- 11) Papadomichelakis G., **Giamouri E.**, Fortatos E., Pappas A.C. and Giannopoulos S. “Meat Selenium Concentration and Oxidative Stability in Broiler Chickens Fed Diets with Selenium Nanoparticles- Loaded Chitosan Microspheres” 3<sup>rd</sup> Online International Conference on Aquaculture and Fisheries, Virtual Conference (November 2021).
- 12) Papadomichelakis G., Fortatos E., **Giamouri E.**, Pappas A.C. and Giannopoulos S. “Selenium Nanoparticles-Loaded Chitosan Microspheres as A Dietary Selenium Source in Rabbits: Impact on Meat Selenium Concentration and Oxidative Stability.” 3<sup>rd</sup> Online International Conference on Aquaculture and Fisheries, Virtual Conference (November 2021).
- 13) Papadomichelakis G., Fortatos E., **Giamouri E.**, Pappas A.C. and Giannopoulos S. “Efficacy of dietary selenium-loaded chitosan nanoparticles in rabbits and broiler chickens.” EAAP- presentation. No 28 (2022), 472.

## Περιεχόμενα

	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση</b>	
<b>1.</b>	Εισαγωγή	1
<b>1.1</b>	Ο κύκλος ζωής των τροφίμων και η δημιουργία υπολειμμάτων	3
<b>1.2</b>	Ποσότητες υπολειμμάτων που παράγονται σε παγκόσμιο και Ευρωπαϊκό επίπεδο	8
<b>1.3</b>	Οφέλη της κοινωνίας από τη μείωση των υπολειμμάτων	10
<b>1.4</b>	Ποσότητες τροφίμων που σπαταλώνται ανά κατηγορία	11
<b>2.</b>	Η προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος	13
<b>3.</b>	Χρησιμοποίηση υπολειμμάτων τροφίμων ως ζωοτροφές	16
<b>4.</b>	Επεξεργασία υπολειμμάτων πριν την χρήση	20
<b>5.</b>	Νομοθεσία σχετικά με τη χρήση των υπολειμμάτων στη διατροφή των ζώων	25
<b>6.</b>	Διατροφή πτηνών	27
<b>6.1</b>	Κατάρτιση σιτηρεσίων παχυνόμενων νεοσσών κρεοπαραγωγής	29
<b>7.</b>	Διατροφή χοίρων	31
<b>7.1</b>	Κατάρτιση σιτηρεσίων παχυνόμενων χοίρων	32
<b>8.</b>	Πελτικότητα τροφής	34
<b>9.</b>	Ποιοτικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού	36
<b>9.1</b>	Χημική σύσταση και σύνθεση μυϊκού ιστού	36
<b>9.1.1</b>	Το νερό στο μυϊκό ιστό	36
<b>9.1.2</b>	Οι πρωτεΐνες του μυϊκού ιστού	37
<b>9.1.3</b>	Το λίπος στο μυϊκό ιστό	38
<b>9.1.4</b>	Τα ανόργανα στοιχεία του μυϊκού ιστού	40
<b>9.2</b>	Παράγοντες που επηρεάζουν την χημική σύσταση του μυϊκού ιστού	40
<b>9.3</b>	Ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα του κρέατος	41
<b>9.3.1</b>	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού	42
	Ικανότητα συγκράτησης νερού (ΙΣΥ)	42
	Απώλεια οπού	43
	pH	43
<b>9.3.2</b>	Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού	45
	Χρωματισμός	45
	Οσμή και άρωμα	46
	Τρυφερότητα	46
	Γευστικότητα	47

<b>9.4</b>	Λιπαρά οξέα στον μυϊκό ιστό - παράγοντες που τα επηρεάζουν	48
<b>9.5</b>	Οξειδωση λιπιδίων	50
<b>9.5.1</b>	Αυτοοξειδωση κορεσμένων λιπαρών οξέων	50
<b>9.5.2</b>	Φωτοευαισθητοποιημένη οξειδωση λιπαρών οξέων	52
<b>9.5.3</b>	Επιπτώσεις της οξειδωσης λιπιδίων στην ποιότητα του κρέατος	52

9.5.4	Μέθοδοι προσδιορισμού της οξειδωσης	53
10.	Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής	54
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β: Υλικά και μέθοδοι</b>	
11	Υλικά και μέθοδοι	
11.1	Συλλογή υπολειμμάτων	57
11.2	Χημική σύσταση υπολειμμάτων	60
11.2.1	Προσδιορισμός Ξηράς Ουσίας	60
11.2.2	Προσδιορισμός Ολικής Τέφρας	61
11.2.3	Προσδιορισμός Ολικών Αζωτούχων Ουσιών	62
11.2.4	Προσδιορισμός Ολικών Λιπαρών Ουσιών	63
11.2.5	Προσδιορισμός ινωδών ουσιών	64
11.2.6	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στα υπολείμματα	65
11.2.6.1	Σύνθεση μεθυλεστέρων	65
11.2.6.2	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία	65
11.3	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια	67
11.3.1	Σκοπός του πειράματος	67
11.3.2	Πειραματικός σχεδιασμός	67
11.3.3	Δειγματοληψία-Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης	74
11.3.4	Υπολογισμός απόδοσης σε σφάγιο και στήθος	74
11.3.5	Προσδιορισμός αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων και βάρους εσωτερικών οργάνων	75
11.3.6	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών στον μυϊκό ιστό	76
11.3.6.1	Προσδιορισμός pH	76
11.3.6.2	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών χρώματος	76
11.3.6.3	Υπολογισμός απώλειας οπού	77
11.3.6.4	Εκτίμηση τρυφερότητας μυϊκού ιστού	77
11.3.7	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	77
11.3.7.1	Σύνθεση μεθυλεστέρων	77
11.3.7.2	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία	78
11.3.8	Προσδιορισμός MDA στο μυϊκό ιστό	79
11.3.9	Προσδιορισμός πεπτικότητας της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών	80
11.3.9.1	Προσδιορισμός συντελεστών φαινομένης πεπτικότητας	80
11.3.9.2	Προσδιορισμός της συνολικής και πεπτής ενέργειας με αδιαβατική θερμιδομετρία	81
11.4	Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια	83
11.4.1	Σκοπός του πειράματος	83
11.4.2	Πειραματικός σχεδιασμός	83
11.4.3	Δειγματοληψία-Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης	92
11.5	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	93
11.5.1	Σκοπός του πειράματος	93
11.5.2	Πειραματικός σχεδιασμός	93
11.5.3	Δειγματοληψία-Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης	97



11.5.4	Υπολογισμός απόδοσης σε σφάγιο	97
11.5.5	Προσδιορισμός βιοχημικών παραμέτρων	98
11.5.6	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών στον μυϊκό ιστό	98
11.5.6.1	Προσδιορισμός pH	99
11.5.6.2	Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών χρώματος	99
11.5.6.3	Υπολογισμός απώλειας οπού	99
11.5.6.4	Εκτίμηση τρυφερότητας μυϊκού ιστού	99
11.5.7	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	100
11.5.7.1	Σύνθεση μεθυλεστέρων	100
11.5.7.2	Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία	100
11.5.8	Προσδιορισμός MDA στο μυϊκό ιστό	100
11.5.9	Προσδιορισμός πεπτικότητας της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών	100
11.5.9.1	Προσδιορισμός συντελεστών φαινομένης πεπτικότητας	100
11.5.9.2	Προσδιορισμός της συνολικής και πεπτής ενέργειας με αδιαβατική θερμιδομετρία	100
11.6	Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	101
11.6.1	Σκοπός του πειράματος	101
11.6.2	Πειραματικός σχεδιασμός	101
11.6.3	Δειγματοληψία-Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης	106
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ: Αποτελέσματα</b>	
12	Αποτελέσματα	107
12.1	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια	107
12.1.1	Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης	107
12.1.2	Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο και στήθος	108
12.1.3	Αιματολογικές παράμετροι και βάρη εσωτερικών οργάνων	108
12.1.4	Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού	110
12.1.5	Προφίλ λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	111
12.1.6	Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος	113
12.1.7	Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα	114
12.2	Δεύτερη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενα ορνίθια	115
12.2.1	Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης	115
12.2.2	Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο	114
12.2.3	Αιματολογικές παράμετροι και βάρη εσωτερικών οργάνων	118
12.2.4	Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού	120
12.2.5	Προφίλ λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	121
12.2.6	Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος	123
12.2.7	Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα	124
12.3	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	126
12.3.1	Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης	126
12.3.2	Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο	127

12.3.3	Βιοχημικές παράμετροι	128
12.3.4	Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού	129
12.3.5	Προφίλ λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	130
12.3.6	Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος	132
12.3.7	Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα	133
12.4	Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	134
12.4.1	Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης	134
12.4.2	Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο	135
12.4.3	Βιοχημικές παράμετροι	136
12.4.4	Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού	138
12.4.5	Προφίλ λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό	139
12.4.6	Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος	140
12.4.7	Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα	141
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ: Σχολιασμός αποτελεσμάτων</b>	
13.	Σχολιασμός αποτελεσμάτων	
13.1	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια	142
13.2	Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια	147
13.3	Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	151
13.4	Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	154
14.	<b>Συμπεράσματα</b>	158
15.	<b>Βιβλιογραφία</b>	
15.1	Ελληνική βιβλιογραφία	161
15.2	Ξένη βιβλιογραφία	161

## Κατάλογος πινάκων

	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	
<b>A.1</b>	Εξέλιξη του σωματικού βάρους και η ημερήσια κατανάλωση τροφής νεοσσών κρεοπαραγωγικού τύπου	30
<b>A.2</b>	Σύσταση άπαχου μυϊκού ιστού ορνιθίων και χοίρων	36
<b>A.3</b>	Περιεκτικότητα των πρωτεϊνών του κρέατος σε απαραίτητα και μη αμινοξέα	38
<b>A.4</b>	Ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στο κρέας	40
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β: Υλικά και Μέθοδοι</b>	
<b>B.1</b>	Σύσταση υπολειμμάτων 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	68
<b>B.2</b>	Προσδιορισθείσα χημική σύσταση (%) υπολειμμάτων 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	69
<b>B.3</b>	Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) των υπολειμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην 1 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων	70
<b>B.4</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση (%) του εναρκτήριου σιτηρεσίου (0-10 <sup>η</sup> ημέρα), του σιτηρεσίου ανάπτυξης (11 <sup>η</sup> -24 <sup>η</sup> ημέρα) και του σιτηρεσίου πάχυνσης (25 <sup>η</sup> -42 <sup>η</sup> ημέρα) (*υπολογισθείσα ενέργεια) της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	72
<b>B.5</b>	Σύσταση των υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας για τη 2 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων	86
<b>B.6</b>	Προσδιορισθείσα χημική σύσταση (%) υπολειμμάτων 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων (*υπολογισθείσα ενέργεια)	87
<b>B.7</b>	Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) του μη αποστειρωμένου υλικού, των υπολειμμάτων χωρίς κρέας και του αποστειρωμένου υλικού που χρησιμοποιήθηκαν στη δεύτερη πειραματική δοκιμή ορνιθίων	88
<b>B.8</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των εναρκτήριων σιτηρεσίων (0-10 <sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	89
<b>B.9</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσίων ανάπτυξης (11 <sup>η</sup> -24 <sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	90
<b>B.10</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσίων πάχυνσης (25 <sup>η</sup> -42 <sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων	91
<b>B.11</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσίων του μάρτυρα (C) και της επέμβασης (DHR) της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής με παχυνόμενους χοίρους	96
<b>B.12</b>	Προσδιορισθείσα χημική σύσταση (%) υπολειμμάτων χωρίς κρέας της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής στους παχυνόμενους χοίρους	103
<b>B.13</b>	Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) των υπολειμμάτων χωρίς κρέας της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής στους παχυνόμενους χοίρους	104

<b>B.14</b>	Σύσταση (%) και χημική σύνθεση (%) των σιτηρεσίων του μάρτυρα (C) και της επέμβασης (DHR) για τη 2 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους	105
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ: Αποτελέσματα</b>	
<b>Γ.1</b>	Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των ορνιθίων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής τις ημέρες 0-42	107
<b>Γ.2</b>	Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τα ορνίθια της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42 <sup>η</sup> ημέρα	108
<b>Γ.3</b>	Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες αιματολογικές παραμέτρους και στο βάρος εσωτερικών οργάνων (% ολικού Σ.Β.) των ορνιθίων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	109
<b>Γ.4</b>	Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των ορνιθίων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	110
<b>Γ.5</b>	Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) στο στήθος ορνιθίων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42 <sup>η</sup> ημέρα	112
<b>Γ.6</b>	Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξειδωσης με σίδηρο στο κρέας των ορνιθίων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	113
<b>Γ.7</b>	Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 38-41 στην 1 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων	114
<b>Γ.8</b>	Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των ορνιθίων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής τις ημέρες 0-42	116
<b>Γ.9</b>	Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τα ορνίθια της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42 <sup>η</sup> ημέρα	117
<b>Γ.10</b>	Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους και στο βάρος εσωτερικών οργάνων των ορνιθίων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	119
<b>Γ.11</b>	Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των ορνιθίων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	120
<b>Γ.12</b>	Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) στο στήθος ορνιθίων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42 <sup>η</sup> ημέρα	122
<b>Γ.13</b>	Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξειδωσης με σίδηρο στο κρέας των ορνιθίων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	123
<b>Γ.14</b>	Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 38-41 στην 2 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων	125

<b>Γ.15</b>	Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των χοίρων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής (στην ηλικία των 106 έως 152 ημερών)	126
<b>Γ.16</b>	Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τους χοίρους της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την ημέρα 152	127
<b>Γ.17</b>	Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες βιοχημικές παραμέτρους για τους χοίρους της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	128
<b>Γ.18</b>	Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των χοίρων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	129
<b>Γ.19</b>	Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) του κρέατος των χοίρων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	131
<b>Γ.20</b>	Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των χοίρων της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	132
<b>Γ.21</b>	Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 144-147 στην 1 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή χοίρων	133
<b>Γ.22</b>	Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των χοίρων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής (στην ηλικία των 113-168 ημερών)	134
<b>Γ.23</b>	Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τους χοίρους της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την ημέρα 168	135
<b>Γ.24</b>	Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες βιοχημικές παραμέτρους για τους χοίρους της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	136
<b>Γ.25</b>	Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των χοίρων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	138
<b>Γ.26</b>	Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) του κρέατος των χοίρων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	139
<b>Γ.27</b>	Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των χοίρων της 2 <sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής	140
<b>Γ.28</b>	Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 40-43 στην 2 <sup>η</sup> πειραματική δοκιμή χοίρων	141

## Κατάλογος εικόνων

	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	
<b>A.1</b>	Φάσμα κλινικών συμπτωμάτων που μπορεί να υποδηλώνει την παρουσία της νόσου του αφθώδους πυρετού σε χοίρους	22
<b>A.2</b>	“EcoFeed”: Τα απόβλητα τροφίμων μετατρέπονται σε δύο τύπους ξηρής τροφής μετά από μια τελική διαδικασία θέρμανσης -- πλούσια σε λίπος και πρωτεΐνες και λιγότερο λίπος και πρωτεΐνη αλλά περισσότερους υδατάνθρακες -- και σε υγρό τύπο από παστεριωμένα ποτά όπως γάλα και ψιλοκομμένα λαχανικά.	23
<b>A.3</b>	Το πεπτικό σύστημα των πτηνών	27
<b>A.4</b>	Η πτώση του pH στο μυϊκό ιστό των χοίρων έως και 24 ώρες μετά τη σφαγή	45
<b>A.5</b>	Οι παράγοντες που θα εκτιμηθούν στο πλαίσιο της μελέτης της επίδρασης της διατροφικής προσθήκης υπολειμμάτων εστίασης	56
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β: Υλικά και μέθοδοι</b>	
<b>B.1</b>	Η πορεία επεξεργασίας των υπολειμμάτων εστίασης που συλλέχθηκαν από ξενοδοχειακές μονάδες για να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή πτηνών και χοίρων	58
<b>B.2</b>	Αποξηραμένα υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν στα σιτηρέσια πτηνών και χοίρων, πριν και μετά την άλεση	59
<b>B.3</b>	Απεικόνιση κελιών της πειραματικής μονάδας ορνιθίων	70
<b>B.4</b>	Αδιαβατικό θερμιδόμετρο	82
<b>B.5</b>	Παχυνόμενα ορνίθια	85
<b>B.6</b>	Πειραματικός χώρος στέγασης χοίρων	94
<b>B.7</b>	Παχυνόμενος χοίρος κατά τη διάρκεια της μελέτης	95

## Κατάλογος σχημάτων

	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	
<b>A.1</b>	Η σπατάλη τροφίμων στην τροφική αλυσίδα	5
<b>A.2</b>	Ποσότητες τροφίμων που σπαταλώνται ανά κατηγορία	12
<b>A.3</b>	Συνολικές ποσότητες τροφίμων που παράγονται και ποσοστά που σπαταλώνται ανά κατηγορία	12
<b>A.4</b>	Η ιεραρχία διαχείρισης υπολειμμάτων	15

## **Γλωσσάριο ορολογίας**

**DHR:** Dried hotel residues

**FBD:** Fluidized bed dryer

**MUFA:** Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα

**PUFA:** Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

**SFA:** Κορεσμένα λιπαρά οξέα

**ΞΟ:** Ξηρά ουσία

**ΟΛΟ:** Ολικές Λιπαρές Ουσίες

**ΙΟ:** Ινώδεις Ουσίες

**ΟΑΟ:** Ολικές Αζωτούχες Ουσίες

**Σ.Β.:** Σωματικό βάρος

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

## 1. Εισαγωγή

Σήμερα ο παγκόσμιος πληθυσμός υπολογίζεται σε 7,7 δισεκατομμύρια, ενώ μέχρι τα μέσα του αιώνα αναμένεται να φτάσει τα 9,7 δισεκατομμύρια (UN, 2019). Λαμβάνοντας ως έτος αναφοράς το 2010, υπολογίζεται πως έως και το 2050 θα χρειαστεί περίπου 73% περισσότερο κρέας και 58% περισσότερο γάλα για να καλυφθούν οι ανάγκες του πληθυσμού (FAO, 2011). Ωστόσο, ακόμα και σήμερα περισσότεροι από ένας στους επτά ανθρώπους δεν έχουν πρόσβαση, μέσω της διατροφής τους, στην απαραίτητη ποσότητα πρωτεΐνης και ενέργειας που χρειάζονται, ενώ ακόμα περισσότεροι υποφέρουν από κάποιας μορφής υποσιτισμό σε μικροθρεπτικά συστατικά (FAO, 2009). Το 2018 σχεδόν 820 εκατομμύρια άνθρωποι υπέφεραν από την έλλειψη τροφής και περίπου 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλή τρόφιμα (FAO, 2019).

Ο πρωταρχικός στόχος κάθε κοινωνίας είναι η κάλυψη των διατροφικών αναγκών του πληθυσμού προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα ζωής του. Η μεγάλη ζήτηση για προϊόντα ζωικής προέλευσης είναι χαρακτηριστικό της σημερινής κοινωνίας και όπως φαίνεται θα αποτελέσει πρόβλημα προς επίλυση για τις επόμενες δεκαετίες. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος απαιτείται αναζήτηση νέων πηγών τροφίμων, γεγονός που αποτελεί πρόκληση για τη βιωσιμότητα του συστήματος παραγωγής. Από την άλλη, οι αρνητικές επιπτώσεις που εγκυμονεί για το περιβάλλον η υπέρμετρη παραγωγή τροφίμων είναι ξεκάθαρες και οι παραγωγοί καλούνται να τις θέσουν υπό έλεγχο, ενώ συγχρόνως ο ανταγωνισμός για τα εδάφη, το νερό και την ενέργεια που χρησιμοποιείται αποτελεί ένα επιπλέον εμπόδιο (Tilman et al., 2001; World Resources Institute, 2005).

Ιδιαίτερα η κατανάλωση κτηνοτροφικών προϊόντων ολόένα και αυξάνεται με αποτέλεσμα να παρατηρούνται ελλείψεις στα προϊόντα αυτά, παρόλο που η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από ταχεία αύξηση του κλάδου της κτηνοτροφίας στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, ο εντατικός τρόπος εκτροφής έχει αρκετά μειονεκτήματα και το κόστος διατροφής των ζώων



παραμένει υψηλό. Την ίδια στιγμή οι διαθέσιμες εκτάσεις για εκμετάλλευση έχουν μειωθεί λόγω της αύξησης του πληθυσμού και της αστικοποίησης που έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια. Με σκοπό την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των ζώων και τη διατήρηση της παραγωγικότητάς τους, είναι απαραίτητη η αναζήτηση εναλλακτικών, μη συμβατικών πηγών τροφής, με σκοπό να μειωθεί το κόστος διατροφής και να απελευθερωθούν εδάφη που θα είναι διαθέσιμα για καλλιέργεια.

Οι μεγάλες ποσότητες τροφίμων που σπαταλώνται παγκοσμίως σε ετήσια βάση έχουν προκαλέσει ανησυχίες για τις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που θα επιφέρουν στο μέλλον. Η αύξηση του πληθυσμού όπως είναι φυσικό θα οδηγήσει και σε αύξηση των παραγόμενων υπολειμμάτων. Τα υπολείμματα αυτά αποτελούν μία εναλλακτική πηγή ενέργειας και πρωτεΐνης που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Η ένταξη των υπολειμμάτων τροφίμων εκ νέου στην αλυσίδα τροφίμων συγκεντρώνει ολοένα και μεγαλύτερο παγκόσμιο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Η μείωση των υπολειμμάτων αυτών είναι ένα μέσο για να αυξηθεί η διαθεσιμότητα τροφίμων και να μειωθεί η πίεση που ασκείται στους φυσικούς πόρους όπως το νερό, το έδαφος, την ατμόσφαιρα, τη χλωρίδα και την πανίδα. Η εύρεση μιας βιώσιμης λύσης που θα περιορίσει τις ποσότητες των υπολειμμάτων που παράγονται αποτελεί παγκόσμια πρόκληση, καθώς οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις από τα υπολείμματα γίνονται ολοένα και πιο εμφανείς, ενώ η ασφάλεια των τροφίμων δέχεται όλο και μεγαλύτερη πίεση (Defra, 2011; EPA, 2012).

Η χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων τροφίμων στη διατροφή των ζώων είναι μία από τις διαθέσιμες λύσεις που εξετάζονται. Η λύση αυτή θεωρείται μια αποδοτική μέθοδος που μπορεί να βοηθήσει στην αξιοποίησή τους και να αποτρέψει την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Τα υπολείμματα τροφών έχουν αρκετούς περιοριστικούς παράγοντες που καθιστούν δύσκολη την ενσωμάτωσή τους στο σιτηρέσιο των ζώων. Ωστόσο, σύγχρονες τεχνολογικές μέθοδοι μπορούν να βοηθήσουν στην μετατροπή των τροφικών υπολειμμάτων σε ασφαλή, προστιθέμενης αξίας, προϊόντα. Προτεραιότητα ωστόσο, αποτελεί η διασφάλιση της υγείας, της ευζωίας και της παραγωγικότητας των παραγωγικών ζώων. Με γνώμονα όλα τα παραπάνω κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η ενσωμάτωση διατροφικών υπολειμμάτων από ξενοδοχειακές μονάδες στη διατροφή μονογαστρικών ζώων και η παρακολούθηση των επιδράσεων στις παραγωγικές τους αποδόσεις.

## 1.1 Ο κύκλος ζωής των τροφίμων και η δημιουργία υπολειμμάτων

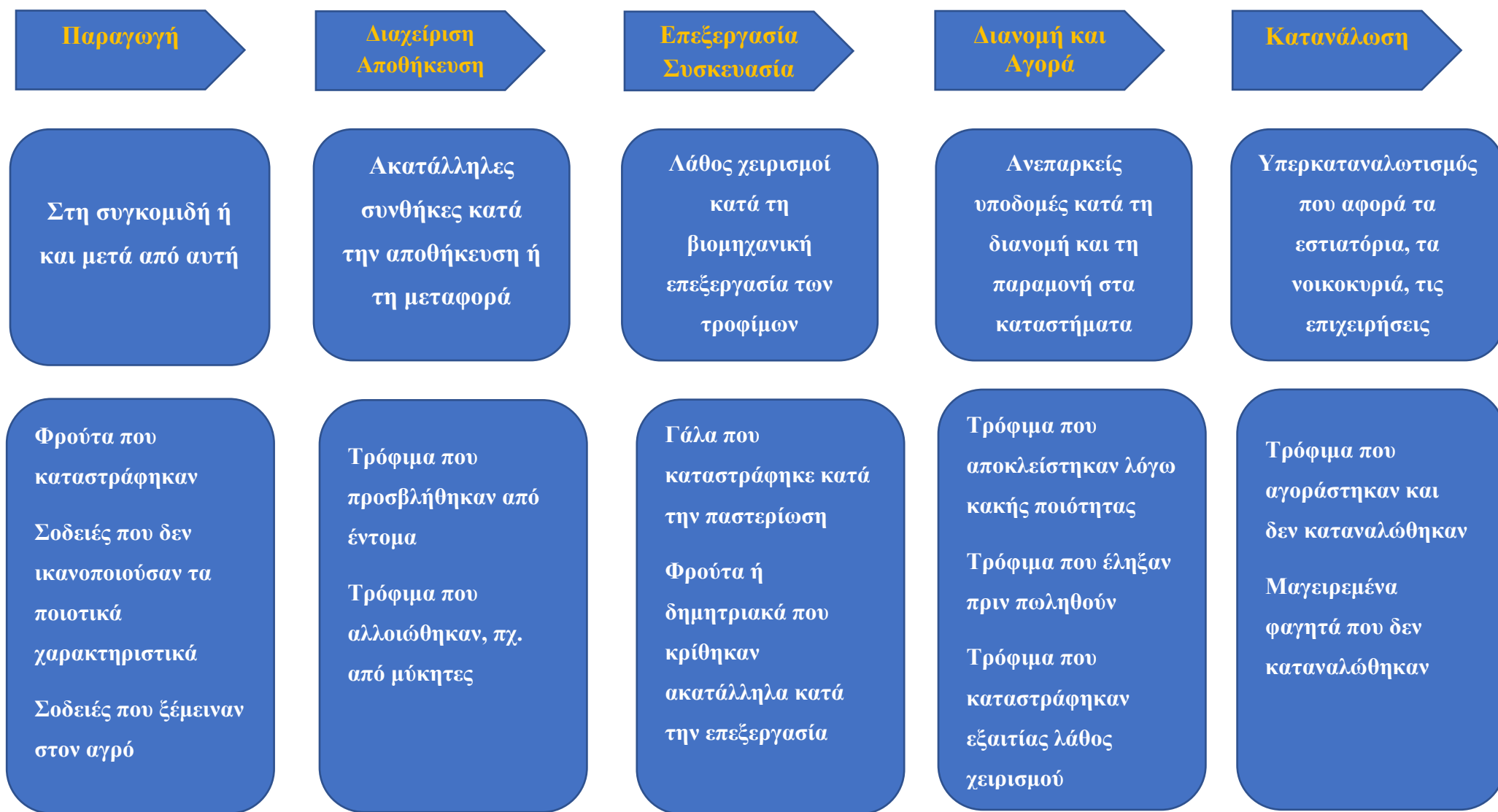
Οι διαιτητικές προτιμήσεις του πληθυσμού έχουν διαφοροποιηθεί, και σε αυτό έχουν συμβάλει αρκετοί παράγοντες. Η αυξητική τάση του πληθυσμού, η μεταβολή των εισοδημάτων, η μετακίνηση των ατόμων προς τα αστικά κέντρα έχουν οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση τροφίμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση πίεσης στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων προκειμένου να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες των ανθρώπων. Έτσι φαίνεται πως η αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων τροφίμων αποτελεί μονόδρομο για τη διαχείριση των παραπάνω ζητημάτων.

Η μείωση παραγωγής διατροφικών υπολειμμάτων μπορεί να αποτελέσει μέσο για την εξοικονόμηση τροφίμων, ενώ συγχρόνως θα απελευθερωθούν περισσότερα εδάφη, θα χρησιμοποιείται λιγότερη ενέργεια και νερό, τα οποία και θα είναι διαθέσιμα για άλλες χρήσεις. Προκειμένου να ικανοποιηθούν αυτοί οι στόχοι είναι απαραίτητη η κατανόηση των σταδίων που συνθέτουν την αλυσίδα παραγωγής, όπως επίσης και των ποσοτήτων υπολειμμάτων που παράγονται σε κάθε ένα από αυτά. Η διαχείριση των υπολειμμάτων επηρεάζεται σημαντικά από τους ισχύοντες νόμους και κανονισμούς, αλλά και από τα κίνητρα που δίνονται στους καταναλωτές και στις επιχειρήσεις για να κάνουν σωστή διαχείριση και τις δυσκολίες που θα αντιμετωπίσουν.

Σε όλη τη διαδικασία παραγωγής ενός τροφίμου κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της αλυσίδας παραγωγής δημιουργούνται τροφικά υπολείμματα. Μία αντιπροσωπευτική προσέγγιση της αλυσίδας αυτής τροφίμων αποδόθηκε το 2013 από τους Lipinski et al. και παρουσιάζεται στο σχήμα Α.1. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, στο στάδιο της παραγωγής, τα υπολείμματα προκύπτουν κατά τη διάρκεια της συγκομιδής ή και αμέσως μετά από αυτή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα φρούτα που κατά τη συλλογή χτυπήθηκαν, σοδειές που καταστράφηκαν από ακραίες καιρικές συνθήκες ή προϊόντα που δεν ανταποκρίνονταν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά που επιθυμεί ο καταναλωτής με αποτέλεσμα να απορρίπτονται. Ακολουθεί η διαλογή, η αποθήκευση και η μεταφορά των τροφίμων. Τα τρόφιμα σε αυτή τη φάση είναι πιο ευάλωτα σε προσβολές από έντομα ή στην ανάπτυξη μυκήτων.

Το επόμενο στάδιο σχετίζεται με την επεξεργασία, στην οποία μπορεί να περιλαμβάνονται η ανάμειξη, το μαγείρεμα και η συσκευασία. Τρόφιμα, όπως το γάλα μπορεί να υποβιβαστούν ποιοτικά κατά τη θερμική επεξεργασία, υπολείμματα που προκύπτουν από την κατεργασία των

τροφίμων να απορριφθούν, ενώ φρούτα και λαχανικά μπορεί να χαρακτηριστούν ως ακατάλληλα για επεξεργασία. Κατά τη διανομή και την προώθηση στην αγορά των προϊόντων, κάποια τρόφιμα μπορεί να μην πωληθούν μέχρι την ημερομηνία λήξης τους, ενώ κάποια μπορεί να αλλοιωθούν κατά την παραμονή τους στο ράφι των καταστημάτων. Η έλλειψη κανονισμών σχετικά με τις ετικέτες που ορίζουν την ημερομηνία λήξης των τροφίμων δημιουργούν μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων που οι έμποροι αδυνατούν να διαχειριστούν και τις απορρίπτουν (NRBC, 2017). Η κατανάλωση που αφορά και το τελικό στάδιο της αλυσίδας, περιλαμβάνει υπολείμματα που μπορεί να προκύψουν από τα νοικοκυριά, τις επιχειρήσεις, τα εστιατόρια, τα ξενοδοχεία, τις καφετέριες και μπορεί να αφορούν τρόφιμα που αγοράστηκαν ή μαγειρεύτηκαν αλλά δεν καταναλώθηκαν (FAO, 2011; Lipinski et al., 2013).



Σχήμα Α.1: Η σπατάλη τροφίμων στην τροφική αλυσίδα (Lipinski et al., 2013)

Τα τρόφιμα προωθούνται από τον παραγωγό για να καταλήξουν στον καταναλωτή, μέσα από τις διαδικασίες της παραγωγής, της συγκομιδής, της διακίνησης, της επεξεργασίας, της διανομής και της πώλησής τους ώσπου να καταλήξουν στο πιάτο. Τα στάδια που διέρχεται ένα τρόφιμο πριν καταλήξει στον καταναλωτή είναι καλό να είναι γνωστά σε εκείνον ώστε να κατανοεί τις ποσότητες υπολειμμάτων που δημιουργούνται σε κάθε ένα από αυτά. Άλλωστε, οι προσωπικές επιλογές και αντιλήψεις του καταναλωτή παίζουν σημαντικό ρόλο. Η διαχείριση των υπολειμμάτων βέβαια, ανεξάρτητα από ποιο στάδιο της παραγωγής τροφίμων προέρχονται αυτά, για να είναι αποδοτική θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα πλάνο και να στοχεύει στην επιστροφή του τροφίμου στην τροφική αλυσίδα.

Σε όλα τα στάδια παραγωγής προκύπτουν υπολείμματα, στη γεωργική φάση, στη βιομηχανική, στη φάση παραγωγής και επεξεργασίας, κατά την εμπορία και μέχρι που τα τρόφιμα φτάνουν στον καταναλωτή. Γενικότερα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αρκετές απώλειες τροφίμων παρατηρούνται στα αρχικά στάδια της παραγωγής, της συγκομιδής, της επεξεργασίας και της διανομής (Parfitt et al. 2010; Gustavson et al. 2011; FAO, 2019), πριν ακόμα φτάσουν δηλαδή στα χέρια του καταναλωτή. Η σπατάλη τροφίμων είναι μεγαλύτερη ωστόσο, όταν συμβαίνει στα τελευταία στάδια. Αυτό εξηγείται αν αναλογιστεί κανείς ότι ενέργεια και φυσικοί πόροι θα έχουν χρησιμοποιηθεί άσκοπα σε κάθε ένα από τα προηγούμενα στάδια, ακόμα και για την απόρριψή του. Επομένως, είναι σημαντικό η διαχείριση των υπολειμμάτων να ξεκινά από τα πρώτα στάδια της παραγωγής στην τροφική αλυσίδα, χωρίς βέβαια να εγκαταλείπεται η συνεχής προσπάθεια για αποφυγή δημιουργίας υπολειμμάτων.

Σημαντικές ποσότητες τροφίμων χάνονται ως αποτέλεσμα τεχνικών, οικονομικών ή ακόμα και κοινωνικών αιτίων κατά τη διάρκεια παραγωγής. Η Διεθνής Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας κάνοντας λόγο το 2019 για τα τρόφιμα που χάνονται, αναφέρθηκε σε όλα εκείνα που κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας στην αλυσίδα παροχής τροφίμων καταστρέφονται, χάνονται, χύνονται, χαλάνε ή υφίστανται κάποια αλλοίωση στην ποιότητα και την αξία τους πριν ακόμα φτάσουν στο τελικό στάδιο της παραγωγής. Φρούτα που αλλοιώθηκαν όσο συλλέγονταν, τρόφιμα που καταστράφηκαν εξαιτίας εντόμων κατά την αποθήκευσή τους ή απορρίφθηκαν κατά την επεξεργασία ή τη συσκευασία τους, είναι μερικά παραδείγματα τροφίμων που χάθηκαν. Κάποιος λάθος χειρισμός κατά τη διαχείριση, την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη συσκευασία, που συμβαίνει κατά τα πρώτα στάδια της τροφικής αλυσίδας μπορεί να είναι η αιτία (FAO, 2016).

Στην παραπάνω έννοια δεν συμπεριλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες τροφίμων που σπαταλώνται. Ένα προϊόν ποιοτικό, έτοιμο για κατανάλωση που έχει συμπληρώσει όλα τα στάδια παραγωγής, μπορεί να μην καταναλωθεί και να απορριφθεί, είτε επειδή είναι αλλοιωμένο είτε όχι (FAO, 2019). Η σπατάλη αυτής της μορφής των τροφίμων παρατηρείται κυρίως κατά τα στάδια της πώλησης και της κατανάλωσης (Parfitt et al. 2010; Gustavson et al. 2011; FAO, 2019). Παράδειγμα αποτελούν τρόφιμα, όπως φρούτα και λαχανικά, που δεν είχαν το επιθυμητό από τον καταναλωτή σχήμα και απορρίφθηκαν ή ακόμα μαγειρεμένο φαγητό που δεν καταναλώθηκε. Οι αλλοιώσεις στα τρόφιμα έχουν ποιοτικό αντίκτυπο, αφού μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, ανεπιθύμητες αλλαγές στο χρώμα, τη γεύση, την υφή, αλλά και ποσοτικό που θα μειώσει το βάρος και θα επηρεάσει την ένταση της γεύσης τους (Buzby & Hyman, 2012). Επομένως, φαίνεται ότι οι αντιλήψεις των καταναλωτών όπως και οι αγοραστικές τους συνήθειες επηρεάζουν τις αποφάσεις των εμπόρων (Stuart, 2009), με αποτέλεσμα οι έμποροι να θέτουν αυστηρές προδιαγραφές για να ικανοποιήσουν τις επιθυμίες των καταναλωτών.

Οι Ridoutt et al. (2010), καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το φαγητό που δεν καταναλώνεται ή δεν χρησιμοποιείται για άλλους παραγωγικούς σκοπούς, αποτελεί σπατάλη όλων των πηγών και των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή και τη διανομή του.

## 1.2 Ποσότητες υπολειμμάτων που παράγονται σε Παγκόσμιο και Ευρωπαϊκό επίπεδο

Κάθε χρόνο περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι φαγητού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση χάνονται ή σπαταλώνται σε παγκόσμια κλίμακα, με τις ποσότητες αυτές να αντιστοιχούν περίπου στο ένα τρίτο της ετήσιας παραγωγής τροφίμων (Gustavson et al. 2011). Παράλληλα, το 32% της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων που χάνεται (FAO, 2017) είναι αρκετή ποσότητα για να καλύψει περισσότερες από τέσσερις φορές τις ανάγκες 800 εκατομμυρίων ανθρώπων που βρίσκονται στα όρια της φτώχειας (FAO, 2013). Οι Kaza et al. (2018) υποστηρίζουν ότι μέχρι το τέλος του 2025 τα τροφικά υπολείμματα θα αγγίξουν ως και τα 2,2 δισεκατομμύρια τόνους. Ο FAO (2011) παρομοιάζει τις σπατάλες των τροφίμων με μια χώρα που θα μπορούσε να είναι η τρίτη μεγαλύτερη στην παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου μετά την Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Η οικονομική αξία των υπολειμμάτων που σπαταλώνται σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται σε 1 τρισεκατομμύριο δολάρια ετησίως (FAO, 2015).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται 102,5 εκατομμύρια τόνοι υπολειμμάτων ετησίως, στις Ηνωμένες Πολιτείες το αντίστοιχο ποσοστό φτάνει τα 61 εκατομμύρια τόνους, στην Κίνα τα 92,4, ενώ στην Σαουδική Αραβία τα 7,7 εκατομμύρια τόνους και στην Αυστραλία τα 4 εκατομμύρια (Giroto et al., 2015; Mu'azu et al., 2019). Η παγκόσμια παραγωγή υπολειμμάτων ανέρχεται στους 931 εκατομμύρια τόνους, από αυτά το 61% των συνολικά παραγόμενων υπολειμμάτων προέρχεται από μη σωστή αξιοποίηση τους στα νοικοκυριά, το 26% από τις υπηρεσίες εστίασης και το 13% από τον τομέα του εμπορίου (UNEP, 2021).

Η δημιουργία υπολειμμάτων έχει διαπιστωθεί πως επηρεάζεται από κοινωνικούς παράγοντες, όπως είναι τα ήθη και τα έθιμα των χωρών, η κοινωνική θέση των ατόμων ή το εισόδημα τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Σαουδική Αραβία, όπου προς ένδειξη γενναιοδωρίας και πλούτου σε διάφορες σημαντικές εκδηλώσεις συνηθίζεται η προετοιμασία μεγάλων ποσοτήτων φαγητού χωρίς όμως αυτές να καταναλώνονται και στην πλειοψηφία τους να καταλήγουν ως τροφικά υπολείμματα (Abiad και Meho, 2018). Παράλληλα, στην Σανγκάη, οι κάτοικοι χρησιμοποιούν στη διατροφή τους σε μεγάλο βαθμό θαλασσινά, με αποτέλεσμα τα υπολείμματα να είναι κυρίως θαλασσινά προϊόντα (Stuart, 2009; Liu, 2014). Γενικότερα, η υπερκατανάλωση αγαθών, η λάθος επιλογή προϊόντων, η προτίμηση φρέσκων έναντι προϊόντων λίγων ημερών που απορρίπτονται, όπως και η έλλειψη προγραμματισμού για το μαγείρεμα στο σπίτι επηρεάζουν και αυξάνουν τις ποσότητες υπολειμμάτων που δημιουργούνται.

Οι αναπτυσσόμενες και οι αναπτυγμένες χώρες παράγουν υπολείμματα σε διαφορετικά στάδια της αλυσίδας παραγωγής τροφίμων και σε διαφορετικές ποσότητες. Τα μεγάλα αστικά κέντρα είτε βρίσκονται σε αναπτυγμένες είτε σε αναπτυσσόμενες χώρες δημιουργούν μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων, με τις αναπτυσσόμενες βέβαια να έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη ή στη μη καλή συντήρηση των υποδομών που διαθέτουν (Lipinski et al., 2013). Συγκεκριμένα, το 40% των υπολειμμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες προέρχονται από τα στάδια που ακολουθούν την παραγωγή, ενδεχομένως να μην επεξεργάζονται με τον επιθυμητό τρόπο και να αποθηκεύονται σε ακατάλληλες συνθήκες (Lipinski et al., 2013; Giroto et al., 2015). Από την άλλη, στις αναπτυγμένες χώρες δημιουργούνται υπολείμματα στο στάδιο της πώλησης και της κατανάλωσης. Αιτία μπορεί να αποτελεί η υπερκατανάλωση ή ακόμα και τα προϊόντα να μην ανταποκρίνονται στις υψηλές προσδοκίες των καταναλωτών (Lipinski et al., 2013; Giroto et al., 2015).



### 1.3 Οφέλη της κοινωνίας από τη μείωση των υπολειμμάτων

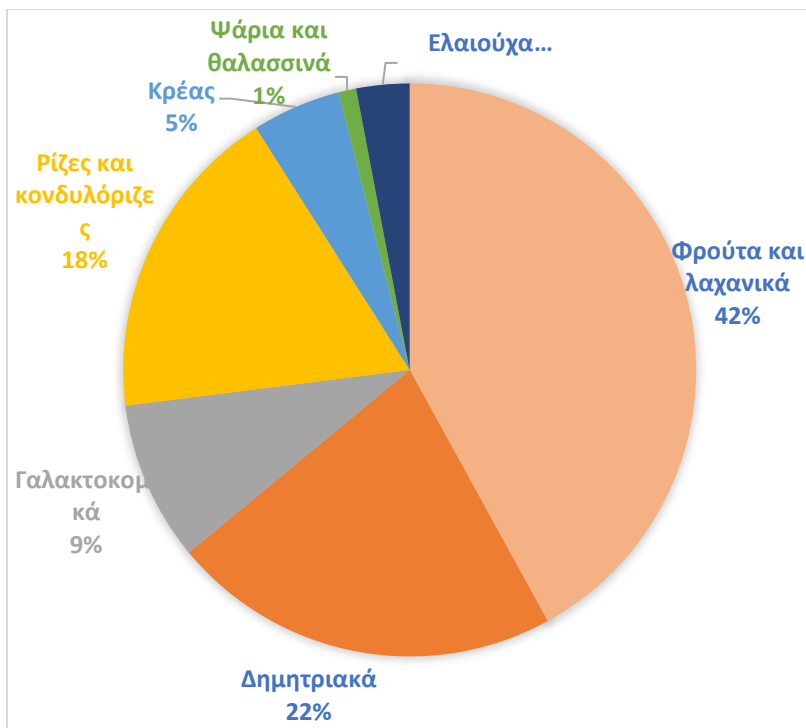
Τα πιθανά οφέλη που θα προκύψουν από τη μείωση των υπολειμμάτων είναι αρκετά και ικανά να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ των ποσοτήτων τροφίμων που παράγονται σήμερα και εκείνων που θα απαιτηθούν ως το 2050 προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες όλου του πληθυσμού. Οι στρατηγικές που θα ακολουθηθούν θα πρέπει να ικανοποιούν όλα τα περιβαλλοντικά και αναπτυξιακά κριτήρια που θα τεθούν, ώστε να είναι ανταποδοτικές.

Η καταπολέμηση της φτώχειας αποτελεί ένα από τα βασικότερα κοινωνικά ζητήματα, το οποίο θα μπορούσε να μετριαστεί και με την ανάπτυξη μιας βιώσιμης προοπτικής για την παραγωγή και διαχείριση των τροφίμων. Απώλειες τροφίμων μετά τη συγκομιδή που μπορεί να μην ανταποκρίνονται στα επιθυμητά χαρακτηριστικά της αγοράς θα μπορούσαν να καταναλωθούν από τους ίδιους τους παραγωγούς και τις οικογένειές τους με σκοπό να περιορίσουν την οικονομική τους ζημία. Η μείωση της σπατάλης τροφίμων μπορεί να μειώσει και το κόστος διατροφής των μελών μιας οικογένειας. Παράλληλα, η ανάγκη επέκτασης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων μπορεί να αποφευχθεί και τα χερσαία οικοσυστήματα να διατηρηθούν ανέπαφα μέσω καταλληλότερης αξιοποίησης των τροφίμων που ήδη παράγονται. Ένας ακόμα στόχος είναι η προσπάθεια μείωσης των παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου με τη διατήρηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε σταθερό ποσοστό. Λιγότερη χρησιμοποίηση ενέργειας για την παραγωγή, την επεξεργασία, τη μεταφορά και την αποθήκευση θα λειτουργήσει θετικά για το περιβάλλον και θα αποτρέψει την απόρριψη σε χωματερές με σκοπό τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τέλος, θα εξασφαλιστεί η ποιότητα και υγιεινή του νερού, ενώ παράλληλα θα προστατευθούν τα διαθέσιμα αποθέματα του.

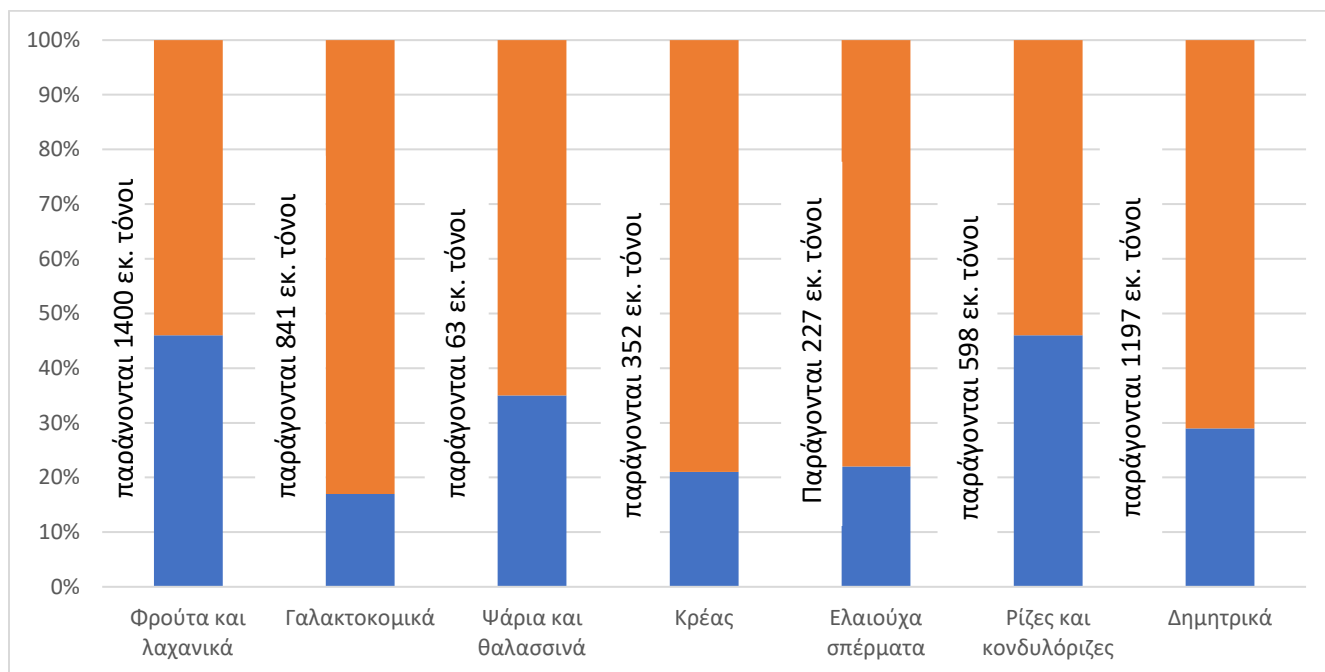
## 1.4 Ποσότητες τροφίμων που σπαταλώνται ανά κατηγορία

Φρούτα, λαχανικά, ρίζες, γαλακτοκομικά, κρέας και κάθε άλλη κατηγορία τροφίμων σπαταλώνται σε κάποιον βαθμό. Οι συνολικές ποσότητες υπολειμμάτων τροφίμων μπορούν να εκφραστούν ως ποσοστά των διαφορετικών κατηγοριών τροφίμων, όπως υπολογίστηκαν από το BCG (2018). Τα φρούτα και τα λαχανικά μάλιστα αντικατοπτρίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό, σημειώνοντας πως το 42% των τροφίμων που σπαταλώνται προέρχονται από αυτά. Ακολουθούν τα δημητριακά με ποσοστό σπατάλης 22%, ενώ τα γαλακτοκομικά και το κρέας υπολογίζονται σε 9 και 5% αντίστοιχα, όπως φαίνεται και παρακάτω στο σχήμα Α.2. Οι ρίζες και οι κονδυλόριζες σπαταλώνται σε ποσοστό 18%, ενώ από τα ψάρια και τα θαλασσινά μόνο ποσοστό 1%. Όσπρια και ελαιούχα σπέρματα σπαταλώνται κατά 3%.

Η παγκόσμια παραγωγή τροφίμων ανέρχεται σε 4,678 εκατομμύρια τόνους. Από αυτά περίπου το ένα τρίτο κάθε χρόνο απορρίπτεται (BCG, 2018). FAO και National Geographic (2016) ασχολήθηκαν με τον υπολογισμό των τροφίμων που παράγονται ανά κατηγορία και με τα ποσοστά από κάθε κατηγορία που σπαταλώνται. Έτσι αποτυπώθηκε πως περίπου τα μισά από τα φρούτα, τα λαχανικά, τις ρίζες και τις κονδυλόριζες που παράγονται χάνονται μέσα στην αλυσίδα τροφίμων (Σχήμα Α.3).



**Σχήμα Α.2:** Ποσότητες τροφίμων που σπαταλώνται ανά κατηγορία (BCG, 2018)



**Σχήμα Α.3:** Συνολικές ποσότητες τροφίμων που παράγονται και ποσοστά που σπαταλώνονται (μπλέ χρώμα) ανά κατηγορία (FAO & National Geographic, 2016)

## 2. Η προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος

Η δημιουργία κάποιων ποσοτήτων υπολειμμάτων είναι αναπόφευκτη, ακόμα και όταν εφαρμόζονται σχολαστικά τα μέτρα που στοχεύουν στη μείωση ή και διαχείρισή τους (Schott et al., 2013). Παράλληλα, η έλλειψη των τεχνικών και των μέσων για τη συλλογή, την επεξεργασία, την επαναχρησιμοποίηση, ακόμα και των κινήτρων που χρειάζονται, δυσκολεύουν τις προσπάθειες διαχείρισής τους. Συγχρόνως, οι καταναλωτές δεν έχουν πλήρη εικόνα για τις μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων που παράγονται, με αποτέλεσμα να μην αντιλαμβάνονται το μέγεθος του προβλήματος και να μην επιδεικνύουν το απαιτούμενο ενδιαφέρον για την προσπάθεια μείωσής τους.

Είναι σαφές πως απαιτείται η ευαισθητοποίηση του πληθυσμού ως προς τη σωστή συντήρηση των τροφίμων και τα οικονομικά οφέλη που ενέχει η μείωση παραγωγής των αναπόφευκτων υπολειμμάτων. Η διαχείριση των υπολειμμάτων συγκεντρώνει πολλούς ενδιαφερόμενους από διαφορετικούς τομείς, όπως κυβερνητικές και μη οργανώσεις, τον ιδιωτικό τομέα, διεθνείς και τοπικούς οργανισμούς. Επί του παρόντος η πιο διαδεδομένη πρακτική ήταν η απόρριψη σε χωματερές, μια τεχνική με αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον που πρέπει να αντικατασταθεί από πιο σύγχρονες προσεγγίσεις.

Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA) έχει προτείνει μία ιεραρχία για τη διαχείριση και κατ' επέκταση τη μείωση των υπολειμμάτων που έχουν υιοθετήσει οι περισσότερες βιομηχανικές χώρες. Η US EPA (2017) έχει δημιουργήσει μια πυραμίδα όπου βάση προτεραιότητας, ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ιεραρχεί τις ενέργειες που αφορούν τη διαχείριση των υπολειμμάτων, από την λιγότερο στην περισσότερο επιθυμητή. Η αρχή αυτή παρουσιάζει μια κατηγοριοποίηση των μέσων που εφαρμόζονται για τη διαχείριση των υπολειμμάτων, όπως φαίνεται και στο σχήμα Α.4. Η πιο αποδοτική ενέργεια είναι η πρόληψη που είναι και το βασικότερο μέσο για την ελάττωση των υπολειμμάτων αλλά και των πηγών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή τους. Η σημαντικότερη πηγή υπολειμμάτων δεν είναι άλλη από τα νοικοκυριά, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια και τα καφέ.

Στην ιεραρχία που παρουσιάζεται στην πυραμίδα ακολουθεί η ανάκτηση των τροφίμων. Τρόφιμα αρκετά καλής ποιότητας επανασυσκευάζονται και αναδιανέμονται σε ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάγκη μέσω δωρεών. Στην μέση της πυραμίδας τοποθετείται η επαναχρησιμοποίηση των υπολειμμάτων ως ζωοτροφές. Τα πλεονάζοντα τρόφιμα, με κατάλληλη

επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε ασφαλείς τροφές για τα ζώα. Σε επόμενο στάδιο βρίσκεται η επαναπροώθηση και η ανακύκλωση στο βιομηχανικό τομέα με σκοπό την παραγωγή προϊόντων που θα χρησιμοποιούνται για εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Στο πέμπτο επίπεδο της πυραμίδας αναφέρεται η κομποστοποίηση, όπου τα μη βρώσιμα μέρη μετατρέπονται σε κομπόστ προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των εδαφών. Η κορυφή της πυραμίδας περιλαμβάνει την απόρριψη σε χωματερές και την αποτέφρωση. Αυτές οι πρακτικές τοποθετούνται τελευταίες καθώς είναι οι λιγότερο επιθυμητές και σημαίνουν το τέλος της ζωής των τροφίμων, χωρίς να εκτιμάται η αξία τους και να γίνεται επαναπροώθηση στην αλυσίδα τροφίμων. Τα υπολείμματα που καταλήγουν στις χωματερές αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως μεθανίου).

Τις προτιμότερες τεχνικές για τη διαχείριση των υπολειμμάτων επομένως, που θεωρούνται και οι αποτελεσματικότερες για το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία θα τις συναντήσει κανείς στην κορυφή της πυραμίδας (US EPA, 2017). Με αυτόν τον τρόπο αφήνοντας τις παραδοσιακές τεχνικές απόρριψης των υπολειμμάτων στη βάση της πυραμίδας, επαναπροσδιορίζονται τα μέχρι πρόσφατα στάσιμα ποσοστά ανακύκλωσης, βελτιώνονται οι περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες, ενώ εξοικονομούνται και εξασφαλίζονται οι ανανεώσιμες πηγές, με βασικό στόχο πάντα την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Η δημιουργία υψηλής αξίας προϊόντων που προέρχονται από τα υπολείμματα τροφίμων, καθώς και η γενικότερη επανένταξή τους στην αλυσίδα τροφίμων θεωρούνται περισσότερο ωφέλιμες επιλογές από την απόρριψή τους.



**Σχήμα Α.4:** Η ιεραρχία διαχείρισης υπολειμμάτων (US EPA, 2017)

### 3. Χρησιμοποίηση υπολειμμάτων τροφίμων ως ζωοτροφές

Ο ανταγωνισμός μεταξύ ανθρώπων και ζώων για τα τρόφιμα είναι μεγάλος, καθώς τροφές που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ανθρώπων. Για την μετατροπή των τροφών αυτών σε ζωικά προϊόντα το οικονομικό κόστος είναι μεγάλο και το κέρδος των παραγωγών αρκετά μικρό. Η αναζήτηση εναλλακτικών ζωοτροφών που θα καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες των ζώων κρίνεται απαραίτητη. Τα υπολείμματα θα μπορούσαν να είναι ένα τέτοιο είδος ζωοτροφής.

Η ιεραρχία διαχείρισης υπολειμμάτων τροφίμων ορίζει την μετατροπή των υπολειμμάτων σε ζωοτροφές ως την τρίτη πιο επιθυμητή ενέργεια (US EPA, 2019). Τεχνικές όπως η απόρριψη των υπολειμμάτων στις χωματερές πρέπει να εγκαταλειφθεί και γι' αυτό έχει ξεκινήσει η αναζήτηση νέων μεθόδων για τη χρησιμοποίηση και αξιοποίησή τους. Τα τρόφιμα που απορρίπτονται ή σπαταλώνται θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια εναλλακτική, βιώσιμη και εύκολα διαθέσιμη ζωοτροφή που θα συνδράμει ταυτόχρονα στη διαχείριση των υπολειμμάτων και στις προκλήσεις που αναδύονται για την επισιτιστική ασφάλεια. Η αναβάθμιση των υπολειμμάτων σε ζωοτροφές είναι μια περισσότερο ελπιδοφόρα λύση σε σχέση με την αναερόβια χώνευση και την κομποστοποίηση, ως προς τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων (Saleemdeen et al., 2016). Η τεχνική αυτή δεν αποτελεί μια σύγχρονη ανακάλυψη καθώς έχει ήδη δοκιμαστεί σε όλον τον κόσμο (Derr et al., 1988; Westendorf et al., 1996), σε μικρές μονάδες για οικόσιτα ζώα, όπως χοίρους και πτηνά. Ωστόσο, προκειμένου να γίνει σωστή χρήση των υπολειμμάτων στη διατροφή των ζώων, πρέπει να εκτιμηθεί το μικροβιολογικό φορτίο, η χημική σύσταση και η περιεκτικότητά τους σε αντιδιαιτητικούς παράγοντες, αλλά και να ληφθεί υπόψη η νομοθεσία που διέπει την επαναχρησιμοποίηση των υπολειμμάτων αυτών.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης της τιμής των συμβατικών τροφών οι παραγωγοί είναι θετικοί στην αναζήτηση και τροποποίηση των σιτηρεσίων που χορηγούν στα ζώα τους, με σκοπό να μειώσουν το κόστος διατροφής. Οι τιμές των συμβατικών ζωοτροφών που χρησιμοποιούνται μεταβάλλονται συνεχώς, εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης και των συνθηκών που επικρατούν, δυσκολεύοντας τον προϋπολογισμό των κτηνοτροφικών μονάδων. Η παραγωγή ζωοτροφών ευθύνεται για τη μείωση των φυσικών πόρων και συμμετέχει στην εκπομπή περίπου της μισής ποσότητας αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με τη ζωική παραγωγή (Steinfeld et al., 2006; Sonesson et al., 2010; Gardebroek et al., 2016). Η ένταξη των υπολειμμάτων στη

διατροφή των ζώων θα μπορέσει να μειώσει τις εκπομπές αερίων, λόγω του ότι θα περιοριστεί η παραγωγή τροφίμων για ανθρώπινη κατανάλωση μίας και τα υπολείμματα θα αποτελέσουν υποκατάστατα άλλων πρώτων υλών (Salemdeeb et al., 2016). Η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα εφαρμόζουν αυτήν την τεχνική ως σχεδόν αποκλειστικό τρόπο για την διαχείριση των υπολειμμάτων τους, εξασφαλίζοντας έτσι μερική ανεξαρτητοποίηση από τις συμβατικές ζωοτροφές (Sugiura et al., 2009). Στην πτηνοτροφία, που αποτελεί έναν από τους τομείς μελέτης της παρούσας διατριβής, το κόστος διατροφής μπορεί να μειωθεί εάν μέρος των σιτηρεσίων αντικατασταθεί με υπολείμματα ή με υποπροϊόντα του όπως διαπίστωσαν οι Aní και Okorie (2005).

Η θρεπτική αξία των υπολειμμάτων θεωρείται αρκετά καλή (Westendorf, 2000) και αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τα αρχικά συστατικά τους είναι εξαιρετικής ποιότητας αφού προορίζονταν για κατανάλωση από τον άνθρωπο (Castrica et al., 2018). Η θρεπτική αξία των υπολειμμάτων που προέρχονται από ξενοδοχεία και τομείς τροφοδοσίας φαίνεται να είναι υψηλότερη συγκριτικά με τα υπολείμματα που προέρχονται από ταχυφαγεία (Walker, 2000). Ωστόσο, τα υπολείμματα ενδέχεται να περιέχουν και ευπαθή προϊόντα, όπως φρούτα, λαχανικά, ζωικά προϊόντα που εύκολα αλλοιώνονται και έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των θρεπτικών συστατικών (Gustavsson et al., 2011; FAO, 2019). Ενθαρρυντικό είναι και το υψηλό τους πρωτεϊνικό περιεχόμενο που θα μπορούσε να αποτελέσει λύση στην αναζήτηση νέων πηγών πρωτεϊνών δεδομένου ότι η Ευρώπη αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα να καλύψει τις ανάγκες της αγοράς λόγω μειωμένου αποθέματος (Hasha, 2002).

Βιοενεργά συστατικά είναι πιθανό να περιέχονται επίσης στα τροφικά υπολείμματα (Georganas et al., 2020), όπως είναι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς αλύσου (PUFA) (Astley et al., 2016; Donati 2018), τα καροτενοειδή, οι βιταμίνες, οι πολυφαινόλες (Astley et al., 2016) και τα πεπτιδία. Τα βιοενεργά συστατικά περιέχονται στα τρόφιμα (Astley et al., 2016), σε μικρές ποσότητες (Santos et al., 2019) και έχουν την ικανότητα να προάγουν την υγεία (Ortega and Campus, 2019). Τρόφιμα φυτικής και ζωικής προέλευσης περιέχουν συστατικά που είναι ωφέλιμα για την ανθρώπινη υγεία (Astley et al., 2016). Υπολείμματα που περιέχουν κρέας και ψάρι είναι πιθανό να περιέχουν βιοενεργά συστατικά (όπως βιταμίνες, μεταλλικά στοιχεία, πεπτιδία και λιπαρά οξέα), δεδομένου ότι το κρέας και τα άλλα προϊόντα που περιέχουν κρέας, έχουν ένα σημαντικό περιεχόμενο αυτών (Pogorzelska-Nowicka et al., 2018). Συνεπώς, η



εισαγωγή των υπολειμμάτων στη διατροφή των ζώων είναι αρκετά πιθανό να οδηγήσει και στην παραγωγή ζωικών προϊόντων προστιθέμενης αξίας (Dou et al., 2018).

Από την άλλη μεριά, η χρήση των υπολειμμάτων δεν είναι δεδομένη εξαιτίας ορισμένων περιοριστικών παραγόντων που ενδεχομένως εντοπίζονται σε αυτά. Συγκεκριμένα:

- Η παραλλακτικότητα ως προς το είδος και την προέλευσή τους (Pond et al., 1984), δημιουργεί διαφορές ως προς το περιεχόμενο των θρεπτικών συστατικών τους. Η δημιουργία ενός προφίλ θρεπτικών συστατικών που θα αφορά τα υπολείμματα είναι αδύνατη μεταξύ των διαφορετικών παρτίδων. Η σύσταση των υπολειμμάτων επηρεάζεται όπως είναι φυσικό από τις διατροφικές συνήθειες του πληθυσμού, αλλά και από τη γεωγραφική τοποθεσία που συλλέχθηκαν. Κυριότερη επίδραση εκτός από την τοποθεσία που έγινε η συλλογή φαίνεται πως έχει η χρονική περίοδος (εποχικότητα) που συλλέχθηκαν και το ποσοστό της υγρασίας που περιείχαν (Esteban et al., 2005).
- Τα τροφικά υπολείμματα που προέρχονται κυρίως από το στάδιο μετά την κατανάλωση στην τροφική αλυσίδα, έχουν απρόβλεπτη σύσταση και υψηλή υγρασία (Ng et al., 2017). Το υψηλό ποσοστό υγρασίας επηρεάζει το τελικό προϊόν (Westendorf, 2000) και είναι περιοριστικός παράγοντας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.
- Η παρουσία αντιδιαιτητικών παραγόντων που υπάρχουν στα φυτικά προϊόντα και δεν έχουν αδρανοποιηθεί, (όπως στα όσπρια, στα ελαιούχα σπέρματα, στα σιτηρά, στις κονδυλόριζες) μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο για την ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων στα σιτηρέσια.  
Τέτοιοι αντιδιαιτητικοί παράγοντες μπορεί να είναι: ταννίνες, αλκαλοειδή, ολιγοσακχαρίτες, αναστολείς πρωτεασών, λεκτίνες κ.ά. (Francis et al., 2001). Η αδρανοποίηση των αντιδιαιτητικών παραγόντων περιλαμβάνει τις διαδικασίες της ξηρής ή υγρής θέρμανσης, την εμβάπτιση (Garcia et al., 2005; Nikmaram et al., 2017) και την εξώθηση (Nikmaram et al., 2017).
- Το μικροβιακό φορτίο των υπολειμμάτων είναι ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας που είναι επιτακτική ανάγκη να ελέγχεται γιατί επηρεάζει άμεσα την ενσωμάτωσή τους στα σιτηρέσια των ζώων. Η παρουσία μικροοργανισμών στα

υπολείμματα μπορεί να ερμηνευθεί από το υψηλό ποσοστό υγρασίας που συναντάται, σε συνδυασμό με τον ήδη υπάρχοντα μικροβιακό πληθυσμό. Εξωτερικοί παράγοντες κατά τη συλλογή, την αποθήκευση ή και γενικότερα την ακατάλληλη επεξεργασία πολλαπλασιάζουν την πιθανότητα ανάπτυξής τους. Ορισμένοι μολυσματικοί για την υγεία παράγοντες που έχουν εντοπιστεί σε υπολείμματα εστίασης είναι οι: *Salmonella*, *Campylobacter*, *Mycobacterium*, *Trichinella*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Clostridia* (Sancho et al., 2004), *Toxoplasma* (Westendorf et al., 1996) *Penicillium* (Rundberget et al., 2004).

- Άλλοι χημικοί παράγοντες που μπορεί να περιέχονται στα υπολείμματα είναι υπολείμματα αντιβιοτικών (Sancho et al., 2004), μυκοτοξίνες, εντομοκτόνα και βαρέα μέταλλα, όπως Pb, Cd, As και Hg (Castrica et al., 2018).
- Οι βιογενείς αμίνες, που μπορεί να βρίσκονται σε τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες με την παραγωγή τους να είναι αποτέλεσμα βακτηριακής δραστηριότητας (Fung et al., 2018), έχουν αρνητική επίδραση στους παράγοντες ανάπτυξης και είναι πιθανό να προκαλέσουν τοξικότητα στα ζώα (Fung et al., 2018).
- Φυσικοί κίνδυνοι, όπως η ύπαρξη κάποιου ξένου σώματος (π.χ. γυαλιού, πλαστικού, μετάλλου ή άλλων υλικών) (Castrica et al., 2018) είναι πιθανό να εντοπιστούν, γι' αυτό και πρέπει να ελέγχονται σχολαστικά ώστε να διαχωρίζονται από τα υπολείμματα (Garcia et al., 2005).

Ορισμένες ενέργειες μπορεί να βοηθήσουν στη σταθερή σύσταση των υπολειμμάτων και να περιορίσουν τους περιοριστικούς παράγοντες. Αρχικά, η επιλογή μιας σταθερής πηγής από την οποία θα συλλέγονται τα υπολείμματα μπορεί να δώσει μία λύση, αλλά και η ταυτόχρονη χορήγησή τους παράλληλα με άλλες εμπορικές ζωοτροφές προτείνεται ώστε να συσταθεί ένα ισόρροπο σιτηρέσιο (Westendorf, 2000). Η θερμική επεξεργασία των υπολειμμάτων θα μειώσει το ποσοστό της υγρασίας και τη συγκέντρωση των αντιδισαιτητικών παραγόντων, ενώ παράλληλα θα διευκολύνει τη συλλογή και την επεξεργασία τους. Η κατάλληλη θερμική επεξεργασία θα διασφαλίσει επαρκή μείωση των διαφόρων μικροβιακών παραγόντων, χωρίς να επηρεάσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφές.

Η επεξεργασία των υπολειμμάτων θα διασφαλίσει ποιοτικά και ασφαλή προϊόντα που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ζώων, προάγοντας το παραγωγικό τους

δυναμικό. Το ποσοστό ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων στα σιτηρέσια των ζώων μπορεί να φτάσει έως και 100% ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και τις αντίστοιχες ανάγκες των ζώων στα οποία θα χορηγηθούν. Η καταλληλότητα των υπολειμμάτων και η χημική τους σύσταση είναι οι βασικότεροι παράγοντες που θα επηρεάσουν το ποσοστό που θα συμμετέχουν στο σιτηρέσιο. Στην περίπτωση που εξασφαλίζονται οι δύο παραπάνω παράγοντες εξετάζεται και το κόστος χρησιμοποίησης. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής αποτελεί δείκτη για το ιδανικό ποσοστό ενσωμάτωσης. Συγκεκριμένα, όταν η τιμή του είναι χαμηλή αντικατοπτρίζει το βέλτιστο ποσοστό ενσωμάτωσης, ενώ το αντίθετο ισχύει με την υψηλή τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής. Το ποσοστό ενσωμάτωσης θα επηρεαστεί και από διάφορους άλλους παράγοντες, όπως η πηγή συλλογής τους, η ποιότητα των υλικών των υπολειμμάτων, το είδος των ζώων, η ηλικία, η παραγωγική κατεύθυνση, το είδος εκτροφής κ.ά.

#### **4. Επεξεργασία υπολειμμάτων πριν τη χρήση**

Τα υπολείμματα τροφίμων αμέσως μετά τη συλλογή τους και πριν χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά στη διατροφή των ζώων πρέπει να υφίστανται ορισμένη επεξεργασία. Με την χρήση των διαθέσιμων τεχνολογικών διαδικασιών θα δημιουργηθούν ασφαλή προϊόντα, προστιθέμενης αξίας που θα περιέχουν συστατικά υψηλής ποιότητας (Dou et al., 2018).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν το μαγείρεμα, την εξώθηση, την δημιουργία συμπηκτων (pellets), την αφυδάτωση, την ενσίρωση (Westendorf et al., 1999) και την επεξεργασία με προβιοτικά (Cheragi et al., 2014). Η εξώθηση, τα σύμπηκτα και η αφυδάτωση έχουν καλύτερα αποτελέσματα καθώς αυξάνουν τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος, σε σύγκριση με το μαγείρεμα και την ενσίρωση (Westendorf et al., 1999). Η αφυδάτωση μάλιστα καθιστά ευκολότερη την ενσωμάτωση του τελικού προϊόντος σε προγράμματα διατροφής χοίρων (Myer et al., 2000). Το μαγείρεμα των υπολειμμάτων είναι καλό να γίνεται στις χαμηλότερες δυνατές θερμοκρασίες και τα υπολείμματα να μην εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα, προκειμένου να παρεμποδίζεται η λιπιδική υπεροξειδωση (Fung et al., 2018). Η επεξεργασία με προβιοτικά φαίνεται πως βελτιώνει τη χημική σύσταση των υπολειμμάτων σύμφωνα με τους Cherangi et al. (2014).

Η βελτίωση της χημικής σύστασης και των φυσικών ιδιοτήτων των υπολειμμάτων δεν είναι ο μόνος στόχος της επεξεργασίας τους, αλλά αποτελεί και βασική αρχή για την παρεμπόδιση διάδοσης ασθενειών και την παραγωγή ασφαλών προϊόντων. Η θερμική επεξεργασία παίζει σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση αυτών των προδιαγραφών (Garcia et al., 2005). Οι Taft et al. (2000) επεσήμαναν πως στα υπολείμματα δεν περιέχονται μόνο εναπομείναντα υλικά από τα στάδια της προετοιμασίας, της συλλογής, του μαγειρέματος ή της κατανάλωσης των τροφίμων, αλλά περιέχονται και ζωικά προϊόντα, όπως κρέας. Ο σωστός χειρισμός τους επομένως είναι σημαντικός προκειμένου να μην υπάρξουν επιδημιολογικά περιστατικά. Ασθένειες από μη καταλλήλως επεξεργασμένα υπολείμματα μπορούν να μεταφερθούν τόσο από ζώο σε ζώο όσο και από τα ζώα στον άνθρωπο (Westendorf et al., 1996).

Τα υπολείμματα, σύμφωνα με έρευνες, είναι πιθανό να μεταφέρουν ασθένειες σε ορισμένες περιπτώσεις και αυτό αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την επαναχρησιμοποίησή τους (Westendorf, 2000; EU, 2009). Από μη επεξεργασμένα ή ατελώς επεξεργασμένα υπολείμματα μπορεί να μεταδοθούν ασθένειες από βακτήρια και ιούς. Οι περισσότερες ασθένειες των χοίρων σχετίζονται με μη καλά μαγειρεμένα υπολείμματα που τους έχουν χορηγηθεί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εκδήλωση της νόσου του αφθώδη πυρετού (foot-and-mouth disease) το 2001 στο Ηνωμένο Βασίλειο, πιθανόν εξαιτίας της κατανάλωσης από χοίρους ατελώς μαγειρεμένων διατροφικών υπολειμμάτων (Zu Ermgassen et al., 2016; BBC, 2016).



**Εικόνα Α.1:** Φάσμα κλινικών συμπτωμάτων που μπορεί να υποδηλώνει την παρουσία της νόσου του αφθώδους πυρετού σε χοίρους. (Πηγή: Kitching & Alexandersen, 2002 και <https://vetmed.tamu.edu/fadr/diseases/foot-and-mouth-disease/>)

Η νόσος αυτή προκαλεί επίπονες φλύκταινες στο στόμα και στο κάτω μέρος των ποδιών, δημιουργώντας χωλότητα και δυσκολία στην κατανάλωση τροφής. Ωστόσο, προσβάλλει σπάνια τον άνθρωπο αλλά είναι θανατηφόρα για τα νεαρά ζώα. Η Βρετανική κυβέρνηση απαγόρευσε έτσι την χρησιμοποίηση υπολειμμάτων που προέρχονται από catering ή από νοικοκυριά με γνώμονα ότι ο ιός μπορεί να επιβιώσει για μεγάλο διάστημα στο ωμό ή στο ατελώς μαγειρεμένο κρέας, ή ακόμα και μετά την παστερίωση του γάλακτος.

Η ασθένεια της Σπογγώδους Εγκεφαλοπάθειας των Βοοειδών, γνωστή και ως «νόσος των τρελών αγελάδων», ξέσπασε το 1980 και οφείλονταν στη χορήγηση σε βοοειδή κρεαταλεύρων που δεν είχαν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία (Sugiura et al., 2009), με αποτέλεσμα τη μετάδοση του παθολογικού μολυσματικού παράγοντα που προκαλεί τη νόσο, το prion. Ο παράγοντας αυτός είναι μια πρωτεΐνη που προκαλεί αλλοιώσεις σε φυσιολογικές πρωτεΐνες του εγκεφάλου. Η ασθένεια αυτή προκαλεί μη θεραπεύσιμη θανατηφόρο νευροεκφυλιστική νόσο στα βοοειδή. Άλλα παρόμοια περιστατικά ασθενειών αποτελούν το κυστοειδές εξάνθημα, η πανώλη των χοίρων και η τριχινέλλα που εμφανίστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες και σχετίζονται με ατελώς μαγειρεμένα υπολείμματα.

Γενικότερα και προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιου είδους περιστατικά, ξεχωρίζουν τρεις μορφές επεξεργασίας των υπολειμμάτων πριν την ενσωμάτωσή τους στις ζωοτροφές. Η πρώτη περιλαμβάνει μια απλή θερμική επεξεργασία με το ποσοστό της υγρασίας του συλλεγόμενου προϊόντος να παραμένει υψηλό (σε αυτή την περίπτωση κυμαίνεται μεταξύ 70-

80%). Οι τροφές αυτής της μορφής μπορεί να έχουν το πλεονέκτημα πως δεν χρειάζονται ιδιαίτερη επεξεργασία. Ωστόσο, η διάρκεια ζωής τους είναι από μία έως δύο ημέρες. Η ξήρανση επιτυγχάνει ένα ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 20%, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των τροφών και μειώνοντας το κόστος της αποθήκευσης και μεταφοράς τους αφού γίνεται ευκολότερη λόγω του χαμηλού ποσοστού υγρασίας. Τέλος, η διάρκεια ζωής των τροφών παρατείνεται στο μέγιστο και η σύσταση σταθεροποιείται μέσω ενσίρωσης που εφαρμόζεται υπό αναερόβιες συνθήκες (Rajeh et al., 2020).

Στις χώρες που επιτρέπεται η χορήγηση υπολειμμάτων στα σιτηρέσια των ζώων, είναι υποχρεωτική η εξειδικευμένη επεξεργασία τους πριν την χρήση. Οι Η.Π.Α. αποτελούν ένα τέτοιο παράδειγμα όπου τα υπολείμματα πρέπει να υφίστανται θερμική επεξεργασία στους 100 °C για 30 λεπτά πριν χορηγηθούν στα ζώα (Leib et al., 2016). Στην Ιαπωνία προτιμώνται τα υλικά που δεν περιέχουν κρέας, το μαγείρεμα όμως ωμών υλικών που ενδέχεται να περιέχει και ωμό κρέας απαιτεί θέρμανση στους 70 °C για 30 λεπτά ή 80 °C για 3 λεπτά (Sugiura et al., 2009). Το συγκεκριμένο προϊόν που προκύπτει μετά από αυτή την επεξεργασία ονομάζεται «ecofeed».



“EcoFeed”: Τα απόβλητα τροφίμων μετατρέπονται σε δύο τύπους ξηρής τροφής μετά από μια τελική διαδικασία θέρμανσης -- πλούσια σε λίπος και πρωτεΐνες και λιγότερο λίπος και πρωτεΐνη αλλά περισσότερους υδατάνθρακες -- και σε υγρό τύπο από παστεριωμένα ποτά όπως γάλα και ψιλοκομμένα λαχανικά. (Πηγή: <https://www.reuters.com/article/us-japan-food-recycled-idUST21465920080723>, <https://www.goodgoodgood.co/articles/what-is-upcycled-food>)

Οι Esteban et al. (2005), προτείνουν θερμική επεξεργασία στους 65 °C για 20 λεπτά, ενώ παρατηρούν πως υπό αυτές τις συνθήκες υπάρχει επιθυμητή και όχι αρνητική επίπτωση στην θρεπτική αξία των υπολειμμάτων, ενώ συγχρόνως μειώνονται οι αντιδιαιτητικοί παράγοντες και γίνεται μόνο μερική μετουσίωση των πρωτεϊνών.

## 5. Νομοθεσία σχετικά με τη χρήση των υπολειμμάτων στη διατροφή των ζώων

Ένα μικρό ποσοστό από τα υπολείμματα που παράγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ζώων σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές οδηγίες (EC, 2021). Ο European Former Foodstuff Processors Association διαπίστωσε ότι μόνο 5 εκατομμύρια τόνοι από τα υπολείμματα τροφίμων είναι κατάλληλα για να ενσωματωθούν στα σιτηρέσια των ζώων (EFFPA, 2019). Ένα σύνολο διαφορετικών κανονισμών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αφορούν τη χρήση των υπολειμμάτων στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο, μεταξύ των κρατών-μελών παρατηρούνται αρκετές παραλλαγές ως προς την εφαρμογή των κανόνων. Διαφορετικές ερμηνείες, αρχές και υποχρεώσεις έχουν δημιουργηθεί με σκοπό να καλύψουν όλα τα στάδια παραγωγής και διανομής των τροφίμων. Στο επίκεντρο όλων αυτών των σχετικών νομοθεσιών είναι πρώτα από όλα η προστασία της υγείας των καταναλωτών και η ασφάλεια των τροφίμων με σκοπό αρχικά την εξασφάλιση της υγιεινής και έπειτα τη μείωση των παραγόμενων υπολειμμάτων.

Η απαγόρευση για τη χρήση όλων των ειδών υπολειμμάτων που προκύπτουν ήρθε μετά την εμφάνιση επιδημιών που οφείλονταν σε μη επεξεργασμένα υπολείμματα, λόγω της έλλειψης των σχετικών οδηγιών και νομοθεσιών ως τότε. Χαρακτηριστικό ήταν το παράδειγμα του Ηνωμένου Βασιλείου το 2001 με το ξέσπασμα του αφθώδη πυρετού (foot and mouth disease) των χοίρων (Zu Ermgassen et al., 2016). Αυτή ήταν και η αιτία που την ίδια χρονιά η μεγάλη Βρετανία απαγόρευσε την χορήγηση υπολειμμάτων στη διατροφή των ζώων, με την Ευρωπαϊκή Ένωση να εφαρμόζει την επόμενη χρονιά την ίδια απαγόρευση. Με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης 1774/2002 αποκλείονται τα υπολείμματα από catering στα μονογαστρικά και μηρυκαστικά ζώα, ενώ δεν ισχύει η ίδια απαγόρευση για τα γουνοφόρα. Ο κανονισμός αυτός δεν αφορούσε τα υπολείμματα που δεν περιείχαν κρέας, ψάρι ή άλλα ζωικά προϊόντα (Zu Ermgassen et al., 2016). Προϊόντα που περιέχουν χοίρειας προέλευσης συστατικά και είναι μολυσμένα με ασθένειες όπως ο κλασικός πυρετός των χοίρων, το κυστοειδές εξάνθημα χοίρων, μπορεί να τις προκαλέσουν σε χοίρους αν καταναλωθούν από αυτούς (House et al., 1999; Van Oirschot, 1999). Η Αγγλία έχει διατυπώσει επιπλέον επιφυλάξεις ως προς τη χρήση των υπολειμμάτων, προκειμένου να αποφύγει τη διασπορά ασθενειών, όπως η γρίπη των πουλερικών ή η ψευδοπανώλη (νόσος του Newcastle) (Whitehead et al, 2014).



Η εμφάνιση όλων αυτών των ασθενειών, αλλά και η παρουσία διοξινών στις ζωοτροφές συνέβαλαν στην έκδοση του κανονισμού 1069/2009 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο κανονισμός αυτός έχει σκοπό να αποτρέψει και να ελαχιστοποιήσει τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία και την υγεία των ζώων, απαγορεύοντας την χρήση ζωικών υποπροϊόντων και παράγωγα ζωικών προϊόντων στη διατροφή εκτρεφόμενων ζώων, με εξαίρεση τα γουνοφόρα. Ωστόσο, πρόσφατα η νομοθεσία άλλαξε και ένας άλλος νεότερος κανονισμός, ο 1372/2021, επιτρέπει τη χρήση μεταποιημένων ζωικών πρωτεϊνών υπό όρους. Συγκεκριμένα, η χορήγηση τροποποιημένων ζωικών πρωτεϊνών ή σύνθετων ζωοτροφών που περιέχουν τέτοιες πρωτεΐνες, μπορούν να ενσωματωθούν σε μίγματα ζωοτροφών ενός είδους ζώων αρκεί να μην περιέχονται σε αυτό τροποποιημένες πρωτεΐνες του ίδιου είδους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η χρήση τροποποιημένων πρωτεϊνών που προέρχονται από χοίρους που μπορούν να προστεθούν στη διατροφή πτηνών.

Αντίθετα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αρκετές χώρες στην Ανατολική Ασία προωθούν τα υπολείμματα στη διατροφή των ζώων. Στην Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα, το 2006, ανακυκλώθηκαν 52,5% και 42,5% αντίστοιχα των συνολικών υπολειμμάτων τους ως ζωοτροφές (Ju et al., 2016; Zu Ermgassen et al., 2016). Στην Ιαπωνία δεν επιτρέπεται η ανακύκλωση των υπολειμμάτων που προέρχονται από νοικοκυριά, ενώ απαγορεύτηκε και η χρησιμοποίηση υπολειμμάτων που περιέχουν κρέας σε βοοειδή, πρόβατα και αίγες υπό τον φόβο της Σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας, η οποία βέβαια δεν έχει καταγραφεί να προσβάλλει ψάρια, χοίρους και πτηνά (Zu Ermgassen et al., 2016). Η Νότια Κορέα από την άλλη επιτρέπει τα υπολείμματα από νοικοκυριά αφού όμως έχουν υποστεί διαλογή και θερμική επεξεργασία (Kim et al., 2011).

Συνεπώς, είναι δύσκολο να αποφανθεί κάποιος αν η απαγόρευση σύμφωνα με τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή η εφαρμογή συγκεκριμένων περιορισμών, όπως πρότειναν η Νότια Κορέα και η Ιαπωνία, μειώνουν την πιθανότητα έξαρσης ασθενειών που σχετίζονται με τα ζώα. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η θέσπιση κανόνων και ορίων που θα εφαρμόζονται από την αρχή στο στάδιο συλλογής μέχρι και το στάδιο της τελικής επεξεργασίας και μετατροπής των υπολειμμάτων σε αξιοποιήσιμα προϊόντα.

## 6. Διατροφή πτηνών

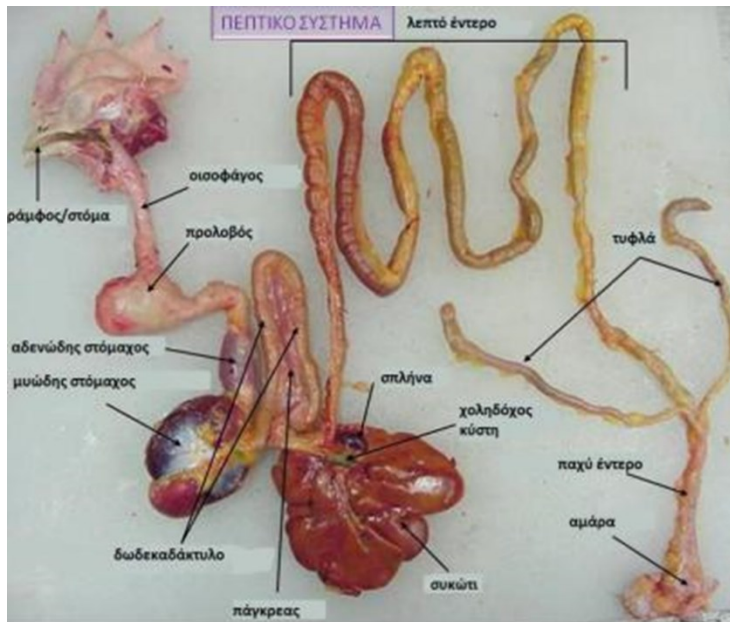
Οι μέθοδοι εκτροφής και συγκεκριμένα της διατροφής των πτηνών διαφέρουν σημαντικά από αυτές των άλλων ζώων, καθώς επηρεάζονται από την παραγωγική τους κατεύθυνση. Η ωοπαραγωγή, η κρεοπαραγωγή και η παραγωγή πατρογονικών ορνιθίων είναι οι βασικές κατευθύνσεις για τις οποίες εκτρέφονται. Τα πτηνά που προορίζονται για την παραγωγή αυγών έχουν σχετικά μικρό σωματικό βάρος και είναι υψηλής γονιμότητας. Αντίθετα, εκείνα που προορίζονται για την πάχυνση εμφανίζουν ταχύ ρυθμό ανάπτυξης, μεγαλύτερο σωματικό βάρος, ενώ η ικανότητα παραγωγής αυγών είναι αρκετά μειωμένη (Ζέρβας, 2007).

Το πεπτικό σύστημα των πτηνών παρουσιάζει σημαντικές διαφορές όταν συγκρίνεται με αυτό των θηλαστικών ζώων, δεδομένου ότι τα πτηνά συγκαταλέγονται στην κατηγορία των παμφάγων. Οι σπουδαιότερες από τις διαφορές αυτές είναι:

- α) η ύπαρξη ράμφους στο στόμα αντί για χείλη και δόντια, το οποίο συμμετέχει στην πρόσληψη της τροφής και όχι στη μάσηση,
- β) η ύπαρξη πρόλοβου, ενός πλευρικού σάκου που βρίσκεται στον οισοφάγο και στον οποίο η τροφή παραμένει για σύντομο χρονικό διάστημα πριν καταλήξει στο στόμαχο,
- γ) ο στόμαχος διακρίνεται σε δύο τμήματα που έχουν μικρή χωρητικότητα, τον αδενώδη και το μυώδη στόμαχο. Στον αδενώδη η τροφή διαποτίζεται με γαστρικό υγρό και στο μυώδη γίνεται μηχανική κατεργασία και ομογενοποίηση της τροφής,
- δ) το λεπτό έντερο, όπου ακολουθεί η ενζυμική πέψη της τροφής και η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών της,
- ε) το παχύ έντερο που στα πτηνά αποτελείται από δύο τυφλά και το κόλον,
- στ) την αμάρα που είναι η απόληξη του πεπτικού συστήματος και αποτελεί κοινή κατάληξη πεπτικού, ουροποιητικού και αναπαραγωγικού συστήματος, από την οποία αποβάλλονται ούρα και κόπρος μαζί.

Το πεπτικό σύστημα των πτηνών έχει μικρή χωρητικότητα, χαρακτηρίζεται από γρήγορη διέλευση της τροφής κατά μήκος του πεπτικού σωλήνα και στερείται συμβιωτικής πέψης. Για τους παραπάνω λόγους τα σιτηρέσια των πτηνών πρέπει να αποτελούνται από συμπυκνωμένες ζωοτροφές υψηλής διατροφικής αξίας, υψηλής πεπτικότητας και μικρού όγκου. Οι δημητριακοί

καρποί, τα υποπροϊόντα αλευροποιίας και σπορελαιουργίας, και οι ζωικής προέλευσης ζωοτροφές είναι μερικές από αυτές.



**Εικόνα Α.3:** Το πεπτικό σύστημα των πτηνών

(Πηγή: <https://opencourses.uoa.gr/modules/document/index.php?course=BIOL1&openDir=/55654142VDK9/5565416bG03z/556541effHm7/55654206TIQ0/55bdd0b7mfNq> )

Η σύμπτωση μηχανικού και φυσιολογικού κορεσμού που λαμβάνει χώρα στα πτηνά έχει ιδιαίτερη σημασία για την κάλυψη των αναγκών τους. Η κατανάλωση της τροφής είναι ανάλογη του σωματικού τους βάρους, του ύψους παραγωγής και της κινητικότητάς τους και αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της ενεργειακής πυκνότητας του σιτηρεσίου. Η διαφοροποίηση της ποσότητας τροφής που προκύπτει από την τροποποίηση του ενεργειακού περιεχομένου του σιτηρεσίου δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια του μηχανικού κορεσμού ούτε να οδηγεί σε υπερκατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, προκειμένου να αποφευχθεί η κατανάλωση περισσότερων ή λιγότερων θρεπτικών συστατικών, το ενεργειακό περιεχόμενο της τροφής πρέπει να συνδέεται με σταθερή σχέση με τα διάφορα θρεπτικά συστατικά, δηλαδή ανά μονάδα ενέργειας να αντιστοιχεί πάντοτε σταθερή ποσότητα θρεπτικών συστατικών (Ζέρβας, 2007).

## 6.1 Κατάρτιση σιτηρεσίων παχυνόμενων νεοσσών κρεοπαραγωγής

Οι παχυνόμενοι νεοσσοί κρεοπαραγωγής είναι υβρίδια που η επιλογή τους έχει στηριχθεί στην ταχεία σωματική ανάπτυξή τους και στην αποτελεσματική χρησιμοποίηση της τροφής. Τα παχυνόμενα ορνίθια διατρέφονται κατά βούληση με τρία συνήθως διαφορετικά σιτηρέσια ανάλογα με τις προδιαγραφές του κάθε Οίκου, με την διάρκεια της πάχυνσης να είναι 6-7 εβδομάδες μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό για την αγορά βάρος σφάγιου. Οι αρσενικοί νεοσσοί εμφανίζουν υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης και καλύτερη εκμετάλλευση της τροφής σε σύγκριση με τους θηλυκούς.

Ο ρυθμός εναπόθεσης σωματικής πρωτεΐνης μειώνεται και ο ρυθμός εναπόθεσης λίπους αυξάνεται όσο αυξάνεται και η ηλικία των ορνιθίων. Για τη σύνθεση των πρωτεϊνών του σώματος απαιτούνται 20 διαφορετικά αμινοξέα, τα μισά από τα οποία δεν μπορούν να συντεθούν από το ίδιο το πτηνό και πρέπει να τα λάβει με την τροφή. Ανάμεσα στα απαραίτητα αμινοξέα είναι η λυσίνη, η μεθειονίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη, η ισολευκίνη, η βαλίνη, η φαινυλαλανίνη, η ιστιδίνη και η αργινίνη. Η ηλικία επηρεάζει και τις προδιαγραφές των σιτηρεσίων, καθώς η ενέργεια που απαιτείται για την εναπόθεση πρωτεΐνης και/ή λίπους είναι διαφορετική όσο αυξάνεται η ηλικία. Ένας τυπικός διαχωρισμός των φάσεων ανάπτυξης είναι:

- α) η εναρκτήρια φάση (0-10 ημέρες)
- β) η φάση ανάπτυξης (11-24 ημέρες) και
- γ) η φάση πάχυνσης (25-τέλος)

Στον πίνακα Α.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη του σωματικού βάρους αρσενικών και θηλυκών ορνιθίων έως την 49<sup>η</sup> ημέρα, καθώς και η μέση εβδομαδιαία κατανάλωση τροφής.

**Πίνακας Α.1:** Εξέλιξη του σωματικού βάρους και η ημερήσια κατανάλωση τροφής νεοσσών κρεοπαραγωγικού τύπου

Ηλικία (ημέρες)	Σωματικό βάρος (g)		Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g)	
	Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά
0	42	42		
7	189	188	35	34
14	488	473	71	66
21	959	899	116	104
28	1576	1427	162	140
35	2283	2006	202	171
42	3023	2595	232	194
49	3750	3165	253	211

Πηγή: Ross, 308

Στα σιτηρέσια των ορνιθίων κρεοπαραγωγής χρησιμοποιούνται κατά βάση ο αραβόσιτος, το σογιάλευρο, τα πίτυρα σίτου, η γλουτένη αραβοσίτου, πρόσθετα όπως ένζυμα καθώς και φυσικές χρωστικές για την επιθυμητή χρώση του κρέατος.

## 7. Διατροφή χοίρων

Στη χοιροτροφία, και γενικότερα στη ζωική παραγωγή, η διατροφή αποτελεί τον καθοριστικότερο παράγοντα που επηρεάζει, εκτός από την παραγωγικότητα και την υγεία των ζώων, το κόστος για την παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων και την ποιότητα αυτών (Ζέρβας, 2007).

Η σύγχρονη εκτροφή περιλαμβάνει γνώση των αναγκών των ζώων και κάλυψη αυτών σε συνδυασμό με την επιλογή των κατάλληλων ζωοτροφών, δεδομένου ότι η παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των θρεπτικών συστατικών της τροφής και του γενετικού δυναμικού του ζώου. Η διατροφή των χοίρων περιλαμβάνει ζωοτροφές υψηλής πεπτικότητας και χαμηλού όγκου προκειμένου να καλύπτουν τις υψηλές απαιτήσεις τους σε ενέργεια και αμινοξέα. Οι χοίροι χαρακτηρίζονται από περιορισμένη χωρητικότητα στομάχου και μικρή συμβολή των ζυμωτικών φαινομένων για την πέψη της τροφής, η οποία πραγματοποιείται στο λεπτό έντερο με τη συμμετοχή των ενζύμων που εκκρίνονται σε αυτό. Στις εντατικές εκτροφές χρησιμοποιούνται αποκλειστικά συμπυκνωμένες ζωοτροφές, όπως δημητριακοί καρποί, υποπροϊόντα γεωργικών βιομηχανιών, καθώς και μικρές ποσότητες ζωοτροφών ζωικής προέλευσης, εφόσον επιτρέπονται, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών των χοίρων σε απαραίτητα αμινοξέα.

Τα συστήματα διατροφής των χοίρων χαρακτηρίζονται ως απλούστερα από αυτά των υπολοίπων παραγωγικών ζώων εξαιτίας του περιορισμένου εύρους ζωοτροφών που περιλαμβάνουν. Η αδυναμία των χοίρων να πέπτουν τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτικών κυττάρων, περιορίζει τις ζωοτροφές που είναι διαθέσιμες για τη διατροφή τους. Η διατροφή των χοίρων γίνεται κατά βούληση και εκπτώσσουν πλήρως το παραγωγικό τους δυναμικό προσλαμβάνοντας ένα σταθερό επίπεδο ενέργειας. Η περιεκτικότητα σε αμινοξέα και θρεπτικά συστατικά προσαρμόζεται κάθε φορά στις ανάγκες των χοίρων (Ζέρβας, 2007).

Οι αζωτούχες ουσίες που απαιτούνται για την κατάρτιση των σιτηρεσίων των χοίρων εκφράζονται σε συγκεκριμένα ποσοστά απαραίτητων αμινοξέων, ενώ η ολική πρωτεΐνη συμπεριλαμβάνεται στις προδιαγραφές των σιτηρεσίων. Τα απαραίτητα αμινοξέα, λυσίνη, μεθειονίνη + κυστίνη και θρεονίνη, ελέγχονται καθώς αποτελούν τα συνήθη οριακά αμινοξέα για τα σιτηρέσια των χοίρων. Το προφίλ των αμινοξέων και η περιεκτικότητα σε οριακά αμινοξέα επηρεάζουν την ποιότητα των πρωτεϊνών που περιέχονται στην τροφή. Οι πρωτεΐνες του

σιτηρεσίου θεωρούνται ιδανικές όταν το προφίλ των αμινοξέων τους προσομοιάζει με το προφίλ της πρωτεΐνης των ιστών του χοίρου. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη αναλογία απαραίτητων και μη απαραίτητων αμινοξέων. Το προφίλ των αμινοξέων της ιδανικής πρωτεΐνης διαφέρει σε κάθε φυσιολογικό και παραγωγικό στάδιο των χοίρων. Ωστόσο η πεπτή ειλεακή πρωτεΐνη είναι εκείνη που λαμβάνεται υπόψη για την κατάρτιση των σιτηρεσίων των χοίρων. Τα υπόλοιπα απαραίτητα αμινοξέα της τροφής διατηρούνται στις ίδιες αναλογίες τους ως προς τη λυσίνη με τις αντίστοιχες αναλογίες της ιδανικής πρωτεΐνης. Συνεπώς, φαίνεται πως για τα σιτηρέσια των χοίρων είναι απαραίτητα η κάλυψη των αναγκών σε αμινοξέα και όχι σε αζωτούχες ουσίες. Παράλληλα, λόγω της μειωμένης δράσης των μικροοργανισμών στο πεπτικό σύστημα των χοίρων δεν παρατηρείται διάσπαση των φυτινών. Οι φυτίνες αποτελούν σύμπλοκα των φυτικής προέλευσης ζωοτροφών που έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν τον φώσφορο (P), οπότε ο διαθέσιμος P των σιτηρεσίων υπολογίζεται στο 30% του ολικού P που περιέχουν (ωφέλιμος P) (Ζέρβας, 2007).

Κατά τη σύνθεση του σιτηρεσίου των χοίρων λαμβάνονται υπόψιν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τις ανάγκες σε ενέργεια και θρεπτικά συστατικά. Συγκεκριμένα, η φυλή, οι συνθήκες σταβλισμού των ζώων, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, η περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε τοξίνες και παρεμποδιστές ενζύμων πέψης και βέβαια η γενικότερη υγεία των ζώων.

Τα σιτηρέσια των χοίρων είναι μείγματα συμπυκνωμένων ζωοτροφών, που διαφοροποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες των ζώων. Παράδειγμα αποτελούν τα σιτηρέσια που εφαρμόζονται για την πάχυνση των χοίρων, και περιλαμβάνουν ένα σιτηρέσιο για τη φάση προπάχυνσης και ένα για την τελική πάχυνση.

## **7.1 Κατάρτιση σιτηρεσίων παχυνόμενων χοίρων**

Η κατάρτιση των σιτηρεσίων για τη διατροφή των χοιριδίων στοχεύει κυρίως στην κάλυψη των εκάστοτε αναγκών με το μικρότερο δυνατό κόστος. Για την επίτευξη του επιθυμητού σωματικού βάρους σφαγής υπολογίζονται τόσο οι ανάγκες των ζώων όσο και ορισμένα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά του σφάγιου. Συγκεκριμένοι γονότυποι, για παράδειγμα, που

εναποθέτουν περισσότερη σάρκα από λίπος, χρειάζονται περισσότερη ολική πρωτεΐνη και λυσίνη στο σιτηρέσιό τους.

Για την προπάχυνση και την τελική πάχυνση, χρησιμοποιούνται δημητριακοί καρποί, υποπροϊόντα αλευροποιίας, στέμφυλα σακχαροτεύτλων και σογιάλευρο. Στο τελικό στάδιο πάχυνσης, ο αραβόσιτος αντικαθίσταται από την κριθή που περιέχει λιγότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα προκειμένου να αποφευχθεί το «μαλακό» λίπος του σφάγιου. Επιπλέον, η προσθήκη βιταμίνης E ή κάποιου αντιοξειδωτικού περίπου έναν μήνα πριν τη σφαγή, αποτρέπει την οξειδωση του λίπους στο σφάγιο.

Στα πρώτα στάδια πάχυνσης των χοίρων είναι σημαντική η αύξηση κατανάλωσης θρεπτικών συστατικών που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση σιτηρεσίων υψηλής πυκνότητας και τη βελτίωση της αξιοποίησης της τροφής. Έτσι θα αντιμετωπιστεί και η μειωμένη όρεξη που παρατηρείται σε ορισμένες βελτιωμένες φυλές χοίρων κατά τα πρώτα στάδια πάχυνσης. Αντίθετα, στο τελικό στάδιο πάχυνσης και προκειμένου να αποφευχθεί η εναπόθεση σωματικού λίπους, είναι απαραίτητη η κατανάλωση λιγότερο ενεργειακά «πυκνών» ζωοτροφών. Ωστόσο, για τη διαμόρφωση των σιτηρεσίων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το σύστημα διατροφής και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (Ζέρβας, 2007).



## 8. Πεπτικότητα τροφής

Τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για τη σωματική ανάπτυξη των ζώων παρέχονται μέσω της κατανάλωσης της τροφής. Ο όρος πεπτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα των διάφορων θρεπτικών συστατικών, που περιέχονται στην τροφή, να υφίστανται την επίδραση της πέψης και στη συνέχεια να απορροφώνται περισσότερο ή λιγότερο από τον εντερικό βλεννογόνο ώστε να μην επανεμφανίζονται στην κόπρο (Ζέρβας, 2005). Ο βαθμός χρησιμοποίησης της τροφής επηρεάζεται σημαντικά από την πεπτικότητά της, καθώς όσο καλύτερα πέπτεται τόσο περισσότερα θρεπτικά συστατικά είναι διαθέσιμα. Είναι απαραίτητη η κατανόηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής και ο τρόπος χρησιμοποίησής τους από τα ζώα, προκειμένου να βελτιωθούν τα πρότυπα διατροφής που χρησιμοποιούνται.

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών και κατ' επέκταση την πεπτικότητα της τροφής. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να σχετίζονται με την τροφή ή να συνδέονται με το ίδιο το ζώο.

Σχετικά με την τροφή, η πεπτικότητα επηρεάζεται από τα εξής:

α) τη χημική της σύσταση. Η περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε κυτταρικά τοιχώματα επηρεάζει την πεπτικότητα. Οι χονδροειδείς ζωοτροφές είναι πλούσιες σε φυτικές ίνες και δεν περιέχουν υψηλά ποσοστά ενέργειας, αντίθετα οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές έχουν χαμηλά ποσοστά φυτικών ινών ενώ περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και ενέργεια για την ανάπτυξη των ζώων. Οι χονδροειδείς είναι περισσότερο εύπεπτες από τα μηρυκαστικά ζώα που τις αξιοποιούν καλύτερα σε σχέση με τα μονογαστρικά.

β) τη σύνθεση του σιτηρεσίου. Σε ένα σιτηρέσιο που αποτελείται από διάφορες ζωοτροφές πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των αζωτούχων ουσιών και των υδατανθράκων που καταλήγουν στο ζώο.

γ) την ποσότητα και τη συχνότητα χορήγησης της τροφής. Όσο αυξάνεται η ποσότητα κατανάλωσης τροφής αυξάνεται και ο ρυθμός διόδου της από τον πεπτικό σωλήνα με αποτέλεσμα η τροφή να μην προλαβαίνει να διασπαστεί πλήρως από τα πεπτικά ένζυμα ώστε να απορροφηθούν τα θρεπτικά συστατικά της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η πεπτικότητά της. Παρατηρείται περισσότερο έντονα όταν η κατανάλωση τροφής γίνεται κατά βούληση.

Η ποσότητα της τροφής που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών ενός ζώου σε ημερήσια βάση ορίζεται ως επίπεδο διατροφής, θέτοντας ως μονάδα τις ανάγκες συντήρησης του (επίπεδο διατροφής = 1, το ζώο δεν χάνει σωματικό βάρος, ωστόσο δεν αναπτύσσεται και δεν παράγει) (Ζέρβας, 2005). Η αύξηση του επιπέδου διατροφής αυξάνει το ρυθμό διόδου της τροφής στον πεπτικό σωλήνα με αποτέλεσμα να μειώνεται η πεπτικότητα (Ζέρβας, 2013).

δ) την δομή ορισμένων συστατικών της τροφής, τα οποία παραμένουν άπεπτα αφού δεν υφίστανται τη δράση των πεπτικών ενζύμων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η λιγνίνη που ανευρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα των ζωοτροφών και οι κερατίνες που συναντώνται στα πτηνάλευρα.

ε) την προσθήκη ενζύμων στα σιτηρέσια με σκοπό την βελτίωση της πεπτικότητας.

στ) την επεξεργασία των επιμέρους ζωοτροφών πριν την χορήγησή τους. Η προετοιμασία των ζωοτροφών περιλαμβάνει τον τεμαχισμό, τη σύνθλιψη, την άλεση και τη θέρμανση. Ο τεμαχισμός επιλέγεται για τις χονδροειδείς ζωοτροφές με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας που θα δράσουν οι μικροοργανισμοί. Ωστόσο, η ποιότητα των χόρτων και το είδος του ζώου που θα χορηγηθεί επηρεάζουν τη μέθοδο τεμαχισμού. Στις συμπυκνωμένες ζωοτροφές επιλέγεται συνήθως η σύνθλιψη και η άλεση με σκοπό την αύξηση της πεπτικότητας τους. Η θέρμανση βελτιώνει την πεπτικότητα των αζωτούχων ουσιών σε ορισμένες ζωοτροφές καταστρέφοντας αντιδιαιτητικούς παράγοντες.

Σχετικά με τα ζώα, η πεπτικότητα επηρεάζεται από τα εξής:

α) το είδος του ζώου που σχετίζεται με τον τύπο πέψης. Τα μηρυκαστικά ζώα πέπτουν ευκολότερα μια ζωοτροφή πλούσια σε ινώδεις ουσίες σε σχέση με τα μονογαστρικά ζώα, ενώ μια ζωοτροφή με χαμηλή περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες πέπτεται σε παραπλήσιο ρυθμό από τα μηρυκαστικά και τα μονογαστρικά ζώα (Ζέρβας, 2005).

β) την ηλικία του. Στα φυτοφάγα η ανάπτυξη και η λειτουργία των ζυμωτικών φαινομένων ολοκληρώνεται με την πάροδο της ηλικίας, ενώ στα παμφάγα βελτιώνεται η παραγωγή ενζύμων. Επιπλέον, τα νεαρά ζώα δεν πέπτουν τις κυτταρινούχες τροφές μέχρι την πλήρη ανάπτυξη του πεπτικού τους συστήματος.

γ) η πεπτικότητα της τροφής βελτιώνεται με τον εθισμό του ζώου σε μία τροφή.

Ο προσδιορισμός της πεπτικότητας αποτελεί ένα πολύτιμο μέσο αξιολόγησης μιας ζωοτροφής. Οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η συμβατική και η μέθοδος του δείκτη.

## 9. Ποιοτικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού

### 9.1 Χημική σύσταση και σύνθεση μυϊκού ιστού

Ο μυϊκός ιστός συντίθεται κυρίως από νερό, πρωτεΐνες, λίπη, μεταλλικά άλατα και σε μικρό ποσοστό από υδατάνθρακες. Η εκατοστιαία χημική σύνθεση του κρέατος έχει ως εξής: περίπου 72% νερό, 21% πρωτεΐνες, 5% λίπη και 1% τέφρα. Ενδεικτική χημική σύσταση παρουσιάζεται στον πίνακα Α.2 για το ορνίθιο και χοιρινό κρέας. Το ποσοστό της υγρασίας είναι το πιο μεταβλητό σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία και βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με τα ποσοστά λίπους τους κρέατος. Οι πρωτεΐνες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην θρεπτική αξία του κρέατος.

**Πίνακας Α.2.** Σύσταση άπαχου μυϊκού ιστού ορνιθίων και χοίρων

Είδος κρέατος	Νερό	Πρωτεΐνες %	Λίπη	Τέφρα
Κρέας πουλερικών	73-76	20-23	4,7	1
Χοίρειο κρέας	68-70	19-20	9-11	1,4

Πηγή: Verman & Sutherland (1999)

#### 9.1.1 Το νερό στο μυϊκό ιστό

Το νερό αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του μυϊκού ιστού. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού αυτού βρίσκεται σε ελεύθερη κατάσταση εντός των μυϊκών ινών του κρέατος και το υπόλοιπο ποσοστό συναντάται στους συνδετικούς ιστούς. Η περιεκτικότητα του κρέατος σε νερό επηρεάζεται έμμεσα από αρκετούς παράγοντες, όπως είναι το είδος του ζώου, το φύλο, η φυλή και το επίπεδο διατροφής. Η ηλικία επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την περιεκτικότητα σε νερό, καθώς όσο μεγαλύτερο ηλικιακά είναι ένα ζώο τόσο μειώνεται η περιεκτικότητα του κρέατος σε

νερό. Αντιστρόφως ανάλογη είναι και η σχέση του νερού με την περιεκτικότητα σε λίπος (Γεωργάκης et al., 2002).

Το ποσοστό νερού επηρεάζει σημαντικά τόσο τα οργανοληπτικά όσο και τα χαρακτηριστικά της υφής του κρέατος. Συγκεκριμένα, η τρυφερότητα και η ευχυμία που αποτελούν ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος και επηρεάζουν την εμπορικότητά του σχετίζονται άμεσα με το πόσο υψηλό είναι το ποσοστό νερού σε αυτό. Από οικονομικής άποψης, το νερό επηρεάζει το βάρος του προς πώληση κρέατος και συνεπώς την τιμή του, ενώ η ικανότητα συγκράτησης του νερού καθορίζει την ποιότητά του. Μάλιστα το χοίρειο κρέας έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού αμέσως μετά από το βόειο, ενώ το κρέας των πουλερικών εμφανίζει την χαμηλότερη (M. Font-i-Furnols et al., 2015).

Ωστόσο, το υψηλό ποσοστό νερού καθιστά το κρέας ευάλωτο σε αλλοιώσεις με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η διάρκεια ζωής του εξαιτίας της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών (Ahmad et al., 2018). Το χρώμα, η υφή του και η γεύση επηρεάζονται σημαντικά από τη συγκέντρωση του νερού (Γεωργάκης et al., 2002).

### **9.1.2 Οι πρωτεΐνες του μυϊκού ιστού**

Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από περίπου 19% πρωτεΐνες, από αυτές το 11,5% είναι δομικές πρωτεΐνες (ακτίνη και μυοσίνη), το 5,5% εντοπίζεται στο σαρκόπλασμα και μόλις το 2% στο συνδετικό ιστό (κολλαγόνο και ελαστίνη). Οι πρωτεΐνες αυτές είναι καθοριστικές για τη δομή καθώς και για τις λειτουργικές και τις μηχανικές ιδιότητες του μυϊκού ιστού. Η υψηλή περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε συνδετικό ιστό καθιστά περισσότερο σκληρό το κρέας και μειώνει την οικονομική του αξία.

Η σχέση μεταξύ των αμινοξέων τρυπτοφάνης και της οξυπρωλίνης βοηθάει στην ποιοτική αξιολόγηση του κρέατος. Η οξυπρωλίνη εντοπίζεται κυρίως στο συνδετικό ιστό και όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση των δύο αμινοξέων τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική αξία του κρέατος. Οι πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης έχουν υψηλή βιολογική αξία μιας και η σύνθεση και η αναλογία των αμινοξέων τους είναι παρόμοια με αυτή του ανθρώπινου μυ. Τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται ο οργανισμός και δεν μπορεί να συνθέσει, του παρέχονται μέσω της

κατανάλωσης τροφών ζωικής προέλευσης στις οποίες περιέχονται όλα τα απαραίτητα αμινοξέα κάτι που δεν ισχύει για τις τροφές φυτικής προέλευσης.

**Πίνακας Α.3:** Περιεκτικότητα των πρωτεϊνών του κρέατος σε απαραίτητα και μη αμινοξέα

	<b>Κρέας πουλερικών</b>	<b>Χοίρειο κρέας</b>
<b>Απαραίτητα αμινοξέα</b>	<b>g/ 100g πρωτεϊνών</b>	
Λυσίνη	18,4	19,7
Μεθειονίνη	4,9	5,6
Λευκίνη	15,4	14,5
Ισολευκίνη	9,5	9,2
Φαινυλαλανίνη	9,2	7,9
Θρεονίνη	8,5	8,9
Βαλίνη	9,8	9,9
Ιστιδίνη	6,2	8,9
<b>Μη απαραίτητα αμινοξέα</b>	<b>g/ 100g πρωτεϊνών</b>	
Αργινίνη	12,8	12,2
Κυστεΐνη	2,6	2,6
Τρυπτοφάνη	2,3	2,3
Τυροσίνη	7,2	7,6

Πηγή: Προσαρμογή από Γεωργάκης *et al.*, 2002

### 9.1.3 Το λίπος στο μυϊκό ιστό

Το λίπος εντοπίζεται κυρίως σε τρία σημεία:

α) υποδόρια, όπου εντοπίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό, καθώς και περιπλαχνικά. Το λίπος αυτό είναι ορατό σε ένα κομμάτι κρέας και αποτελεί περίπου το 40-50% του βάρους του, ωστόσο μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα κατά το μαγείρεμα (M. Font-i-Furnols. *et al.*, 2015). Ο λιπώδης αυτός ιστός αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια.

β) ενδομυϊκά, μεταξύ των μυϊκών ινών, και αποτελεί το 4-8% του βάρους (M. Font-i-Furnols *et al.*, 2015).

γ) μεταξύ ενδομυϊκού, μαρμαρώδους και δομικού λίπους εντοπίζονται μικρά κομμάτια λίπους που αποτελούν περίπου το 1-3% του νωπού βάρους του (M. Font-i-Furnols et al., 2015). Αποτελείται κυρίως από φωσφολιπίδια και λιπαρά οξέα μακράς αλύσου.

Το είδος του ζώου, η φυλή, το φύλο, η διατροφή, ο βαθμός πάχυνσης και η γενικότερη υγιεινή κατάσταση του ζώου επηρεάζουν τόσο το ποσοστό του λίπους που ανευρίσκεται στο κρέας, όσο και το χρώμα του και τη σύστασή του (Γεωργάκης et al., 2002).

Οι κατηγορίες λιπών που ανευρίσκονται στο κρέας είναι τρεις, τα ουδέτερα λίπη ή τριγλυκερίδια, τα φωσφολιπίδια και οι στερόλες (Γεωργάκης et al., 2002). Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες γλυκερόλης με τρία λιπαρά οξέα. Οι εστέρες γλυκερόλης μπορούν να ενωθούν με ένα μεγάλο αριθμό από διαφορετικά λιπαρά οξέα με αποτέλεσμα τα τριγλυκερίδια που μπορούν να προκύψουν να είναι αριθμητικά πολλά. Τα λιπαρά οξέα αυτά μπορεί να μην περιέχουν κανένα διπλό δεσμό και να χαρακτηρίζονται κορεσμένα λιπαρά οξέα ή να περιέχουν έναν ή περισσότερους διπλούς δεσμούς και να χαρακτηρίζονται ακόρεστα. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα έχουν υψηλότερο σημείο τήξης από τα ακόρεστα με αποτέλεσμα το κρέας που περιέχει πολλά κορεσμένα λιπαρά να είναι πιο σκληρό. Τα φωσφολιπίδια αποτελούνται από ένα μόριο γλυκερόλης ενωμένο με δύο λιπαρά οξέα, ένα μόριο φωσφορικού οξέος και ακόμα ένα μικρότερο πολικό μόριο. Συντίθενται κυρίως από ακόρεστα λιπαρά οξέα και αποτελούν το 0,6-0,8% του λίπους, ενώ εμφανίζουν μεγάλη τάση οξειδωσης.

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα που συνθέτουν τα τριγλυκερίδια και τα φωσφολιπίδια μπορεί να είναι μονοακόρεστα ή πολυακόρεστα ανάλογα με τον αριθμό των διπλών δεσμών που περιέχουν. Οι αναλογίες των λιπαρών οξέων επηρεάζονται σημαντικά από τη διατροφή των ζώων. Η προσληφθείσα ενέργεια από την κατανάλωση λιπών δεν πρέπει να ξεπερνάει το 25-30% με ίση αναλογία από μονοακόρεστα, πολυακόρεστα και κορεσμένα λίπη (Matthes et al., 1996). Ο λόγος πολυακόρεστων προς κορεσμένων λιπών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 0,4 σύμφωνα με τη σύσταση του Τμήματος Υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου (1994). Τα κυριότερα κορεσμένα λιπαρά οξέα που απαντώνται στο κρέας είναι το στεατικό (C18:0) και το παλμιτικό (C16:0). Τα κυριότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα που συναντώνται είναι τα ω-9, όπως το ελαϊκό οξύ, τα ω-6, λινολενικό και αραχιδονικό, τα ω-3, όπως το λινολεϊκό οξύ. Τα ω-6 και ω-3 λιπαρά οξέα δεν συντίθενται από τον οργανισμό γ' αυτό είναι απαραίτητη η πρόσληψή τους από την τροφή σε συγκεκριμένες αναλογίες.

### 9.1.4 Τα ανόργανα στοιχεία του μυϊκού ιστού

Η περιεκτικότητα του κρέατος σε σίδηρο, ψευδάργυρο και χαλκό ποικίλλει ανάλογα με το είδος του ζώου. Παράλληλα, η περιεκτικότητα της τροφής στα ανόργανα αυτά στοιχεία μπορεί να μην επηρεάζει τη συγκέντρωσή τους στο κρέας.

**Πίνακας Α.4:** Ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στο κρέας

Ανόργανα στοιχεία	Περιεκτικότητα (mg/100 g)
Ανθρακας	18
Κάλιο	300-400
Νάτριο	40-80
Ασβέστιο	5-7
Μαγνήσιο	10-30
Σίδηρος	10-200
Χλώριο	40-80
Θείο	150-300
Φώσφορος	100
Ψευδάργυρος	3-5
Χαλκός	0,25-0,42
Μαγγάνιο	0,02-0,03
Ιώδιο	0,03-0,12
Κοβάλτιο	0,032-0,110

Πηγή: Γεωργάκης et al., 2002

### 9.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την χημική σύσταση του μυϊκού ιστού

Οι τεχνικές που ακολουθούνται στη διατροφή των ζώων επηρεάζουν σημαντικά τη σύσταση του κρέατος που θα παραχθεί. Το πρόγραμμα διατροφής ωστόσο, δε φάνηκε να έχει τόσο μεγάλη επίδραση όπως απέδειξαν οι Harries et al. (1968), όταν μελέτησαν την περιεκτικότητα του κρέατος σε πρωτεΐνες και λιπαρά, που είχε προκύψει από δύο ομάδες βοοειδών όπου η μία διατρέφονταν με κριθάρι σε συνδυασμό με βοσκή, ως συμπληρωματική τροφή, και η δεύτερη διατρέφονταν αποκλειστικά με τη βοσκή. Συγχρόνως, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία των ζώων,

τόσο αυξάνεται η σύσταση του μυϊκού ιστού τους σε ολικό άζωτο και λίπος. Το φύλο φαίνεται να έχει αντίκτυπο στην χημική σύσταση του κρέατος. Αυτό αναδείχθηκε και σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε και συνέκρινε αρσενικά, θηλυκά και ευνουχισμένα ζώα (Zomeno et al., 2015). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι τα ευνουχισμένα ζώα είχαν μεγαλύτερα ποσοστά λίπους σε σύγκριση με τις άλλες δύο ομάδες, ενώ και τα θηλυκά είχαν μεγαλύτερα ποσοστά λίπους σε σχέση με τα αρσενικά. Το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες καθώς και το ποσοστό του νερού ήταν χαμηλότερο στα ευνουχισμένα ζώα, ενώ στα μεταλλικά στοιχεία παρατηρήθηκε αύξηση στους αρσενικούς χοίρους.

Ο γονότυπος καθώς και το είδος του ζώου φαίνεται επίσης να επηρεάζουν τις αναλογίες των διαφόρων θρεπτικών συστατικών του κρέατος. Οι Adeniyi et al. (2011) παρατήρησαν υψηλότερο περιεχόμενο λίπους στο μοσχαρίσιο κρέας από το κρέας των πουλερικών, αντίθετη εικόνα είχε η τέφρα, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά στις αζωτούχες ουσίες. Τέλος, η μέθοδος μαγειρέματος που θα χρησιμοποιηθεί επηρεάζει τη σύσταση του κρέατος. Οι Brugiaraglia et al. (2012) μελέτησαν την επίδραση δύο διαφορετικών μεθόδων μαγειρέματος στη θρεπτική αξία μυϊκού ιστού της φυλής Piemontese των βοοειδών. Η θρεπτική και διατροφική αξία του κρέατος φάνηκε να επηρεάστηκε από τους τρόπους μαγειρέματος, χωρίς ωστόσο να διαπιστωθούν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων μαγειρέματος που χρησιμοποιήθηκαν. Η περιεκτικότητα σε νερό ήταν χαμηλότερη στο μαγειρεμένο κρέας, ενώ οι αζωτούχες και λιπαρές ουσίες σημείωσαν αύξηση σε σχέση με το ωμό κρέας.

### **9.3 Ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα του κρέατος**

Η παραγωγή κρέατος με ποιοτικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των καταναλωτών αποτελεί προτεραιότητα όλων. Η ποιοτική αξιολόγηση του κρέατος στηρίζεται σε συγκεκριμένα φυσικοχημικά (ικανότητα συγκράτησης νερού, απώλεια οπού, pH) και οργανοληπτικά (χρωματισμός, οσμή και άρωμα, τρυφερότητα και γευστικότητα) χαρακτηριστικά που πρέπει να ικανοποιούνται, στην χημική σύσταση του μυϊκού ιστού (περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, λίπος, νερό), καθώς και στην απουσία χημικών υπολειμμάτων (αντιβιοτικά, διοξίνες, ορμόνες) και μικροβιολογικών παραγόντων (*Salmonella*, *Listeria* κ.α.) (Hocquette et al., 2005; Guerrero et al., 2013).



Η αποδοχή του κρέατος από τον καταναλωτή επηρεάζεται από χαρακτηριστικά όπως είναι το χρώμα και η τρυφερότητα (Song & King, 2015). Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ποιότητα μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τον καταναλωτή με την οπτική επαφή του με το προϊόν, ενώ άλλα για να αξιολογηθούν απαιτούνται εξειδικευμένα όργανα και αναλύσεις, όπως είναι η τρυφερότητα ή η χημική σύσταση του κρέατος.

### **9.3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού**

#### **Ικανότητα συγκράτησης ύδατος (ΙΣΥ)**

Η ικανότητα συγκράτησης ύδατος ή νερού είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους της ποιότητας του κρέατος (Song & King, 2015). Συγκεκριμένα, εκφράζει την ικανότητα του κρέατος να διατηρεί το νερό που ήδη περιέχει καθώς και την ποσότητά του εξωγενούς νερού που προσλαμβάνει, ενώ ασκείται σε αυτό εξωτερική πίεση, όπως τεμαχισμός, θέρμανση, ανάμειξη. Το νερό που υπάρχει στο κρέας είναι είτε δεσμευμένο σε αυτό, είτε ελεύθερο. Το δεσμευμένο νερό δεν επηρεάζει την ΙΣΥ και αποτελεί περίπου το 5%, ενώ το ελεύθερο αποτελεί το 95%. Το ελεύθερο νερό συγκρατείται είτε εξωκυτταρικά μεταξύ των μυϊκών ινών με τριχοειδείς δυνάμεις και απομακρύνεται σχετικά εύκολα, είτε είναι χαλαρά συγκρατημένο σε χώρους μεταξύ των μυϊκών ινιδίων και αφαιρείται εύκολα, είτε είναι ακίνητο μεταξύ των μορίων ακτίνης και μυοσίνης και συγκρατείται με ηλεκτροστατικές δυνάμεις οπότε και αποχωρίζεται δύσκολα.

Η ΙΣΥ σχετίζεται άμεσα με το είδος του ζώου, την ηλικία του, το φύλο, την κατάσταση της υγείας του. Η εξάντληση του ATP που λαμβάνει χώρα μετά το θάνατο και η είσοδος στη νεκρική ακαμψία, όπως και η προσθήκη φωσφορικών αλάτων και χλωριούχου νατρίου ασκούν επιρροή στην ΙΣΥ. Παράλληλα, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε ενδομυϊκό λίπος, τόσο αυξάνεται η ΙΣΥ. Το pH επίσης επηρεάζει την ΙΣΥ, μύες με υψηλό pH έχουν υψηλή ΙΣΥ. Ζώα που έχουν ταλαιπωρηθεί πριν τη σφαγή ή βρίσκονται σε κακή σωματική κατάσταση εμφανίζουν υψηλότερο pH άρα και υψηλότερη ΙΣΥ, λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων γλυκογόνου (Γεωργάκης et al., 2002). Το διάστημα πριν επέλθει η νεκρική ακαμψία σημειώνεται η υψηλότερη τιμή της ΙΣΥ, ενώ στη συνέχεια η τιμή της μειώνεται καθώς σχηματίζεται το σύμπλεγμα ακτίνης-μυοσίνης και αποδομείται το ATP μέχρι να επέλθει η νεκρική ακαμψία. Ακόμα η θέρμανση του

κρέατος επηρεάζει την ΙΣΥ και τη μειώνει, ενώ όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από 50°C καταστρέφεται ολοκληρωτικά (Γεωργάκης et al., 2002).

Η ΙΣΥ επηρεάζει σημαντικά την τεχνολογία του κρέατος. Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό που έχει μελετηθεί αρκετά στο χοίρειο κρέας εξαιτίας του γεγονότος ότι μεγάλο ποσοστό του δεν καταναλώνεται φρέσκο, αλλά διατηρείται προκειμένου να υποστεί επεξεργασία και να παραχθούν διάφορα προϊόντα (π.χ. αλλαντικά). Η ΙΣΥ είναι μια παράμετρος που φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με το χρώμα και την τρυφερότητα του κρέατος, επηρεάζοντας έτσι λειτουργικές ιδιότητές του (Mir et al., 2017).

### **Απώλεια οπού**

Μεταξύ της απώλειας οπού και της ΙΣΥ υπάρχει άμεση σχέση. Συγκεκριμένα, όσο υψηλότερη είναι η ΙΣΥ τόσο λιγότερες είναι και οι απώλειες που θα συμβούν κατά την ψύξη και τα διάφορα στάδια επεξεργασίας του κρέατος και αντίστροφα. Η απώλεια οπού εκφράζει την ποσότητα νερού που χάνεται από το φρέσκο και όχι μαγειρεμένο κρέας όταν του ασκηθεί μηχανική πίεση.

### **pH**

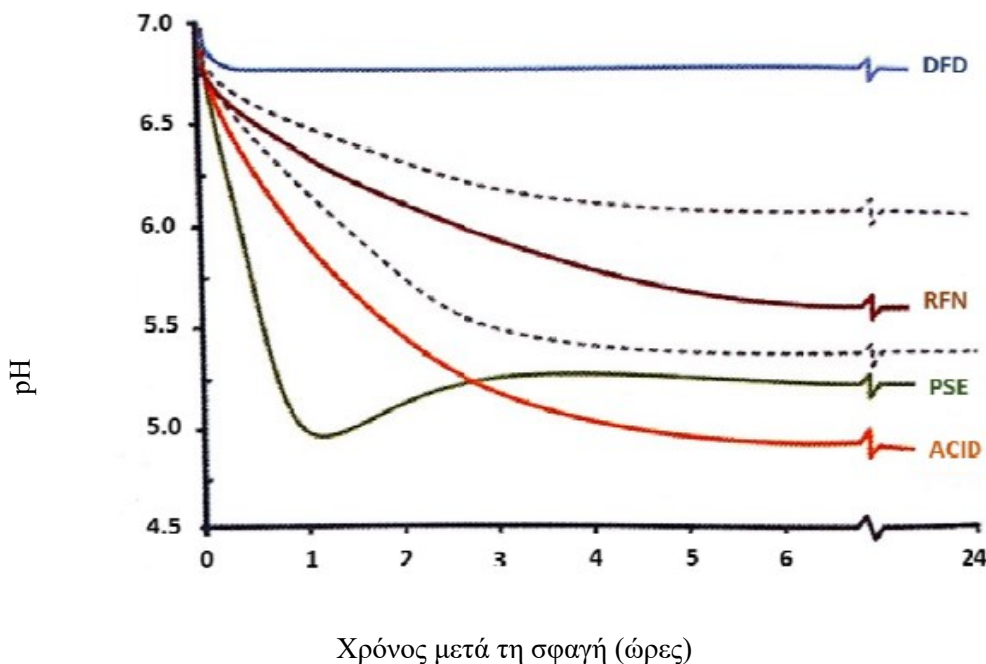
Το pH (οξύτητα) πρόκειται για μία παράμετρο που επηρεάζει σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος όλων των ειδών ζώων. Στον μυϊκό ιστό ενός ζώντος ζώου η τιμή του pH κυμαίνεται σε ουδέτερες τιμές (~7.2). Ωστόσο, μετά τη σφαγή η τιμή του pH αρχίζει να μειώνεται καθώς ξεκινάει η αναερόβια γλυκόλυση λόγω της μείωσης του οξυγόνου στον ιστό. Κατά την διαδικασία αυτή το γλυκογόνο που είναι αποθηκευμένο στους μυς διασπάται και παράγεται γαλακτικό οξύ, το οποίο θα επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του κρέατος στη συνέχεια. Έτσι, είναι καθοριστικής σημασίας η ποσότητα του γλυκογόνου πριν τη σφαγή να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Η τιμή του pH θα ξεκινήσει να μειώνεται λόγω της παραγωγής γαλακτικού οξέος που έχει ξεκινήσει, τα ένζυμα του γλυκολυτικού μηχανισμού θα αδρανοποιηθούν (λόγω πτώσης του pH) και το γλυκογόνο σταδιακά θα εξαντληθεί. Περίπου 45-60 λεπτά μετά τη σφαγή η τιμή του pH παίρνει τιμές μεταξύ 5.8-6.0 (M. Font-i-Furnols et al., 2015).

Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την πτώση του pH είναι η ποσότητα του γλυκογόνου στους μυς πριν τη σφαγή, η καταπόνηση που υφίσταται το ζώο στη σφαγή και στη συνέχεια, η

θερμοκρασία, η αφαίμαξη που θα ακολουθήσει τη σφαγή, ο βαθμός μεταβολισμού πριν τη σφαγή καθώς και η περιεκτικότητα του μυϊκού ιστού σε λίπος και συνδετικό ιστό (Γεωργάκης et al., 2002).

Η πτώση της τιμής του pH μετά τη σφαγή είναι πιο μεγάλη στους χοίρους, ακολουθούν τα πρόβατα και είναι μικρότερη στα βοοειδή (Roca, 2001). Οι χαμηλές τιμές pH σχετίζονται με μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και λιγότερο έντονο χρώμα στο κρέας, ενώ υψηλότερες τιμές είναι υπεύθυνες για σκουρότερου χρώματος κρέας με καλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού, αλλά μικρότερη διάρκεια συντήρησης. Στο κρέας των χοίρων, 24 ώρες μετά τη σφαγή οι τιμές του pH κυμαίνονται μεταξύ 5.3-5.7, ενώ περίπου 6-8 ώρες μετά τη σφαγή η τιμή του είναι 5.6-5.7 (Roca, 2001). Αυτή η περίπτωση φανερώνει την εξιδρωματική ή αποχρωματική μυοπάθεια στους χοίρους (PSE). Σε αντίθετη περίπτωση και όταν η τιμή του pH πέφτει ελάχιστα μέσα στην πρώτη ώρα μετά τη σφαγή για να πάρει τελικά τιμή μεταξύ 6.5-6.8 μέχρι τη συμπλήρωση των 24 ωρών, έχουμε τη δημιουργία σκοτεινού, σκληρού και στεγνού κρέατος (DFD - dark, firm, and dry). Σε ενδιάμεση περίπτωση με καστανοκόκκινο χρώμα (RFN - red, firm, normal, non-exudative) παρατηρείται μείωση του pH περίπου στο 7.0 όταν το ζώο είναι ακόμα ζωντανό, μειώνεται στο 5.6 περίπου 6-8 ώρες μετά τη σφαγή και τελικά φτάνει σε μια φυσιολογική τιμή μεταξύ 5.5-5.7 έως 24 ώρες μετά.

Οι τιμές που παίρνει το pH μπορεί να είναι διαφορετικές τόσο μεταξύ των διαφορετικών μυών όσο και μέσα σε διαφορετικά σημεία του ίδιου μυ. Οι μετρήσεις λαμβάνονται συνήθως στον επιμήκη ραχιαίο που είναι φτωχός σε λιπώδη και συνδετικό ιστό. Ακόμα, η τιμή του pH φαίνεται να επηρεάζει τη γεύση του κρέατος και την ευχυμία του (Lutjens & Kain, 1985). Οι Karunanayaka et al. (2016) εντόπισαν και αντίστροφη σχέση μεταξύ του pH και του παράγοντα  $L^*$  που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της φωτεινότητας του κρέατος, αφού η τιμή του παράγοντα  $L^*$  αυξάνεται όσο μειώνεται το pH του μυϊκού ιστού.



**Εικόνα Α.4:** Η πτώση του pH στο μυϊκό ιστό των χοίρων έως και 24 ώρες μετά τη σφαγή (Πηγή: Briskey (1964); Ramos & Gomide (2017)).

### 9.3.2 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μυϊκού ιστού

#### Χρωματισμός

Το χρώμα που εμφανίζει το κρέας είναι ένα από τα βασικότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του και αποτελεί το κυριότερο κριτήριο επιλογής για τον καταναλωτή (Karthika et al., 2016). Σε φυσιολογικές καταστάσεις, ο χρωματισμός οφείλεται σε πολλούς παράγοντες με κυριότερο τη μυοσφαιρίνη. Η μυοσφαιρίνη είναι μια πρωτεΐνη που ανευρίσκεται στο σαρκόπλασμα της μυϊκής ίνας (Ramos & Gombe, 2017). Η μυοσφαιρίνη αποτελείται από μία πολυπεπτιδική αλυσίδα 153 αμινοξέων που φέρει μια σιδηροπορφυρίνη ή αίμη. Το μόριο της αίμης περιέχει ένα μόριο δισθενούς σιδήρου. Η χημική κατάσταση της αίμης και το σθένος του κεντρικού μορίου σιδήρου επηρεάζουν το χρώμα. Η μυοσφαιρίνη αποτελεί την αποθήκη του οξυγόνου για τον οργανισμό, καθώς έχει την ικανότητα να προσλαμβάνει και να αποδεσμεύει το οξυγόνο. Όταν ο σίδηρος είναι στην ανηγμένη του μορφή, η χρωστική θα πάρει πορφυρό χρώμα, καθώς μπορεί να ενωθεί με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο δημιουργώντας την οξυμυοσφαιρίνη και

δίνοντας στο κρέας ένα έντονο λαμπερό ερυθρό χρώμα που συνδέεται με τη φρεσκάδα. Η οξειδωμένη μορφή του σιδήρου θα δώσει καστανό χρώμα στο κρέας που θα περιέχει την μεταμυοσφαιρίνη (Γεωργάκης et al., 2002).

Η δομή του κρέατος θα επηρεάσει το χρώμα, καθώς σχετίζεται με την ποσότητα του φωτός που αντανακλάται στην επιφάνεια του κρέατος. Οι μεταβολές στη δομή μετά τη σφαγή και η μείωση του pH θα επηρεάσουν το χρώμα. Συγκεκριμένα, όταν ο ιστός βρίσκεται σε φάση διόγκωσης που θα σημειώνει χαμηλές τιμές pH, το φως θα ανακλάται και θα διαχέεται στα μυϊκά ινίδια δίνοντας έντονο κόκκινο χρώμα στο κρέας. Όταν η διόγκωση βρίσκεται στο μέγιστο βαθμό και το pH έχει υψηλές τιμές, το φως θα εισχωρήσει βαθιά και θα απορροφηθεί σε μεγάλο βαθμό, ώστε το κρέας θα πάρει σκούρο χρώμα. Η ποσότητα της μυοσφαιρίνης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως το είδος του ζώου, τη φυλή, το φύλο, την ηλικία του, καθώς και από τη λειτουργία του μυός. Το κρέας των νεαρών ζώων έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε μυοσφαιρίνη, ενώ μύες που παράγουν εντονότερα έργο έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση.

## **Οσμή και άρωμα**

Το σύνολο των οσφρητικών ερεθισμάτων συντελούν την οσμή του κρέατος, ενώ ο συνδυασμός των γευστικών και οσφρητικών χαρακτηριστικών αποτελούν το άρωμά του. Το άρωμα και η γεύση δεν οφείλονται σε μία χαρακτηριστική ουσία ή χημική ένωση αλλά σε ένα σύνολο χημικών ενώσεων που προκύπτουν όσο το κρέας ωριμάζει και στη συνέχεια θερμαίνεται και μαγειρεύεται.

Το άρωμα συνδέεται με το είδος του ζώου, το φύλο, το είδος διατροφής, τη μεταχείριση των ζώων πριν και κατά τη σφαγή, τις συνθήκες συντήρησης του νωπού κρέατος, τις θερμοκρασίες μαγειρέματος κ.ά (Γεωργάκης et al., 2002; M. Font-i-Furnols et al., 2015).

## **Τρυφερότητα**

Η τρυφερότητα είναι άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του κρέατος που επηρεάζει την αποδοχή του από τους καταναλωτές (Karthika, 2016). Συγκεκριμένα, αναφέρεται στον βαθμό αντίστασης του κρέατος κατά τη μάσηση. Η συστολή των μυών που οφείλεται στη δημιουργία

του συμπλόκου ακτίνης-μυοσίνης σχετίζεται με την εξάντληση των αποθεμάτων ATP που παρατηρείται κατά τη νεκρική ακαμψία. Το κρέας γίνεται σκληρότερο όσο μεγαλύτερη είναι η συστολή που προκαλείται.

Διάφοροι παράγοντες πριν και μετά τη σφαγή επηρεάζουν την τρυφερότητα. Το είδος του ζώου, η φυλή, η ηλικία, ο βαθμός πάχυνσης, η διατροφή του ζώου, η κατάσταση του πριν τη σφαγή, τα αποθέματα γλυκογόνου, η κατηγορία στην οποία ανήκει ο μυς, καθώς και ο τρόπος μαγειρέματος του κρέατος την επηρεάζουν. Όταν το κρέας διατηρηθεί σε θερμοκρασία 20°C μέχρι να επέλθει η νεκρική ακαμψία τότε η συστολή είναι μικρή, ενώ αν ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από 10°C πριν επέλθει η νεκρική ακαμψία, το κρέας θα έχει μεγάλη συστολή και άρα θα είναι σκληρότερο. Με το πέρασμα της ηλικίας το κρέας των ζώων γίνεται πιο σκληρό. Η ποσότητα του κολλαγόνου μειώνεται με την ηλικία όπως και η αντοχή του κρέατος στη θερμότητα. Το μαγείρεμα σε θερμοκρασίες 40-50°C επιδρά σκληραίνοντας το κρέας εξαιτίας της μετουσίωσης των πρωτεϊνών του, σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες 65-75°C το κρέας σκληραίνει περισσότερο καθώς οι ίνες του κολλαγόνου βραχύνονται, ενώ όταν η θέρμανση είναι παρατεταμένη στους 80°C το κρέας αποκτά το μέγιστο της τρυφερότητάς του (Dransfeld 1994; Chrystall 1994). Η συντήρηση του κρέατος επηρεάζει την τρυφερότητά του. Επίσης, με την ωρίμανση του κρέατος η τρυφερότητα αυξάνεται.

## **Γευστικότητα**

Η γευστικότητα συνδέεται στενά με την τρυφερότητα, καθώς όσο πιο τρυφερό είναι το κρέας τόσο πιο εύκολα απελευθερώνονται οι χυμοί του με αποτέλεσμα να γίνεται πιο γευστικό. Η λιποπεριεκτικότητα του κρέατος, ο τρόπος και η θερμοκρασία συντήρησής του, η διαδικασία και η θερμοκρασία μαγειρέματος, το πρόγραμμα διατροφής του ζώου έχουν άμεση σχέση με την γεύση που θα έχει τελικά το κρέας (Γεωργάκης et al., 2002).

#### 9.4 Λιπαρά οξέα στον μυϊκό ιστό - παράγοντες που τα επηρεάζουν

Ο προσδιορισμός του προφίλ των λιπαρών οξέων τόσο στο μυϊκό όσο και στο λιπώδη ιστό είναι καθοριστικής σημασίας εξαιτίας της σημασίας τους για την υγεία των ανθρώπων, της επίδρασής τους στα χαρακτηριστικά του κρέατος και στα προϊόντα του, αλλά και στην επεξεργασία του.

Τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από μια μακρά ανθρακική αλυσίδα που στο ένα άκρο της φέρει μία καρβοξυλική ομάδα (-COOH). Η ταξινόμησή τους στηρίζεται στο μήκος της ανθρακικής αλυσίδας αλλά και στον βαθμό κορεσμού τους, δηλαδή στον αριθμό, τη θέση των διπλών δεσμών και στη διάταξή τους στον χώρο (M. Font-i-Furnols et al., 2015). Στον μυϊκό και λιπώδη ιστό η ανθρακική αλυσίδα αποτελείται κυρίως από άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, συνήθως από 12-22 και έχουν γραμμική διάταξη.

Τα λιπαρά οξέα με κριτήριο τον αριθμό των διπλών δεσμών που φέρουν διακρίνονται σε κορεσμένα (SFA) και ακόρεστα λιπαρά οξέα (UFA) (M. Font-i-Furnols et al., 2015). Τα κορεσμένα λιπαρά δε φέρουν κανένα διπλό δεσμό, ενώ τα κορεσμένα φέρουν έναν ή περισσότερους διπλούς δεσμούς και διακρίνονται περαιτέρω σε μονοακόρεστα (MUFA) με έναν διπλό δεσμό και πολυακόρεστα (PUFA) με περισσότερους διπλούς δεσμούς. Τα ακόρεστα λιπαρά συναντώνται σε δύο διατάξεις στο χώρο, την *cis* και *trans*. Τα πολυακόρεστα λιπαρά διακρίνονται σε *n-3* και *n-6* ανάλογα με τη θέση του διπλού δεσμού. Το σημαντικότερο MUFA από πλευράς ποσότητας που ανευρίσκεται στο κρέας και τον λιπώδη ιστό είναι το ελαϊκό (C18:1*cis*9), ενώ τα κυριότερα PUFA είναι το λινελαϊκό (C18:2*n-6*) και το  $\alpha$ -λινολενικό (C18:3*n-3*) (M. Font-i-Furnols et al., 2015).

Τα φωσφολιπίδια και τα τριγλυκερίδια αποτελούν βασικές κατηγορίες των λιπιδίων. Τα φωσφολιπίδια βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη, ενώ στον μυϊκό ιστό η συμμετοχή τους είναι σταθερή και δεν επηρεάζεται από τη συνολική ποσότητα λίπους. Τα τριγλυκερίδια είναι τα σημαντικότερα ουδέτερα λίπη και ανευρίσκονται στα λιποκύτταρα. Στον μυϊκό ιστό η ποσότητά τους επηρεάζεται από τη συνολική ποσότητα λίπους του ιστού. Τα τριγλυκερίδια αποτελούνται κυρίως από SFA και MUFA λιπαρά, ενώ τα φωσφολιπίδια από PUFA.

Ο μυϊκός ιστός, ωστόσο, δεν αποτελείται αποκλειστικά από λιπαρά οξέα, αλλά σημαντική συμμετοχή έχουν κυρίως οι πρωτεΐνες και άλλα στοιχεία του. Επομένως, για τον προσδιορισμό

του προφίλ και της ποσότητας των λιπαρών οξέων είναι απαραίτητη η χρήση κάποιου διαλύτη και στη συνέχεια η εστεροποίηση των λιπαρών οξέων προκειμένου να είναι ανιχνεύσιμα.

Αρκετοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμμετοχή των λιπαρών οξέων στο κρέας και τα προϊόντα κρέατος. Το είδος του ζώου, ο γονότυπός του, το είδος του μυϊκού ιστού που εξετάζεται, αλλά και η διατροφή επηρεάζουν το προφίλ των λιπαρών οξέων (M. Font-i-Furnols et al., 2015). Στα μηρυκαστικά ζώα η βιοϋδρογόνωση που λαμβάνει χώρα στη μεγάλη κοιλία ευθύνεται για τη μετατροπή των λιπαρών οξέων της τροφής σε κορεσμένα, διαδικασία που δεν συμβαίνει στα μονογαστρικά ζώα. Σαν αποτέλεσμα, τα προϊόντα κρέατος που προέρχονται από μηρυκαστικά ζώα έχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Το χοιρινό κρέας έχει υψηλότερα ποσοστά λινελαϊκού από το κρέας που προέρχεται από βοοειδή και πρόβατα. Ο γονότυπος αλλά και η φυλή μπορεί να επηρεάσουν το προφίλ των λιπαρών οξέων ακόμα και όταν η διατροφή είναι ίδια. Σε αυτό μπορεί να παίζει βασικό ρόλο η κατανομή λίπους και η ικανότητα εναπόθεσης τριγλυκεριδίων, όπου όσο αυξάνεται στον μυϊκό ιστό τόσο χαμηλότερη είναι η τιμή του λόγου PUFA/SFA δεδομένου ότι οι συγκεντρώσεις SFA και MUFA είναι υψηλότερες. Από το επίπεδο του λίπους στο σιτηρέσιο επηρεάζεται και ο λόγος n-6/n-3 (M. Font-i-Furnols et al., 2015).

Τα σιτηρέσια που χρησιμοποιούνται, κυρίως στα μονογαστρικά ζώα, έχουν μεγάλη επίδραση στο προφίλ των λιπαρών οξέων του κρέατος. Αρκετές μελέτες έχουν διεξαχθεί με σκοπό τη μείωση των SFA και την αύξηση των n-3 PUFA λιπαρών οξέων. Η διατροφική ενίσχυση με n-3 PUFA θα οδηγήσει και σε αύξηση του περιεχομένου τους στο κρέας. Τα διάφορα είδη μυϊκού ιστού διαφέρουν ως προς το προφίλ των λιπαρών οξέων. Επίσης η θέση που μυϊκού ιστού στο σφάγιο θα επηρεάσει και το προφίλ των λιπαρών οξέων. Οι Jiang et al. (2010) παρατήρησαν αύξηση και μείωση αντίστοιχα των SFA και MUFA στον ίδιο μυϊκό ιστό όταν η θέση του άλλαξε από το εξωτερικό προς το εσωτερικό.

Παράλληλα, η συντήρηση και η επεξεργασία του μυϊκού ιστού τροποποιεί το προφίλ των λιπαρών οξέων του. Η θερμική επεξεργασία για παράδειγμα οδηγεί στην εμφάνιση προϊόντων οξειδωσης. Η αύξηση του χρόνου μαγειρέματος του κρέατος αυξάνει την απώλεια οπού και επηρεάζει την ξηρά ουσία του. Τα PUFA είναι επιρρεπή στην οξείδωση, και σε μαγειρεμένο κρέας η συγκέντρωση των PUFA είναι μικρότερη και ο λόγος PUFA/SFA μειώνεται σε σχέση με το



ωμό. Επιπλέον, ο λόγος n-6/n-3 δε φαίνεται να επηρεάζεται από τη θερμική επεξεργασία του κρέατος (M. Font-i-Furnols et al., 2015).

## 9.5 Οξείδωση λιπιδίων

Η οξείδωση των λιπιδίων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας των τροφίμων και ευθύνεται για την αλλοίωσή τους. Τα τρόφιμα που έχουν υποστεί οξείδωση συνήθως καθίστανται ακατάλληλα για κατανάλωση, λόγω της εμφάνισης ανεπιθύμητων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που συνδέεται με μειωμένη θρεπτική αξία και μειωμένη ικανότητα συντήρησής τους. Η οξείδωση των λιπιδίων αφορά κυρίως τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs), τα ουδέτερα λιπίδια και τα φωσφολιπίδια. Η οξείδωση των PUFAs διακρίνεται στην αυτοοξείδωση απουσία φωτός και στην φωτοευαισθητοποιημένη οξείδωση παρουσία φωτός.

### 9.5.1 Αυτοοξείδωση ακόρεστων λιπαρών οξέων

Η παρουσία ελεύθερων ριζών οξυγόνου, ως παραπροϊόντα του αερόβιου μεταβολισμού, που συναντώνται στα βιολογικά συστήματα ευθύνονται για την αυτοοξείδωση των PUFAs. Η οξείδωσή τους είναι μία αλυσιδωτή αντίδραση ελεύθερων ριζών που λαμβάνει χώρα σε τρία διαδοχικά στάδια, στο στάδιο έναρξης, διάδοσης και τερματισμού.

Οι ελεύθερες ρίζες που έχουν προκύψει από τις μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού είναι εκκινητές της οξείδωσης των λιπιδίων. Εκκινητής των οξειδώσεων μπορεί να είναι κάθε ουσία που έχει επαρκή ενέργεια ώστε να αφαιρέσει ένα άτομο υδρογόνου από τα PUFAs (Μπότσογλου, 2013). Τέτοιες ουσίες μπορεί να είναι η υδροξυλική ρίζα ( $\text{OH}^\cdot$ ), η αλκοξυλική ρίζα ( $\text{RO}^\cdot$ ), η υπεροξειδική ρίζα ( $\text{ROO}^\cdot$ ) ή η πρωτονιωμένη μορφή του υπεροξειδίου ( $\text{HO}_2^\cdot$ ) (Comporti, 1993; Gutteridge, 1998). Ωστόσο, η υδροξυλική ρίζα είναι εκείνη που ευθύνεται κυρίως για την έναρξη των αντιδράσεων. Η προσβολή των PUFAs των κυτταρικών μεμβρανών στο στάδιο της έναρξης γίνεται στη θέση του ατόμου άνθρακα που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο διπλούς δεσμούς από τον οποίο αφαιρείται ένα άτομο υδρογόνου. Οι Gardner (1989) και οι Voet (1995) παρατήρησαν ότι το μεθύλιο που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο διπλούς δεσμούς των PUFAs είναι

επιρρεπές στην αφαίρεση ενός ατόμου υδρογόνου. Η ύπαρξη των διπλών δεσμών κοντά στη μεθυλενική ομάδα διευκολύνει την απομάκρυνση του υδρογόνου, καθώς μειώνει την ισχύ του δεσμού άνθρακα-υδρογόνου (Horton & Fairhurst, 1987). Όσο περισσότεροι είναι οι διπλοί δεσμοί τόσο πιο επιρρεπή είναι τα PUFAs στην οξείδωση, αντίθετα λιπαρά οξέα που περιέχουν έναν διπλό δεσμό ή είναι κορεσμένα είναι λιγότερο ευάλωτα σε οξειδώσεις (Parthasarathy et al., 1990).

Ο σχηματισμός μιας ρίζας αλκυλίου ( $R^\cdot$ ) είναι το αποτέλεσμα της απομάκρυνσης του υδρογόνου. Οι διπλοί δεσμοί της ρίζας αλκυλίου αναδιοργανώνονται σε μία διαμόρφωση συζυγιακών διπλών δεσμών ή συζευγμένων διενίων ( $-CH=CH-CH=CH-$ ) που θεωρούνται θερμοδυναμικά ασταθή. Στη συνέχεια, η ρίζα αλκυλίου θα μετατραπεί σε υπεροξειδική ρίζα ( $ROO^\cdot$ ) αντιδρώντας με ένα μόριο  $O_2$ . Από το σημείο αυτό ξεκινούν οι αλυσιδωτές αντιδράσεις διάδοσης της υπεροξειδωσης, καθώς η υπεροξειδική ρίζα αντιδρά με ένα άλλο γειτονικό λιπαρό οξύ και παράγεται μια νέα υπεροξειδική ρίζα που με τη σειρά της θα αντιδράσει με ένα άλλο λιπαρό οξύ διαδίδοντας την οξείδωση των PUFAs (Διαμαντίδης, 2010). Η συσσώρευση υδροϋπεροξειδίων των λιπαρών οξέων ( $ROOH$ ) είναι το αποτέλεσμα των συνεχόμενων αλυσιδωτών αντιδράσεων, μπορούν ωστόσο εύκολα να διασπαστούν. Οι αλυσιδωτές αντιδράσεις αυτές θα τερματιστούν είτε λόγω της αντίδρασης των ριζών αλκυλίων μεταξύ τους, παράγοντας έτσι προϊόντα που δεν θεωρούνται ελεύθερες ρίζες, είτε επειδή θα συναντήσουν κάποια πρωτεΐνη στα κυτταρικά τοιχώματα των μεμβρανών που θα την οξειδώσουν και θα ακολουθήσει ο τερματισμός τους (Διαμαντίδης, 2010). Οι αλυσιδωτές αντιδράσεις που οδηγούν στην εξουδετέρωση των ριζών αυτών κατά τη φάση τερματισμού μπορούν να διακοπούν με την παρεμβολή ουσιών εκκαθαριστών.

Τα υδροϋπεροξειδία των ακόρεστων λιπαρών οξέων είναι τα πρωτογενή προϊόντα της οξείδωσης. Θεωρούνται ενώσεις σταθερές σε φυσιολογικές θερμοκρασίες, που αποικοδομούνται σε πτητικά και μη πτητικά προϊόντα. Ο καταβολισμός τους θα πρέπει να είναι ελεγχόμενος καθώς η παραγωγή των τοξικών πτητικών προϊόντων θεωρείται υπεύθυνη για την δυσοσμία και το τάγγισμα που προκαλείται στα τρόφιμα (Διαμαντίδης, 2010). Η αποικοδόμησή τους αρχίζει αμέσως μετά το σχηματισμό τους. Η παρουσία ιόντων μετάλλων, όπως ο Fe και ο Cu, η αυξημένη θερμοκρασία είναι παράγοντες που επιταχύνουν την αποικοδόμηση των υδροϋπεροξειδίων. Τα μη πτητικά δευτερογενή προϊόντα που προκύπτουν από την αποικοδόμηση των υδροϋπεροξειδίων διακρίνονται στη συνέχεια σε μονομερή και ολιγομερή (Paquette et al., 1985). Η μηλονική

διαλδεϋδη (MDA) είναι ένα από τα δευτερογενή μη πτητικά προϊόντα της αποικοδόμησης των λιπιδίων, η οποία με την αλδεϋδική της ομάδα θα αντιδράσει με τις αμινομάδες των πρωτεϊνών ή των βάσεων του DNA και θα την τροποποιήσει. Η MDA είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς χρησιμοποιείται ως δείκτης εκτίμησης της λιπιδικής υπεροξειδωσης (Botsoglou et al., 1994).

### **9.5.2 Φωτοευαισθητοποιημένη οξείδωση λιπαρών οξέων**

Οι ελεύθερες ρίζες που είναι απαραίτητες για την έναρξη της οξείδωσης των λιπιδίων μπορούν να παραχθούν και μέσω του μηχανισμού ευαισθητοποιημένης οξείδωσης. Σύμφωνα με τον Frankel (1998), μέσω του μηχανισμού αυτού, τα υδροϋπεροξειδία παράγονται παρουσία οξυγόνου, ορατής ή υπεριώδους ακτινοβολίας και ενός φωτοευαισθητοποιητή. Οι χημικές ενώσεις που απορροφώντας την φωτεινή ακτινοβολία μεταπίπτουν από την απλή στη διεγερμένη κατάσταση καλούνται φωτοευαισθητοποιητές (π.χ. πορφυρίνες, χλωρίνες και dyes-χρωστικές ουσίες) και μπορούν να ενεργοποιήσουν τα ακόρεστα λιπαρά οξέα.

### **9.5.3 Επιπτώσεις της οξείδωσης λιπιδίων στην ποιότητα του κρέατος**

Η οξείδωση των λιπιδίων του κρέατος είναι ένα φυσικοχημικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αξία του προϊόντος. Η έκθεση του κρέατος σε συνθήκες που προκαλούν οξειδώσεις επηρεάζουν τη σύσταση του κρέατος προκαλώντας απώλειες βιταμινών (όπως οι A, C, E) και αμινοξέων (όπως της λυσίνης ή της μεθειονίνης). Ο βαθμός ωστόσο που θα επηρεαστούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος δεν έχει προσδιοριστεί συστηματικά και με ακρίβεια (Μπότσογλου, 2013).

Η επίδραση της οξείδωσης των λιπιδίων στην υγεία των ανθρώπων έχει απασχολήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια την επιστημονική κοινότητα. Οι Ladicos και Lougouois (1990) σημειώνουν ότι τα υδροϋπεροξειδία και τα υπόλοιπα προϊόντα της οξείδωσης των λιπιδίων δρουν τοξικά και μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στις πρωτεΐνες και κατ' επέκταση στις μεμβράνες των κυττάρων με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τη ζωτική τους λειτουργία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χοληστερόλη, η οποία αν και στην απλή μορφή της δεν είναι αθηρογόνα, με την οξείδωσή της από υπεροξειδικές ρίζες γειτονικών πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που πιθανόν να

ανευρίσκονται στις μεμβράνες των φωσφολιπιδίων, σχηματίζει ενώσεις που ευνοούν την αθηρογένεση (Addis & Park, 1989). Τα προϊόντα οξείδωσης της χοληστερόλης δεν ανιχνεύονται στο νωπό κρέας αλλά εντοπίζονται σε μεγάλη συγκέντρωση στα επεξεργασμένα και προψημένα κρέατα (Addis & Park, 1989). Η θέρμανση, η άλεση, η έκθεση στο φως και η παρατεταμένη αποθήκευση είναι παράγοντες που εντείνουν το σχηματισμό των προϊόντων οξείδωσης της χοληστερόλης σύμφωνα με τον Μπότσογλου (2013).

#### **9.5.4. Μέθοδοι προσδιορισμού της οξείδωσης**

Η οξείδωση των λιπιδίων λαμβάνει χώρα σε πολλά στάδια και ευθύνεται για την παραγωγή διαφόρων ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων. Έτσι, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση κατάλληλων προϊόντων-δεικτών, των οποίων η συγκέντρωση θα είναι ασφαλές κριτήριο εκτίμησης της οξείδωσης. Οι δείκτες αυτοί πρέπει να ανιχνεύονται εύκολα στα τρόφιμα, να διατηρούνται σταθεροί κατά τις κατεργασίες προσδιορισμού και η συγκέντρωσή τους να σχετίζεται άμεσα με το βαθμό οξείδωσης των λιπιδίων.

Οι κυριότερες μέθοδοι που εφαρμόζονται για τα τρόφιμα είναι (Μπότσογλου. 2013):

- i. η μέθοδος προσδιορισμού του αριθμού των υπεροξειδίων
- ii. η μέθοδος συζευγμένων διενίων
- iii. η μέθοδος του θειοβαρβιτουρικού οξέος και
- iv. η μέθοδος της εξανάλης

## 10. Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής

Τα υπολείμματα τροφίμων χορηγούνται στα ζώα ως συμπληρωματική ή και αποκλειστική τροφή εδώ και πολλά χρόνια σε διάφορες χώρες του κόσμου. Έτσι, η ενσωμάτωσή τους στο σιτηρέσιο των ζώων δεν είναι μία καινοτόμος διαδικασία, όπως τονίζουν και οι Rochella et al. (2015). Μάλιστα, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (US EPA) (BSR, 2014) έχει τοποθετήσει τη μετατροπή των υπολειμμάτων σε ζωοτροφή στην τρίτη θέση κατάταξης, αμέσως μετά την πρόληψη και την προσφορά των υπολειμμάτων σε άτομα που βρίσκονται σε ανάγκη.

Αρκετοί παράγοντες ωστόσο, δυσκολεύουν την χρησιμοποίησή τους ή ακόμα και την απαγορεύουν. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας (Westendorf, 2000a), η μεγάλη παραλλακτικότητα των υπολειμμάτων (Westendorf, 2000b), η παρουσία παθογόνων αποτελούν τέτοιους περιοριστικούς παράγοντες. Τα υπολείμματα εστίασης προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ζώων πρέπει να υποστούν επεξεργασία ώστε να περιοριστούν οι ανεπιθύμητες ιδιότητές τους. Σήμερα, με τη βοήθεια των διαφόρων μεθόδων που είναι διαθέσιμες, τα υπολείμματα είναι δυνατό να μετατραπούν σε ασφαλή προϊόντα εξαιρετικής ποιότητας για τη διατροφή των ζώων (Dou et al., 2018). Ανάμεσα στις μεθόδους που είναι διαθέσιμες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτό το σκοπό είναι ο βρασμός των υπολειμμάτων, η εξώθηση, η δημιουργία pellets, η αφυδάτωση, η ενσίρωση (Westendorf et al., 1999) και η επεξεργασία με προβιοτικά (Cheragi et al., 2014).

Διάφορες έρευνες έχουν μελετήσει την επαναχρησιμοποίηση των υπολειμμάτων στη διατροφή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων σε διαφορετικά ποσοστά. Οι Cho et al. (2004) ενσωμάτωσαν υπολείμματα που είχαν προμηθευτεί από εταιρείες επεξεργασίας τροφίμων και είχαν ξηράνει με τη μέθοδο της FBD (Fluidized bed dryer), οι Chen et al. (2007) συνέλλεξαν υπολείμματα από την πόλη της Ταϊβάν και τα ξήραναν στους 85°C για 2-4 ώρες, οι Saki et al. (2006) συγκέντρωσαν υπολείμματα που προέρχονταν από κουζίνες και περιείχαν διαφόρων ειδών υπολείμματα όπου τα θέρμαναν στους 50°C για 20 λεπτά. Οι Marquez και Ramos (2007) χρησιμοποίησαν υπολείμματα φρούτων και λαχανικών από καταστήματα τα οποία είχαν αφυδατώσει με θέρμανση στους 110°C για τα σιτηρέσια χοίρων. Οι Chae et al. (2000) αξιοποίησαν υπολείμματα από εστιατόρια σε παχυνόμενους χοίρους που είχαν αποξηράνει στους  $115 \pm 2$  °C .

Για το σκοπό της παρούσας διδακτορικής διατριβής, υπολείμματα εστίασης που προέρχονταν από ξενοδοχεία που βρίσκονται στην Κρήτη επεξεργάστηκαν με μία πρωτοποριακή μέθοδο ξήρανσης που δεν είχε δοκιμαστεί στο παρελθόν, ώστε να καταστούν κατάλληλα και ασφαλή πριν χορηγηθούν σε παραγωγικά μονογαστρικά ζώα και συγκεκριμένα σε παχυνόμενα ορνίθια και παχυνόμενους χοίρους. Δύο διαφορετικές δοκιμές για κάθε είδος ζώου πραγματοποιήθηκαν, με διαφορετικά ποσοστά ενσωμάτωσης και με διαφορετική επεξεργασία των υπολειμμάτων. Αντικείμενο της μελέτης ήταν να καθοριστεί η ποιότητα των υπολειμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν ως τροφή, μέσα από μια σειρά εξειδικευμένων αναλύσεων και δοκιμών. Αρχικά, μελετήθηκε η επίδραση σε παραμέτρους ανάπτυξης των ζώων, όπως το σωματικό βάρος, η κατανάλωση τροφής, ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής, η απόδοση σε σφάγιο.

Κατόπιν, έγινε εκτίμηση των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του κρέατος των παραγωγικών ζώων, το προφίλ των λιπαρών οξέων του μυϊκού ιστού και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα που ολοκληρώνει την εικόνα για την χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων. Παράλληλα, η πεπτικότητα της τροφής χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για την αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών των υπολειμμάτων. Τέλος, συγκεκριμένοι αιματολογικοί και παθολογικοί δείκτες προσδιορίστηκαν για τυχόν επιδράσεις στην υγεία των ζώων.

**Παραγωγικές  
αποδόσεις**

**Αιματολογικοί  
δείκτες**

**Ποιοτικά  
χαρακτηριστικά  
κρέατος**



**Πεπτικότητα  
τροφής**

**Οξειδωτική  
σταθερότητα  
κρέατος**

**Προφίλ λιπαρών  
οξέων στο κρέας**

**Εικόνα Α.5:** Οι παράγοντες που θα εκτιμηθούν στο πλαίσιο

της μελέτης της επίδρασης της διατροφικής προσθήκης υπολειμμάτων εστίασης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

### 11. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 11.1 Συλλογή υπολειμμάτων

Τα υπολείμματα εστίασης συλλέχθηκαν από κουζίνες και τραπεζαρίες των συνεργαζόμενων ξενοδοχειακών μονάδων που συμμετείχαν στο έργο LIFE Food4Feed και βρίσκονται στην Κρήτη. Εκπαιδευμένο προσωπικό που εργάζεται στα συγκεκριμένα ξενοδοχεία τοποθετούσε αρχικά τα υπολείμματα σε πλαστικές σακούλες και στη συνέχεια σε ειδικούς κάδους συλλογής που έφεραν σήμανση και αποθηκεύονταν σε ψυγεία. Οι κάδοι με τα υπολείμματα μεταφέρονταν με φορτηγά ψυγεία στην πειραματική μονάδα. Η προ-επεξεργασία λάμβανε χώρα σε κλιματιζόμενη αίθουσα όπου γινόταν διαλογή με τα χέρια για την απομάκρυνση ξένων υλών, όπως μαχαίροπίρουνα, χαρτοπετσέτες, γυαλιά, σακούλες. Ακολουθούσε ο μηχανικός τεμαχισμός των υπολειμμάτων προκειμένου να αναμειχθούν πλήρως ώστε να δημιουργηθεί μία ομοιόμορφη μάζα. Αμέσως μετά και με τη βοήθεια αντλίας, η μάζα εισέρχονταν σε ηλιακό ξηραντήριο. Η διαδικασία χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας (φωτοβολταϊκά) άμεσα και έμμεσα είναι πρωτοποριακή και θεωρείται περιβαλλοντικά φιλική. Μια αντλία θερμότητας σε συνδυασμό με έναν θερμαινόμενο μανδύα διατηρούσε τη θερμοκρασία ξήρανσης σταθερή στους 55°C.

Στη συνέχεια ένας συνδυασμός αναλύσεων πραγματοποιήθηκε προκειμένου να χαρακτηριστεί η καταλληλότητα του προϊόντος που προέκυψε. Συγκεκριμένα, αμέσως μετά την ηλιακή ξήρανση προσδιορίστηκε η σύνθεση των υπολειμμάτων, ενώ μικροβιολογικές αναλύσεις πιστοποίησαν την απουσία παθογόνων, όπως *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus spp.*, *Listeria spp.* και *L. monocytogenes*. Οι διαδικασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός ασφαλούς προϊόντος του οποίου η σύσταση μελετήθηκε για τη χρήση του σε ορισμένο ποσοστό στα σιτηρέσια των μονογαστρικών ζώων (χοίρων, πτηνών).





**Εικόνα Β.1:** Η πορεία επεξεργασίας των υπολειμμάτων εστίασης που συλλέχθηκαν από ξενοδοχειακές μονάδες για να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή πτηνών και χοίρων



**Εικόνα Β.2:** Αποξηραμένα υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν στα σιτηρέσια των χοίρων, πριν και μετά την άλεση

## 11.2 Χημική σύσταση υπολειμμάτων

Οι βασικές κατηγορίες χημικών ενώσεων και τα επιμέρους συστατικά αυτής προσδιορίστηκαν με βάση την αναλυτική τεχνική Weende. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκε η ξηρά ουσία, η ολική τέφρα, οι αζωτούχες, οι λιπαρές και οι ινώδεις ουσίες.

### 11.2.1 Προσδιορισμός Ξηράς Ουσίας

Ο προσδιορισμός της ξηράς ουσίας (ΞΟ) γίνεται έμμεσα με τον προσδιορισμό της υγρασίας του δείγματος. Ο υπολογισμός της υγρασίας στηρίζεται στην αρχή ξήρανσης του δείγματός των υπολειμμάτων σε θερμοκρασία 103°C και ατμοσφαιρική πίεση περιβάλλοντος (1atm) μέχρι σταθερού βάρους. Η απώλεια στο βάρος που καταγράφεται αντικατοπτρίζει την υγρασία του δείγματος και κατ' επέκταση την περιεκτικότητα σε ΞΟ.

Στην διαδικασία που ακολουθήθηκε χρησιμοποιήθηκαν ειδικά γυάλινα πυρίμαχα φιαλίδια, τα οποία παρέμειναν για τουλάχιστον 2 ώρες στον κλίβανο στους 103°C και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα μέχρι να έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ζυγίστηκαν 3g δείγματος σε κάθε φιαλίδιο και καταγράφηκε το μικτό βάρος τους. Τα φιαλίδια τοποθετήθηκαν στον κλίβανο με ανοιχτό κάλυμμα προκειμένου να απομακρυνθεί η υγρασία τους (η διάρκεια ήταν περίπου 8 ώρες). Τοποθετήθηκαν στον ξηραντήρα μέχρι να έρθουν και πάλι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να ζυγιστούν και να καταγραφεί το μικτό βάρος φιαλιδίου και ξηρού δείγματος (W2).

Η ΞΟ ως επί % του δείγματος υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{ΞΟ (\%)} = \frac{(W2 - W0) \times 100}{W1 - W0}$$

όπου: W0 = βάρος κενού φιαλιδίου με το κάλυμμα (g)

W1= μικτό βάρος φιαλιδίου και δείγματος (g) και

W2= μικτό βάρος φιαλιδίου και δείγματος μετά την ξήρανση (g)

### 11.2.2 Προσδιορισμός Ολικής Τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας πραγματοποιείται με σκοπό τον έμμεσο προσδιορισμό της οργανικής ουσίας (ΟΟ) και των ελεύθερων αζώτου εκχυλισματικών ουσιών (ΕΝΕΟ) και βασίζεται στην αποτέφρωση του δείγματος σε υψηλή θερμοκρασία με σκοπό την καύση της οργανικής του ουσίας. Η απώλεια του βάρους μετά την καύση εκφράζει την περιεκτικότητα σε ΟΟ, ή όπως μπορεί να εκφραστεί αλλιώς το μη πτητικό ανόργανο τμήμα που παραμένει αποτελεί την τέφρα.

Στη διαδικασία που ακολουθήθηκε πορσελάνινες κάψες παρέμειναν για τουλάχιστον 2 ώρες στον κλίβανο στους 103°C και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να φτάσουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Μια κάψα κάθε φορά ζυγίζονταν και καταγράφονταν το βάρος της, στη συνέχεια 1g δείγματος προστέθηκε σε αυτή. Οι κάψες τοποθετήθηκαν στον κλίβανο αποτέφρωσης στους 550±20°C και πυρακτώθηκαν 5-6 ώρες. Με το πέρας της καύσης τα καψίδια τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα ώστε να έρθουν και πάλι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και να ζυγιστούν εκ νέου και το αποτέλεσμα να εκφράζει το μικτό βάρος κάψας και τέφρας (W2).

Η ολική τέφρα (T) ως επί % του δείγματος υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$T(\%) = \frac{(W2 - W0) \times 100}{W1 - W0}$$

όπου: W0 = βάρος κενής κάψας (g)

W1= μικτό βάρος κάψας και δείγματος (g) και

W2= μικτό βάρος κάψας και δείγματος μετά την αποτέφρωση (g)

### 11.2.3 Προσδιορισμός Ολικών Αζωτούχων Ουσιών

Ο προσδιορισμός του αζώτου (N) των ζωοτροφών σύμφωνα με την αναλυτική τεχνική Weende, πραγματοποιείται με τη μέθοδο Kjeldahl. Το N των πρωτεϊνών και των μη πρωτεϊνικών φύσεως αζωτούχων ουσιών που περιέχουν οι ζωοτροφές μετατρέπεται σε ανόργανο N (θειικό αμμώνιο-  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) με πυκνό θειικό οξύ παρουσία καταλύτη. Στη συνέχεια το θειικό αμμώνιο μετατρέπεται σε θειικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) με καυστικό νάτριο (40% NaOH) και απελευθερώνεται αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), η οποία συλλέγεται με απόσταξη σε ειδικό διάλυμα βορικού οξέος (receiver solution) και τιτλοδοτείται με διάλυμα HCl γνωστής κανονικότητας. Το προσδιοριζόμενο N πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 6,25 για τον υπολογισμό των ολικών αζωτούχων ουσιών.

Η διαδικασία προσδιορισμού χωρίζεται σε δύο στάδια:

α) της καύσης, όπου 0,5g δείγματος ζυγίζεται σε καθαρό σωλήνα Kjeldahl των 250ml και προστίθεται σε αυτόν ένα δισκίο καταλύτη και 13ml πυκνού θειικού οξέος. Οι σωλήνες μεταφέρονται στη εστία καύσης όπου θερμαίνονται για 1 ώρα στους  $420 \pm 10^\circ\text{C}$ .

β) της απόσταξης και τιτλοδότησης, όπου οι σωλήνες αφού έχουν έρθει σε θερμοκρασία δωματίου μεταφέρονται στην αυτόματη συσκευή Autokjeltec, Foss, Tecator που υπάρχει στο Εργαστήριο Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής.

Ο υπολογισμός του N επί % έγινε με τον ακόλουθο τύπο: όπου:  $V_\delta$  = όγκος (ml) 0.1N HCl που

$$N (\%) = \frac{(V_\delta - V_\tau) \times 0.1 \times 1.4}{W \times 10}$$

απαιτήθηκε για το δείγμα

$V_\tau$  = όγκος (ml) 0.1N HCl που απαιτήθηκε για το τυφλό δείγμα

0,1 = η κανονικότητα του διαλύματος HCl

1,4 = τα mg αζώτου που αντιστοιχούν σε κάθε ml 0.1N HCl για την τιτλοδότηση της  $\text{NH}_3$

10 = συντελεστής μετατροπής από mg/g σε %

W = βάρος δείγματος (g)

#### 11.2.4 Προσδιορισμός των Ολικών Λιπαρών Ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών (ΟΛΟ) στηρίζεται στην εκχύλιση του κλάσματος της ζωοτροφής που περιέχει ουδέτερα λίπη, ελεύθερα λιπαρά οξέα, λιποδιαλυτές χρωστικές και βιταμίνες, αιθέρια έλαια, ρητίνες, στερόλες και άλλες ουσίες με χρήση οργανικού διαλύτη. Ο διαλύτης αποστάζεται και το υπόλειμμα ξηραίνεται, ζυγίζεται και αντιπροσωπεύει τις ΟΛΟ.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε πραγματοποιήθηκε στην αυτόματη συσκευή Soxtec Avanti, Foss, Tecator.

Ο υπολογισμός των ΟΛΟ (%) γίνεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΟΛΟ(\%)} = \frac{(W2 - W0) \times 100}{W1}$$

όπου: W0 = βάρος κενού ποτηριού (g)

W1 = βάρος δείγματος (g) και

W2 = βάρος ποτηριού και λίπους (g)



### 11.2.5 Προσδιορισμός Ινωδών Ουσιών

Το δείγμα της ζωοτροφής, σύμφωνα με την αναλυτική τακτική Weende, υποβάλλεται σε διαδοχικό βρασμό με αραιό διάλυμα  $H_2SO_4$  και  $NaOH$ , ενώ έχει προηγηθεί εκχύλιση με αιθέρα με σκοπό τον διαχωρισμό των ενώσεων της ζωοτροφής σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά τις ΟΑΟ και τα ΕΝΕΟ που εκχυλίζονται και απομακρύνονται κατά τη μεταχείριση της τροφής με τα αντιδραστήρια και η δεύτερη την κατηγορία των ινωδών ουσιών (ΙΟ) που είναι ινώδους υφής και συμμετέχουν στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων.

Ο προσδιορισμός των ΙΟ πραγματοποιήθηκε στη συσκευή ANCOM<sup>200</sup> ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Ο υπολογισμός των ΙΟ (%) γίνεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$IO (\%) = \frac{\{(\alpha 1 - \alpha 2) - (W 1 \times C)\} \times 100}{W 2}$$

όπου:  $W 1$  = βάρος κενού σακιδίου (g)

$W 2$  = βάρος δείγματος (g)

$\alpha 1$  = μικτό βάρος κάψας και σακιδίου (g)

$\alpha 2$  = μικτό βάρος κάψας και τέφρας (g) και

$C$  = συντελεστής διόρθωσης σακιδίου (απώλεια βάρους στην αποτέφρωση/αρχικό βάρος σακιδίου)

## 11.2.6 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στα υπολείμματα

### 11.2.6.1 Σύνθεση μεθυλεστέρων

Η μέθοδος O'Fallon et al. (2007) χρησιμοποιήθηκε για την άμεση σύνθεση μεθυλεστέρων και τον προσδιορισμό λιπαρών οξέων στα υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν στις πειραματικές δοκιμές.

Σε σωλήνες pyrex 15 ml (125 x 16 mm), ζυγίστηκε εις διπλούν 1 g δείγματος. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 6 ml διαλύματος που περιείχαν 0,7 ml 10N KOH υδατικό διάλυμα και 5,3 ml μεθανόλης. Λίγο πριν την τοποθέτηση του σωλήνα στο υδατόλουτρο προστέθηκε 1 ml εσωτερικού standard C13:0 και θερμάνθηκε για 1,5 ώρα στους 55°C. Τα δείγματα ανακινούνταν κάθε 20 λεπτά περίπου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ψυχρό υδατόλουτρο μέχρι να έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ακολούθως, προστέθηκαν 0,58 ml 24N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και η επανατοποθετήθηκαν στο υδατόλουτρο για επιπλέον 1,5 ώρα στους 55°C όπου αναδεύονταν κάθε 20 λεπτά. Τα δείγματα ψύχθηκαν και πάλι στο υδατόλουτρο και αμέσως μετά προστέθηκαν 3 ml εξανίου, φυγοκεντρήθηκαν για 5 λεπτά και παραλήφθηκε το υπερκείμενο υγρό στρώμα. Μέχρι να αναλυθεί στον αέριο χρωματογράφο, το υπερκείμενο στρώμα που περιείχε τους μεθυλεστέρες (FAME) αποθηκεύτηκε στους -20°C.

### 11.2.6.2 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία

Ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε, υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία, σε αέριο χρωματογράφο Perkin Elmer Autosystem XL, ο οποίος ήταν εφοδιασμένος με μια 20m×0.18mm×0.20μm διαμέτρου τριχοειδή στήλη DB-FastFame (Agilent Technologies, J&W GC columns, Santa Clara, CA, USA) και ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID). Η θερμοκρασία της στήλης ήταν ρυθμισμένη στους 140°C για 1 λεπτό και αυξανόταν σταδιακά κατά 2,5°C/ λεπτό μέχρι τους 200°C, κατά 10°C/ λεπτό μέχρι τους 230°C διατηρώντας τη σταθερή για 1 λεπτό και τελικά μέχρι τους 240°C κατά 4°C/ λεπτό διατηρώντας τη σταθερή για 10 λεπτά. Το He ήταν το αέριο φορέας υπό σταθερή πίεση 18 psi και η θερμοκρασία του FID ρυθμισμένη στους 250°C.

Η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε σε σύγκριση με πρότυπα από την Sigma-Aldrich Co. (FAME 37 Component; Sigma-Aldrich Co. Supelco, IL, USA) και η



ποσοτικοποίηση με την χρησιμοποίηση του εσωτερικού προτύπου (13:0) που προστέθηκε κατά την υδρόλυση. Το συνολικό βάρος των λιπαρών οξέων (mg/100g) υπολογίστηκε ως το άθροισμα όλων των εμβαδών των καμπυλών σε σχέση με την περιοχή του 0,5 mg εσωτερικού προτύπου. Τα λιπαρά οξέα εκφράστηκαν ως % ποσοστό του βάρους των συνολικών λιπαρών οξέων.

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ο πειραματικός σχεδιασμός των τεσσάρων πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν σε παχυνόμενα ορνίθια και παχυνόμενους χοίρους και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο

### **11.3 Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια**

#### **11.3.1 Σκοπός του πειράματος**

Σκοπός του πειράματος ήταν η ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης στα σιτηρέσια ορνιθίων κρεοπαραγωγής και η μελέτη της επίδρασης του σιτηρεσίου αυτού στα παραγωγικά τους χαρακτηριστικά, σε αιματολογικούς και βιοχημικούς δείκτες, στην ποιότητα του κρέατος και στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν υπολείμματα εστίασης που είχαν υποστεί θερμική επεξεργασία. Στο τέλος της πειραματικής δοκιμής επιλεγμένος αριθμός ορνιθίων θυσιάστηκε προκειμένου να εκτιμηθούν οι παραπάνω παράμετροι.

#### **11.3.2 Πειραματικός σχεδιασμός**

Η σύσταση των υπολειμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική δοκιμή και ενσωματώθηκαν στο σιτηρέσιο των ορνιθίων παρουσιάζεται στον πίνακα Β.1. Τα φρέσκα φρούτα συμμετείχαν σε υψηλό ποσοστό 44,37%, ενώ σημαντικό ήταν και το ποσοστό των έτοιμων μαγειρεμένων γευμάτων (25,42%). Στον πίνακα Β.2 παρουσιάζεται η προσδιορισθείσα σύνθεση των υπολειμμάτων. Η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων στα υπολείμματα εμφανίζεται στον πίνακα Β.3.

**Πίνακας Β.1.** Σύσταση υπολειμμάτων 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

<b>Κατηγορία συστατικών (%)</b>	
Φρέσκα λαχανικά και σαλάτες	13,92
Άρτος και αρτοποιήματα	5,70
Φρέσκα φρούτα	44,37
Κρέας και ψάρια	4,90
Έτοιμα γεύματα και σνακ	25,42
Γαλακτοκομικά (με εξαίρεση το γάλα) και αυγά	0,79
Καρυκεύματα, σάλτσες, βότανα και μπαχαρικά	0,34
Επιδόρπια	0,22
Γλυκίσματα και σνακ	0,09
Επεξεργασμένα φρούτα	0,03
Άλλα	3,48
Προσμείξεις	0,74

**Πίνακας Β.2:** Προσδιορισθείσα χημική σύσταση (%) υπολειμμάτων 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

<b>Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)</b>	
Ξηρά Ουσία	92,74
Τέφρα	6,27
Αζωτούχες Ουσίες	23,76
Λιπαρές Ουσίες	20,00
Ινώδεις Ουσίες	6,26
Άμυλο	26,80
<b>Ολικά σάκχαρα</b>	<b>3,50</b>
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	8,6
Mg (Μαγνήσιο) (g/kg)	0,9
P (Φωσφόρος)(g/kg)	3,2
Αν-P (Διαθέσιμος Φωσφόρος) (g/kg)	1,1
Na (Νάτριο) (g/kg)	7,9
K (Κάλιο) (g/kg)	9,2
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	8,9
Meth (g/kg)	3,7
Cyst (Κυστίνη) (g/kg)	2,7
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	6,5
Threo (Θρεονίνη) (g/kg)	6,7
Arg (Αργινίνη) (g/kg)	7,9
Iso (Ισολευκίνη) (g/kg)	8,4
Hist (Ιστιδίνη) (g/kg)	4,2
Val (Βαλινη) (g/kg)	9,9
Tyr (Τυροσίνη) (g/kg)	5,0
Glyc (Γλυκίνη) (g/kg)	9,4
<b>Μεταβολιστέα Ενέργεια (MJ/kg)*</b>	<b>15,48</b>

\*υπολογισθείσα ενέργεια

**Πίνακας Β.3:** Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) των υπολειμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην 1<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων

<b>Λιπαρά οξέα</b>	
C <sub>6:0</sub>	8,2
C <sub>8:0</sub>	47,2
C <sub>10:0</sub>	130,4
C <sub>12:0</sub>	411,3
C <sub>13:0</sub>	123,3
C <sub>14:0</sub>	565,3
C <sub>14:1</sub>	17,3
C <sub>15:0</sub>	49,9
C <sub>16:0</sub>	4829,6
C <sub>16:1</sub>	264,1
C <sub>17:0</sub>	60,8
C <sub>17:1</sub>	26,3
C <sub>18:0</sub>	1701,6
trans-C <sub>18:1</sub>	51,5
cis-9C <sub>18:1</sub>	8169,2
trans-C <sub>18:2</sub>	0
cis-C <sub>18:2</sub>	2075,4
C <sub>20:0</sub>	0
C <sub>18:3(n-3)</sub>	133,5
cis-6C <sub>18:2</sub>	68,3
C <sub>20:2</sub>	852,2
C <sub>22:0</sub>	42,2
C <sub>20:3(n-3)</sub> + C <sub>22:1</sub>	19,1
C <sub>23:0</sub>	7,1
C <sub>20:5</sub>	78,5
C <sub>24:0</sub>	0
C <sub>22:6</sub>	13,7

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στις πειραματικές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τους μήνες Απρίλιο-Μάιο του 2019. Η συγκεκριμένη διατροφική πειραματική δοκιμή συμπεριέλαβε 200 αρσενικά ορνίθια κρεοπαραγωγής Aviagen Ross 308, ηλικίας μίας ημέρας, τα οποία αποκτήθηκαν από εμπορικό εκκολαπτήριο. Η διάρκεια του πειράματος ήταν 42 ημέρες. Οι συνθήκες εκτροφής και διαχείρισης είχαν εγκριθεί από την επιτροπή βιοηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/63/EC (EU 2010) περί προστασίας των

ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικούς σκοπούς (Αριθμός Πρωτοκόλλου:30, 22-5-2019).

Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις με 10 κελιά επανάληψης η κάθε μία. Η πρώτη ήταν ο μάρτυρας (C) και η δεύτερη η επέμβαση (T). Κάθε επέμβαση αποτελούνταν από 100 ορνίθια. Τα ορνίθια τοποθετήθηκαν σε κελιά (2m<sup>2</sup>) με υπόστρωμα από άχυρο. Η πυκνότητα στέγασης στα κελιά δεν ξεπερνούσε τα 33 kg/m<sup>2</sup> σύμφωνα με την οδηγία 2007/43/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι συνθήκες στο εσωτερικό (φωτισμός, εξαερισμός) παρακολουθούνταν και ελέγχονταν σε καθημερινή βάση. Τα κελιά ήταν εφοδιασμένα με θερμαντική λάμπα για παροχή θέρμανσης στα ορνίθια.

Τα ορνίθια κατανάλωσαν τρία διαφορετικά σιτηρέσια ανάλογα με την φάση ανάπτυξης που βρίσκονταν και τις ανάγκες τους. Συγκεκριμένα, χορηγήθηκε το εναρκτήριο σιτηρέσιο από την ημέρα 0-10<sup>η</sup>, το σιτηρέσιο ανάπτυξης από την 11<sup>η</sup>-24<sup>η</sup> ημέρα και το σιτηρέσιο πάχυνσης την 25<sup>η</sup>-42<sup>η</sup> ημέρα. Η ομάδα του μάρτυρα (C) κατανάλωνε ένα βασικό σιτηρέσιο βασισμένο στον αραβόσιτο και το σογιάλευρο. Στην ομάδα της επέμβασης (T) στα σιτηρέσια και των τριών φάσεων ανάπτυξης είχαν ενσωματωθεί υπολείμματα σε ποσοστό 15%. Τα σιτηρέσια των ομάδων C και T και των 3 φάσεων ανάπτυξης ήταν ισοενεργειακά και ισοαζωτούχα και σύμφωνα με τις αντίστοιχες προδιαγραφές της Ross Broiler 308 (2016). Τα σιτηρέσια της ομάδας T συμπληρώθηκαν επίσης ως προς τα αμινοξέα και τα λοιπά θρεπτικά συστατικά ώστε να είναι κατά το δυνατό συγκρίσιμα. Η τροφή και το νερό παρέχονταν κατά βούληση στα ορνίθια. Στον πίνακα B.4 παρουσιάζεται η εκατοστιαία σύνθεση των σιτηρεσίων και για τις δύο ομάδες για κάθε φάση ανάπτυξης.

**Πίνακας Β.4:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση (%) του εναρκτήριου σιτηρεσίου (0-10<sup>η</sup> ημέρα), του σιτηρεσίου ανάπτυξης (11<sup>η</sup>-24<sup>η</sup> ημέρα) και του σιτηρεσίου πάχυνσης (25<sup>η</sup>-42<sup>η</sup> ημέρα) της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

	Εναρκτήρια σιτηρέσια <sup>1</sup>		Σιτηρέσια ανάπτυξης <sup>1</sup>		Σιτηρέσια πάχυνσης <sup>1</sup>	
<b>Συστατικά (%)</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>T</b>
Υπολείμματα	-	15,00	-	15,00	-	15,00
Αραβόσιτος	48,50	45,14	52,12	47,97	57,62	53,47
Σογιάλευρο	42,83	34,21	38,98	31,19	33,43	25,64
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Μαρμαρόσκονη	0,84	0,55	0,78	0,48	0,74	0,45
Χλωριούχο Νάτριο	0,37	0,07	0,37	0,07	0,37	0,07
Μεθειονίνη	0,36	0,39	0,31	0,33	0,27	0,28
Σογιέλαιο	4,46	1,64	5,17	2,45	5,59	2,86
Λυσίνη	0,24	0,37	0,17	0,28	0,16	0,27
Θρεονίνη	0,10	0,24	0,07	0,11	0,04	0,09
Φωσφορικό μονοασβέστιο	2,02	2,06	1,76	1,80	1,50	1,54
Χολίνη	0,08	0,13	0,07	0,12	0,08	0,13
<b>Χημική σύνθεση (%)</b>						
Ξηρά ουσία	88,74	88,55	89,23	88,45	89,30	89,25
Τέφρα	5,87	5,60	5,52	5,25	4,95	4,47
Αζωτούχες ουσίες	22,82	22,69	21,98	21,02	18,88	18,67
Λιπαρές ουσίες	5,88	6,02	6,32	7,09	7,25	7,71
Ιώδεις ουσίες	4,00	4,01	3,82	3,66	3,29	3,02
Na (Νάτριο) (g/kg)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	9,6	9,6	8,7	8,7	7,8	7,8
Αν-P (Διαθέσιμος Φώσφορος) (g/kg)	4,8	4,8	4,4	4,4	3,9	3,9
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	14,4	14,4	12,9	12,9	11,5	11,5
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	10,8	10,8	9,9	9,9	9,0	9,0
(Θρεονίνη) (g/kg)	9,7	10,5	8,8	8,8	7,8	7,8
Μεταβολιστέα ενέργεια* (MJ/kg)	12,55	12,55	12,97	12,97	13,39	13,39

<sup>1</sup>C= μάρτυρας; T= σιτηρέσιο με προσθήκη 150 g υπολειμμάτων

\*υπολογισθείσα ενέργεια



**Εικόνα Β.3:** Απεικόνιση κελιών της πειραματικής μονάδας ορνιθίων



### 11.3.3 Δειγματοληψία - Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης

Στην αρχή του πειράματος και στο τέλος κάθε φάσης (δηλαδή την 10<sup>η</sup>, 24<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα) το σωματικό βάρος (ΣΒ) των ορνιθίων καταγράφονταν και υπολογιζόταν η μέση αύξηση σωματικού βάρους. Παράλληλα, μετρούνταν η κατανάλωση τροφής και υπολογίζονταν ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR), ως το κλάσμα της ποσότητας τροφής που καταναλώθηκε προς το τελικό ΣΒ. Τα ορνίθια παρακολουθούνταν σε καθημερινή φάση και καταγράφονταν η θνησιμότητα.

Συγχρόνως, την 38<sup>η</sup>, 39<sup>η</sup>, 40<sup>η</sup> και 41<sup>η</sup> πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων κόπρου, ενώ είχε προηγηθεί προπειραματική περίοδος 10 ημερών όπου τα ορνίθια κατανάλωναν τροφή στην οποία είχε προστεθεί ως δείκτης διοξειδίου του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) με σκοπό τον προσδιορισμό της πεπτικότητας των θρεπτικών συστατικών.

Στο τέλος της 6<sup>ης</sup> εβδομάδας, ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός ορνιθίων από κάθε επέμβαση (3/κελί) θυσιάστηκε προκειμένου να καταγραφούν τυχόν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ως προς:

- την απόδοση σε σφάγιο
- τον προσδιορισμό συγκεκριμένων αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων
- το βάρος συγκεκριμένων εσωτερικών οργάνων
- την ποιότητα κρέατος (pH, χρώμα, απώλεια οπού και δύναμη διάτμησης)
- το προφίλ των λιπαρών οξέων στο κρέας των παχυνόμενων ορνιθίων
- τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της MDA στο κρέας
- την πεπτικότητα της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών

### 11.3.4 Υπολογισμός απόδοσης σε σφάγιο και απόδοσης σε στήθος

Την 42<sup>η</sup> ημέρα 60 ορνίθια (30 από κάθε επέμβαση) επιλέχθηκαν τυχαία και θυσιάστηκαν ώστε να διαπιστωθούν τυχόν επιπτώσεις της διατροφικής επέμβασης στις αποδόσεις. Έπειτα από παραμονή για 24 ώρες στους 4°C, τα σφάγια ζυγίστηκαν και υπολογίστηκε η απόδοση σε σφάγιο ως ποσοστό % του τελικού ΣΒ. Συγχρόνως, το στήθος, συμπεριλαμβανομένου και του οστού του

στέρνου, διαχωρίστηκε από το σφάγιο και ζυγίστηκε ώστε να εκφραστεί ως ποσοστό % του τελικού ΣΒ.

### **11.3.5 Προσδιορισμός αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων και βάρους εσωτερικών οργάνων**

Δείγματα αίματος συλλέχθηκαν κατά τη σφαγή με σκοπό την εξέταση συγκεκριμένων αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων από 20 παχυνόμενα ορνίθια (10 ανά επέμβαση/1 ανά κελί).

Συγκεκριμένα οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν οι εξής:

- i. αιματοκρίτης (%)
- ii. οξαλοξική τρανσαμινάση (SGOT) ή αλλιώς ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) (SGOT-AST) (IU/l)
- iii. πυροσταφυλική τρανσαμινάση (SGPT) ή αλλιώς αμινοτρανσφεράση της αλανίνης (SGPT-ALT) (IU/l)
- iv. ουρία Αζώτου (BUN)
- v. γ-γλουταμυλτρανσφεράση (γ-GT) (IU/l)
- vi. αλκαλική φωσφατάση (IU/l)
- vii. χοληστερόλη (mg/dl)
- viii. ολικές πρωτεΐνες (g/dl)
- ix. κλάσματα αλβουμίνης (g/dl)
- x. κλάσματα γλοβουλίνης (g/dl)

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε εξωτερικό αναλυτικό εργαστήριο και για τον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε ο αυτόματος αναλυτής ABX Pentra 400 (Horiba-ABX, Montpellier, Γαλλία).

Παράλληλα, από τον ίδιο αριθμό ζώων αφαιρέθηκαν και ζυγίστηκαν με σκοπό να εκφραστούν ως ποσοστό % του τελικού ΣΒ ορισμένα εσωτερικά όργανα, συγκεκριμένα ήταν η καρδιά, ο σπλήνας, το ήπαρ, ο ένας νεφρός, ο θύλακας του *Fabricius* και ο αδενώδης στόμαχος.

### **11.3.6 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών στο μυϊκό ιστό των παχυνόμενων ορνιθίων**

Οι μετρήσεις που αφορούσαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των μυϊκών ιστών πραγματοποιήθηκαν 24 ώρες μετά τη σφαγή και την παραμονή στο ψυγείο στους 4°C, όπου τα δείγματα τεμαχίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τις παρακάτω αναλύσεις.

#### **11.3.6.1 Προσδιορισμός pH**

Το pH του μυϊκού ιστού μετρήθηκε με την τοποθέτηση ηλεκτροδίου που ήταν προσαρμοσμένο σε μετρητή pH (HI 99163 model, Hanna instruments, Nusfalau, Romania). Χρησιμοποιήθηκαν δύο ρυθμιστικά διαλύματα (που βρίσκονταν σε θερμοκρασία δωματίου) pH 4.0 και 7.0 (Merck, Darmstadt, Germany) για την βαθμονόμηση του pHμέτρου. Δημιουργήθηκαν τρεις τομές κατά μήκος του μυϊκού ιστού προκειμένου να εισέλθει το ηλεκτρόδιο και να μετρηθεί το pH. Τρεις μετρήσεις ελήφθησαν για κάθε δείγμα και η τελική τιμή ήταν ο μέσος όρος των τριών.

#### **11.3.6.2 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών χρώματος**

Για τον προσδιορισμό του χρώματος στους μυϊκούς ιστούς, τα δείγματα παρέμειναν για 30 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για κάθε δείγμα ελήφθησαν τρεις μετρήσεις και η τελική ήταν ο μέσος όρος αυτών. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το φορητό φασματοφωτόμετρο Miniscan XE (HunterLab, Reston, USA). Στο χρωματόμετρο αυτό μετράται η ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας συναρτήσει του μήκους κύματος στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (400-700 nm). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν αξιοποιώντας την κλίμακα L\* (φωτεινότητα), a\* (ένταση κόκκινου χρώματος) και b\* (ένταση κίτρινου χρώματος) της CIE-LABCommission Internationale de l'Éclairage, 1976). Η βαθμονόμηση του μηχανήματος πραγματοποιήθηκε με τα δύο ειδικά υάλινα πλακίδια, άσπρου και μαύρου χρώματος.

### **11.3.6.3 Υπολογισμός απώλειας οπού**

Η απώλεια οπού υπολογίστηκε σε δείγματα μυϊκού ιστού που είχαν μόλις τεμαχιστεί. Τα τεμαχισμένα δείγματα (μυϊκοί ιστοί που προέρχονταν από ορνίθια) ζυγίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια πολυαιθυλενίου και υπέστησαν συνεχή θέρμανση σε θερμοκρασία 85°C για 30 λεπτά. Με το πέρας του χρόνου θέρμανσης, τα σακουλάκια απομακρύνθηκαν από το υδατόλουτρο και τοποθετήθηκαν σε τρεχούμενο νερό για 15 λεπτά περίπου. Στη συνέχεια, τα σακουλάκια αφαιρέθηκαν και τα δείγματα αφέθηκαν να στεγνώσουν ώστε να ζυγιστούν εκ νέου.

Η απώλεια οπού εκφράζεται ως ποσοστό % του λόγου της διαφοράς του τελικού από το αρχικό βάρος του δείγματος προς το αρχικό βάρος του δείγματος.

### **11.3.6.4 Εκτίμηση τρυφερότητας μυϊκού ιστού**

Η τρυφερότητα του κρέατος εκτιμήθηκε με την μέτρηση της δύναμης διάτμησης στο κρέας. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για την απώλεια οπού τεμαχίστηκαν παράλληλα με τις μυϊκές ίνες ώστε να προκύψουν τρεις λωρίδες σε μέγεθος 1 cm<sup>2</sup>. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Zwick Testing Machine (Model Z2.5/TN1S; Zwick GmbH & Co, Ulm, Germany) που ήταν εξοπλισμένο με λεπίδα (Warner-Blatzler G146; Instron, Grove City, PA, US). Τα δείγματα κόπηκαν κάθετα προς τις μυϊκές τους ίνες και η δύναμη διάτμησης ήταν η μέγιστη τιμή που δόθηκε στην καμπύλη με τις τιμές της να υπολογίζονται σε N/cm<sup>2</sup>.

## **11.3.7 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό**

### **11.3.7.1 Σύνθεση μεθυλεστέρων**

Η μέθοδος O'Fallon et al. (2007) χρησιμοποιήθηκε για την άμεση σύνθεση μεθυλεστέρων και τον προσδιορισμό λιπαρών οξέων σε δείγματα μυϊκού ιστού.

Στα δείγματα κρέατος αφαιρέθηκε κάθε ίχνος περιμυϊκού και συνδετικού ιστού, τα δείγματα τεμαχίστηκαν και αναμείχθηκαν σε μίξερ ώσπου να γίνει μια ομοιογενής πάστα. Σε σωλήνες pyrex 15 ml (125 x 16 mm), ζυγίστηκε εις διπλούν 1,0 g δείγματος. Στη συνέχεια προστέθηκαν 6 ml διαλύματος που περιείχαν 0,7 ml 10N KOH υδατικό διάλυμα και 5,3 ml

μεθανόλης. Λίγο πριν την τοποθέτηση του σωλήνα στο υδατόλουτρο, προστέθηκε 1 ml εσωτερικού standard C13:0 και θερμάνθηκε για 1,5 ώρα στους 55°C. Τα δείγματα ανακινούνταν κάθε 20 λεπτά περίπου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ψυχρό υδατόλουτρο μέχρι να έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ακολούθησε η προσθήκη 0,58 ml 24N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και η επανατοποθέτηση τους στο υδατόλουτρο για ακόμα 1,5 ώρα στους 55°C όπου αναδεύονταν κάθε 20 λεπτά. Τα δείγματα ψύχθηκαν και πάλι στο υδατόλουτρο και αμέσως μετά προστέθηκαν 3 ml εξανίου, φυγοκεντρήθηκαν για 5 λεπτά και παραλήφθηκε το υπερκείμενο στρώμα. Μέχρι να αναλυθεί στον αέριο χρωματογράφο, το υπερκείμενο στρώμα που περιείχε τους μεθυλεστέρες (FAME) αποθηκεύτηκε στους -20°C.

### **11.3.7.2 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία**

Ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία σε αέριο χρωματογράφο Perkin Elmer Autosystem XL, ο οποίος ήταν εφοδιασμένος με μια 30m×0.25mm×0.25μm διαμέτρου τριχοειδή στήλη HP-Innowax (Agilent Technologies, J&W GC columns, Santa Clara, CA, USA) και ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID). Η θερμοκρασία της στήλης ήταν ρυθμισμένη στους 140°C για 1 λεπτό και αυξανόταν σταδιακά κατά 2,5°C/ λεπτό μέχρι τους 200°C, κατά 10°C/ λεπτό μέχρι τους 230°C διατηρώντας τη σταθερή για 1 λεπτό και τελικά μέχρι τους 240°C κατά 4°C/ λεπτό διατηρώντας το σταθερή για 10 λεπτά. Το He ήταν το αέριο φορέας υπό σταθερή πίεση 18 psi και θερμοκρασία και του FID ρυθμισμένη στους 250°C.

Η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε σε σύγκριση με πρότυπα της Sigma-Aldrich Co. (FAME 37 Component; Sigma-Aldrich Co. Supelco, IL, USA) και η ποσοτικοποίηση με την χρησιμοποίηση του εσωτερικού προτύπου (13:0) που προστέθηκε κατά την υδρόλυση. Το συνολικό βάρος των λιπαρών οξέων (mg/100g) υπολογίστηκε ως το άθροισμα όλων των εμβαδών των καμπυλών σε σχέση με την περιοχή του 0,5 mg εσωτερικού προτύπου. Τα λιπαρά οξέα εκφράστηκαν ως % ποσοστό του βάρους των συνολικών λιπαρών οξέων.

### 11.3.8 Προσδιορισμός MDA στο μυϊκό ιστό

#### Μέρος A: Πρόκληση οξείδωσης με $\text{Fe}^{++}/\text{H}_2\text{O}_2$

Αρχικά, τα δείγματα κρέατος καθαρίστηκαν ώστε να αφαιρεθούν υπολείμματα περιμυϊκού και συνδετικού ιστού και ομογενοποιήθηκαν σε μίξερ (CAT, M. Zipperer GmbH, Germany) μέχρι να δημιουργηθεί μία ομοιογενής πάστα. Για κάθε δείγμα ζυγίστηκαν 2,00 g σε δοκιμαστικό σωλήνα (Falcon tube 50 ml) και προστέθηκαν 20 ml διαλύματος (δμ) 0,15 M KCl (pH 7.2). Ακολούθησε ομογενοποίηση για 1 λεπτό στις 12.000 rpm. Το εναιώρημα φυγοκεντρήθηκε στα 2000g για 10 λεπτά στους 4°C.

Από το υπερκείμενο ελήφθησαν οι ποσότητες:

- i. 0,5 ml που αναμείχθηκαν με 0,5 ml δμ 0.15 M KCl και 30 μl δμ 3 mM BHT σε δοκιμαστικό σωλήνα των 10 ml. Έπειτα προστέθηκε 1 ml δμ TBA-TCA και ακολουθήθηκε η διαδικασία περιγράφεται στο Μέρος B και
- ii. 5 ml αναμείχθηκαν με 5 ml δμ 0.5 mM  $\text{FeSO}_4$  και 50 μl δμ 1 mM  $\text{H}_2\text{O}_2$  σε δοκιμαστικό σωλήνα των 35 ml και επώαστηκαν σε υδατόλουτρο (37°C) για 30, 120, και 300 λεπτά.

Μετά από κάθε χρόνο επώασης, 1,0 ml του μείγματος τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα των 10 ml, όπου διακόπηκε η οξείδωση με την προσθήκη 30 μl δμ 3 mM BHT. Έπειτα προστέθηκε 1,0 ml δμ TBA-TCA και ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στο Μέρος B.

#### Μέρος B: Μέθοδος μέτρησης TBARS

**Δείγμα blank:** σε δοκιμαστικό σωλήνα αναμείχθηκαν 1,0 ml δμ 0.15 M KCl με 30 μl δμ 3 mM BHT και προστέθηκε 1.0 ml δμ TBA-TCA ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία.

Σε κάθε μείγμα ποσότητα 1,0 ml μείγματος το οποίο είχε δημιουργηθεί όπως περιγράφεται στο Μέρος A-ii (και του blank δείγματος) προστέθηκε 1,0 ml δμ 2-θειοβαρβιτουρικού οξέος (TBA)- τριχλωροξικού οξέος (TCA) (35 mM TBA και 10% TCA σε 125 mM HCl) και επώαστηκε σε υδατόλουτρο για 30 λεπτά στους 95-100°C. Ψύχθηκε σε παγόλουτρο για 5 λεπτά και παρέμεινε για 45 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η ροζ χρωστική που σχηματίστηκε εκχυλίστηκε με 4 ml βουτανόλης και πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός φάσεων με φυγοκέντρηση στα 3000g για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο μεταφέρθηκε σε κυβέττα και φωτομετρήθηκε στα 535 nm σε φωτόμετρο της εταιρίας UNICAM, Helios Alpha..

Η συγκέντρωση της MDA υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το συντελεστή μοριακής απορρόφησης της, ως εξής:

$$C_{MDA} = \frac{ABS}{(E \times d) \times DF}$$

όπου:  $C_{MDA}$  = συγκέντρωση μηλονικής διαλδεϋδης

ABS = απορρόφηση στα 535nm

E = συντελεστής μοριακής απορρόφησης της MDA (= 156.000 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

d = διαδρομή φωτός μέσα στην κυβέττα σε cm

DF = συντελεστής αραίωσης του δείγματος

### 11.3.9 Προσδιορισμός πεπτικότητας της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών

#### 11.3.9.1 Προσδιορισμός συντελεστών φαινομένης πεπτικότητας

Ο προσδιορισμός της πεπτικότητας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του δείκτη. Το διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) ήταν ο δείκτης που χρησιμοποιήθηκε. Η συγκέντρωσή του τόσο στα σιτηρέσια των ορνιθίων όσο και στην κόπρο προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Myers et al. (2004). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, 0,5 g δείγματος ζυγίστηκαν εις διπλούν και τοποθετήθηκαν σε σωλήνα χώνευσης των 250 ml. Προστέθηκε καταλύτης που περιείχε 3,5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και 0,4 g CuSO<sub>4</sub> σε κάθε σωλήνα. Ακόμα προστέθηκαν 13 ml πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και ακολούθησε χώνευση στους 420°C για 2 ώρες και μετά το πέρας τα δείγματα παρέμειναν για 30 λεπτά να κρυώσουν. Στη συνέχεια προστέθηκαν 10 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> και παρέμειναν για άλλα 30 λεπτά ώστε να

κρυσώσουν. Το περιεχόμενο του σωλήνα χώνευσης συμπληρώθηκε με απεσταγμένο νερό μέχρι την συμπλήρωση συνολικού όγκου 100 g και αμέσως μετά έγινε φιλτράρισμα σε διηθητικό χαρτί Whatman No.541 προκειμένου να απομακρυνθεί πιθανό ίζημα. Τέλος μετρήθηκε η απορρόφηση στα 410 nm. Για την βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες που ήταν κενοί καθώς και δείγματα που είχαν μόνο  $TiO_2$  ως δείγμα σε αυξανόμενες καμπύλες ώστε να δημιουργηθεί μια γραμμική καμπύλη. Ο συντελεστής φαινομένης πεπτικότητας (ΣΦΠ) υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο:

### **11.3.9.2 Προσδιορισμός της συνολικής και πεπτής ενέργειας με αδιαβατική θερμιδομετρία**

Η ενέργεια μετρήθηκε ύστερα από τη μετατροπή της σε θερμική και τον προσδιορισμό της παραγόμενης θερμότητας. Η μετατροπή αυτή γίνεται με πλήρη μετατροπή των οργανικών συστατικών της τροφής με καύση. Η ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται από την πλήρη καύση της μονάδας του βάρους της τροφής ονομάζεται συνολική ενέργεια. Η συνολική ενέργεια μετρήθηκε με το αδιαβατικό θερμιδόμετρο, μια συσκευή κατασκευασμένη από οξυάντοχο και σκληρό κράμα μετάλλων που αντέχει στις υψηλές πιέσεις. Ο θάλαμος στον οποίο γίνεται η καύση του δείγματος ονομάζεται θερμιδομετρική οβίδα, η οποία περιβάλλεται από δοχείο νερού με πολύ καλή θερμομόνωση. Το κάλυμμα της φέρει προσαγωγό  $O_2$ , υποδοχείς ηλεκτροδίων και κάψα από πλατίνα ή χαλαζία (Ζέρβας, 2005).





Εικόνα Β.4: Αδιαβατικό θερμιδόμετρο

Στο αδιαβατικό θερμιδόμετρο τα δείγματα της τροφής και της κόπρου, αφού συμπίεστηκαν με ειδική πρέσα για να πάρουν τη μορφή pellet, τοποθετήθηκαν στην κεφαλή και πάνω τους προσαρμόστηκε νημάτιο σιδήρου (10 cm), τα άκρα του οποίου συνδέθηκαν στους υποδοχείς ηλεκτροδίων. Στη συνέχεια η κεφαλή βιδώθηκε στην οβίδα και προστέθηκαν 5 ml απεσταγμένου νερού. Η οβίδα γέμισε με οξυγόνο (30 atm), αποσυμπιέστηκε, και συνδέθηκε με τα ηλεκτρόδια του θερμιδόμετρου. Το δείγμα υφίσταται πλήρη καύση, ενώ οι θερμοκρασίες στον μανδύα και το δοχείο έχουν εξομοιωθεί. Η παραγόμενη θερμότητα από την καύση του δείγματος αυξάνει τη θερμοκρασία του νερού του θερμιδομέτρου και υπολογίζεται η ενέργεια που εκλύεται από το δείγμα σε χιλιοθερμίδες ή KJ/g ΞΟ.

Τελικά υπολογίστηκε η πεπτή ενέργεια από τον τύπο:

$$ΠΕ = ΣΕ - Εκ$$

## **11.4 Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια**

### **11.4.1 Σκοπός του πειράματος**

Στην πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια μελετήθηκε η επίδραση της ενσωμάτωσης υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 15%. Τα υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν υποστεί θερμική επεξεργασία και η σύστασή τους παρουσιάζεται στην παράγραφο 11.3.2 και στον πίνακα Β.1. Τα αποτελέσματα της πρώτης πειραματικής δοκιμής έδειξαν κατανάλωση τροφής κατά 10% μικρότερη και αντίστοιχα μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης. Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο να δοκιμαστεί η μείωση του ποσοστού ενσωμάτωσης από 15% σε 10%, καθώς και να δοκιμαστεί η ενσωμάτωση υπολειμμάτων τα οποία είχαν αποστειρωθεί ώστε να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση σε συγκεκριμένους παράγοντες που μελετήθηκαν. Επιπλέον, η ισχύουσα νομοθεσία την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος δεν επέτρεπε τη χρησιμοποίηση υπολειμμάτων που περιείχαν κρέας στη διατροφή των αγροτικών ζώων. Αυτός ήταν ο λόγος που επιλέχθηκε η προσθήκη μίας ακόμα ομάδας στις οποίες το σιτηρέσιο προστέθηκαν υπολείμματα εστίασης που δεν περιείχαν υπολείμματα κρέατος.

### **11.4.2 Πειραματικός σχεδιασμός**

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στις πειραματικές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής του Γεωπονικού πανεπιστημίου Αθηνών κατά τους μήνες Φεβρουάριο-Απρίλιο του 2020. Η συγκεκριμένη διατροφική πειραματική δοκιμή συμπεριέλαβε 240 αρσενικά ορνίθια κρεοπαραγωγής Aviagen Ross 308, ηλικίας μίας ημέρας, τα οποία αποκτήθηκαν από εμπορικό εκκολαπτήριο. Η διάρκεια του πειράματος ήταν 42 ημέρες. Οι συνθήκες εκτροφής και φροντίδας είχαν εγκριθεί από την επιτροπή ηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/63/EC (EU 2010) περί προστασίας των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικό σκοπό (Αριθμός Πρωτοκόλλου:30/22-5-2019).

Δημιουργήθηκαν 4 διατροφικές επεμβάσεις με 5 κελιά επανάληψης η κάθε μία. Η πρώτη επέμβαση ήταν ο μάρτυρας (C), στη δεύτερη επέμβαση τα υπολείμματα που ενσωματώθηκαν δεν περιείχαν κρέας (NM), στην τρίτη επέμβαση τα υπολείμματα περιείχαν κρέας χωρίς να είναι αποστειρωμένα τα υλικά (NS) και η τέταρτη επέμβαση περιλάμβανε υπολείμματα που περιείχαν

κρέας και είχαν υποστεί αποστείρωση (S). Η κάθε επέμβαση αποτελούνταν από 60 ορνίθια. Τα ορνίθια τοποθετήθηκαν σε κελιά (2m<sup>2</sup>) με υπόστρωμα καλυμμένο από άχυρο. Η πυκνότητα στέγασης στα κελιά δεν ξεπερνούσε τα 33 kg/m<sup>2</sup> σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2007/43/EC. Οι συνθήκες στο εσωτερικό (φωτισμός, εξαερισμός) παρακολουθούνταν καθημερινά. Τα κελιά ήταν εφοδιασμένα με θερμαντική λάμπα για παροχή θέρμανσης στα ορνίθια.

Η σύσταση των υπολειμμάτων, η χημική τους σύνθεση και το προφίλ των ΛΟ παρουσιάζεται στους πίνακες B.5, B.6 και B.7. Τα ορνίθια κατανάλωναν τρία διαφορετικά σιτηρέσια ανάλογα με την φάση ανάπτυξης και τις ανάγκες τους. Συγκεκριμένα χορηγήθηκε το εναρκτήριο σιτηρέσιο από την ημέρα 0-10<sup>η</sup>, το σιτηρέσιο ανάπτυξης από την 11<sup>η</sup>-24<sup>η</sup> ημέρα και το σιτηρέσιο πάχυνσης για την 25<sup>η</sup>-42<sup>η</sup> ημέρα. Η ομάδα του μάρτυρα (C) κατανάλωνε ένα βασικό σιτηρέσιο βασισμένο στον αραβόσιτο και το σογιάλευρο. Παράλληλα στις επεμβάσεις (NM), (NS) και (S) ενσωματώθηκε ποσοστό 10% φυτικών, μη αποστειρωμένων και αποστειρωμένων αντίστοιχα υπολειμμάτων εστίασης στα σιτηρέσια και των τριών φάσεων. Τα σιτηρέσια των τεσσάρων ομάδων ήταν ισοενεργειακά και ισοαζωτούχα και σύμφωνα με τις οδηγίες της Ross 308 Breeder Recommendations (2016). Η τροφή και το νερό παρέχονταν κατά βούληση στα ορνίθια. Στους πίνακες B.8, B.9, B.10 παρουσιάζεται η εκατοστιαία σύνθεση των σιτηρεσίων και για τις τέσσερις ομάδες για κάθε φάση ανάπτυξης. φάση ανάπτυξης.



**Εικόνα Β.5:** Παχυνόμενα ορνίθια.

**Πίνακας Β.5:** Σύσταση των υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας για τη 2<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων

<b>Κατηγορία συστατικών</b>	<b>% Σύσταση</b>
Φρέσκα λαχανικά και σαλάτες	14,64
Άρτος και αρτοποιήματα	6,00
Φρέσκα φρούτα	46,65
Κρέας και ψάρια	0,00
Έτοιμα γεύματα και σνακ	26,73
Γαλακτοκομικά (με εξαίρεση το γάλα) και αυγά	0,83
Καρυκεύματα, σάλτσες, βότανα και μπαχαρικά	0,36
Επιδόρπια	0,23
Γλυκίσματα και σνακ	0,09
Επεξεργασμένα φρούτα	0,03
Άλλα	3,66
Προσμείξεις	0,77

**Πίνακας Β.6:** Προσδιορισθείσα χημική σύσταση υπολειμμάτων 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

<b>Προσδιορισθείσα Χημική Σύσταση</b>	<b>Μη αποστειρωμένο υλικό με κρέας</b>	<b>Υλικό χωρίς κρέας</b>	<b>Αποστειρωμένο υλικό με κρέας</b>
Ξηρά Ουσία (%)	83,93	90,96	86,96
Τέφρα (%)	6,33	6,17	6,17
Αζωτούχες Ουσίες (%)	21,07	15,24	20,86
Λιπαρές Ουσίες (%)	22,85	11,88	21,85
Ινώδεις Ουσίες (%)	3,22	10,07	3,4
Άμυλο (%)	26,8	26,80	26,8
Ολικά σάκχαρα	3,5	3,5	3,5
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	8,6	8,6	8,6
Mg (Μαγνήσιο) (g/kg)	0,9	0,9	0,9
P (Φώσφορο)(g/kg)	3,2	3,2	3,2
Αν-P (Διαθέσιμος Φώσφορος) (g/kg)	1,1	1,1	1,1
Na (Νάτριο) (g/kg)	7,9	7,9	7,9
K (Κάλιο) (g/kg)	9,2	9,18	9,2
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	9,1	8,9	8,5
Meth (g/kg)	2,8	3,7	3,8
Cyst (Κυστίνη) (g/kg)	2,3	2,7	3,1
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	5,1	6,5	6,9
Thr (Θρεονίνη) (g/kg)	7,3	6,7	7,2
Arg (Αργινίνη) (g/kg)	7,7	7,9	8,0
Ile (Ισολευκίνη) (g/kg)	8,2	8,4	7,9
Hist (Ιστιδίνη) (g/kg)	3,9	4,2	3,9
Val (Βαλίνη) (g/kg)	9,5	9,9	1,66
Tyr (Τυροσίνη) (g/kg)	5,7	5,0	5,7
Gly (Γλυκίνη) (g/kg)	9,0	9,4	8,3
Μεταβολιστέα Ενέργεια* (MJ/kg)	16,04	11,34	15,66

\*υπολογισθείσα ενέργεια

**Πίνακας Β.7:** Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) του μη αποστειρωμένου υλικού, των υπολειμμάτων χωρίς κρέας και του αποστειρωμένου υλικού που χρησιμοποιήθηκαν στη δεύτερη πειραματική δοκιμή ορνιθίων

<b>Λιπαρά οξέα</b>	<b>Μη αποστειρωμένο υλικό με κρέας</b>	<b>Υλικό χωρίς κρέας</b>	<b>Αποστειρωμένο υλικό με κρέας</b>
C <sub>6:0</sub>	5,7	0,0	21,5
C <sub>8:0</sub>	37,3	11,2	52,8
C <sub>10:0</sub>	92,7	49,1	99,3
C <sub>11:0</sub>	0,0	0,0	0,0
C <sub>12:0</sub>	275,2	124,3	92,3
C <sub>13:0</sub>	122,2	122,3	124,7
C <sub>14:0</sub>	438	234,2	449,5
C <sub>14:1</sub>	15,5	6,7	14,3
C <sub>15:0</sub>	40,1	24,5	40,8
C <sub>16:0</sub>	4817,4	3516,5	4777,9
C <sub>16:1</sub>	258,5	122,1	257,4
C <sub>17:0</sub>	53,0	28,4	53,2
C <sub>17:1</sub>	22,0	11,0	23,4
C <sub>18:0</sub>	1604,5	722,6	1609,5
trans-C <sub>18:1</sub>	29,4	30,9	47,9
cis-9C <sub>18:1</sub>	9188,1	5020,6	9334,8
trans-C <sub>18:2</sub>	0,0	0,0	7,7
cis-C <sub>18:2</sub>	2037,7	1557,7	2243,4
C <sub>20:0</sub>	85,7	0,0	84,4
C <sub>18:3(n-3)</sub>	114,7	203,3	122
cis-6C <sub>18:2</sub>	78,3	29,2	71,5
C <sub>20:2</sub>	741,5	160,1	279,3
C <sub>22:0</sub>	45,9	28,8	45,4
C <sub>20:3(n-3)</sub> + C <sub>22:1</sub>	16,9	7,9	19,2
C <sub>23:0</sub>	6,2	0,0	8,0
C <sub>20:5</sub>	54,5	25,0	42,2
C <sub>24:0</sub>	21,3	0,0	0,0
C <sub>22:6</sub>	15,1	12,5	16,1

**Πίνακας Β.8:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των εναρκτήριων σιτηρεσίων (0-10<sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

Συστατικά	Εναρκτήρια σιτηρέσια <sup>1</sup>			
	C	NM	NS	S
Υπολείμματα	-	-	10,00	-
Υπολείμματα χωρίς κρέας	-	10,00	-	-
Αποστειρωμένα υπολείμματα	-	-	-	10,00
Αραβόσιτος	48,47	40,13	45,03	44,47
Σογιάλευρο	42,84	40,97	38,48	38,60
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
Μαρμαρόσκονη	1,14	1,20	1,22	1,22
Χλωριούχο Νάτριο	0,40	0,20	0,20	0,20
Μεθειονίνη	0,36	0,37	0,37	0,36
Σογιέλαιο	4,47	5,09	2,55	2,73
Λυσίνη	0,24	0,21	0,29	0,29
Θρεονίνη	0,10	0,08	0,12	0,11
Φωσφορικό μονοασβέστιο	1,43	1,45	1,44	1,44
Χολίνη	0,08	0,10	0,11	0,11
Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)				
Ξηρά ουσία	88,69	88,80	88,92	89,18
Τέφρα	5,88	6,00	5,88	5,63
Αζωτούχες ουσίες	22,94	22,31	23,41	24,44
Λιπαρές ουσίες	5,49	6,88	6,51	7,35
Ινώδεις ουσίες	3,76	4,56	3,28	3,55
Na (Νάτριο) (g/kg)	1,6	1,6	1,6	1,6
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	9,6	9,6	9,6	9,6
Αν-P (Διαθέσιμος Φώσφορος) (g/kg)	4,8	4,8	4,8	4,8
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	14,4	14,4	14,4	14,4
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	10,8	10,8	10,8	10,8
(Θρεονίνη) (g/kg)	9,7	9,7	9,7	9,7
Μεταβολιστέα ενέργεια (MJ/kg)	12,55	12,55	12,55	12,55

<sup>1</sup>C= μάρτυρας; NM= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g υπολειμμάτων χωρίς κρέας/kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g μη αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής; S = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής

<sup>2</sup>Το πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων παρείχε ανά κιλό σιτηρεσίου: 13.000 IU βιταμίνη Α, 3.500 IU βιταμίνη D<sub>3</sub> (χοληκαλσιφερόλη), 70 mg βιταμίνη Ε, 7 mg βιταμίνη Κ<sub>3</sub>, 8.5 mg θειαμίνη, 8 mg ριβοφλαβίνη, 5 mg πυριδοξόνη, 0,020 mg βιταμίνη Β<sub>12</sub>, 50 mg νικοτινικό οξύ, 15 mg παντοθενικό οξύ, 1,5 mg φολικό οξύ, 0,15 mg βιοτίνη, 1 mg ιώδιο, 50 mg σίδηρο, 75 mg μαγγάνιο, 15 mg χαλκό, 0,3 mg σελήνιο, 75 mg ψευδάργυρο



**Πίνακας Β.9:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσίων ανάπτυξης (11<sup>η</sup>-24<sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

Συστατικά	Σιτηρέσια ανάπτυξης <sup>1</sup>			
	C	NM	NS	S
Υπολείμματα	-	-	10,00	-
Υπολείμματα χωρίς κρέας	-	10,00	-	-
Αποστειρωμένα υπολείμματα	-	-	-	10,00
Αραβόσιτος	52,09	43,75	48,65	48,36
Σογιάλευρο	38,98	37,12	34,63	34,75
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
Μαρμαρόσκονη	1,28	1,07	1,09	1,09
Χλωριούχο Νάτριο	0,40	0,20	0,20	0,20
Μεθειονίνη	0,31	0,31	0,31	0,31
Σογιέλαιο	5,18	5,81	3,26	3,45
Λυσίνη	0,17	0,14	0,21	0,22
Θρεονίνη	0,07	0,05	0,08	0,08
Φωσφορικό μονοασβέστιο	1,24	1,26	1,25	1,26
Χολίνη	0,07	0,09	0,10	0,10
<b>Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)</b>				
Ξηρά ουσία	89,81	89,87	89,82	89,33
Τέφρα	5,50	5,51	5,44	5,59
Αζωτούχες ουσίες	21,00	21,16	20,86	20,67
Λιπαρές ουσίες	8,36	9,65	8,47	8,21
Ινώδεις ουσίες	3,22	3,79	3,05	3,09
Na (Νάτριο) (g/kg)	1,6	1,6	1,6	1,6
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	8,7	8,7	8,7	8,7
Αν-P (Διαθέσιμος Φώσφορος) (g/kg)	4,4	4,4	4,4	4,4
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	12,9	12,9	12,9	12,9
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	9,9	9,9	9,9	9,9
(Θρεονίνη) (g/kg)	8,8	8,8	8,8	8,8
Μεταβολιστέα ενέργεια (MJ/kg)	12,97	12,97	12,97	12,97

<sup>1</sup>C= μάρτυρας; NM= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g υπολειμμάτων χωρίς κρέας/kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g μη αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής; S = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής

<sup>2</sup>Το πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων παρείχε ανά κιλό σιτηρεσίου: 13.000 IU βιταμίνη Α, 3.500 IU βιταμίνη D<sub>3</sub> (χοληκαλσιφερόλη), 70 mg βιταμίνη Ε, 7 mg βιταμίνη Κ<sub>3</sub>, 8.5 mg θειαμίνη, 8 mg ριβοφλαβίνη, 5 mg πυριδοξόνη, 0,020 mg βιταμίνη Β<sub>12</sub>, 50 mg νικοτινικό οξύ, 15 mg παντοθενικό οξύ, 1,5 mg φολικό οξύ, 0,15 mg βιοτίνη, 1 mg ιώδιο, 50 mg σίδηρο, 75 mg μαγγάνιο, 15 mg χαλκό, 0,3 mg σελήνιο, 75 mg ψευδάργυρο

**Πίνακας Β.10:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσιών πάχυνσης (25<sup>η</sup>- 42<sup>η</sup> ημέρα) για τις ομάδες του μάρτυρα C, των NM, NS και S της δεύτερης πειραματικής δοκιμής ορνιθίων

Συστατικά	Σιτηρέσια πάχυνσης <sup>1</sup>			
	C	NM	NS	S
Υπολείμματα	-	-	10,00	-
Υπολείμματα χωρίς κρέας	-	10,00	-	-
Αποστειρωμένα υπολείμματα	-	-	-	10,00
Αραβόσιτος	57,60	49,26	54,17	53,87
Σογιάλευρο	33,39	31,52	29,03	29,15
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
Μαρμαρόσκονη	1,16	0,95	0,97	0,97
Χλωριούχο Νάτριο	0,40	0,20	0,20	0,20
Μεθειονίνη	0,28	0,28	0,28	0,28
Σογιέλαιο	5,61	6,23	3,69	3,87
Λυσίνη	0,18	0,15	0,22	0,22
Θρεονίνη	0,04	0,03	0,06	0,05
Φωσφορικό μονοασβέστιο	1,06	1,08	1,07	1,07
Χολίνη	0,08	0,10	0,11	0,11
<b>Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)</b>				
Ξηρά ουσία	89,60	90,39	90,07	90,95
Τέφρα	5,00	5,08	4,97	5,06
Αζωτούχες ουσίες	18,89	18,70	19,34	19,15
Λιπαρές ουσίες	7,90	8,57	9,52	9,16
Ινώδεις ουσίες	2,53	3,60	2,61	2,27
Na (Νάτριο) (g/kg)	1,6	1,6	1,6	1,6
Ca (Ασβέστιο) (g/kg)	7,8	7,8	7,8	7,8
Αν-P (Διαθέσιμος Φώσφορος) (g/kg)	3,9	3,9	3,9	3,9
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	11,6	11,6	11,6	11,6
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	9,1	9,1	9,1	9,1
(Θρεονίνη) (g/kg)	7,8	7,8	7,8	7,8
Μεταβολιστέα ενέργεια (MJ/kg)	13,39	13,39	13,39	13,39

<sup>1</sup>C= μάρτυρας; NM= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g υπολειμμάτων χωρίς κρέας/kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g μη αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής; S = σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποστειρωμένων υπολειμμάτων/kg τροφής

<sup>2</sup>Το πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων παρείχε ανά κιλό σιτηρεσίου: 13.000 IU βιταμίνη Α, 3.500 IU βιταμίνη D<sub>3</sub> (χοληκαλσιφερόλη), 70 mg βιταμίνη Ε, 7 mg βιταμίνη Κ<sub>3</sub>, 8.5 mg θειαμίνη, 8 mg ριβοφλαβίνη, 5 mg πυριδοξόνη, 0,020 mg βιταμίνη Β<sub>12</sub>, 50 mg νικοτινικό οξύ, 15 mg παντοθενικό οξύ, 1,5 mg φολικό οξύ, 0,15 mg βιοτίνη, 1 mg ιώδιο, 50 mg σίδηρο, 75 mg μαγγάνιο, 15 mg χαλκό, 0,3 mg σελήνιο, 75 mg ψευδάργυρο

### 11.4.3 Δειγματοληψία - Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης

Στην αρχή του πειράματος και στο τέλος κάθε φάσης (δηλαδή την 10<sup>η</sup>, 24<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα) καταγράφονταν το σωματικό βάρος (ΣΒ) των ζώων και υπολογιζόταν η μέση αύξηση σωματικού βάρους. Η κατανάλωση τροφής μετρήθηκε και ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) υπολογίστηκε. Τα ορνίθια παρακολουθούνταν σε καθημερινή φάση και καταγράφονταν η θνησιμότητα.

Συγχρόνως, την 38<sup>η</sup>, 39<sup>η</sup>, 40<sup>η</sup> και 41<sup>η</sup> πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων κόπρου, ενώ είχε προηγηθεί προπειραματική περίοδος 10 ημερών όπου τα ορνίθια κατανάλωναν τροφή στην οποία είχε προστεθεί ως δείκτης διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) με σκοπό τον προσδιορισμό της πεπτικότητας των θρεπτικών συστατικών.

Στο τέλος της 6<sup>ης</sup> εβδομάδας ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός ορνιθίων από κάθε επέμβαση (3/κελί) θυσιάστηκε προκειμένου να καταγραφούν τυχόν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ως προς:

- την απόδοση σε σφάγιο
- τον προσδιορισμό συγκεκριμένων αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων
- το βάρος συγκεκριμένων εσωτερικών οργάνων
- την ποιότητα κρέατος (pH, χρώμα, απώλεια οπού και δύναμη διάτμησης)
- το προφίλ των λιπαρών οξέων στο κρέας των παχυνόμενων ορνιθίων και
- τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της MDA στο κρέας
- την πεπτικότητα της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών

Ο υπολογισμός των παρακάτω παραμέτρων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους που περιγράφονται στο κεφάλαιο 11.3.

## 11.5 Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους

### 11.5.1 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της ενσωμάτωσης υπολειμμάτων εστίασης στα σιτηρέσια παχυνόμενων χοίρων και η μελέτη της επίδρασής της στα παραγωγικά τους χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι αιματολογικοί και βιοχημικοί δείκτες, η ποιότητα του κρέατος και η πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών.

### 11.5.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις πειραματικές εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τους μήνες Ιούνιο-Αύγουστο του 2019. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 19 ευνουχισμένοι χοίροι, ηλικίας 106 ημερών του υβριδίου Duroc×Landrace×Pietrain. Η προμήθεια των χοίρων έγινε από εμπορική χοιροτροφική μονάδα. Η διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ήταν 46 ημέρες. Η μεταφορά των ζώων προς την μονάδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου, καθώς και οι συνθήκες εκτροφής και διαχείρισης των ζώων είχαν εγκριθεί από την επιτροπή βιοηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/63/EC (EU 2010) περί προστασίας των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικό σκοπό (Αριθμός Πρωτοκόλλου:30/22-5-2019).

Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις, ο μάρτυρας (C) και η επέμβαση (DHR). Η ομάδα του μάρτυρα αποτελούνταν από 10 χοίρους και η ομάδα DHR από 9 χοίρους. Η κατανομή των χοίρων στις διατροφικές επεμβάσεις έγινε με βάση το σωματικό τους βάρος με σκοπό να υπάρχει ομοιογένεια μεταξύ των ομάδων ( $50,3 \pm 2,54$  kg). Οι χοίροι παρέμεναν σε ατομικά κελιά τα οποία ήταν εξοπλισμένα με ανοξείδωτες πιπίλες για το νερό και ταΐστρες, ενώ διέθεταν και πλαστικό διάτρητο πάτωμα. Τα ενδιάμεσα διαχωριστικά στα κελιά ήταν φτιαγμένα από ανοξείδωτο ατσάλι και υψηλής αντοχής PVC. Οι συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος (φωτισμός και εξαερισμός) ελέγχονταν αυτόματα από το κεντρικό σύστημα εξαερισμού. Η θερμοκρασία διατηρούνταν στους  $24 \pm 3^\circ\text{C}$  και η υγρασία στα επίπεδα των  $50 \pm 10\%$ .

Στην ομάδα του μάρτυρα (C) το σιτηρέσιο των χοίρων βασιζόταν στον αραβόσιτο και το σογιάλευρο χωρίς υπολείμματα εστίασης. Στην επέμβαση (DHR) στο σιτηρέσιο του μάρτυρα είχαν προστεθεί υπολείμματα εστίασης σε ποσοστό 10%. Η σύσταση των υπολειμμάτων, η χημική σύνθεσή τους, καθώς και η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων παρουσιάζονται αντίστοιχα στους πίνακες B.1, B.2, B.3. Η εκατοστιαία σύνθεση των σιτηρεσίων για τις ομάδες του μάρτυρα και της ομάδας DHR παρουσιάζεται στον πίνακα B.11.

Η τροφή και το νερό παρέχονταν στους χοίρους κατά βούληση. Τα σιτηρέσια των δύο ομάδων ήταν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά και καταρτίστηκαν ώστε να πληρούν τις οδηγίες του NRC (1998) για τους παχυνόμενους χοίρους.



**Εικόνα Β.6:** Πειραματικός χώρος στέγασης χοίρων



**Εικόνα Β.7:** Παχυνόμενος χοίρος κατά τη διάρκεια της μελέτης

**Πίνακας Β.11:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση των σιτηρεσίων του μάρτυρα (C) και της επέμβασης (DHR) της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής με παχυνόμενους χοίρους

<b>Συστατικά</b>	<b>C</b>	<b>DHR</b>
Υπολείμματα	-	10,00
Αραβόσιτος	64,70	62,90
Σογιάλευρο	17,70	13,00
Πίτυρα σίτου	13,60	12,00
Φυτικά έλαια	1,80	-
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων <sup>1</sup>	2,00	2,00
Μαρμαρόσκονη	0,20	-
Μεθειονίνη	-	0,02
Λυσίνη	-	0,08
<b>Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)</b>		
Ξηρά ουσία	87,15	87,46
Τέφρα	83,67	83,96
Αζωτούχες ουσίες	14,94	14,98
Λιπαρές ουσίες	4,97	4,97
Ινώδεις ουσίες	3,72	3,87
<b>Υπολογισθείσα</b>		
Πεπτή ενέργεια (MJ/kg)	13,6	13,6
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	7,1	7,2
Thr (Θρεονίνη) (g/kg)	5,6	5,3
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	5,4	5,5
SID Lys <sup>2</sup>	6,0	6,1
SID Thr <sup>2</sup>	4,6	4,3
SID Methionine+Cystine <sup>2</sup>	4,7	4,8
Na (Ασβέστιο) (g/kg)	5,9	5,9
P (Φώσφορο) (g/kg)	5,4	5,3

<sup>1</sup>Το πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων προσέθεσε ανά κιλό σιτηρεσίου: 15.000 IU βιταμίνη Α, 3000 IU βιταμίνη D<sub>3</sub>, 37.5 mg βιταμίνη Ε, 3 mg βιταμίνη Κ<sub>3</sub>, 1.95 mg βιταμίνη Β<sub>1</sub>, 3.75 mg βιταμίνη Β<sub>2</sub>, 2.7 mg βιταμίνη Β<sub>6</sub>, 0.027 mg βιταμίνη Β<sub>12</sub>, 22.5 νικοτινικό οξύ, 12 mg παντοθενικό οξύ, 1.2 mg φολικό οξύ, 0.075 mg βιοτίνη, 35mg βιταμίνη C, 300 mg χολίνη, 1.5 mg ιώδιο, 100 mg σίδηρο, 75 mg μαγγάνιο, 135 mg χαλκός, 0.15 mg σελήνιο, 135 ψευδάργυρο, 4.1 g ασβέστιο, 1.3 g φώσφορο, 1.18 g χλωριούχο νάτριο, 1.22 γλυκίνη, 80%) και 400 FTU φυτάσης.

<sup>2</sup>Πεπτά αμινοξέα

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

### 11.5.3 Δειγματοληψία – Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης

Το σωματικό βάρος (ΣΒ) και η κατανάλωση τροφής καταμετρήθηκαν στην αρχή και στο τέλος του πειράματος, έτσι ώστε να υπολογιστεί η μέση ημερήσια αύξηση σωματικού βάρους (ΜΗΣΒ), η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (ΜΗΚΤ) και ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR). Οι χοίροι παρακολουθούνταν σε καθημερινή φάση και καταγράφονταν τυχόν αλλαγές στη συμπεριφορά τους.

Την 37<sup>η</sup>, 38<sup>η</sup>, 39<sup>η</sup> και 41<sup>η</sup> ημέρα πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων κόπρου, ενώ είχε προηγηθεί προπειραματική περίοδος 10 ημερών κατά τις οποίες οι χοίροι κατανάλωναν τροφή στην οποία είχε προστεθεί ως δείκτης διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) με σκοπό τον προσδιορισμό της πεπτικότητας των θρεπτικών συστατικών.

Στο τέλος του πειράματος (σε ηλικία 152 ημερών), όλοι οι χοίροι θυσιάστηκαν με σκοπό να προσδιοριστεί η επίδραση που είχε η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων εστίασης στις εξής παραμέτρους:

- στην απόδοση σε σφάγιο
- σε συγκεκριμένες βιοχημικές παραμέτρους
- στην ποιότητα του κρέατος (pH, χρώμα, απώλεια οπού και δύναμη διάτμησης)
- στο προφίλ των λιπαρών οξέων στο κρέας των παχυνόμενων χοίρων και
- στη συγκέντρωση της MDA του κρέατος
- την πεπτικότητα της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών

### 11.5.4 Υπολογισμός απόδοσης σε σφάγιο

Την 152<sup>η</sup> ημέρα 19 χοίροι θυσιάστηκαν ώστε να διαπιστωθούν τυχόν επιπτώσεις της διατροφικής επέμβασης στις αποδόσεις. Έπειτα από παραμονή για 24 ώρες στους 4°C, τα σφάγια ζυγίστηκαν και υπολογίστηκε η απόδοση σε σφάγιο ως ποσοστό % του τελικού ΣΒ.



### **11.5.5 Προσδιορισμός βιοχημικών παραμέτρων**

Δείγματα αίματος συλλέχθηκαν κατά τη σφαγή με σκοπό την εξέταση συγκεκριμένων βιοχημικών παραμέτρων από 19 παχυνόμενους χοίρους.

Συγκεκριμένα οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν οι εξής:

- i. οξαλοξική τρανσαμινάση (SGOT) ή αλλιώς ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) (SGOT-AST) (IU/l)
- ii. πυροσταφυλική τρανσαμινάση (SGPT) ή αλλιώς αμινοτρανσφεράση της αλανίνης (SGPT-ALT) (IU/l)
- iii. ουρία Αζώτου (BUN)
- iv. γ-γλουταμυλτρανσφεράση (γ-GT) (IU/l)
- v. αλκαλική φωσφατάση (IU/l)
- vi. χοληστερόλη (mg/dl)
- vii. ολικές πρωτεΐνες (g/dl)
- viii. κλάσματα αλβουμίνης (g/dl)
- ix. κλάσματα γλοβουλίνης (g/dl)

Για τον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε ο αυτόματος αναλυτής ABX Pentra 400 (Horiba-ABX, Montpellier, Γαλλία).

### **11.5.6 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών στο μυϊκό ιστό παχυνόμενων χοίρων**

Οι μετρήσεις που αφορούσαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των μυϊκών ιστών πραγματοποιήθηκαν 24 ώρες μετά τη σφαγή και την παραμονή στο ψυγείο στους 4°C, όπου τα δείγματα τεμαχίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για της παρακάτω αναλύσεις:

### **11.5.6.1 Προσδιορισμός pH**

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται στην παράγραφο 11.3.6.1

### **11.5.6.2 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών χρώματος**

Στην παράγραφο 11.3.6.2 αναφέρεται η διαδικασία.

### **11.5.6.3 Υπολογισμός απώλειας οπού**

Η απώλεια οπού υπολογίστηκε σε δείγματα μυϊκού ιστού που είχαν μόλις τεμαχιστεί. Τα φρεσκοκομμένα δείγματα ζυγίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια πολυαιθυλενίου και μαγειρεύτηκαν σε υδατόλουτρο. Οι μυϊκοί ιστοί μαγειρεύτηκαν σε υδατόλουτρο με συνεχή θερμοκρασία 80°C για 50 λεπτά. Με το πέρας του χρόνου μαγειρέματος, τα σακουλάκια απομακρύνθηκαν από το υδατόλουτρο και τοποθετήθηκαν σε τρεχούμενο νερό για 15 λεπτά περίπου. Στη συνέχεια τα σακουλάκια αφαιρέθηκαν και τα δείγματα αφέθηκαν να στεγνώσουν ώστε να ζυγιστούν εκ νέου.

Η απώλεια οπού εκφράζεται ως ποσοστό % του λόγου της διαφοράς του τελικού από το αρχικό βάρος του δείγματος προς το αρχικό βάρος του δείγματος.

### **11.5.6.4 Εκτίμηση τρυφερότητας του μυϊκού ιστού**

Στην παράγραφο 11.3.6.4 περιγράφεται η διαδικασία προσδιορισμού της τρυφερότητας.

## **11.5.7 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό**

### **11.5.7.1 Σύνθεση μεθυλεστέρων**

Η μέθοδος O'Fallon et al. (2007) χρησιμοποιήθηκε για την άμεση σύνθεση μεθυλεστέρων και τον προσδιορισμό λιπαρών οξέων σε δείγματα μυϊκού ιστού. Η αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας βρίσκεται στην παράγραφο 11.3.7.1.

### **11.5.7.2 Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία**

Η τεχνική περιγράφεται στην παράγραφο 11.3.7.2.

## **11.5.8 Προσδιορισμός MDA στο κρέας**

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε περιγράφεται στο Μέρος Α και Μέρος Β στην παράγραφο 11.3.8.

## **11.5.9 Προσδιορισμός πεπτικότητας της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών**

### **11.5.9.1 Προσδιορισμός συντελεστών φαινομένης πεπτικότητας**

Η μέθοδος του δείκτη που εφαρμόστηκε περιγράφεται στην παράγραφο 11.3.9.1.

### **11.5.9.2 Προσδιορισμός την συνολικής και πεπτής ενέργειας με αδιαβατική θερμιδομετρία**

Η διαδικασία περιγράφεται στην παράγραφο 11.3.9.2

## **11.6 Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους**

### **11.6.1 Σκοπός του πειράματος**

Στην πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους μελετήθηκε η επίδραση της ενσωμάτωσης υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 10%. Τα αποτελέσματα της πρώτης δοκιμής δεν έδειξαν διαφορές στο σωματικό βάρος, στην κατανάλωση τροφής και στον συντελεστή FCR για τις δύο ομάδες. Ωστόσο, κρίθηκε σκόπιμο να δοκιμαστεί ένα εναλλακτικό ποσοστό ενσωμάτωσης στα σιτηρέσια, καθώς και να μελετηθεί η ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης από τα οποία είχε αφαιρεθεί το κρέας, επειδή η ισχύουσα νομοθεσία την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος δεν επέτρεπε την χρησιμοποίηση υπολειμμάτων που περιείχαν κρέας στη διατροφή των αγροτικών ζώων.

Σκοπός του πειράματος ήταν η ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης στα σιτηρέσια παχυνόμενων χοίρων και η μελέτη της επίδρασης αυτών στα παραγωγικά τους χαρακτηριστικά, σε βιοχημικούς δείκτες, στην ποιότητα του κρέατος και στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών.

### **11.6.2 Πειραματικός σχεδιασμός**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις πειραματικές εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής του Γεωπονικού πανεπιστημίου Αθηνών κατά τους μήνες Δεκέμβριο-Φεβρουάριο του 2021. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 20 ευνουχισμένοι χοίροι, ηλικίας 113 ημερών και φυλής Duroc×Landrace×Pietrain. Η προμήθεια των χοίρων έγινε από εμπορική χοιροτροφική μονάδα. Η διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ήταν 56 ημέρες. Η μεταφορά των ζώων προς την μονάδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου, καθώς και οι συνθήκες εκτροφής και φροντίδας των ζώων είχαν εγκριθεί από την επιτροπή βιοηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/63/EC (EU 2010) περί προστασίας των ζώων που χρησιμοποιούνται για επιστημονικό σκοπό (Αριθμός Πρωτοκόλλου:30/22-5-2019).

Δημιουργήθηκαν 2 διατροφικές επεμβάσεις, η πρώτη ήταν ο μάρτυρας (C) και η δεύτερη η επέμβαση (DHR2). Κάθε επέμβαση αποτελούνταν από 10 χοίρους. Η κατανομή των χοίρων στις

διατροφικές επεμβάσεις έγινε με βάση το σωματικό τους βάρος με σκοπό να υπάρχει ομοιογένεια μεταξύ των ομάδων ( $52 \pm 2$  kg). Οι χοίροι παρέμεναν σε ατομικά κελιά τα οποία ήταν εξοπλισμένα με ανοξείδωτες πιπίλες για το νερό και ταΐστρες, ενώ διέθεταν και πλαστικό διάτρητο πάτωμα. Τα ενδιάμεσα διαχωριστικά στα κελιά ήταν φτιαγμένα από ανοξείδωτο ατσάλι και υψηλής αντοχής PVC. Οι συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος (φωτισμός και εξαερισμός) ελέγχονταν αυτόματα από το κεντρικό σύστημα εξαερισμού. Η θερμοκρασία διατηρούνταν σταθερή στους 15-16°C.

Στην ομάδα του μάρτυρα (C) το σιτηρέσιο των χοίρων βασιζόταν στον αραβόσιτο και το σογιάλευρο χωρίς υπολείμματα. Στην επέμβαση (DHR) στο σιτηρέσιο είχαν προστεθεί υπολείμματα εστίασης που δεν περιείχαν κρέας σε ποσοστό 8%. Η σύσταση, η υπολογισθείσα, η προσδιορισθείσα σύνθεση και η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα για τα υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματικό σχεδιασμό παρουσιάζονται στους πίνακες B.12 και B.13 αντίστοιχα. Η εκατοστιαία σύσταση των σιτηρεσίων παρουσιάζεται στον πίνακα B.14.

Η τροφή και το νερό παρέχονταν στους χοίρους κατά βούληση. Τα σιτηρέσια των δύο ομάδων ήταν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά και καταρτίστηκαν ώστε να πληρούν τις οδηγίες του NRC (1998) για τους παχυνόμενους χοίρους.

**Πίνακας Β.12:** Προσδιορισθείσα χημική σύσταση (%) υπολειμμάτων χωρίς κρέας της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής στους παχυνόμενους χοίρους

<b>Προσδιορισθείσα σύνθεση (%)</b>	<b>Υλικό χωρίς κρέας</b>
Ξηρά Ουσία	85,63
Τέφρα	12,14
Αζωτούχες Ουσίες	17,59
Λιπαρές Ουσίες	14,75
Ινώδεις Ουσίες	8,62
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	7,0
Meth (Μεθειονίνη) (g/kg)	2,7
Cyst (Κυστίνη) (g/kg)	2,0
Thr (Θρεονίνη) (g/kg)	5,6
Arg (Αργινίνη) (g/kg)	4,0
Iso (Ισολευκίνη) (g/kg)	4,9
Hist (Ιστιδίνη) (g/kg)	2,1
Val (Βαλίνη) (g/kg)	12,1
Tyr (Τυροσίνη) (g/kg)	3,7
Gly (Γλυκίνη) (g/kg)	6,2
Leu (Λευκίνη) (g/kg)	9,8
Asn (Ασπαραγίνη) (g/kg)	4,3
Ser (Σερίνη) (g/kg)	7,0
Glu (Γλουταμινικό οξύ) (g/kg)	19,0
Pro (Προλίνη) (g/kg)	7,2
Ala (Αλανίνη) (g/kg)	14,7
Phe (Φαινυλανίνη)g/kg)	5,4

**Πίνακας Β.13:** Προφίλ λιπαρών οξέων (mg/100g υλικού) των υπολειμμάτων χωρίς κρέας της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής στους παχυνόμενους χοίρους

<b>Λιπαρά οξέα</b>	<b>Υλικό χωρίς κρέας</b>
C <sub>6:0</sub>	6,3
C <sub>8:0</sub>	27,4
C <sub>10:0</sub>	69,4
C <sub>11:0</sub>	9,5
C <sub>12:0</sub>	161,1
C <sub>13:0</sub>	117,2
C <sub>14:0</sub>	272,1
C <sub>14:1</sub>	10,6
C <sub>15:0</sub>	29,7
C <sub>16:0</sub>	2770,2
C <sub>16:1</sub>	174,6
C <sub>17:0</sub>	42,1
C <sub>17:1</sub>	17,8
C <sub>18:0</sub>	884,5
trans-C <sub>18:1</sub>	31,5
cis-9C <sub>18:1</sub>	6100,7
trans-C <sub>18:2</sub>	6,4
cis-C <sub>18:2</sub>	2498,4
C <sub>20:0</sub>	0,0
C <sub>18:3(n-3)</sub>	213,9
cis-6C <sub>18:2</sub>	43,8
C <sub>20:2</sub>	105
C <sub>22:0</sub>	43,1
C <sub>20:3(n-3)</sub> + C <sub>22:1</sub>	17,2
C <sub>23:0</sub>	7,7
C <sub>20:5</sub>	27,4
C <sub>24:0</sub>	25,2
C <sub>22:6</sub>	26,7

**Πίνακας Β.14:** Σύσταση (%) και χημική σύνθεση (%) των σιτηρεσίων του μάρτυρα (C) και της επέμβασης (DHR) για τη 2<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους

<b>Συστατικά</b>	<b>C</b>	<b>DHR</b>
Υπολείμματα	-	8,00
Αραβόσιτος	64,00	63,00
Σογιάλευρο	17,10	16,00
Πίτυρα σίτου	13,00	8,00
Φυτικά έλαια	3,45	2,70
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων <sup>1</sup>	2,00	2,00
Μαρμαρόσκονη	0,15	-
Θρεονίνη	0,10	0,10
Λυσίνη	0,20	0,20
<b>Χημική σύνθεση (%)</b>		
Ξηρά ουσία	87,40	87,20
Τέφρα	83,90	83,20
Αζωτούχες ουσίες	15,00	15,11
Λιπαρές ουσίες	6,57	6,77
Ινώδεις ουσίες	3,61	3,76
Lys (Λυσίνη) (g/kg)	9,7	9,6
Thr (Θρεονίνη) (g/kg)	6,4	6,4
M + C (Μεθειονίνη και Κυστίνη) (g/kg)	6,2	7,0
SID Lys <sup>2</sup>	8,6	8,6
SID Thr <sup>2</sup>	5,5	5,5
SID Methionine+Cystine <sup>2</sup>	5,4	5,9
Na (Ασβέστιο) (g/kg)	5,7	5,7
P (Φώσφορο) (g/kg)	5,3	5,0
Πεπτή ενέργεια (MJ/kg)	13,98	13,99

<sup>1</sup>Το πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων προσέθεσε ανά κιλό σιτηρεσίου: 15.000 IU βιταμίνη Α, 3000 IU βιταμίνη D<sub>3</sub>, 37.5 mg βιταμίνη Ε, 3 mg βιταμίνη Κ<sub>3</sub>, 1.95 mg βιταμίνη Β<sub>1</sub>, 3.75 mg βιταμίνη Β<sub>2</sub>, 2.7 mg βιταμίνη Β<sub>6</sub>, 0.027 mg βιταμίνη Β<sub>12</sub>, 22.5 νικοτινικό οξύ, 12 mg παντοθενικό οξύ, 1.2 mg φολικό οξύ, 0.075 mg βιοτίνη, 35mg βιταμίνη C, 300 mg χολίνη, 1.5 mg ιώδιο, 100 mg σίδηρο, 75 mg μαγγάνιο, 135 mg χαλκός, 0.15 mg σελήνιο, 135 ψευδάργυρο, 4.1 g ασβέστιο, 1.3 g φώσφορο, 1.18 g χλωριούχο νάτριο, 1.22 γλυκίνη,80%) και 400 FTU φυτάσης.

<sup>2</sup>Πεπτά αμινοξέα

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής



### 11.6.3 Δειγματοληψία- Προσδιορισμός παραμέτρων ανάπτυξης

Το σωματικό βάρος (ΣΒ) και η κατανάλωση τροφής καταμετρήθηκαν στην αρχή και στο τέλος του πειράματος έτσι ώστε να υπολογιστεί η μέση ημερήσια αύξηση σωματικού βάρους (ΜΗΣΒ), η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (ΜΗΚΤ) και ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR). Οι χοίροι παρακολουθούνταν σε καθημερινή φάση και καταγράφονταν τυχόν αλλαγές στη συμπεριφορά τους.

Την 40<sup>η</sup>, 41<sup>η</sup>, 42<sup>η</sup> και 43<sup>η</sup> ημέρα πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων κόπρου, ενώ είχε προηγηθεί προπειραματική περίοδος 10 ημερών κατά τις οποίες οι χοίροι κατανάλωναν τροφή στην οποία είχε προστεθεί ως δείκτης διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) με σκοπό τον προσδιορισμό της πεπτικότητας των θρεπτικών συστατικών.

Στο τέλος του πειράματος (σε ηλικία ημερών) όλοι οι χοίροι θυσιάστηκαν με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση που είχε η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων εστίασης στις εξής παραμέτρους:

- στην απόδοση σε σφάγιο
- σε συγκεκριμένους βιοχημικούς παραμέτρους
- στην ποιότητα κρέατος (pH, χρώμα, απώλεια οπού και δύναμη διάτμησης)
- στο προφίλ των λιπαρών οξέων στο κρέας των παχυνόμενων χοίρων και
- στη συγκέντρωση της MDA στο κρέας
- την πεπτικότητα της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών

Ο προσδιορισμός των παραπάνω παραμέτρων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους που αναφέρονται στην παράγραφο 11.5.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ

### 12. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 12.1 Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενα ορνίθια

##### 12.1.1 Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης

Το τελικό σωματικό βάρος (Σ.Β.) των ορνιθίων διέφερε στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των ομάδων του μάρτυρα και της επέμβασης T ( $p < 0,001$ ) παρότι το αρχικό Σ.Β. των ομάδων ήταν ίδιο. Το Σ.Β. των ορνιθίων της ομάδας της επέμβασης ήταν κατά 9,8% μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο της ομάδας του μάρτυρα. Η μέση αύξηση του σωματικού βάρους ήταν μεγαλύτερη για την ομάδα του μάρτυρα σε σχέση με αυτή της επέμβασης ( $p < 0,001$ ). Αντίστοιχη εικόνα εμφάνισε και η κατανάλωση τροφής για τον μάρτυρα ( $p = 0,011$ ), όπου τα ορνίθια κατανάλωσαν περισσότερη τροφή σε ποσοστό 6,5%. Ο συντελεστής FCR ήταν χειρότερος για την ομάδα της επέμβασης κατά 4% σε σχέση με τον μάρτυρα, διαφορά στατιστικώς μη σημαντική. Τέλος, υπήρχε τάση ώστε η θνησιμότητα να είναι σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα ( $p = 0,072$ ) σε σχέση με την επέμβαση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.1.

**Πίνακας Γ.1:** Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των ορνιθίων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής τις ημέρες 0-42

Παράμετρος	C	T	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Αρχικό Σ.Β.-0 ημέρα (g)	40,05	39,75	0,25	ΜΣ
Τελικό Σ.Β.-42 <sup>η</sup> ημέρα (g)	3098,2	2794,1	49,99	<0,001
Μέση αύξηση ΣΒ(g)	3058,1	2754,3	50,03	<0,001
Μέση κατανάλωση τροφής (g)	4586,9	4289,6	73,94	0,011
Συντελεστής FCR <sup>3</sup>	1,50	1,56	0,021	ΜΣ
Θνησιμότητα (%)	7,00	2,00	1,780	0,072

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

<sup>3</sup>Συντελεστής FCR: συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (g τροφής/g αύξησης Σ.Β.) (0-42 ημέρες)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.1.2 Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο και στήθος

Η απόδοση σε σφάγιο δεν επηρεάστηκε όταν προστέθηκαν στο σιτηρέσιο των ορνιθίων υπολείμματα σε ποσοστό 15%, ενώ παράλληλα δεν υπήρχε επίδραση στην απόδοση σε στήθος. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα Γ.2.

**Πίνακας Γ.2:** Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τα ορνίθια της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42<sup>η</sup> ημέρα

Παράμετρος	C	T	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Απόδοση σε σφάγιο (% Σ.Β.)	75,78	75,60	0,250	ΜΣ
Απόδοση σε στήθος (% Σ.Β.)	29,48	30,28	0,376	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διαφοράς (ANOVA)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.1.3 Αιματολογικές παράμετροι και βάρη εσωτερικών οργάνων

Τα σχετικά βάρη των εσωτερικών οργάνων (καρδιά, σπλήνας, ήπαρ, νεφρός, θύλακας του *Fabricius*, μύδης στόμαχος) συναρτήσεως του Σ.Β. δεν επηρεάστηκαν σημαντικά.

Από τις αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους που προσδιορίστηκαν, φαίνεται ότι η προσθήκη των υπολειμμάτων επίδρασε σημαντικά και οδήγησε σε αύξηση της χοληστερόλης στο αίμα κατά περίπου 10% για την ομάδα της επέμβασης (T) (p=0,049).

Τα αποτελέσματα για τις παραπάνω παραμέτρους παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.3.

**Πίνακας Γ.3:** Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους και στο βάρος εσωτερικών οργάνων (% ολικού Σ.Β.) των ορνιθίων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

<b>Παράμετρος</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
Καρδιά (%)	0,507	0,505	0,017	ΜΣ
Σπλήνας (%)	0,097	0,096	0,008	ΜΣ
Ήπαρ (%)	1,60	1,59	0,045	ΜΣ
Νεφρός (%)	0,159	0,157	0,010	ΜΣ
Θύλακας Fabricius (%)	0,199	0,194	0,018	ΜΣ
Μυώδης στόμαχος (%)	1,25	1,22	0,066	ΜΣ
SGOT AST(IU/l)	522,3	519,3	85,74	ΜΣ
SGPT ALT (IU/l)	5,50	4,70	0,858	ΜΣ
BUN (IU/l)	1,41	0,98	0,176	ΜΣ
γ-GT (IU/l)	22,30	23,10	2,520	ΜΣ
Φωσφατάση (IU/l)	3207,0	2260,8	400,2	ΜΣ
Χοληστερόλη (mg/dl)	143,3	157,5	4,758	0,049
Ολικές πρωτεΐνες (g/dl)	2,80	2,71	0,087	ΜΣ
Αλβουμίνη (g/dl)	1,19	1,22	0,038	ΜΣ
Γλοβουλίνη (g/dl)	1,61	1,49	0,060	ΜΣ
Αιματοκρίτης (%)	29,56	29,50	1,470	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10).

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων; <sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA); ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.1.4 Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού

Στον πίνακα Γ.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των παραμέτρων χρώματος, όπως και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του κρέατος. Η φωτεινότητα του κρέατος που εκτιμάται με τη μέτρηση του δείκτη  $L^*$  ήταν μεγαλύτερη κατά 3,6% ( $p = 0,094$ ) στην ομάδα του μάρτυρα. Παράλληλα, ο δείκτης  $b^*$ , που εκφράζει την ένταση του κίτρινου χρώματος ήταν σημαντικά μεγαλύτερος ( $p=0,023$ ) στην ομάδα του μάρτυρα κατά 10%. Όσο αφορά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, η επίδραση της διατροφικής προσθήκης δεν επηρέασε το pH και την απώλεια οπού, ενώ η δύναμη διάτμησης που μετρήθηκε ήταν μεγαλύτερη για τον μάρτυρα κατά 8,8% με τη διαφορά να υποδηλώνει στατιστικώς σημαντική τάση ( $p=0,081$ ).

**Πίνακας Γ.4:** Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των ορνιθίων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	C	T	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
<b>Παράμετροι χρώματος</b>				
$L^*$	56,22	54,18	0,840	0,094
$a^*$	6,06	5,70	0,270	ΜΣ
$b^*$	17,43	15,84	0,474	0,023
<b>Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά</b>				
pH <sub>24</sub>	6,22	6,21	0,026	ΜΣ
Απώλεια οπού	13,62	12,98	0,644	ΜΣ
Δύναμη διάτμησης (100 N/cm <sup>2</sup> )	11,81	10,85	0,504	0,081

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων ( $n=10$ ).

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων.

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

$L^*$ = φωτεινότητα, ( $L^* 0$ = σκούρο κρέας  $L^* 100$ = λευκό κρέας),  $a^*$ = ένταση του κόκκινου (θετική τιμή  $a^*$  υποδηλώνει κόκκινο χρώμα, αρνητική τιμή  $a^*$  υποδηλώνει πράσινο χρώμα),  $b^*$ = ένταση του κίτρινου (θετική τιμή  $b^*$  υποδηλώνει κίτρινο χρώμα, αρνητική τιμή  $b^*$  υποδηλώνει μπλε χρώμα).

### 12.1.5 Προφίλ λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό

Στον πίνακα Γ.5 παρουσιάζονται οι τελικές συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων και των κύριων ομάδων αυτών που εντοπίστηκαν στο στήθος των ορνιθίων.

Η συγκέντρωση των C<sub>14:0</sub> και C<sub>16:0</sub> ήταν στατιστικώς σημαντικά μικρότερη στην ομάδα του μάρτυρα σε σχέση με αυτήν της επέμβασης. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρήθηκε για το cis-9C<sub>16:1</sub>, το C<sub>17:0</sub>, το C<sub>17:1</sub>, το cis-9C<sub>18:1</sub> και το cis-11C<sub>18:1</sub> λιπαρό οξύ. Η συγκέντρωση των C<sub>18:2(n-6)</sub>, C<sub>18:3(n-6)</sub>, C<sub>18:3(n-3)</sub> ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα. Αντίθετα, η συγκέντρωση του C<sub>20:1</sub> ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα T.

Οι συγκεντρώσεις των κορεσμένων (SFA), των μονοακόρεστων (MUFA), πολυακόρεστων (PUFA), καθώς και ο λόγος πολυακόρεστων/κορεσμένων (P/S) διέφεραν σημαντικά. Οι συγκεντρώσεις των n-6 και n-3 λιπαρών οξέων εμφάνισαν ανάλογη εικόνα.

Το σύνολο των SFA ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στην ομάδα της επέμβασης σε ποσοστό 11.7%. Το σύνολο των MUFA ήταν μεγαλύτερο κατά 18,3%, ενώ των PUFA μικρότερο στην ομάδα της επέμβασης κατά 24.6%. Στατιστικώς σημαντική διαφορά υπήρχε και στο σύνολο των συγκεντρώσεων των n-6 και n-3 λιπαρών οξέων που ήταν μικρότερες για την επέμβαση.

**Πίνακας Γ.5:** Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) στο στήθος ορνιθίων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42<sup>η</sup> ημέρα

	C	T	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
SUMFA	2017	1953	186.2	ΜΣ
C <sub>14:0</sub>	0,28	0,72	0,01	0,000
C <sub>16:0</sub>	16,82	19,08	0,23	0,000
cis-7C <sub>16:1</sub>	0,32	0,32	0,02	ΜΣ
cis-9C <sub>16:1</sub>	1,52	2,42	0,13	0,000
C <sub>17:0</sub>	0,13	0,16	0,01	0,002
C <sub>17:1</sub>	0,01	0,05	0,01	0,031
C <sub>18:0</sub>	8,50	8,60	0,22	ΜΣ
cis-9C <sub>18:1</sub>	26,11	30,41	0,87	0,004
cis-11C <sub>18:1</sub>	1,84	2,07	0,06	0,023
C <sub>18:2(n-6)</sub>	30,29	21,57	0,57	0,000
C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,17	0,07	0,01	0,000
C <sub>18:3(n-3)</sub>	2,24	1,40	0,08	0,000
C <sub>20:0</sub>	0,07	0,07	0,01	ΜΣ
C <sub>20:1</sub>	0,23	0,28	0,01	0,000
C <sub>20:2</sub>	0,59	0,57	0,03	ΜΣ
C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,60	0,68	0,04	ΜΣ
C <sub>20:4(n-6)</sub>	4,28	4,02	0,36	ΜΣ
C <sub>20:5(n-3)</sub>	0,13	0,17	0,02	ΜΣ
C <sub>22:4(n-6)</sub>	1,10	0,89	0,07	ΜΣ
C <sub>22:5(n-3)</sub>	0,74	0,69	0,07	ΜΣ
C <sub>22:6(n-3)</sub>	0,43	0,51	0,05	ΜΣ
SFA	25,82	28,85	0,34	0,000
MUFA	30,02	35,54	0,95	0,001
PUFA	40,56	30,58	0,57	0,000
P/S	1,57	1,06	0,03	0,000
n-6	36,43	27,24	0,48	0,000
n-3	3,54	2,77	0,11	0,000
n-6/n-3	10,34	9,92	0,29	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10).

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων.

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

SFA= άθροισμα των κορεσμένων λιπαρών οξέων (12:0+14:0+15:0+16:0+17:0+ 18:0), MUFA= άθροισμα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (14:1+16:1n-7+17:1+18:1n-9+18:1n-7+20:1n-9), PUFA= άθροισμα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-3+18:3n-6+20:3n-6+20:3n-3+20:4n-6+20:5n-3+22:4n-6+22:5n-3+22:6n-3). n-3= άθροισμα των n-3 λιπαρών οξέων (18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3), n-6= άθροισμα των n-6 λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:4n-6).

### 12.1.6 Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος

Η συγκέντρωση της μαλονδιαλδεΐδης (MDA) δε διέφερε μεταξύ των ομάδων ακόμα και μετά από 300 λεπτά οξείδωσης.

**Πίνακας Γ.6:** Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των ορνιθίων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
0 min	0,197	0,163	0,02	ΜΣ
30 min	0,498	0,411	0,07	ΜΣ
120 min	0,996	0,704	0,16	ΜΣ
300 min	1,640	1,213	0,24	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων.

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές



### 12.1.7 Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα

Στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών της τροφής σημειώθηκαν διαφορές όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα Γ.7. Η ομάδα του μάρτυρα εμφάνισε μειωμένη πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών 2.5% σε σχέση με την επέμβαση ( $p=0,002$ ). Μειωμένη ήταν και η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών για την ομάδα του μάρτυρα κατά 42.5% ( $p<0,001$ ).

**Πίνακας Γ.7:.** Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 38-41 στην 1<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων

Παράμετρος	C	T	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Ξηρά ουσία	0,760	0,771	0,005	ΜΣ
Οργανική ουσία	0,782	0,791	0,005	ΜΣ
Αζωτούχες ουσίες	0,718	0,719	0,009	ΜΣ
Λιπαρές ουσίες	0,848	0,870	0,017	0,002
Ινώδεις ουσίες	0,248	0,432	0,012	<0,001

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων ( $n=10$ ).

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων.

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

## **12.2 Δεύτερη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενα ορνίθια**

### **12.2.1 Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης**

Το τελικό Σ.Β. διέφερε σημαντικά στις ομάδες της δεύτερης πειραματικής δοκιμής. Η ομάδα NM, η οποία κατανάλωνε υπολείμματα από τα οποία είχε αφαιρεθεί το κρέας, σημείωσε χαμηλότερο τελικό Σ.Β. κατά 11, 9,5 και 8 % σε σχέση με τις ομάδες C, NS και S αντίστοιχα ( $p<0,001$ ). Παρόμοια εικόνα παρουσιάστηκε και στην αύξηση του σωματικού βάρους ( $p<0,001$ ). Η κατανάλωση τροφής δε φάνηκε να παρουσιάζει σημαντικές διαφορές, παρόλο που η ομάδα NM κατανάλωσε λιγότερη τροφή.

Ο συντελεστής FCR ήταν υψηλότερος για την ομάδα NM κατά περίπου 11, 7 και 5 % σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές των ομάδων C, NS και S ( $p<0,001$ ).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.8.

**Πίνακας Γ.8:** Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των ορνιθίων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής στις ημέρες 0-42

	<b>C</b>	<b>NM</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
Αρχικό Σ.Β.-0 ημέρα (g)	46,5	46,2	46,4	46,4	0,41	ΜΣ
Τελικό Σ.Β.-42 <sup>η</sup> ημέρα (g)	3194 <sup>a</sup>	2853 <sup>b</sup>	3154 <sup>a</sup>	3104 <sup>a</sup>	76,2	<0,001
Μέση αύξηση ΣΒ (g)	3148 <sup>a</sup>	2789 <sup>b</sup>	3108 <sup>a</sup>	3058 <sup>a</sup>	76,2	<0,001
Μέση κατανάλωση τροφής (g)	4644	4564	4746	4755	109,8	ΜΣ
Συντελεστής FCR <sup>3</sup>	1,47 <sup>a</sup>	1,64 <sup>c</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	1,56 <sup>bc</sup>	0,031	<0,001
Θνησιμότητα (%)	13,3	3,3	1,7	5,0	4,64	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5)

<sup>2</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

<sup>3</sup>Συντελεστής FCR: συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (g τροφής/g αύξησης Σ.Β.) (0-42 ημέρες)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.2.2 Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο

Η ομάδα NM είχε 2% μικρότερη απόδοση σε σφάγιο σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα και την S ( $p < 0,001$ ). Σε σχέση με την ομάδα NS, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά. Η απόδοση σε στήθος ήταν χαμηλότερη στην ομάδα NM σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις ( $p = 0,007$ ), όπως φαίνεται και στον πίνακα Γ.9.

**Πίνακας Γ.9:** Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τα ορνίθια της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42<sup>η</sup> ημέρα

	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Τελικό Σ.Β. (42 <sup>η</sup> ημέρα)	3194 <sup>a</sup>	2835 <sup>b</sup>	3154 <sup>a</sup>	3104 <sup>a</sup>	76,2	<0,001
Απόδοση σε σφάγιο (% Σ.Β.)	75,95 <sup>a</sup>	74,41 <sup>b</sup>	75,32 <sup>ab</sup>	76,14 <sup>a</sup>	0,452	<0,001
Απόδοση σε στήθος (% Σ.Β.)	31,76 <sup>a</sup>	29,93 <sup>b</sup>	32,13 <sup>a</sup>	32,39 <sup>a</sup>	0,743	0,007

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.2.3 Αιματολογικές παράμετροι και βάρη εσωτερικών οργάνων

Τα αποτελέσματα από τα βάρη των εσωτερικών οργάνων δεν ήταν στατιστικώς σημαντικά με εξαίρεση τον θύλακα του *Fabricius* που διέφερε μεταξύ των ομάδων ( $p=0,021$ ). Συγκεκριμένα, το βάρος του ήταν κατά 38, 35 και 27,7% μικρότερο στην ομάδα C σε σχέση με τις ομάδες NM, NS και S.

Οι τιμές των αιματολογικών και βιοχημικών παραμέτρων δεν διέφεραν σημαντικά, δείχνοντας έτσι ότι η διατροφή με διαφορετικά είδη υπολειμμάτων δεν επηρέασε τους αιματολογικούς δείκτες.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.10.

**Πίνακας Γ.10:** Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους και στο βάρος εσωτερικών οργάνων των ορνιθίων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

Παράμετρος	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Καρδιά (%)	0,53	0,59	0,56	0,55	0,052	ΜΣ
Σπλήνας (%)	0,09	0,10	0,08	0,09	0,010	ΜΣ
Ήπαρ (%)	1,50	1,72	1,75	1,75	0,104	ΜΣ
Νεφρός (%)	0,21	0,27	0,26	0,23	0,032	ΜΣ
Θύλακας Fabricius (%)	0,13 <sup>a</sup>	0,21 <sup>bc</sup>	0,20 <sup>c</sup>	0,18 <sup>abc</sup>	0,023	0,021
Μυώδης στόμαχος (%)	1,50	1,59	1,36	1,47	0,131	ΜΣ
SGOT AST(IU/l)	810,8	661,4	962,6	671,0	178,25	ΜΣ
SGPT ALT (IU/l)	11,6	7,4	7,6	7,8	1,93	ΜΣ
BUN (IU/l)	2,5	1,6	2,4	1,8	0,50	ΜΣ
γ-GT (IU/l)	22,6	27,0	23,2	27,4	4,81	ΜΣ
Φωσφατάση (IU/l)	1534,6	1569,0	1301,6	1254,2	256,26	ΜΣ
Χοληστερόλη (mg/dl)	122,4	133,4	142,2	142,6	11,85	ΜΣ
Αλβουμίνη (g/dl)	1,1	1,2	1,3	1,3	0,14	ΜΣ
Ολικές πρωτεΐνες (g/dl)	2,3	2,6	2,6	2,8	0,29	ΜΣ
Αλβουμίνη (g/dl)	1,2	1,4	1,4	1,5	0,18	ΜΣ
Γλοβουλίνη (g/dl)	28,4	29,8	30,0	27,8	2,27	ΜΣ
Αιματοκρίτης (%)	1534,6	1569,0	1301,6	1254,2	256,26	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5); <sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων; <sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

## 12.2.4 Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού

Στον πίνακα Γ.11 εμφανίζονται οι τιμές των παραμέτρων χρώματος του κρέατος και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του.

Δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος.

**Πίνακας Γ.11:** Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των ορνιθίων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
<b>Παράμετροι χρώματος</b>						
L*	57,06	56,52	55,49	56,66	1,099	ΜΣ
a*	7,51	6,97	7,33	6,91	0,680	ΜΣ
b*	20,92	19,60	19,57	19,53	0,992	ΜΣ
<b>Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά</b>						
pH <sub>24</sub>	5,96	5,97	5,94	6,06	0,091	ΜΣ
Απώλεια οπού	17,54	15,40	16,95	15,31	2,840	ΜΣ
Δύναμη διάτμησης (100 N/cm <sup>2</sup> )	12,25	13,54	12,74	12,21	1,439	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

L\*= φωτεινότητα (L\* 0= σκούρο κρέας L\* 100= λευκό κρέας), a\*= ένταση του κόκκινου (θετική τιμή a\* υποδηλώνει κόκκινο χρώμα, αρνητική τιμή a\* υποδηλώνει πράσινο χρώμα), b\*= ένταση του κίτρινου (θετική τιμή b\* υποδηλώνει κίτρινο χρώμα, αρνητική τιμή b\* υποδηλώνει μπλε χρώμα)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.2.5 Προφίλ λιπαρών οξέων του μυϊκού ιστού

Στον πίνακα Γ.12 παρουσιάζονται οι τελικές συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων και των κύριων ομάδων αυτών που εντοπίστηκαν στο στήθος των ορνιθίων την 42<sup>η</sup> ημέρα.

Η συγκέντρωση του C<sub>16:0</sub> ήταν περίπου 6% μεγαλύτερη στην ομάδα NS σχέση με τον μάρτυρα και κατά 9% σε σχέση με την ομάδα NM. Η συγκέντρωση του cis-9C<sub>16:1</sub> ήταν περίπου 99% μεγαλύτερη στην ομάδα S σε σχέση με στην ομάδα NM. Η συγκέντρωση του cis-9C<sub>18:1</sub> ήταν κατά 21, 30 και 9% μεγαλύτερη για την ομάδα S σε σχέση με τις ομάδες C, NM και NS αντίστοιχα. Η συγκέντρωση του C<sub>18:2(n-6)</sub> διέφερε σημαντικά (p<0,005) και ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα NM κατά 23% από την ομάδα NS και 22% από την ομάδα S. Η συγκέντρωση του C<sub>18:3(n-3)</sub> ήταν περισσότερο από 35% μεγαλύτερη στην ομάδα NM σε σχέση με την ομάδα S. Η συγκέντρωση του C<sub>20:2</sub> ήταν χαμηλότερη στην ομάδα S κατά 15, 32, 28 % σε σχέση με τις ομάδες C, NM και NS αντίστοιχα.

Η συγκέντρωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα NS (p=0,023) σε σχέση με τις ομάδες C, NM και S. Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) ήταν αυξημένα στην ομάδα S και NS κατά 18% και 9% σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα. Οι συγκεντρώσεις των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) ήταν σημαντικά αυξημένες σε σχέση με την ομάδα NM, Παρόμοια εικόνα εμφάνισε και ο λόγος πολυακόρεστων/κορεσμένων λιπαρών οξέων (P/S). Η συγκέντρωση των n-6 ήταν αυξημένη στην ομάδα NM κατά 4, 15 και 19% σε σχέση με τις ομάδες C, NS, S αντίστοιχα. Η συγκέντρωση των n-3 ήταν σημαντικά (p<0,005) αυξημένη στην ομάδα NM κατά 14,4%, 19% και 27,7% σε σχέση με τις ομάδες C, NS και S.



**Πίνακας Γ.12:** Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) στο στήθος ορνιθίων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την 42<sup>η</sup> ημέρα

	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
SUMFA	1840	1642	1518	1963	227,6	ΜΣ
C <sub>14:0</sub>	0,58	0,33	0,45	0,56	0,148	ΜΣ
C <sub>16:0</sub>	16,27	15,81	17,24	17,26	0,514	0,030
cis-7C <sub>16:1</sub>	0,33	0,29	0,32	0,32	0,023	ΜΣ
cis-9C <sub>16:1</sub>	1,22	0,88	1,43	1,75	0,126	0,000
C <sub>17:0</sub>	0,31	0,14	0,17	0,17	0,074	ΜΣ
C <sub>17:1</sub>	0,02	0,01	0,01	0,03	0,019	ΜΣ
C <sub>18:0</sub>	8,73	9,47	9,63	8,57	0,440	ΜΣ
cis-9C <sub>18:1</sub>	23,87	22,31	26,12	28,96	0,972	0,000
cis-11C <sub>18:1</sub>	1,66	1,75	1,90	1,92	0,083	0,028
C <sub>18:2(n-6)</sub>	31,11	31,31	25,41	25,62	1,214	0,000
C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,17	0,15	0,07	0,07	0,041	ΜΣ
C <sub>18:3(n-3)</sub>	2,36	2,61	1,81	1,74	0,185	0,001
C <sub>20:0</sub>	0,09	0,02	0,03	0,05	0,026	ΜΣ
C <sub>20:1</sub>	0,24	0,16	0,24	0,26	0,035	0,048
C <sub>20:2</sub>	0,68	0,78	0,76	0,59	0,059	0,020
C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,64	0,71	0,74	0,57	0,084	ΜΣ
C <sub>20:4(n-6)</sub>	4,59	5,67	5,66	4,59	0,754	ΜΣ
C <sub>20:5(n-3)</sub>	0,14	0,14	0,14	0,11	0,030	ΜΣ
C <sub>22:4(n-6)</sub>	1,25	1,42	1,34	1,00	0,218	ΜΣ
C <sub>22:5(n-3)</sub>	0,78	1,04	0,96	0,79	0,136	ΜΣ
C <sub>22:6(n-3)</sub>	0,51	0,66	0,67	0,57	0,118	ΜΣ
SFA	26,02	25,78	27,57	26,69	0,541	0,023
MUFA	27,33	25,40	30,01	33,24	1,091	0,000
PUFA	42,24	44,50	37,56	35,65	1,356	0,000
P/S	1,63	1,73	1,37	1,34	0,079	0,000
n-6	37,76	39,27	33,21	31,85	1,189	0,000
n-3	3,80	4,44	3,59	3,21	0,213	0,000
n-6/n-3	9,94	8,84	9,35	9,97	0,403	0,044

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5); <sup>1</sup>SEM<sup>1</sup>: Τυπικό σφάλμα των μέσων; <sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικός μη σημαντικός διαφοράς

SFA= άθροισμα των κορεσμένων λιπαρών οξέων (12:0+14:0+15:0+16:0+17:0+ 18:0), MUFA= άθροισμα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (14:1+16:1n-7+17:1+18:1n-9+18:1n-7+20:1n-9), PUFA= άθροισμα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-3+18:3n-6+20:3n-6+20:3n-3+20:4n-6+20:5n-3+22:4n-6+22:5n-3+22:6n-3). n-3= άθροισμα των n-3 λιπαρών οξέων (18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3), n-6= άθροισμα των n-6 λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:4n-6)

## 12.2.6 Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος

Η συγκέντρωση της μαλονδιαλδεϋδης (MDA) δε διέφερε μεταξύ των ομάδων ακόμα και μετά από 300 λεπτά οξείδωσης

**Πίνακας Γ.13:** Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των ορνιθίων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
0 min	0,192	0,137	0,201	0,190	0,05	MΣ
30 min	0,261	0,271	0,262	0,211	0,05	MΣ
120 min	0,545	0,443	0,464	0,321	0,13	MΣ
300 min	0,943	0,699	0,807	0,335	0,42	MΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

MΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.2.7 Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα

Η πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών στη δεύτερη πειραματική δοκιμή παρουσιάζεται στον πίνακα Γ.14. Η πεπτικότητα της ξηράς ουσίας για τον μάρτυρα ήταν περίπου 10% μεγαλύτερη σε σχέση με την ομάδα NM και 8% σε σχέση με την ομάδα S με το αποστειρωμένο υλικό ( $p=0,012$ ), ενώ δε διέφερε σε σχέση με την ομάδα NS.

Η πεπτικότητα της οργανικής ουσίας επηρεάστηκε και ήταν μεγαλύτερη κατά 9% για τον μάρτυρα σε σύγκριση με την ομάδα NM, και 7% από την ομάδα NS.

Η πεπτικότητα των ιωδών ουσιών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα C και την ομάδα NM σε σχέση με τις ομάδες NS και S ( $p=0,012$ ). Συγκεκριμένα, για την ομάδα C η πεπτικότητα ήταν 77% και 93% μεγαλύτερη από την πεπτικότητα των ομάδων NS και S αντίστοιχα ( $p<0,001$ ). Μεγαλύτερη ήταν η πεπτικότητα των ιωδών ουσιών και στην ομάδα NM από τις ομάδες NS και S κατά 71.4 και 91.4% αντίστοιχα ( $p<0,001$ ).

**Πίνακας Γ.14.:** Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινώδων ουσιών τις ημέρες 38-41 στην 2<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή ορνιθίων

Παράμετρος	C	NM	NS	S	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Ξηρά ουσία	0,781 <sup>a</sup>	0,712 <sup>b</sup>	0,755 <sup>ab</sup>	0,720 <sup>b</sup>	0,02	0,012
Οργανική ουσία	0,803 <sup>a</sup>	0,733 <sup>b</sup>	0,778 <sup>ab</sup>	0,745 <sup>b</sup>	0,019	0,009
Αζωτούχες ουσίες	0,732	0,721	0,717	0,670	0,022	0,057
Λιπαρές ουσίες	0,903	0,900	0,901	0,878	0,009	ΜΣ
Ινώδεις ουσίες	0,176 <sup>a</sup>	0,140 <sup>a</sup>	0,040 <sup>b</sup>	0,012 <sup>b</sup>	0,023	<0,001

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 12 επαναλήψεων (n=5)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C = μάρτυρας; NM = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας/ kg τροφής; NS = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων/ kg τροφής; S = σιτηρέσιο με την προσθήκη 100 g υπολειμμάτων που είχαν αποστειρωθεί/ kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

## 12.3 Πρώτη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους

### 12.3.1 Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης

Το τελικό Σ.Β. των χοίρων μετά την χορήγηση των υπολειμμάτων σε ποσοστό 10% δε διέφερε σημαντικά. Η μέση ημερήσια αύξηση του Σ.Β. ήταν διαφορετική και μεγαλύτερη κατά 11.6% στην ομάδα του μάρτυρα ( $p=0,027$ ). Η ημερήσια κατανάλωση τροφής ήταν επίσης μεγαλύτερη για την ομάδα του μάρτυρα ( $p=0,058$ ). Ο συντελεστής FCR όμως δε σημείωσε διαφορές.

Τα στοιχεία για τις παραμέτρους ανάπτυξης εμφανίζονται στον πίνακα Γ.15.

**Πίνακας Γ.15.** Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των χοίρων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής (στην ηλικία των 106 με 152 ημερών)

Παράμετρος	C	DHR	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Αρχικό Σ.Β. (kg)	49,73	50,53	0,829	ΜΣ
Τελικό Σ.Β. (kg)	98,57	94,23	1,871	ΜΣ
Μέση ημερήσια αύξηση ΣΒ (kg/ημέρα)	1,06	0,95	0,033	0,027
Μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (kg/ημέρα)	2,78	2,54	0,052	0,058
Συντελεστής FCR <sup>3</sup>	2,63	2,70	0,105	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων ( $n=10$ ) και ( $n=9$ ) στην επέμβαση DHR

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

<sup>3</sup>Συντελεστής FCR<sup>3</sup>: συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (g τροφής/g αύξησης Σ.Β.)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.3.2 Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο

Η απόδοση σε θερμό και ψυχρό σφάγιο δεν επηρεάστηκε με την προσθήκη των υπολειμμάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.16.

**Πίνακας Γ.16:** Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τους χοίρους της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την ημέρα 152

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=9)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Τελικό Σ.Β.	98,57	94,23	1,871	ΜΣ
Βάρος θερμού σφαγίου (kg)	75,12	72,68	1,509	ΜΣ
Απόδοση σε θερμό σφάγιο (% Σ.Β.)	79,07	79,80	0,494	ΜΣ
Βάρος ψυχρού σφαγίου (kg)	73,08	70,73	1,476	ΜΣ
Απόδοση σε ψυχρό σφάγιο (% Σ.Β.)	76,92	77,65	0,496	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.3.3 Βιοχημικές παράμετροι

Στον πίνακα Γ.17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις αιματολογικές εξετάσεις των χοίρων μετά τη σφαγή. Ο δείκτης SGOT-AST ήταν σημαντικά υψηλότερος έως 107% στην ομάδα της επέμβασης ( $p=0,003$ ). Δε διέφερε σημαντικά, άλλα εμφάνισε τάση ο δείκτης SGPT-ALT που ήταν αριθμητικά μεγαλύτερος στην ομάδα DHR ( $p=0,052$ ). Περίπου 27% μεγαλύτερη ήταν η τιμή της χοληστερόλης στην ομάδα της επέμβασης.

**Πίνακας Γ.17:** Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες βιοχημικές παραμέτρους για τους χοίρους της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=9)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
SGOT AST(IU/l)	245,6	509,8	53,49	0,003
SGPT ALT (IU/l)	65,2	78,0	4,11	0,052
BUN (IU/l)	12,5	11,1	0,63	ΜΣ
γ-GT (IU/l)	174,6	207,1	20,83	ΜΣ
Φωσφατάση (IU/l)	241,6	181,4	29,19	ΜΣ
Χοληστερόλη (mg/dl)	76,3	97,1	3,72	<0,001
Αλβουμίνη (g/dl)	3,9	3,8	0,15	ΜΣ
Ολικές πρωτεΐνες (g/dl)	7,2	7,0	0,16	ΜΣ
Γλοβουλίνη (g/dl)	3,3	3,2	0,12	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.3.4 Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού

Οι παράμετροι του χρώματος δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων. Η τιμή του pH ήταν σημαντικά μικρότερη στην ομάδα DHR ( $p=0,007$ ) κατά 1,2%. Η απώλεια οπού και η δύναμη διάτμησης δε διέφεραν σημαντικά.

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.18.

**Πίνακας Γ.18.** Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των χοίρων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	C (n=10)	DHR (n=9)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
<b>Παράμετροι χρώματος</b>				
L*	53,16	54,23	0,492	ΜΣ
a*	5,62	5,39	0,216	ΜΣ
b*	14,16	14,26	0,194	ΜΣ
<b>Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά</b>				
pH <sub>24</sub>	5,79	5,72	0,016	0,007
Απώλεια οπού	34,03	34,58	0,521	ΜΣ
Δύναμη διάτμησης (100 N/cm <sup>2</sup> )	46,72	49,36	2,62	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

P-value<sup>2</sup> της ANOVA;

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων dehydrated υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

L\*= φωτεινότητα (L\* 0= σκούρο κρέας L\* 100= λευκό κρέας), a\*= ένταση του κόκκινου (θετική τιμή a\* υποδηλώνει κόκκινο χρώμα, αρνητική τιμή a\* υποδηλώνει πράσινο χρώμα), b\*= ένταση του κίτρινου (θετική τιμή b\* υποδηλώνει κίτρινο χρώμα, αρνητική τιμή b\* υποδηλώνει μπλε χρώμα)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές



### 12.3.5 Προφίλ λιπαρών οξέων του μυϊκού ιστού

Οι συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων που μετρήθηκαν στο μυϊκό ιστό των χοίρων παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.19.

Η συγκέντρωση του C<sub>18:0</sub> ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα (p=0,002).

Η συγκέντρωση του C<sub>22:5(n-3)</sub> ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα DHR (p=0,025).

Η συγκέντρωση των SFA βρέθηκε μεγαλύτερη κατά 7% στην ομάδα του μάρτυρα (p=0,009). Η συγκέντρωση των n-3 ωστόσο ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα DHR (p=0,015) κατά 19,4% και ο λόγος n-6/n-3 ήταν κατά 11% μικρότερος (p=0,020) στην ομάδα DHR.

**Πίνακας Γ.19:** Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) του κρέατος των χοίρων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	<b>C (n=10)</b>	<b>DHR (n=9)</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
SUMFA	3381	2430	272,742	ΜΣ
C <sub>14:0</sub>	1,22	1,17	0,045	ΜΣ
C <sub>16:0</sub>	24,39	23,23	0,388	ΜΣ
cis-7C <sub>16:1</sub>	0,19	0,20	0,009	ΜΣ
cis-9C <sub>16:1</sub>	2,37	2,53	0,100	ΜΣ
C <sub>17:0</sub>	0,19	0,19	0,010	ΜΣ
C <sub>17:1</sub>	0,22	0,13	0,054	ΜΣ
C <sub>18:0</sub>	15,25	13,55	0,329	0,002
cis-9C <sub>18:1</sub>	36,49	32,77	2,315	ΜΣ
cis-11C <sub>18:1</sub>	2,07	2,81	0,389	ΜΣ
C <sub>18:2(n-6)</sub>	10,41	11,05	0,480	ΜΣ
C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,08	0,10	0,008	ΜΣ
C <sub>18:3(n-3)</sub>	0,31	0,35	0,020	ΜΣ
C <sub>20:0</sub>	0,19	0,18	0,011	ΜΣ
C <sub>20:1</sub>	0,57	0,59	0,020	ΜΣ
C <sub>20:2</sub>	0,36	0,35	0,017	ΜΣ
C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,29	0,36	0,022	ΜΣ
C <sub>20:4(n-6)</sub>	2,04	2,55	0,196	ΜΣ
C <sub>22:4(n-6)</sub>	0,34	0,38	0,028	ΜΣ
C <sub>22:5(n-3)</sub>	0,20	0,27	0,019	0,025
C <sub>22:6(n-3)</sub>	0,07	0,10	0,009	ΜΣ
SFA	41,34	38,36	0,698	0,009
MUFA	41,90	39,04	2,409	ΜΣ
PUFA	14,11	15,51	0,712	ΜΣ
P/S	0,35	0,41	0,023	ΜΣ
n-6	13,17	14,44	0,676	ΜΣ
n-3	0,58	0,72	0,032	0,015
n-6/n-3	22,62	20,11	0,475	0,020

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων; <sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

SFA= άθροισμα των κορεσμένων λιπαρών οξέων (12:0+14:0+15:0+16:0+17:0+ 18:0), MUFA= άθροισμα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (14:1+16:1n-7+17:1+18:1n-9+18:1n-7+20:1n-9), PUFA= άθροισμα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-3+18:3n-6+20:3n-6+20:3n-3+20:4n-6+20:5n-3+22:4n-6+22:5n-3+22:6n-3). n-3= άθροισμα των n-3 λιπαρών οξέων (18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3), n-6= άθροισμα των n-6 λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:4n-6)

### 12.3.6 Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος

Η συγκέντρωση της μαλονδιαλδεϋδης (MDA) δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των ομάδων ακόμα και μετά από 300 λεπτά οξείδωσης. Ωστόσο, μετά από 120 λεπτά οξείδωσης, υπήρξε τάση για την ομάδα του μάρτυρα ( $p=0,076$ ), υποδεικνύοντας ότι το κρέας του μάρτυρα ήταν, μάλλον, πιο επιρρεπές στην οξείδωση.

**Πίνακας Γ.20:** Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των χοίρων της 1<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

MDA (mg/kg)	C (n=10)	DHR (n=9)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
0 min	0,1559	0,1515	0,01	MΣ
30 min	0,2027	0,2235	0,01	MΣ
120 min	0,3494	0,2997	0,02	0,076
300 min	0,6335	0,4298	0,09	MΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

MΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.3.7 Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα

Στην πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών της τροφής σημειώθηκαν διαφορές όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα Γ.21. Στην ομάδα του μάρτυρα υπήρξε τάση για μικρότερη πεπτικότητα της ξηράς ουσίας σε σχέση με την επέμβαση ( $p=0,05$ ). Στην πεπτικότητα των ινωδών ουσιών, η ομάδα του μάρτυρα είχε στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερη πεπτικότητα ( $p=0,026$ ) κατά 11.8%.

Η πεπτικότητα της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και η συνολή ενέργεια δεν επηρεάστηκαν από τη συμμετοχή των υπολειμμάτων.

**Πίνακας Γ.21:** Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 144-147 στην 1<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή χοίρων

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=9)	SEM <sup>1</sup>	P-value
Ξηρά ουσία	0,829	0,839	0,0036	0,059
Οργανική ουσία	0,844	0,853	0,0031	ΜΣ
Αζωτούχες ουσίες	0,828	0,824	0,005	ΜΣ
Λιπαρές ουσίες	0,693	0,707	0,022	ΜΣ
Ινώδεις ουσίες	0,500	0,567	0,019	0,026
Συνολή ενέργεια	0,817	0,826	0,003	ΜΣ
Πεπτή ενέργεια MJ/kg	13,65	13,77	-	-

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM<sup>1</sup>: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 100 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

## 12.4 Δεύτερη πειραματική δοκιμή σε παχυνόμενους χοίρους

### 12.4.1 Επίδραση της διατροφής στις παραμέτρους ανάπτυξης

Οι παράμετροι ανάπτυξης δεν φάνηκε να επηρεάζονται από την προσθήκη των υπολειμμάτων χωρίς κρέας σε ποσοστό 8% στα σιτηρέσια των χοίρων. Το τελικό Σ.Β. ήταν παρόμοιο για τις δύο ομάδες, όπως επίσης η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής και η μέση ημερήσια αύξηση του Σ.Β. Ακόμα, ο συντελεστής FCR δε διέφερε μεταξύ των ομάδων.

Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.22.

**Πίνακας Γ.22:** Επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των χοίρων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής (στην ηλικία των 113 έως 168 ημερών)

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=10)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Αρχικό Σ.Β. (kg)	51,80	52,20	0,64	ΜΣ
Τελικό Σ.Β. (kg)	108,75	109,45	1,57	ΜΣ
Μέση ημερήσια αύξηση ΣΒ (kg/ημέρα)	1,04	1,04	0,03	ΜΣ
Μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (kg/ημέρα)	2,91	3,01	0,08	ΜΣ
Συντελεστής FCR <sup>3</sup>	2,82	2,89	0,05	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων;

<sup>2</sup>P-value<sup>2</sup> από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

<sup>3</sup>Συντελεστής FCR: συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (g τροφής/g αύξησης Σ.Β.)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.4.2 Επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο

Στον πίνακα Γ.23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την απόδοση σε θερμό και ψυχρό σφάγιο. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για κανέναν από τους παραπάνω παράγοντες μεταξύ των δύο ομάδων.

**Πίνακας Γ.23:** Η επίδραση της διατροφής στην απόδοση σε σφάγιο για τους χοίρους της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής την ημέρα 168

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=10)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Τελικό Σ.Β.	108,75	109,45	1,574	ΜΣ
Βάρος θερμού σφαγίου (kg)	87,45	87,89	1,435	ΜΣ
Απόδοση σε θερμό σφάγιο (% Σ.Β.)	80,42	80,26	0,426	ΜΣ
Βάρος ψυχρού σφαγίου (kg)	84,76	85,71	1,437	ΜΣ
Απόδοση σε ψυχρό σφάγιο (% Σ.Β.)	77,94	78,27	0,411	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.4.3 Βιοχημικές παράμετροι

Στον πίνακα Γ.24 παρουσιάζονται οι βιοχημικές παράμετροι που εξετάστηκαν.

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, με εξαίρεση τις γλοβουλίνες που ήταν κατά 19% λιγότερες στην ομάδα DHR ( $p=0,008$ )

**Πίνακας Γ.24:** Επίδραση της διατροφής σε συγκεκριμένες βιοχημικές παραμέτρους για τους χοίρους της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=10)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
SGOT AST(IU/l)	777,4	1177,2	182,37	ΜΣ
SGPT ALT (IU/l)	87,60	83,20	7,356	ΜΣ
BUN (IU/l)	10,91	10,32	0,492	ΜΣ
γ-GT (IU/l)	128,90	108,8	21,667	ΜΣ
Φωσφατάση (IU/l)	150,44	197,6	21,92	ΜΣ
Χοληστερόλη (mg/dl)	87,50	93,2	4,43	ΜΣ
Αλβουμίνη (g/dl)	4,08	3,93	0,115	ΜΣ
Ολικές πρωτεΐνες (g/dl)	6,49	6,80	0,159	ΜΣ
Γλοβουλίνη (g/dl)	2,41	2,87	0,108	0,008

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

#### 12.4.4 Επίδραση της διατροφής στο χρώμα, το pH, την απώλεια οπού και την τρυφερότητα του μυϊκού ιστού

Η απώλεια οπού ήταν ο μόνος παράγοντας που επηρεάστηκε από την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων. Στην ομάδα του μάρτυρα η απώλεια οπού ήταν μεγαλύτερη περίπου κατά 6% σε σχέση με τον μάρτυρα ( $p=0,046$ ). Το pH, η δύναμη διάτμησης και οι παράμετροι του χρώματος παρέμειναν ίδιοι.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα Γ.25.

**Πίνακας Γ.25:** Επίδραση της διατροφής σε επιλεγμένες παραμέτρους της ποιότητας κρέατος των χοίρων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	<b>C</b> <b>(n=10)</b>	<b>DHR</b> <b>(n=10)</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
<b>Παράμετροι χρώματος</b>				
L*	52,50	52,50	0,495	ΜΣ
a*	5,95	5,88	0,246	ΜΣ
b*	14,32	14,24	0,2	ΜΣ
<b>Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά</b>				
pH <sub>24</sub>	5,72	5,72	0,010	ΜΣ
Απώλεια οπού	30,83	32,66	0,599	0,046
Δύναμη διάτμησης (100 N/cm <sup>2</sup> )	25,00	27,28	1,797	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

L\*= φωτεινότητα (L\* 0= σκούρο κρέας L\* 100= λευκό κρέας), a\*= ένταση του κόκκινου (υψηλή τιμή a\* υποδηλώνει κόκκινο χρώμα, χαμηλή τιμή a\* υποδηλώνει πράσινο χρώμα), b\*= ένταση του κίτρινου (υψηλή τιμή b\* υποδηλώνει τάση προς το κίτρινο χρώμα, χαμηλή τιμή b\* υποδηλώνει τάση προς μπλε χρώμα)

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές



#### **12.4.5 Προφίλ λιπαρών οξέων του μυϊκού ιστού**

Στον πίνακα Γ.26 παρατίθενται τα αποτελέσματα με τις συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων στον μυϊκό ιστό.

Σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των ομάδων, τόσο στις βασικές ομάδες λιπαρών οξέων όσο και στα επιμέρους λιπαρά οξέα που μελετήθηκαν.

**Πίνακας Γ.26:** Επίδραση της διατροφής στο σύνολο των λιπαρών οξέων (mg/100g ιστού) και στις κύριες ομάδες λιπαρών οξέων (% ολικών Λ.Ο.) του κρέατος των χοίρων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	<b>C (n=10)</b>	<b>DHR (n=10)</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
<b>SUMFA</b>	2668	2566	214,03	ΜΣ
C <sub>14:0</sub>	1,21	1,24	0,04	ΜΣ
C <sub>16:0</sub>	23,25	23,32	0,32	ΜΣ
cis-7C <sub>16:1</sub>	0,33	0,31	0,17	ΜΣ
Cis-9C <sub>16:1</sub>	1,64	1,48	0,20	ΜΣ
C <sub>17:0</sub>	0,21	0,18	0,02	ΜΣ
C <sub>17:1</sub>	0,71	0,67	0,08	ΜΣ
C <sub>18:0</sub>	15,85	16,35	0,45	ΜΣ
cis-9C <sub>18:1</sub>	31,29	31,79	0,53	ΜΣ
cis-11C <sub>18:1</sub>	2,24	2,16	0,07	ΜΣ
C <sub>18:2(n-6)</sub>	15,76	15,23	0,49	ΜΣ
C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,14	0,05	0,04	ΜΣ
C <sub>18:3(n-3)</sub>	0,33	0,34	0,02	ΜΣ
C <sub>20:0</sub>	0,22	0,21	0,01	ΜΣ
C <sub>20:1</sub>	0,48	0,50	0,01	ΜΣ
C <sub>20:2</sub>	0,55	0,49	0,04	ΜΣ
C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,29	0,28	0,02	ΜΣ
C <sub>20:4(n-6)</sub>	2,15	2,11	0,22	ΜΣ
C <sub>20:3(n-3)</sub>	0,04	0,03	0,01	ΜΣ
C <sub>22:4(n-6)</sub>	0,36	0,35	0,03	ΜΣ
C <sub>22:5(n-3)</sub>	0,23	0,21	0,02	ΜΣ
C <sub>22:6(n-3)</sub>	0,07	0,08	0,02	ΜΣ
<b>SFA</b>	40,89	41,48	0,68	ΜΣ
<b>MUFA</b>	36,70	36,92	0,54	ΜΣ
<b>PUFA</b>	19,93	19,18	0,71	ΜΣ
<b>P/S</b>	0,49	0,46	0,02	ΜΣ
<b>n-6</b>	18,71	18,02	0,70	ΜΣ
<b>n-3</b>	0,67	0,67	0,03	ΜΣ
<b>n-6/n-3</b>	28,04	27,38	1,52	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

SFA= άθροισμα των κορεσμένων λιπαρών οξέων (12:0+14:0+15:0+16:0+17:0+ 18:0), MUFA= άθροισμα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (14:1+16:1n-7+17:1+18:1n-9+18:1n-7+20:1n-9), PUFA= άθροισμα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-3+18:3n-6+20:3n-6+20:3n-3+20:4n-6+20:5n-3+22:4n-6+22:5n-3+22:6n-3). n-3= άθροισμα των n-3 λιπαρών οξέων (18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3), n-6= άθροισμα των n-6 λιπαρών οξέων (18:2n-6+18:3n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:4n-6)

#### 12.4.6 Οξειδωτική σταθερότητα κρέατος

Η συγκέντρωση της μαλονδιαλδεϋδης (MDA) δε διέφερε μεταξύ των ομάδων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.27.

**Πίνακας Γ.27:** Επίδραση της διατροφής στη συγκέντρωση της MDA (mg/kg) κατά την πρόκληση λιπιδικής οξείδωσης με σίδηρο στο κρέας των χοίρων της 2<sup>ης</sup> πειραματικής δοκιμής

	<b>C</b> <b>(n=10)</b>	<b>DHR</b> <b>(n=10)</b>	<b>SEM<sup>1</sup></b>	<b>P-value<sup>2</sup></b>
0 min	0,1205	0,1221	0,01	ΜΣ
30 min	0,2131	0,2056	0,01	ΜΣ
120 min	0,2623	0,2954	0,03	ΜΣ
300 min	0,3783	0,4466	0,09	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80 g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

### 12.4.7 Επίδραση της διατροφής στην πεπτικότητα

Η πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών της τροφής δε σημείωσε διαφορές, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα Γ.28.

**Πίνακας Γ.28.** Επίδραση της διατροφής στους συντελεστές φαινομένης πεπτικότητας της ξηράς ουσίας, της οργανικής ουσίας, των αζωτούχων ουσιών, των λιπαρών ουσιών και των ινωδών ουσιών τις ημέρες 40-43 στην 2<sup>η</sup> πειραματική δοκιμή χοίρων

Παράμετρος	C (n=10)	DHR (n=10)	SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>
Ξηρά ουσία	0,802	0,810	0,004	ΜΣ
Οργανική ουσία	0,829	0,834	0,004	ΜΣ
Αζωτούχες ουσίες	0,763	0,770	0,008	ΜΣ
Λιπαρές ουσίες	0,706	0,731	0,002	ΜΣ
Ινώδεις ουσίες	0,585	0,585	0,017	ΜΣ
Συνόλη ενέργεια	0,784	0,794	0,006	ΜΣ

Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 10 επαναλήψεων (n=10)

<sup>1</sup>SEM: Τυπικό σφάλμα των μέσων

<sup>2</sup>P-value από την ανάλυση διασποράς (ANOVA)

C= μάρτυρας; DHR= σιτηρέσιο με προσθήκη 80g αποξηραμένων υπολειμμάτων (DHR)/kg τροφής

ΜΣ: Στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ

### 13. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

#### 13.1 Πρώτη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενα ορνίθια

Στην πρώτη πειραματική δοκιμή που πραγματοποιήθηκε σε παχυνόμενα ορνίθια χρησιμοποιήθηκαν υπολείμματα που είχαν υποστεί ηλιακή ξήρανση προκειμένου να μειωθεί η περιεκτικότητά τους σε υγρασία, ενώ παράλληλα είχαν ελεγχθεί για τυχόν παρουσία μικροβιακών παραγόντων. Τα υπολείμματα αυτά αποτελούνταν στο μεγαλύτερο ποσοστό από φρούτα και έτοιμα γεύματα που είχαν συλλεχθεί από ξενοδοχεία, ενώ περιείχαν και υπολείμματα κρέατος. Η τελική χημική σύσταση του προϊόντος που προέκυψε ήταν ΟΑΟ=23,76% και ΟΛΟ=20%. Στο σιτηρέσιο με το οποίο διατράφηκαν τα ορνίθια, ένα ποσοστό 15% είχε αντικατασταθεί με τα ξενοδοχειακά υπολείμματα.

Τα ορνίθια από την ομάδα της επέμβασης σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερο (κατά 9,8%) σωματικό βάρος σε σχέση με την ομάδα του μάρτυρα με κατανάλωση τροφής που ήταν επίσης χαμηλότερη κατά 6,4%, όπως φαίνεται στον πίνακα Γ.1. Ωστόσο, ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) δεν ήταν διαφορετικός για τις δύο ομάδες, αποδεικνύοντας παρόμοια χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής και για τις δύο ομάδες.

Οι Cho et al. (2004) χρησιμοποίησαν αποξηραμένα υπολείμματα τροφής (dried leftover food= DFL), τα οποία είχαν επεξεργαστεί με τη μέθοδο FBD (Fluidized bed dryer). Τα υπολείμματα που χρησιμοποίησαν στη διατροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων είχαν σύσταση ΟΑΟ=20,62% και ΟΛΟ=9,99%. Οι ομάδες που δημιουργήθηκαν ήταν οι εξής: ο μάρτυρας, η ομάδα με συμμετοχή 10% DFL, η ομάδα με συμμετοχή 20% DFL, η ομάδα με συμμετοχή 30% DFL, η ομάδα όπου κατανάλωνε σιτηρέσιο με τη συμμετοχή 10% των DFL και ήταν εμπλουτισμένο με 5% πρωτεΐνη, η ομάδα όπου κατανάλωνε σιτηρέσιο με τη συμμετοχή 20% των DFL και ήταν εμπλουτισμένο με 10% πρωτεΐνη, η ομάδα όπου κατανάλωνε σιτηρέσιο με τη συμμετοχή 30% των DFL και ήταν εμπλουτισμένο με 15% πρωτεΐνη σε σχέση με τον μάρτυρα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής ήταν σε μερική συμφωνία με την παραπάνω μελέτη των Cho et al. (2004), καθώς το τελικό σωματικό βάρος των ορνιθίων της ομάδας του

μάρτυρα ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο σε σχέση με τις ομάδες που κατανάλωναν υπολείμματα, χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά. Ο συντελεστής FCR δε διέφερε μεταξύ των ομάδων του μάρτυρα και των ομάδων που κατανάλωναν 10% DFL, ωστόσο ο συντελεστής εμφάνισε τάση μείωσης όσο αυξανόταν το ποσοστό ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων.

Διαφορετικά αποτελέσματα παρατήρησαν οι Navidshad et al. (2009) όταν χορήγησαν τροποποιημένο μίγμα κρεαταλεύρου που αποτελούνταν κατά 60% από κρεατάλευρο, 15% πίτυρα σίτου, 10% υποπροϊόντα πτηνοτροφίας και 15% ζεόλιθο. Η πειραματική τους δοκιμή πραγματοποιήθηκε σε ορνίθια κρεοπαραγωγής 21-42 ημερών. Χορηγώντας ποσότητες 20, 35, 50, 65 και 80 g/kg δεν παρατήρησαν επίδραση στο σωματικό βάρος και στην κατανάλωση τροφής, ενώ ο συντελεστής FCR βελτιώθηκε στην ομάδα που κατανάλωνε 20g/kg του μίγματος σε σχέση με τον μάρτυρα. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν πιθανώς να οφείλονται στα διαφορετικά υλικά από τα οποία αποτελούνταν το τροποποιημένο μίγμα κρεατάλευρου.

Οι Al-Tulaihan et al. (2004) χρησιμοποιώντας αποξηραμένα υπολείμματα αρτοποιίας επιβεβαίωσαν τη δυνατότητα αντικατάστασης του αραβοσίτου από τα σιτηρέσια. Συγκεκριμένα, συνέλλεξαν υπολείμματα από τοπικά αρτοποιία και δοκίμασαν να τα αποξηράνουν με δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος αξιοποιούσε την ηλιακή ενέργεια, όπως και στην παρούσα έρευνα, ωστόσο λόγω αυξημένου χρόνου, κόστους και χώρου δεν εφαρμόστηκε και επιλέχθηκε η φυσική ξήρανση σε εξωτερικό χώρο. Διαφορετικά ποσοστά (0, 5, 10, 20, 30%) υπολειμμάτων αντικατέστησαν τον αραβόσιτο στα σιτηρέσια των ορνιθίων κρεοπαραγωγής. Καμία σημαντική διαφορά στο τελικό ΣΒ, την κατανάλωση τροφής και τον συντελεστή FCR δεν εντοπίστηκε ακόμα και όταν χορηγήθηκαν 30% αποξηραμένα υπολείμματα αρτοποιίας (ΟΑΟ=12,22%, ΟΛΟ=1,32%). Αντίθετα από την παρούσα μελέτη όπου η συμμετοχή 15% των υπολειμμάτων στα σιτηρέσια των ορνιθίων οδήγησε σε χαμηλότερο σωματικό βάρος των ορνιθίων.

Η απόδοση σε σφάγιο και σε στήθος δεν διέφερε για τις δύο ομάδες με την προσθήκη 15% υπολειμμάτων. Αυτά τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με την έρευνα των Chen et al. (2007) στην οποία δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφορά στην απόδοση σε σφάγιο όταν μια εγχώρια φυλή ορνιθίων της Ταϊβάν κατανάλωνε 5, 10, 20% αποξηραμένων υπολειμμάτων. Στα υπολείμματα είχε αφαιρεθεί το νερό, είχαν υποστεί ζύμωση για 8 ώρες και είχαν ξηραθεί στους 85°C για 2-4 ώρες. Η χημική τους σύσταση ήταν ΟΑΟ=15,79 % και ΟΛΟ=15,98%.

Στην παρούσα μελέτη, τα επίπεδα της οξαλοξικής τρανσαμινάσης (SGOT AST) και της γ-γλουταμυλοτρανσεράσης (γ-GT) σημείωσαν παρόμοιες τιμές μεταξύ των ομάδων, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της ερευνητικής ομάδας των Chen et al. (2007). Στη συγκεκριμένη έρευνα, οι τιμές των παραμέτρων αυτών αυξήθηκαν προοδευτικά, αλλά παρέμειναν εντός των φυσιολογικών ορίων όσο αυξανόταν το ποσοστό ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων (ΟΑΟ=15,79% και ΟΛΟ=15,98%) που χορηγήθηκαν σε παχυνόμενα ορνίθια εγχώριας φυλής της Ταϊβάν. Τα ηπατικά ένζυμα εξετάστηκαν με σκοπό να εντοπιστούν πιθανές ασθένειες. Η συγκέντρωση της γ-GT σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργία του ήπατος και η SGOT AST εντοπίζεται στο ήπαρ, στους σκελετικούς μύες, στην καρδιά, στον εγκέφαλο και τους νεφρούς. Οι παράμετροι πήραν τιμές εντός των φυσιολογικών ορίων υποδεικνύοντας ότι πιθανόν δεν υπήρχε κάποια βλάβη στους νεφρούς.

Η χοληστερόλη στο αίμα των ορνιθίων που έλαβαν σιτηρέσιο με υπολείμματα (15%) ήταν υψηλότερη (κατά 9%) σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτή η αύξηση πιθανώς να οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα των υπολειμμάτων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα και λιπαρές ουσίες (ΟΛΟ=20%). Αντίστοιχα αποτελέσματα είχε και η έρευνα των Cho et al. (2004) όπου η χοληστερόλη ήταν αυξημένη στα ορνίθια που κατανάλωσαν υπολείμματα, σε σχέση με το μάρτυρα.

Τα βάρη της καρδιάς, του σπλήνα, του ήπατος, των νεφρών, του θύλακα του *Fabricius* και του μύδου στομάχου ήταν παρόμοια και για τις δύο ομάδες. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, οι Chen et al. (2007) δεν βρήκαν κάποια διαφορά στα βάρη της καρδιάς και του ήπατος όταν χορήγησαν υπολείμματα στα ορνίθια. Αντίθετα, παρατήρησαν ότι το βάρος του μύδου στομάχου είχε αυξητική τάση όσο αυξανόταν το ποσοστό ενσωμάτωσης από 5%, σε 10% και 20%, πιθανότατα λόγω του αυξανόμενου ποσοστού ινωδών ουσιών που περιέχονταν σε αυτά.

Ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος επηρεάστηκαν από την προσθήκη των υπολειμμάτων. Η τιμή του pH<sub>24</sub> στην ομάδα της επέμβασης δεν είχε στατιστικές σημαντικές διαφορές από την αντίστοιχη τιμή στην ομάδα του μάρτυρα. Η αξιολόγηση του pH<sub>24</sub> έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι επηρεάζει άμεσα το χρώμα του κρέατος και την απώλεια οπύ (Apple et al., 2005). Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή στο pH του κρέατος τόσο χαμηλότερη είναι η ποιότητα του κρέατος (Ryu and Kim, 2005). Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του χρώματος έδειξαν

διαφορές μεταξύ των ομάδων. Οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της φωτεινότητας και της έντασης του κίτρινου χρώματος, ο  $L^*$  και  $b^*$  αντίστοιχα, καθώς και η δύναμη διάτμησης είχαν αριθμητικά μεγαλύτερη τιμή για την ομάδα του μάρτυρα αν και δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά. Η χαμηλότερη τιμή του δείκτη  $L^*$  είναι ένδειξη σκουρότερου χρώματος για το κρέας που σχετίζεται με τη συγκέντρωση της χρωστικής του, τη μυοσφαιρίνη. Το σκουρότερο χρώμα στο κρέας της ομάδας του μάρτυρα είναι πιθανό να οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσοστό αραβοσίτου που περιείχε το σιτηρέσιο σε σχέση με την ομάδα της επέμβασης. Οι Smith et al. (2002) παρατήρησαν ότι η κατανάλωση σιτηρεσίου που έχει ως βάση τον αραβόσιτο οδηγεί σε σκουρόχρωμο κρέας. Αντίθετα από τα αποτελέσματα αυτά, σε άλλη μελέτη, οι παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα του κρέατος, όπως το χρώμα, το pH, η απώλεια οπού, η δύναμη διάτμησης δεν επηρεάστηκαν με την ενσωμάτωση διαφορετικών επιπέδων αφυδατωμένων υπολειμμάτων σε ορνίθια (Chen et al., 2007).

Η ενσωμάτωση υπολειμμάτων εστίασης στο σιτηρέσιο των ορνιθίων δεν είχε επίδραση στη συγκέντρωση του εικοσιδιεξαενοϊκού (DHA), του εικοσιπενταενοϊκού (EPA), του αραχιδονικού και του παλμιτολεϊκού οξέος. Παράλληλα, στον μάρτυρα η συγκέντρωση λινολενικού και λινολεϊκού οξέος ήταν χαμηλότερη, ενώ του παλμιτικού υψηλότερη. Στα μονογαστρικά η συγκέντρωση ορισμένων λιπαρών οξέων αυξάνεται όσο αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στο σιτηρέσιο των ζώων (Wood et al., 2008).

Στην έρευνα τους οι Cho et al. (2003) κατέληξαν σε συμπεράσματα που ήταν σε μερική συμφωνία με την παρούσα έρευνα. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του DHA δεν φάνηκε να επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά, παρόλο που η τιμή της στις ομάδες που κατανάλωναν υπολείμματα ήταν αριθμητικά μεγαλύτερη. Το εικοσιπενταενοϊκό οξύ ήταν υψηλότερο στην ομάδα με συμμετοχή 30% υπολειμμάτων, στην ομάδα με 30% + 5% επιπλέον πρωτεΐνη και 30% + 15% σε σχέση με τον μάρτυρα. Το αραχιδονικό οξύ είχε υψηλότερες τιμές χωρίς ωστόσο στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις ομάδες που κατανάλωναν υπολείμματα, με εξαίρεση την ομάδα με συμμετοχή 10% + 5% που είχε χαμηλότερη συγκέντρωση. Το λινολενικό οξύ διέφερε και ήταν υψηλότερο στις ομάδες που κατανάλωναν 10%, 30%, 10% + 5%, 20% + 10%. Οι ομάδες με 10% και 10% + 5% είχαν διαφορετική και υψηλότερη τιμή λινολεϊκού οξέος σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το παλμιτικό οξύ, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη που ήταν υψηλότερο για τον μάρτυρα, στην έρευνα των Cho et al. (2003) δεν εμφάνισε διαφορές.



Ο Whitehead (1986) παρατήρησε ότι στο κρέας των ορνιθίων περιέχεται κυρίως ελαϊκό και παλμιτικό οξύ. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και στην έρευνα των Cho et al (2003), όπου το ελαϊκό, το παλμιτικό και το λινολεϊκό οξύ βρισκόταν σε μεγαλύτερο ποσοστό στο προφίλ των λιπαρών οξέων του κρέατος ορνιθίων, χωρίς όμως να διαφέρουν οι συγκεντρώσεις μεταξύ των ομάδων. Στην παρούσα έρευνα, οι βασικές αυτές κατηγορίες λιπαρών οξέων συνθέτουν κατά βάση το προφίλ των λιπαρών οξέων του κρέατος, ενώ η συγκέντρωση του παλμιτικού και του ελαϊκού είναι σημαντικά μικρότερη στην ομάδα του μάρτυρα, ενώ του λινολεϊκού σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα (Πίνακας Γ.5).

Η ομάδα που καταναλώνει υπολείμματα είχε υψηλότερη συγκέντρωση SFA και MUFA λιπαρών οξέων στο κρέας, ενώ η συγκέντρωση των PUFA ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα. Η συγκέντρωση των n-6 και n-3 λιπαρών οξέων ήταν μεγαλύτερη για την ομάδα του μάρτυρα, ενώ ο λόγος των λιπαρών αυτών δεν φάνηκε να επηρεάζεται. Παρόμοια εικόνα για τη συγκέντρωση των λιπαρών οξέων διαπίστωσε ο Hossein (2015). Στην έρευνα αυτή χρησιμοποίησε αφυδατωμένα υπολείμματα από εστιατόρια σε ποσοστά 0, 20, 40 και 60% στη διατροφή ορνιθίων ελευθέρως βοσκής. Η συγκέντρωση των SFA ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα που καταναλώνει υπολείμματα, η συγκέντρωση των PUFA μειωνόταν όσο μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό ενσωμάτωσης, ενώ τα λιπαρά οξέα της κατηγορίας n-6 ήταν μειωμένα στις ομάδες που καταναλώναν υπολείμματα.

Οι συντελεστές της πεπτικότητας που εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές αφορούσαν την πεπτικότητα των λιπαρών και των ινωδών ουσιών. Ο συντελεστής των λιπαρών ουσιών ήταν υψηλότερος για την ομάδα της επέμβασης όπου τα υπολείμματα συμμετείχαν σε ποσοστό 15% σε σχέση με το μάρτυρα. Η αύξηση αυτή πιθανώς οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα των υπολειμμάτων (ΟΛΟ=20,0%) σε λιπαρές ουσίες. Αντίθετα, οι Chen et al. (2007) δεν εντόπισαν αυξημένη πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών σε εγχώρια φυλή ορνιθίων της Ταϊβάν ενσωματώνοντας υπολείμματα που είχαν αποξηραθεί στους 85 °C σε διαφορετικά ποσοστά (0, 5, 10, 20%). Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες (15.98%) των υπολειμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω έρευνα ήταν χαμηλότερη από αυτή της παρούσας. Στην παρούσα μελέτη, η ομάδα της επέμβασης εμφάνισε μεγαλύτερη πεπτικότητα ινωδών ουσιών, παρόλο που η περιεκτικότητα των σιτηρεσίων σε ινώδεις ουσίες δεν ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα της επέμβασης (Πίνακας Γ.7). Αντίθετα αποτελέσματα κατέγραψαν οι,

που παρατήρησαν αύξηση της πεπτικότητας των ινωδών ουσιών όσο αυξανόταν το ποσοστό των ινωδών ουσιών στο υπό εξέταση υλικό που χορήγησαν σε ορνίθια (Chen et al., 2007).

Συμπερασματικά, φαίνεται πως η ενσωμάτωση των αποξηραμένων υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 15% δεν επηρέασε την απόδοση σε στήθος και σε σφάγιο, καθώς και τη θνησιμότητα. Το τελικό σωματικό βάρος των ορνιθίων επηρεάστηκε αλλά ο συντελεστής FCR ήταν παρόμοιος. Ακόμα, ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος των ορνιθίων επηρεάστηκαν, όπως επίσης και η περιεκτικότητα των κύριων κλάσεων λιπαρών οξέων. Η πεπτικότητα των λιπαρών και των ινωδών ουσιών ήταν ένα ακόμα παράγοντας που φάνηκε να επηρεάζεται με την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων στα σιτηρέσια των ορνιθίων.

### **13.2 Δεύτερη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενα ορνίθια**

Η δεύτερη πειραματική δοκιμή στηρίχτηκε στην επιλογή υπολειμμάτων με διαφορετική σύσταση. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος δεν ήταν επιτρεπτή η χρήση υπολειμμάτων που θα περιείχαν υπολείμματα κρέατος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τροφικά υπολείμματα από τα οποία είχαν αφαιρεθεί τα υπολείμματα κρέατος. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε αποστείρωση σε μια ποσότητα από τα υπολείμματα προκειμένου να χρησιμοποιηθούν.

Οι αποδόσεις των ορνιθίων ήταν ικανοποιητικές και δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων του μάρτυρα C, της ομάδας που κατανάλωνε το αποστειρωμένο υλικό NS και της ομάδας που κατανάλωνε το αποστειρωμένο υλικό S. Η αύξηση του σωματικού βάρους και η κατανάλωση τροφής των ορνιθίων των NS και S ομάδων ήταν παρόμοια με αυτές της ομάδας του μάρτυρα. Η παρόμοια αυτή εικόνα μεταξύ των ομάδων φανερώνει την πιθανή αξιοποίηση και χρήση των υπολειμμάτων στη διατροφή των ορνιθίων κρεοπαραγωγής χωρίς να επηρεάζεται η απόδοσή τους. Από την άλλη πλευρά, στην ομάδα που κατανάλωνε σε ποσοστό 10% τροφικά υπολείμματα χωρίς κρέας, παρατηρήθηκε χαμηλότερη αύξηση σωματικού βάρους συγκρίνοντας την με όλες τις άλλες ομάδες, παρόλο που δεν υπήρχαν διαφορές στα αρχικά σωματικά βάρη των ορνιθίων ανά τις ομάδες και τα σιτηρέσια όλων των ομάδων ήταν ισοενεργειακά και ισοαζωτούχα. Σχετικά με την κατανάλωση τροφής, αυτή δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά σε σχέση με το μάρτυρα και τις υπόλοιπες ομάδες.

Οι τιμές του συντελεστή FCR έδειξαν αντίστοιχη χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών της τροφής για τον μάρτυρα και τις ομάδες NS και S και χειρότερη απόδοση της ομάδας NM που πιθανόν να οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσοστό ινωδών ουσιών των υπολειμμάτων. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρατήρησαν και οι Chen et al. (2007). Σε συμφωνία με τα παραπάνω δεδομένα ήταν και τα αποτελέσματα των Saki et al. (2006), που δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στο σωματικό βάρος, στην αύξηση του σωματικού βάρους και στο συντελεστή FCR όταν ενσωμάτωσαν τροφικά υπολείμματα που προέρχονταν από εστίαση. Η χημική σύσταση των υπολειμμάτων από κουζίνες ήταν βέβαια διαφορετική από τις αντίστοιχες στην παρούσα μελέτη, με τιμές ΟΑΟ=12,7% και ΟΛΟ=10,58%. Τα υπολείμματα αυτά περιείχαν ρύζι, ψωμί, δημητριακά, λαχανικά και κρέας τα οποία είχαν ξηραθεί σε θερμοκρασία 50°C για 20 λεπτά. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής ήταν διαφορετικά όταν η προσθήκη ήταν 20 και 30%. Η απόδοση σε σφάγιο είχε διαφορές και ήταν μικρότερη μόνο στην ομάδα που χορηγήθηκαν 20% υπολείμματα.

Οι Shahryar et al. (2012) δοκίμασαν να ενσωματώσουν υπολείμματα που περιείχαν μπισκότο και βάφλες με σύσταση ΟΑΟ=12,6% και ΟΛΟ=4,5%, με σκοπό να αντικαταστήσουν μερικώς τον αραβόσιτο από το σιτηρέσιο παχυνόμενων ορνιθίων σε ποσοστό 0, 8, 16 και 24%. Η προσθήκη αυτή δεν επέδρασε αρνητικά στην αύξηση του σωματικού βάρους και στον συντελεστή FCR. Ωστόσο, παρατηρήθηκε αύξηση στην κατανάλωση τροφής όταν τα ορνίθια διατράφηκαν με ποσοστό 8, 16 και 24% των υπολειμμάτων αυτών.

Οι αιματολογικοί και βιοχημικοί παράγοντες που προσδιορίστηκαν είχαν τιμές εντός των φυσιολογικών ορίων δείχνοντας πως τα ζώα ήταν υγιή μειώνοντας τις πιθανότητες για εμφάνιση ασθενειών. Δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων, όπως παρατηρήθηκε και στην προηγούμενη δοκιμή που είχαν ενσωματωθεί τα υπολείμματα σε ποσοστό 15%, με μόνη εξαίρεση την χοληστερόλη. Το βάρος των εσωτερικών οργάνων θα μπορούσε να είναι δείκτης των ανάπτυξης των ορνιθίων και την κατανάλωση της τροφής (Ojediran et al., 2016). Τα βάρη των εσωτερικών οργάνων που καταμετρήθηκαν δεν είχαν διαφορές σημαντικές, με εξαίρεση τον θύλακα του *Fabricius*. Το βάρος της καρδιάς, του ήπατος και του μυώδη στομάχου ήταν παρόμοιο μεταξύ των ομάδων με την ενσωμάτωση 10% υπολειμμάτων με σύσταση ΟΑΟ=20,62% και ΟΛΟ=9,99% (Cho et al., 2004), όπως βρέθηκε και στην παρούσα μελέτη.

Η ποιοτική αξιολόγηση του μυϊκού ιστού πραγματοποιήθηκε με την εκτίμηση των παραγόντων χρώματος ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), του pH<sub>24</sub>, της απώλειας οπού και της δύναμης διάτμησης. Οι παράγοντες αυτοί έμειναν ανεπηρέαστοι (Πίνακας Γ.11), υποδεικνύοντας ότι η ενσωμάτωση των διαφορετικών υπολειμμάτων σε ποσοστό 10% δεν έχει επίδραση στην ποιότητα του κρέατος των ορνιθίων. Οι Ayanwale και Aya (2006) χρησιμοποίησαν αραβόσιτο και υπολείμματα δημητριακών. Δημιούργησαν ομάδες που κατανάλωναν 100, 80, 60, 40 και 0% αραβόσιτο σε συνδυασμό με 0, 20, 40, 60, 100% υπολείμματα δημητριακών. Οι παρατηρήσεις τους έδειξαν μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού στην ομάδα που κατανάλωνε 20% υπολείμματα δημητριακών καρπών (ΟΑΟ=6,74% και ΟΛΟ=3,80%) και 80% αραβόσιτο σε σύγκριση με την ομάδα που διατρέφονταν αποκλειστικά με υπολείμματα δημητριακών καρπών. Τα αποτελέσματα της πρώτης πειραματικής δοκιμής με ενσωμάτωση 15% ήταν σε μερική συμφωνία με αυτά της δεύτερης, με εξαίρεση τον συντελεστή για το χρώμα  $b^*$  και την δύναμη διάτμησης.

Το προφίλ των λιπαρών οξέων φάνηκε να τροποποιείται με την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων. Περισσότερα κορεσμένα λιπαρά στους μυϊκούς ιστούς σε σχέση με τον μάρτυρα εντοπίστηκαν στις ομάδες NS και S, με τη χαμηλότερη τιμή να σημειώνεται στην ομάδα NM. Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με τις συγκεντρώσεις των κορεσμένων λιπαρών που ανευρέθηκαν στα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Ανάλογη ήταν η εικόνα των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Αντίστροφη ωστόσο ήταν η εικόνα των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που ανευρέθηκαν στο στήθος των ορνιθίων. Η συγκέντρωση των πολυακόρεστων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα NM, γεγονός που δικαιολογείται από τη μεγάλη συμμετοχή σε φυτικά υπολείμματα. Ωστόσο, παρόλο που το αποστειρωμένο υλικό και το υλικό χωρίς κρέας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σημαντικές πηγές PUFA δεν φάνηκαν να επηρεάζουν τη συγκέντρωση των PUFA στο μυϊκό ιστό. Διαφορετική ήταν η εικόνα όταν ενσωματώθηκε έλαιο από την επεξεργασία υπολειμμάτων που περιείχαν ψάρια σε παχυνόμενα ορνίθια. Οι Muhammed et al. (2014) χορήγησαν σε ποσοστό 1, 1.5 και 2% το έλαιο αυτό που ήταν πλούσιο σε PUFA λιπαρά και παρατήρησαν ανάλογη εικόνα στο προφίλ του μυϊκού ιστού.

Τα υπολείμματα που ενσωματώθηκαν δεν επηρέασαν την αντιοξειδωτική ικανότητα του κρέατος των πτηνών σε σύγκριση με το μάρτυρα (Πίνακας Γ.13). Ωστόσο, οι Raza et al. (2018) παρατήρησαν αντίθετα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, χορήγησαν φυτικά υπολείμματα που περιείχαν μηδική, σπανάκι και κουνουπίδι σε παχυνόμενα ορνίθια σε ποσοστό 0, 25, 50, 75 και

100%. Υψηλότερες τιμές MDA παρατήρησαν στην ομάδα που κατανάλωνε αποκλειστικά το εμπορικό σιτηρέσιο σε σχέση με τις ομάδες που κατανάλωναν φυτικά υπολείμματα. Μάλιστα η τιμή της MDA μειώθηκε ακόμα περισσότερο όσο μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων. Η τιμή της MDA στο μυϊκό ιστό είναι δείκτης οξειδωσης του κρέατος και χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η διάρκεια ζωής του, οι χαμηλότερες τιμές της υποδηλώνουν ένα καλύτερο οξειδωτικό προφίλ.

Τα διαφορετικά υλικά που ενσωματώθηκαν στη διατροφή των ορνιθίων είχαν σημαντικές επιδράσεις στην πεπτικότητα της ξηράς και οργανικής ουσίας (Πίνακας Γ.14), καθώς και των ινωδών ουσιών. Μεταξύ των ομάδων NM, NS και S δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ως προς την πεπτικότητα της ξηράς ουσίας. Στην ομάδα του μάρτυρα η πεπτικότητα της ξηράς ουσίας ήταν σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τις ομάδες NM και S με την εξαίρεση της NS. Η μειωμένη πεπτικότητα της ξηράς ουσίας φαίνεται να σχετίζεται αντίστροφα με τη μέση κατανάλωση τροφής. Οι Brito et al. (2020) χορήγησαν υπολείμματα που περιείχαν γαρίδες στο σιτηρέσιο ορνιθίων κρεοπαραγωγής σε ποσοστό συμμετοχής 0, 50, 100, 150, 200 g/kg. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις της έρευνας αυτής οι ομάδες που κατανάλωσαν μεγαλύτερο ποσοστό υπολειμμάτων γαρίδας (150 και 200 g/kg) είχαν χαμηλότερη κατανάλωση τροφής και χαμηλότερη πεπτικότητα της ξηράς ουσίας. Στην παρούσα έρευνα ο μάρτυρας και η ομάδα NS, παρότι δεν ήταν στατιστικώς σημαντική η διαφορά, είχαν αυξημένη κατανάλωση τροφής σε σχέση με την ομάδα του NM, χωρίς όμως να ισχύει το ίδιο και για την ομάδα S.

Αντίθετα ως ένα βαθμό αποτελέσματα παρατήρησαν οι Sani et al. (2021) όταν δημιούργησαν 4 ομάδες ορνιθίων κρεοπαραγωγής και συνδυαστικά με το βασικό σιτηρέσιο χορήγησαν 0, 10, 20, 30% υπολειμμάτων που προέρχονταν από κουζίνες (ΟΑΟ=2,2%, ΟΛΟ=5,5%). Η πεπτικότητα της ξηράς ουσίας δεν εμφάνισε διαφορές, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, το ίδιο παρατηρήθηκε και στην πεπτικότητα των λιπαρών ουσιών. Ως προς τις αζωτούχες ουσίες το ποσοστό ενσωμάτωσης υπολειμμάτων επηρέασε την πεπτικότητά τους, καθώς η ομάδα με το μεγαλύτερο ποσοστό είχε και μεγαλύτερη πεπτικότητα. Αυξανόμενου του ποσοστού ενσωμάτωσης παρατηρήθηκε και μεγαλύτερη τιμή στην πεπτικότητα των ινωδών ουσιών στην προηγούμενη μελέτη. Επανερχόμενοι στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε αύξηση για τις ομάδες των C και NM στην πεπτικότητα ινωδών ουσιών. Η αύξηση αυτή πιθανώς οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσοστό ινωδών που περιέχονταν στο υλικό που δεν περιείχε κρέας και

ενσωματώθηκε στο σιτηρέσιο της ομάδας NM, και στο γενικά υψηλότερο ποσοστό ινωδών που περιέχονταν στα σιτηρέσια του μάρτυρα και της ομάδας NM.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης οι Farhat et al. (1998) δεν εντόπισαν διαφορές στην πεπτικότητα της ξηράς ουσίας, των λιπαρών ουσιών και του NDF. Συγκεκριμένα, χορήγησαν βιομηχανικά φυτικά υπολείμματα σε πάπιες των φυλών Πεκίνου και Muscovy σε δύο διαφορετικές ηλικίες.

Από τις πειραματικές δοκιμές με τα παχυνόμενα ορνίθια, τα θρεπτικά συστατικά των υπολειμμάτων εστίασης φάνηκαν να διατηρούν τις παραμέτρους ανάπτυξης των ορνιθίων σε αποδεκτά επίπεδα. Το σωματικό βάρος, η κατανάλωση τροφής, ο συντελεστής FCR, η θνησιμότητα, η απόδοση σε σφάγιο, οι αιματολογικές παράμετροι, οι ποιοτικοί παράμετροι του κρέατος φάνηκαν να μην επηρεάζονται αρνητικά. Η αποστείρωση δεν επηρέασε των υγεία των ορνιθίων, καταλήγοντας έτσι στο συμπέρασμα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διασφάλιση της υγιεινής.

### **13.3 Πρώτη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενους χοίρους**

Το αρχικό σωματικό βάρος των χοίρων δε διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν ούτε στο τελικό σωματικό βάρος μετά την διατροφή με τα υπολείμματα. Το υψηλό ποσοστό λίπους που περιέχονταν στα υπολείμματα φάνηκε να επηρεάζει την μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (ΜΗΚΤ) η οποία ήταν χαμηλότερη στην ομάδα DHR. Η μέση ημερήσια αύξηση σωματικού βάρους (ΜΗΑΒ) ήταν επίσης διαφορετική, ενώ ο συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής ήταν παρόμοιος για τις δύο ομάδες.

Οι Myer et al. (1999) χρησιμοποίησαν σε δύο πειραματικές δοκιμές αφυδατωμένα υπολείμματα από εστιατόρια που είχαν επεξεργαστεί με τη μέθοδο FBD. Για την πρώτη δοκιμή συνέκριναν την επίδραση του σιτηρεσίου του μάρτυρα με μία ακόμα ομάδα στο σιτηρέσιο της οποίας χρησιμοποιήθηκαν 40% υπολείμματα εστιατορίων, στην δεύτερη δοκιμή ο μάρτυρας συγκρίθηκε με δύο ομάδες που λάμβαναν 40 και 80% υπολείμματα. Η χημική σύσταση των υπολειμμάτων για την πρώτη και τη δεύτερη δοκιμή ήταν αντίστοιχα ΟΑΟ=15% και ΟΛΟ=13,8%, ΟΑΟ=14,4% και ΟΛΟ=16%. Αντίθετα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η ΜΗΑΒ δε διέφερε σε καμιά από τις δύο δοκιμές. Σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη, ο

συντελεστής FCR δεν εμφάνισε διαφορές, η κατανάλωση τροφής για την επέμβαση ήταν μικρότερη και στις δύο δοκιμές, ενώ η απόδοση σε σφάγιο δεν είχε διαφορές.

Οι Kjos et al. (2000) δοκίμασαν την χορήγηση υπολειμμάτων (ΟΑΟ=4,9%, ΟΛΟ=3,3%) από μονάδες επεξεργασίας τροφίμων, αρτοποιίας, γαλακτοκομικών και αίματος στη διατροφή χοίρων σε διαφορετικά ποσοστά (0, 20, 40, 60, 80, 100%). Από την έρευνα αυτή παρατηρήθηκε μείωση της ΜΗΚΤ αυξανόμενου του ποσοστού ενσωμάτωσης και με την μικρότερη τιμή να παρατηρείται στους χοίρους που κατανάλωναν 60% υπολείμματα. Παράλληλα, ο συντελεστής FCR δεν είχε καμία διαφοροποίηση, σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη. Επίσης, η απόδοση σε σφάγιο ήταν ικανοποιητική και δε διέφερε, αντίστοιχα με την παρούσα μελέτη.

Στην ομάδα της επέμβασης DHR η τιμή του ορού SGOT-AST ήταν διπλάσια από την αντίστοιχη του μάρτυρα, ενώ η SGPT-ALT ήταν μειωμένη στην ομάδα DHR. Η αυξημένη τιμή των δύο αυτών παραμέτρων μπορεί να φανερώνει κάποια βλάβη στο ήπαρ ή ακόμα και στους σκελετικούς μύες. Η αξιολόγηση αιματολογικών παραμέτρων των χοίρων από τους Chmielowiec-Korzeniowska (2012), σε διαφορετικές περιόδους του έτους εντόπισε αύξηση και στα δύο ηπατικά ένζυμα την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ δεν εντοπίστηκε το ίδιο και την χειμερινή περίοδο. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με την πρώτη πειραματική δοκιμή και πιθανώς να εξηγούν την αύξηση στις τιμές των ενζύμων δεδομένου ότι πραγματοποιήθηκε τους καλοκαιρινούς μήνες.

Το μεγάλο ποσοστό κορεσμένων λιπαρών και λιπαρών ουσιών των υπολειμμάτων πιθανώς να ευθύνεται για την υψηλότερη χοληστερόλη που ανευρέθηκε στους χοίρους την ομάδας DHR (Πίνακας Γ.17). Η ίδια εικόνα εμφανίστηκε και στην πρώτη πειραματική δοκιμή με ορνίθια που πραγματοποιήθηκε και τα υπολείμματα συμμετείχαν σε ποσοστό 15%. Αντίστοιχη εικόνα και πάλι σε ορνίθια δόθηκε και στους Cho et al. (2004). Ωστόσο, οι Raminez-Zunig et al. (2014) μελέτησαν την επίδραση που είχε η ενσωμάτωση 0, 50 και 100% υπολειμμάτων που προέρχονταν από κουζίνες και τραπεζαρίες στην συγκέντρωση διάφορων μεταβολιτών. Η χοληστερόλη ήταν μεταξύ αυτών και δεν επηρεάστηκε στο αίμα των αναπτυσσόμενων χοίρων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος που εκτιμήθηκαν δεν είχαν σημαντικές διαφορές με εξαίρεση το pH, όπου ήταν σημαντικά χαμηλότερο στην ομάδα της επέμβασης (Πίνακας Γ.18). Ωστόσο, η χαμηλότερη τιμή του pH για την ομάδα DHR δεν επηρέασε τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος. Οι Kwak και Kang (2004) αξιοποίησαν μίγμα υπολειμμάτων και το ενσωμάτωσαν στο στάδιο της τελικής πάχυνσης χοίρων

σε ποσοστά 25 και 50%. Το μείγμα αυτό περιλάμβανε υπολείμματα από εστιατόρια, επεξεργασμένα υποπροϊόντα από κοτόπουλα και υποπροϊόντα αρτοποιίας, τα οποία είχαν υποστεί αερόβια επεξεργασία και είχαν αποξηραθεί υπό κενό στους 90°C για 6 ώρες. Από τα αποτελέσματα και παρόλο που τα ποσοστά ενσωμάτωσης ήταν μεγαλύτερα από αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά στα χαρακτηριστικά του κρέατος, με εξαίρεση την εμφάνιση ελαφρώς ωχρού χρώματος όταν υπήρχε συμμετοχή 50%.

Οι Kjøs et al. (2000) δε βρήκαν διαφορές στην τιμή του pH του μυϊκού ιστού. Αντίθετα, η προσθήκη των υπολειμμάτων επηρέασε την απώλεια οπού με την υψηλότερη τιμή να εντοπίζεται στην ομάδα με συμμετοχή 80%. Ο δείκτης  $L^*$  που προσδιορίζει τη φωτεινότητα του κρέατος ήταν σημαντικά χαμηλότερος υποδεικνύοντας βελτίωση του χρώματος στην ομάδα που κατανάλωνε αποκλειστικά υπολείμματα σε σχέση με τον μάρτυρα.

Το προφίλ των λιπαρών οξέων στο μυϊκό ιστό εμφάνισε συγκέντρωση κορεσμένων λιπαρών στατιστικώς σημαντικά αυξημένη στην ομάδα του μάρτυρα, όπως αυξημένος ήταν και ο λόγος n-6/n-3 (Πίνακας Γ.19). Η συγκέντρωση των μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων δεν διέφερε, όπως και ο λόγος πολυακόρεστων/κορεσμένων. Η συγκέντρωση του DHA στην επέμβαση είχε την τάση να είναι μεγαλύτερη, η συγκέντρωση του ελαϊκού οξέος δε διέφερε για τις δύο ομάδες και του παλμιτικού ήταν οριακά αυξημένη στον μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα παρατήρησαν οι Choe et al. (2017) χορηγώντας τροφικά υπολείμματα από εστιατόρια στα οποία είχε προηγηθεί βρασμός σε συνδυασμό με συμβατική τροφή σε χοίρους και παρατηρώντας τις επιδράσεις σε διάφορα στάδια ανάπτυξης. Υπολείμματα χορηγήθηκαν (ΟΑΟ=26,59%) κατά τη φάση ανάπτυξης και πάχυνσης στους χοίρους της επέμβασης, ενώ 4 εβδομάδες πριν τη σφαγή χορηγήθηκε αποκλειστικά η συμβατική τροφή. Σύμφωνα με αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δύο σιτηρέσια, η ομάδα της επέμβασης είχε συγκέντρωση PUFA και PUFA/SFA υψηλότερη και χαμηλότερη SFA και MUFA. Το προφίλ των λιπαρών οξέων επηρεάστηκε από το προφίλ των υπολειμμάτων. Εξάλλου οι χοίροι έχουν την ικανότητα να μεταβιβάζουν τα λιπαρά οξέα της τροφής τους στο κρέας που παράγουν (Kouba & Mourot, 2011; Choe et al., 2017). Στον μυϊκό ιστό υπήρξε ανάλογη εικόνα με αυτή των υλικών με την συγκέντρωση PUFA και PUFA/SFA να είναι υψηλότερη στην ομάδα της επέμβασης. Αντίθετα, η συγκέντρωση των MUFA, SFA ο λόγος n-6/n-3 ήταν χαμηλότερος.



Η εικόνα από τον προσδιορισμό της οξειδωτικής σταθερότητας του μυϊκού ιστού, για την ομάδα DHR ήταν παρόμοια με της ομάδας του μάρτυρα. Ωστόσο, οι Kjos et al. (2000) παρατήρησαν ότι το κρέας των χοίρων ήταν επιρρεπές στην οξείδωση όταν προστέθηκαν υπολείμματα στην διατροφή τους. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε διαφωνία με τους Kouba and Mourot (2011) πιθανώς λόγω των διαφορετικών τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των υπολειμμάτων πριν αυτά προστεθούν στα σιτηρέσια των χοίρων.

Οι συντελεστές πεπτικότητας έπειτα από την χρησιμοποίηση υπολειμμάτων τροφής στους παχυνόμενους χοίρους δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των ομάδων και οριακά βελτίωσαν την πεπτικότητα της ξηράς ουσίας, της τέφρας, των αζωτούχων και λιπαρών ουσιών, με εξαίρεση τον συντελεστή των ινωδών ουσιών. Ανάλογη εικόνα χωρίς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκε στη συνολική και στην πεπτή ενέργεια. Η υψηλή περιεκτικότητα ινωδών ουσιών στα υπολείμματα είναι μία σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την χρησιμοποίησή τους, δεδομένου ότι μπορεί να μείωση την πεπτικότητά τους. Η μεγαλύτερη πεπτικότητα των ινωδών σε συνδυασμό με την χαμηλότερη κατανάλωση τροφής για την ομάδα της επέμβασης είναι απόρροια της υψηλής συγκέντρωσης ινωδών ουσιών στο υπό εξέταση υλικό και κατ' επέκταση στο σιτηρέσιο.

Οι Westendorf et al. (1998) χρησιμοποίησαν τροφικά υπολείμματα (ΟΑΟ=21,4%, ΟΛΟ=27,2%) που είχαν μαγειρευτεί για 4 ώρες στους 100°C στο σιτηρέσιο παχυνόμενων χοίρων. Ο συντελεστής φαινομένης πεπτικότητας της τέφρας, των αζωτούχων και λιπαρών ουσιών ήταν υψηλότερος στην ομάδα που κατανάλωνε τροφικά υπολείμματα.

#### **13.4 Δεύτερη πειραματική δοκιμή με παχυνόμενους χοίρους**

Η ποιότητα, η σύσταση και η μέθοδος επεξεργασίας των υπολειμμάτων είναι κρίσιμα για να καθορίσουν το ιδανικό ποσοστό ενσωμάτωσης στη διατροφή των χοίρων.

Η προσθήκη υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας στους χοίρους δεν επηρέασε το τελικό σωματικό βάρος τους, ούτε την κατανάλωση τροφής, την αύξηση σωματικού βάρους, τον FCR και την απόδοση σε σφάγιο. Αντίστοιχα αποτελέσματα δημοσίευσαν οι Marquez και Ramos (2007) μετά από χορήγηση 120g/kg υπολειμμάτων φρούτων (ΟΑΟ=11,66% και ΟΛΟ=1,52%) που προέρχονταν από καταστήματα και 50g/kg υπολειμμάτων που περιείχαν ψάρια (ΟΑΟ=57,92% και ΟΛΟ=19,10%) από αντίστοιχα καταστήματα σε παχυνόμενους χοίρους.

Συγκεκριμένα, δημιούργησαν τις ομάδες του μάρτυρα στην οποία δεν χορηγήθηκε το μείγμα υπολειμμάτων και την ομάδα που καταλάωνε 170g/kg από το μείγμα στο σιτηρέσιο της. Από αυτή τη δοκιμή, παρατηρήθηκε ότι το σωματικό βάρος, η κατανάλωση τροφής και η αύξηση του σωματικού βάρους είχαν παρόμοιες τιμές. Ο συντελεστής FCR επίσης δεν διέφερε μεταξύ των δύο ομάδων. Ωστόσο η απόδοση σε σφάγιο ήταν μειωμένη στην ομάδα της επέμβασης.

Οι Kwak και Kang (2006) δεν διαπίστωσαν κάποια διαφορά στο σωματικό βάρος, στην αύξηση του σωματικού βάρους, στην απόδοση σε σφάγιο, αντίστοιχα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Η τιμή του FCR μειώθηκε όσο αυξανόταν το ποσοστό ενσωμάτωσης του μείγματος (ΟΑΟ=16,2% και ΟΛΟ=12,8%) στο σιτηρέσιο των χοίρων. Παρόμοια δεδομένα συλλέχθηκαν και από τους Chae et al. (2000) σε μια συγκριτική έρευνα με ενσωμάτωση 20 και 40% υπολειμμάτων (ΟΑΟ=25% και ΟΛΟ=17,3%). Η αύξηση του σωματικού βάρους και ο συντελεστής FCR μειώθηκαν στατιστικά σημαντικά με την ενσωμάτωση 40%. Οι Adebisi et al. (2017) μελέτησαν την προσθήκη υπολειμμάτων ρυζιού, που είχαν συλλέξει από εστιατόρια, στο σιτηρέσιο απογαλακτισμένων χοιριδίων. Συγκεκριμένα δημιούργησαν τρεις ομάδες, την ομάδα T1 (25% βασικό + 75% συμπυκνωμένο σιτηρέσιο), T2 (25% βασικό + 37.5% συμπυκνωμένο + 37.5% υπολείμματα ρυζιού) και T3 (25% βασικό + 75% υπολείμματα ρυζιού). Τα αποτελέσματά τους διέφεραν από αυτά της παρούσας μελέτης. Η κατανάλωση τροφής αν και διέφερε, η αύξηση του σωματικού βάρους ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα T3 και ο συντελεστής FCR χειρότερος όσο αυξανόταν το ποσοστό ενσωμάτωσης.

Οι Adebisi et al. (2017) μελέτησαν αιματολογικές παραμέτρους μετά την προσθήκη των υπολειμμάτων ρυζιού σε ευνουχισμένους χοίρους και εντόπισαν σημαντικές διαφορές. Δημιούργησαν τις ομάδες T1 (25% βασικό σιτηρέσιο και 75% συμπυκνωμένη τροφή), T2 (25% βασικό σιτηρέσιο και 37,5% συμπυκνωμένη τροφή και 37,5 % υπολείμματα ρυζιού) και την ομάδα T3 (25% βασικό σιτηρέσιο και 75% υπολείμματα ρυζιού). Οι ολικές πρωτεΐνες δεν είχαν διαφορές για τις ομάδες, οι αλβουμίνες ήταν σημαντικά χαμηλότερες στις ομάδες T2 και T3 και η συγκέντρωση της γλυκόζης ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα T3. Η χοληστερόλη, επίσης, πήρε την υψηλότερη τιμή στην ομάδα T3 όπου καταλάωνε το μεγαλύτερο ποσοστό ρυζιού. Η SGOT-AST ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα T1 και T2, ενώ η SGPT-ALT ήταν σημαντικά υψηλότερη στον μάρτυρα σε σχέση με τις ομάδες T1 και T2. Αντίθετα, στην παρούσα

έρευνα δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στις ολικές πρωτεΐνες, στην χοληστερόλη και στα ηπατικά ένζυμα.

Η απώλεια οπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα DHR, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι δεν επηρεάστηκαν σημαντικά (Πίνακας Γ.24). Η απώλεια οπού είναι από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά στο κρέας και φαίνεται να επηρεάζει άμεσα το χρώμα και την τρυφερότητα του (Mir et al., 2017). Αντίθετα, οι Choe et al. (2017) παρατήρησαν ότι χειροτέρεψαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος καθώς εντόπισαν περισσότερο φωτεινό και κίτρινο κρέας μελετώντας τους παράγοντες χρώματος, που είναι συνώνυμη με την εξιδρωματική μυοπάθεια στους χοίρους (PSE). Την ίδια στιγμή η απώλεια οπού στην ομάδα της επέμβασης ήταν σημαντικά υψηλότερο από τον μάρτυρα.

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των κορεσμένων, πολυακόρεστων και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων όπως και στο λόγο n-6/n-3. Οι Kwak και Kang (2006) δημιούργησαν ομάδες όπου οι χοίροι κατανάλωναν μίγμα υπολειμμάτων. Οι ομάδες που δημιουργήθηκαν κατανάλωναν 0%, 25% ή 50% από το μείγμα αυτό. Η κατανάλωση του μείγματος αυτού δε φάνηκε να επηρεάζει τη συγκέντρωση των ολικών κορεσμένων λιπαρών, των ακόρεστων, τον λόγο μονοακόρεστων προς κορεσμένα ή πολυακόρεστων προς κορεσμένα.

Η συγκέντρωση της MDA δεν φάνηκε να επηρεάστηκε από την προσθήκη των υπολειμμάτων ακόμα και μετά από 300 λεπτά οξείδωσης. Στην ομάδα της επέμβασης, η τιμή της MDA ήταν αριθμητικώς μεγαλύτερη, ωστόσο δε διέφερε σημαντικά από τον μάρτυρα. Αντίθετα, οι Choe et al. (2017) παρατήρησαν επίδραση στην οξειδωτική σταθερότητα του κρέατος μετά την προσθήκη υπολειμμάτων κατά την περίοδο συντήρησης του κρέατος. Αντίθετα, οι Kjos et al. (2000) δεν παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης της TBA στο λίπος χοίρων που είχαν διατραφεί με υπολείμματα.

Οι Chae et al. (2000) αξιοποίησαν τροφικά υπολείμματα τα οποία ενσωμάτωσαν στη διατροφή χοίρων σε ποσοστό 0, 20 και 40% για να μελετήσουν την πεπτικότητα της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών. Η πεπτικότητα των αζωτούχων και λιπαρών ουσιών ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα που κατανάλωνε υπολείμματα. Ωστόσο, η πεπτικότητα της ενέργειας ήταν σημαντικά μικρότερη στην ομάδα αυτή.

Στις δύο δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στους παχυνόμενους χοίρους, η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων εστίασης δε φάνηκε να έχει μεγάλη επίδραση στις παραμέτρους ανάπτυξης των χοίρων δεδομένου ότι ο συντελεστής FCR και η απόδοση σε σφάγιο δε διέφεραν σε σχέση με την ομάδα που κατανάλωνε ένα εμπορικό σιτηρέσιο. Σημαντικές επιδράσεις δεν παρατηρήθηκαν ούτε στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος. Έτσι, η χρήση των υπολειμμάτων εστίασης στα σιτηρέσια των χοίρων θα μπορούσε να καθιερωθεί, δεδομένης της εξασφάλισης την ασφάλειας και της ποιότητας.

## 14. Συμπεράσματα

Κάθε χρόνο χάνεται ή σπαταλάται περίπου το ένα τρίτο των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως. Η αξιοποίηση των υπολειμμάτων αυτών απασχολεί ολοένα και περισσότερο την παγκόσμια κοινότητα τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, προκειμένου να μειωθεί πραγματικά η παραγωγή υπολειμμάτων είναι αναγκαίο να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι που οδηγούν στη σπατάλη αυτή αλλά και τα στάδια της τροφικής αλυσίδας από τα οποία προκύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών. Την ίδια στιγμή, η παγκόσμια ζήτηση κτηνοτροφικών προϊόντων αυξάνεται και οι παραγωγοί κάνουν προσπάθειες να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της αγοράς. Η προοδευτική εξάντληση των νομευτικών πόρων και η παράλληλη αύξηση των τιμών των ζωοτροφών στρέφουν το ενδιαφέρον των κτηνοτρόφων σε εναλλακτικές πρώτες ύλες για τη διατροφή του ζωικού κεφαλαίου.

Η αξιοποίηση ή ακόμα και η επαναχρησιμοποίηση υπολειμμάτων εστίασης είναι ικανή να μετριάσει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει η παραγωγή τροφίμων ζωικής προέλευσης. Τα υπολείμματα εστίασης αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά στη διατροφή των ζώων, ενσωματώνοντάς τα στα σιτηρέσια τους. Παρ' όλα αυτά, τα υπολείμματα εμφανίζουν μεγάλη παραλλακτικότητα στη σύστασή τους και είναι πιθανό να περιέχουν μολυσματικούς παράγοντες ιδιαίτερα σε περίπτωση που δεν επεξεργαστούν κατάλληλα πριν την επαναχρησιμοποίησή τους. Η σύσταση των υπολειμμάτων μπορεί να επηρεαστεί από την εποχή, από τις διατροφικές συνήθειες και από την περιοχή που συλλέχθηκαν. Ο μικροβιολογικός έλεγχος και ο έλεγχος της διατροφικής αξίας των υπολειμμάτων είναι αναγκαίοι, προκειμένου να ελεγχθεί η καταλληλότητά τους ως συμπληρωματική ζωοτροφή.

Στο πλαίσιο αυτής της επαναχρησιμοποίησης των υπολειμμάτων για τη διατροφή των ζώων μελετήθηκε μια διαδικασία η οποία υποστηρίχτηκε και χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια του έργου LIFE-F4F (Food for Feed). Ο κύριος στόχος του συγκεκριμένου έργου ήταν να επιτύχει μία καινοτόμο διαδικασία που θα είναι ασφαλής, οικονομικά συμφέρουσα και περιβαλλοντικά φιλική για την μετατροπή υπολειμμάτων εστίασης, που προκύπτουν από ξενοδοχειακές μονάδες, σε ζωοτροφές για μονογαστρικά ζώα. Τα υπολείμματα που συλλέχθηκαν περιλάμβαναν ζωικής προέλευσης τρόφιμα (γαλακτοκομικά, υπολείμματα κρέατος). Τα υπολείμματα αυτά υπέστησαν αφυδάτωση, με την πρωτότυπη αυτή διαδικασία, σε ειδικό χώρο με τη βοήθεια θερμότητας που προέρχονταν από την ηλιακή ενέργεια.

Το τελικό προϊόν ελέγχθηκε από πλευράς χημικής σύστασης και μικροβιακού φορτίου και ενσωματώθηκε στα σιτηρέσια ορνιθίων κρεοπαραγωγής (σε ποσοστά 15 και 10%) και χοίρων (σε ποσοστά 10 και 8%). Στο προϊόν αυτό εφαρμόστηκε θερμική επεξεργασία αποστείρωσης για να διαπιστωθεί κατά πόσον η θερμοκρασία αποστείρωσης επηρεάζει τη χρησιμοποίηση των θρεπτικών της συστατικών (κυρίως των πρωτεϊνών).

Όλα τα υπολείμματα που συλλέχθηκαν είχαν υψηλή διατροφική αξία και ήταν κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για τη διατροφή των ζώων παρά την παραλλακτικότητα στο ενεργειακό τους περιεχόμενο, στις αζωτούχες ουσίες, στα αμινοξέα, στα ανόργανα στοιχεία, στις βιταμίνες και στα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία που περιείχαν. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι και οι «παραδοσιακές» ζωοτροφές που χρησιμοποιούνται ευρέως εμφανίζουν μικρή παραλλακτικότητα ως προς τη σύστασή τους και τη διατροφική τους αξία. Η καινοτόμος διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των υπολειμμάτων εστίασης τα κατέστησε ασφαλή και βοήθησε να αποφευχθούν φαινόμενα μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών όπως είχε προκύψει στο παρελθόν από ατελώς επεξεργασμένα υπολείμματα

Η επιλογή του ποσοστού ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων στο σιτηρέσιο των ζώων στηρίχθηκε στη σύστασή τους και επηρεάστηκε από το είδος του ζώου, την παραγωγική του φάση, και την οικονομική του αξία. Η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων εστίασης σε ποσοστό 10% στο σιτηρέσιο των ορνιθίων κρεοπαραγωγής είχε ενθαρρυντικότερα αποτελέσματα από το ποσοστό 15% που επίσης δοκιμάστηκε. Στους παχυνόμενους χοίρους το αντίστοιχο ποσοστό ήταν το 8%, ενώ το 10% οδήγησε σε μειωμένη κατανάλωση τροφής, χαμηλότερη αύξηση του σωματικού βάρους και μειωμένη αντιοξειδωτική ικανότητα του κρέατος.

Από την χρησιμοποίηση υπολειμμάτων που δεν περιείχαν κρέας, τα ορνίθια φάνηκαν να αυξάνουν το σωματικό τους βάρος λιγότερο, ενώ δεν παρατηρήθηκε το ίδιο και στους χοίρους που η ενσωμάτωση 8% υπολειμμάτων εστίασης χωρίς κρέας δεν επηρέασε την ανάπτυξή τους και την ποιότητα του κρέατος. Τέλος, το αποστειρωμένο υλικό που χορηγήθηκε στα ορνίθια σε ποσοστό 10% δεν είχε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα μη αποστειρωμένα υλικά. Έτσι θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η χρήση της τεχνικής της αποστείρωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να εξασφαλιστεί η υγιεινή των υπολειμμάτων που προκαλεί τον μεγαλύτερο προβληματισμό.

Στο άμεσο μέλλον είναι αναγκαίο να τυποποιηθεί η διαδικασία επαναχρησιμοποίησης και επανένταξης των υπολειμμάτων εστίασης στην τροφική αλυσίδα μέσω της διατροφής των ζώων. Συγκεκριμένα, είναι αναγκαίο να γίνει κατά το δυνατό πιο σταθερή η σύστασή τους, επιλέγοντας συγκεκριμένο τόπο και χρονική περίοδο που θα συλλέγονται τα υπολείμματα. Επίσης, η χρησιμοποίηση της καινοτόμου αυτής διαδικασίας ξήρανσης σε ευρεία κλίμακα θα έδινε τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων υπολειμμάτων. Η οικονομική αξία του τελικού προϊόντος θα μπορούσε να μειωθεί και να γίνει ανταγωνιστική έναντι των «παραδοσιακών» ζωοτροφών που χρησιμοποιούνται, δεδομένης της βιομηχανοποίησης του προϊόντος. Τέλος, η υιοθέτηση διαδικασιών HACCP θα εγγυόταν την ασφάλεια των υπολειμμάτων θα οδηγούσε στην καλύτερη αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό.

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι η επαναχρησιμοποίηση των υπολειμμάτων εστίασης που έχουν επεξεργαστεί κατάλληλα ενδεχομένως θα μπορούσε να μειώσει το κόστος διατροφής που αποτελεί το μεγαλύτερο κεφάλαιο στη ζωική παραγωγή. Η παρούσα έρευνα τεκμηριώνει την καταλληλότητα των υπολειμμάτων εστίασης για την ενσωμάτωσή τους στα σιτηρέσια των παχυνόμενων ορνιθίων και χοίρων. Ο τρόπος αυτός ανακύκλωσης των υπολειμμάτων εστίασης που μέχρι σήμερα έμεναν αναξιοποίητα θα μειώσει την περιβαλλοντική επιβάρυνση από την μέχρι τώρα απόρριψη τους στο περιβάλλον με ότι αυτό συνεπάγεται και θα εξοικονομήσει πολύτιμα θρεπτικά συστατικά τα οποία θα μετατραπούν σε τρόφιμα για τη διατροφή των ανθρώπων.

## 15. Βιβλιογραφία

### 15.1 Ελληνική βιβλιογραφία

Γεωργάκης, Σ.Α., Βαρελτζής, Κ.Π. & Αμβροσιάδης, Ι.Α. 2002. Τεχνολογία Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης. 2nd ed. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία

Διαμαντίδης, Γ. 2010. *Εισαγωγή Στη Βιοχημεία*. 3rd ed. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Ζέρβας, Γ. 2013. Διατροφή Μηρυκαστικών Ζώων. Αθήνα: Σταμούλης ΑΕ

Ζέρβας, Γ. 2007. Κατάρτιση σιτηρεσιών παραγωγικών ζώων. Αθήνα: Σταμούλης ΑΕ.

Ζέρβας, Γ. 2005. Φυσιολογία Θρέψης Παραγωγικών Ζώων. Αθήνα: Σταμούλης ΑΕ.

Λιαμάδης Γ. Δ. 2003. Φυσιολογία Θρέψεως Ζωικού Οργανισμού. Τόμος 2. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις University Studio Press.

Μπότσογλου, Ε. Ν. 2013. Διερεύνηση της οξειδωτικής σταθερότητας των λιπιδίων και των πρωτεϊνών κρέατος χοίρου μετά από προσθήκη εκχυλισμάτων φύλλων ελιάς.

### 15.2 Ξένη βιβλιογραφία

Abiad, M.G., & Meho, L.I. 2018. Food loss and food waste research in the Arab world: A systematic review. *Food security*, 10, 311-322.

Adebiyi, O.A., Dare, A.M., & Bankole, T.O. 2017. Effect of food waste on the performance and haematological profile of weaned pigs. *Journal of Animal Production Research*, 29:128-135.

Adeniyi, O.R., Ademosun, A.A. & Alabi, O.M. 2011. Proximate composition and economic values of four common sources of animal protein in south-western Nigeria. *Zootechnia Tropical* 29:231-234.

Addis, P. & Park, S. 1989. Role of lipid oxidation products in atherosclerosis, *Food Toxicology: A perspective on the relative risks*. New York: Marcel Dekker, pp.297–330.



Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. 2018. Nutritional composition of meat. *Meat science and nutrition*, 61:5772.

Al-Tulaihan, A.A., Najib, H., & Al-Eid, S.M. 2004. The nutritional evaluation of locally produced dried bakery waste (DBW) in the broiler diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3:294-299.

Ani, A.O. & Okorie, A.U. 2005. The effects of graded level of dehulled and cooked castor oil bean (*Ricinus communis*, L) meal on performance of broiler starters. *Nigerian Journal of Animal Production*, 32: 54-60.

Apple, J., Kegley, E., Maxwell, C., Rakes, L., Galloway, D. & Wistuba, D. 2005. Effects of Dietary Magnesium and Short-duration Transportation on Stress Response, Post Mortem Muscle Metabolism and Meat Quality of Finishing Swine. *Journal of Animal Science* 8: 1633-1645.

Astley, S. & Finglas, P. 2016. Nutrition and Health. In Reference Module in Food Science. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. Ayanwale, B.A. & Aya, V.E. 2006. Nutritional Evaluation of Cornflakes Waste in Diets for Broilers. *Pak. J. Nutr.* 5:485–489.

BBC. 2016. Accessed December 2020. <https://www.bbc.com/news/magazine-35581830>

BCG. 2018. Accessed October 2022. <https://toogoodtogo.com/en-us/movement/knowledge/what-food-is-wasted>

Bernstad Saraiva Schott, A., Vukicevic, S., Bohn, I., & Andersson, T. 2013. Potentials for food waste minimization and effects on potential biogas production through anaerobic digestion. *Waste management & research*, 31: 811-819.

Botsoglou, N., Fletouris, D., Papageorgiou, G., Mantis, A. & Trakatellis, A. 1994. Derivative Spectrophotometric Method for the Analysis of Tyrosine in Unhydrolyzed protein, food, and Feedstuff samples. *J Agric Food Chem* 41:1635-1639.

Briskey, E.J. 1964. Etiological Status and Associated Studies of Pale, Soft, Exudative Porcine Musculature. *Adv. Food Res.* 13:89-178.

Brito, C.O., Junior, V.R., Del Vesco, A.P., de Castro Tavernari, F., Calderano, A.A., Silva, C.M., Janaina T. de Lima Maciel & de Azevedo, M.S.P. 2020. Metabolizable energy and nutrient

digestibility of shrimp waste meal obtained from extractive fishing for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 263:1144-67.

Brugiapaglia, A., & Destefanis, G. 201. Effect of cooking method on the nutritional value of Piemontese beef. In *Proceedings of the 58th international congress of meat science and technology* (Vol. 12).

Buzby, J.C. & Hyman, J. 2012. Total and per capita value of food loss in the United States. *Food Policy* 37: 561-570.

Castrica, M., Tedesco, E.A.D., Panseri, S., Ferrazzi, G., Ventura, V., Frisio, G.D. & Balzaretto, M.C. 2018. Pet Food as the Most Concrete Strategy for Using Food Waste as Feedstuff within the European Context: A Feasibility Study. *Sustainability*, 10, 2035.

Chae, B.J., Choi, S.C., Kim, Y.G., Kim, C.H. & Sohn, K.S. 2000. Effects of feeding dried food waste on growth and nutrient digestibility in growing-finishing pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 13:1304–1308.

Chen, K.L., Chang, H.J., Yang, C.K., You, S.H., Jenq, H.D., & Yu, B. 2007. Effect of dietary inclusion of dehydrated food waste products on Taiwan native chicken (Taishi No. 13). *Asian-australasian journal of animal sciences*, 20:754-760.

Cheraghi Saray, S., Hosseinkhani, A., Janmohammadi, H., Zare, P. & Daghighkia, H. 2014. Thermal and probiotic treatment effects on restaurant waste for incorporation into poultry diet. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 3:7.

Chmielowiec-Korzeniowska, A., Tymczyna, L. & Babicz, M. 2012. Assessment of selected parameters of biochemistry, hematology, immunology and production of pigs fattened in different seasons. *Arch. Anim. Breed.* 55:469–479

Cho, Y.M., Lee, G.W., Jang, J.S., Shin, I. S., Myung, K. H., Choi, K.S., Bae, I.H. & Yang C. J.. 2004. Effects of Feeding Dried Leftover Food on Growth and Body Composition of Broiler Chicks. *Asian- Australasian Journal of Animal Science* 17: 386-393.

Choe, J., Moyo, K.M., Park, K., Jeong, J., Kim, H., Ryu, Y., Kim, J., Kim, J., Lee, S. & Go, G. W. 2017. Meat quality traits of pigs finished on food waste. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37:690.

- Comporti, M. 1993. Lipid peroxidation, an overview. *Free Radicals: From Basic Science to Medicine*. Berlin: Birkhauser Verlag, pp.64–79.
- Chrystall, B. 1994. Meat texture measurement. *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*, 316-336.
- Derr, D. A., Price, A. T., Suhr, J. L., & Higgins, A. J. 1988. Statewide system for recycling food waste. *BioCycle (USA)*.
- Donati, E. 2018. Advances in dairy products. In *Advances in Dairy Products*; Contó, F., Del Nobile, M.A., Faccia, M., Zambrini, A.V., Conte, A., (Eds.). Hoboken, NJ, USA: JohnWiley & Sons Ltd.
- Dou, Z., Toth, J.D. & Westendorf, M.L. 2018. Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Glob. Food Secur* 17:154-161.
- Dransfeld, E. 1994. Modelling post-mortem tenderisation—V: Inactivation of calpains. *Meat Science* 37:391-409.
- EFFPA. Figures & Network. Available online: [https://www.e\\_pa.eu/figures-network/](https://www.e_pa.eu/figures-network/) (accessed on 6 December 2019).
- Environment, U. N. (2021-03-04). "UNEP Food Waste Index Report 2021" (PDF). UNEP - UN Environment Programme. Archived from the original on 16 December 2021. Retrieved 2022-02-01.
- FAO. 2019. *The State of Food and Agriculture 2019. Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*. Rome, Italy: FAO.
- FAO. 2017. *The future of food and agriculture: Trends and Challenges*. Rome, Italy: FAO
- FAO. 2016. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress*. Rome, Italy: FAO.
- FAO. 2015. *Global initiative on food loss and food waste reduction United Nations publications* <http://www.fao.org/save-food/en/>. Accessed Feb 2022.
- FAO. 2013. *Food wastage footprint: impacts on natural resources. Summary report*. FAO.

FAO. 2011. Global food losses and food waste-extent, causes and prevention. Rome, Italy: UN FAO.

FAO. 2011. World Livestock 2011 – Livestock in food security. Rome, Italy: FAO. Farhat, A.L., Normand, L., Chavez, E.R., & Touchburn, S. P. 1998. Nutrient digestibility in food waste ingredients for Pekin and Muscovy ducks. *Poultry science*, 77:1371-1376.

FAO and National Geographic. 2016. <https://toogoodtogo.com/en-us/movement/knowledge/what-food-is-wasted>

Font-i-Furnols, M., Čandek-Potokar, M., Maltin, C., & Prevolnik Povše, M. (2015). A handbook of reference methods for meat quality assessment. European Cooperation in Science and Technology (COST): Brussels, Belgium.

Frankel, E.N. 1998. Antioxidants, In: Lipid oxidation, Frankel EN (Ed). Scotland: The Oily Press, Dundee, pp 129-139

Fung, L., Urriola, P.E., Baker, L. & Shurson, G.C. 2018. Estimated energy and nutrient composition of different sources of food waste and their potential for use in sustainable swine feeding programs. *Transl. Anim. Sci.* 3:359-368.

Garcia, A.J., Esteban, M.B., Marquez, M.C. & Ramos, P. 2005. Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. *Waste Manag* 25:780-787.

Gardner, H.W. 1989. Oxygen radical chemistry of polyunsaturated fatty acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 7: 65-86. Giroto, F., Alibardi, L. & Cossu, R. 2015. Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management* 45: 32–41.

Guerrero, A., Velandia Valero, M., Campo, M. M., & Sañudo, C. 2013. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 35, 335-347.

Gustavson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Otterdijk, R. Van. & Meybeck, A. 2011. Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Gothenburg, Sweden.

Gutteridge, J. 1998. Lipid Peroxidation Some Problems and concepts. *Oxygen Radicals and Tissue injury*. Bethesda, MD: FASEB, pp.9–19.

- Harries, J.L., Hubbard, A.W., Alder, F.E., Kay, M. & Williams, D.R. 1968. Studies on the composition of food - 3. The nutritive value of beef from intensively reared animals. *British Journal of Nutrition* 22, 21-31.
- Hocquette, J. F., Richardson, R. I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G., & Scollan, N. D. 2005. The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science* 4, 49-72.
- Hossein, S. 2015. Growth Performances, Carcass Yield and Meat Quality of Free Range Village Chickens Fed on Diet Containing Dehydrated Processed Food Waste. Master's Thesis, Universiti Putra Malaysia, Seri Kembangan, Malaysia.
- House, J.A. & House, C.A. 1999. Vesicular Diseases. In *Diseases of Swine*, 8th ed.; Mengeling, W.L., (Ed.) Iowa City, IA, USA, Iowa State University Press pp. 327–340.
- Jiang, T., Busboom J.R., Nelson, M.L., O' Fallon, J., Ringkob, T.P., Joos, D. & Piper, K. 2010. Effect of sampling fat location and cooking on fatty acid composition of beef steaks. *Meat Science* 84:86-92.
- Ju, M., Bae, S.J., Kim, J.Y. & Lee D.H. 2016. Solid recovery rate of food waste recycling in South Korea. *J Mater Cycles Waste Manage* 18:419–426.
- Karthika, S., Chandirasekaran, V. & Sureshkumar, S. 2016. Sensory Attributes of Namakkal Quail-1 Meat. *Int. J. of Adv. Vet. Sci. and Tec.* 5:266-9.
- Karunanayaka, D.S., Jayasena, D.D., & Jo, C. 2016. Prevalence of Pale, Soft, and Exudative (PSE) Condition in Chicken Meat Used For Commercial Meat Processing and Its Effect on Roasted Chicken Breast. *J. Anim. Sci. Technol.* 58:1-8.
- Kaza, S, Yao, L.C., Bhada-Tata, P. & VanWoerden, F. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Urban Development. Washington, DC: World Bank.
- Kouba, M. & Mourot, J. 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie* 93:13–17.
- Kitching, R.P., & Alexandersen, S. 2002. Clinical variation in foot and mouth disease: pigs. *Revue scientifique et technique-Office international des épizooties*, 21:513-516.

- Kjos, N.P., Øverland, M., Bryhni, E.A., & Sørheim, O. 2000. Food waste products in diets for growing-finishing pigs: Effect on growth performance, carcass characteristics and meat quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 50:193-204.
- Kwak, W.S., & Kang, J.S. 2006. Effect of feeding food waste-broiler litter and bakery by-product mixture to pigs. *Bioresource technology*, 97:243-249.
- Ladikos, D. & Lougovois, V. 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry*, 35:295–314.
- Leib, E.B., Balkus, O., Rice, C., Maley, M., Taneja, R., Cheng, R., Civita, N. & Alvoid, T. 2016. *Leftovers for Livestock: A Legal Guide for Using Excess Food as Animal Feed*; The Harvard Food Law and Policy Clinic and the Food Recovery Project at the University of Arkansas School of Law: Fayetteville, AR, USA.
- Lipinski, B., Hanson, Craig., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. & Searchinger, T. 2013. Reducing food loss and waste. Working paper, Installment 2 of *Creating a Sustainable Food Future*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Liu, G. 2014. Food Losses and Food Waste in China: A First Estimate, *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 66, OECD Publishing, Paris.
- Lutjens, A. & Kalm, E. 1995. Zusammenhang zwischen analytischen und sensorischen Fleischwirtschaft (Frankfurt), 75:484-491.
- Mancini, R.A. 2009. Meat color. In: *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. Eds JP Kerry & D Ledward. Cambridge, England; Woodhead Publishing Limited 89-110.
- Márquez, M.C. & Ramos, P. 2007. Effect of the inclusion of food waste in pig diets on growth performance, carcass and meat quality. *Animal* 1:595–599.
- Martín Ortega, A.M. & Segura Campos, M.R. 2019. Chapter 13—Bioactive Compounds as Therapeutic Alternatives. In *Bioactive Compounds*; Campos, M.R.S. (Ed.). Sawston, UK: Woodhead Publishing, pp. 247–264.
- Mir, N.A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V. & Shukla, V. 2017. Determinants of Broiler Chicken Meat Quality and Factors Affecting Them: A Review. *J. Food Sci. Technol.* 54: 2997-3009.

- Mu'azu, N.D., Blaisi, N.I., Naji, A.A., Abdel-Magid, I.M. & AlQahtany, A. 2019. Food waste management current practices and sustainable future approaches: a Saudi Arabian perspectives. *J Mater Cycles Waste Manage* 21:678–690.
- Muhammed, M.A., Domendra, D., Muthukumar, S.P., Sakhare P.Z. & Bhaskar N. 2015. Effects of fermentatively recovered fish waste lipids on the growth and composition of broiler meat, *British Poultry Science*, 56:79-87.
- Myer, R.O., Brendemuhl, J.H. & Johnson, D.D. 2000. Dehydrated Restaurant FoodWaste as Swine Feed. In *FoodWaste to Animal Feed*. Westendorf, M.L. (Ed.) Iowa City, IA, USA:Iowa State University Press pp. 113–144.
- Myer, R.O., Brendemuhl, J.H. & Johnson, D.D. 1999. Evaluation of Dehydrated Restaurant Food Waste Products as Feedstuffs for Finishing Pigs. *J. Anim. Sci.* 77:685–692
- Myers, W. D., Ludden, P. A., Nayigihugu, V., & Hess, B. W. 2004. A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *Journal of Animal Science*, 82:179-183.
- Navidshad, B., & Seifdavati, J. 2009. Effect of dietary levels of a modified meat meal on performance and small intestinal morphology of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 8:5620-5626.
- "New Report: Food Expiration Date Confusion Causing up to 90% of Americans to Waste Food". NRDC. Retrieved 2017-11-30.
- Ng, B.J.H., Mao, Y., Chen, C.L., Rajagopal, R., & Wang, J.Y. 2017. Municipal food waste management in Singapore: practices, challenges and recommendations. *Journal of material cycles and waste management*, 19:560-569.
- Nikmaram, N., Leong, S.Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F.J., Greiner, R., Oey, I. & Roohinejad, S. 2017. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. *Food Control* 79:62-73.
- Ojediran, T. K., Ogunmola, B. T., Ajayi, A. O., Adepoju, M. A., Odelade, K., & Emiola, I. A. 2016. Nutritive value of processed dietary fungi treated *Jatropha curcas* L. kernel meals: voluntary intake, growth, organ weight and hepatic histology of broiler chicks. *Tropical Agriculture*, 93: 101-110.

- Paquette, G., Kupranyecz, D., & Vandevoor, F. 1985. The mechanisms of lipid autoxidation. II. Non volatile secondary products. *Can Inst Food Sci Technol J* 18:197-206.
- Parthasarathy, S., Khoo, J.C., Miller, E., Barnett, J., Witztum, J.L. & Steinberg, D. 1990. Low Density Lipoprotein Rich in Oleic Acid Is Protected against Oxidative modification: Implications for Dietary Prevention of atherosclerosis. *Proceedings of 80 the National Academy of Sciences of the United States of America*, [online] 87(10), pp.3894–3898.
- Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. 2010. Food Waste within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 3065-3081.
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, G.A., Horba'nczuk, J. & Wierzbicka, A. 2018. Bioactive Compounds in Functional Meat Products. *Molecules*, 23:307.
- Pond, W.G. & Maner, J.H. 1984. *Swine Production and Nutrition*, Westport, CT, USA: AVI Publishing Co.
- Rajeh, C., Saoud, I. P., Kharroubi, S., Naalbandian, S., & Abiad, M. G. 2021. Food loss and food waste recovery as animal feed: a systematic review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23:1-17.
- Ramírez-Zúñiga, G., García-Castillo, R.F., Salinas-Chavira, J., Vega, A., Ruiloba, M.H., Hernández-Bustamante, J.D., Valdéz-Oyervides, A. & Fuentes-Rodríguez, J.M. 2014. Effect of feeding dining room and kitchen waste on growth performance of growing pigs. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 17:241–248.
- Ramos, E.M. & Gomide, L.A.M. 2017. *Evaluation of Meat Quality: Fundamentals and Methodologies*, 2th ed. Editora UFV, 473:Viçosa.
- Raza, A., Hussain, J., Hussain, F., Zahra, F., Mehmood, S., Mahmud, A., Amjad, Z.B., Khan, M.T., Asif, M., Ali, U., Bahar I.H. & Nadeem, M. 2019. Vegetable Waste Inclusion in Broiler Diets and its Effect on Growth Performance, Blood Metabolites, Immunity, Meat Mineral Content and Lipid Oxidation Status. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21.



- Renner, M. 1990. Review: factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology* 25:613-630.
- Ridoutt, B. G., Juliano, P., Sanguansri, P. & Sellahewa, J. 2010. The water footprint of food waste: case study of fresh mango in Australia. *Journal of Cleaner Production* 18: 1714-1721.
- Rundberget, T., Skaar, I. & Flåøyen, A. 2004. The presence of *Penicillium* and *Penicillium* mycotoxins in food wastes. *Int. J. Food Microbiol.* 90:181–188.
- Ryu, Y.C., & Kim, B.C. 2005. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat science*, 71:351-357.
- Saki, A.A., Tabatabaie, M.M., Ahamadi, A., Hossenin Sayer, S.A., Mirzayi, S. & Kiani, N. 2006. Nutritive Value, Metabolizable Energy and Viscosity of Kitchen-Waste on Broiler Chicken Performance. *Pak. J. Biol. Sci.* 9:1970–1974.
- Salemdeeb, R., Zu Ermgassen, E. K., Kim, M. H., Balmford, A., & Al-Tabbaa, A. 2017. Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. *Journal of cleaner production*, 140: 871-880.
- Sancho, P., Pinacho, A., Ramos, P. & Tejedor, C. 2004. Microbiological characterization of food residues for animal feeding. *Waste Manag.* 24: 919–926.
- Sani, U.M., Al-Jugifi, W.I., Jaber, B.T., Asker, A.S., Sulaiman, G.B., Khadir, A.A., Adamu, J.L., & Saeed, O.A. 2021. Growth response, nutrient digestibility and carcass characteristics of broiler chickens fed dried kitchen waste meal as a partial replacement for corn. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 761:012094
- Shahryar, H., Ahmadzadeh, A., Nobakht, A. & Lotfi, A. 2012. Possibilities of using biscuit or wafer waste in Broiler chicken diets. *Kafkas Univ. Vet. Fac. Derg.* 18:759–762.
- Sonesson, U., Davis, J., & Ziegler, F. 2010. Food production and emissions of greenhouse gases: an overview of the climate impact of different product groups.
- Song, D. J. & King, A. J. 2015. Effects of Heat Stress on Broiler Meat Quality. *Worlds. Poult. Sci. J.* 71:701-9.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Castel, V., Rosales, M., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Organization of the United Nations.

Stuart, T. 2009. *Waste: Uncovering the global food scandal*. WW Norton & Company.

Sugiura, K., Yamatani, S., Watahara, M. & Onodera, T. 2009. Ecofeed, animal feed produced from recycled food waste. *Vet. Ital.*, 45:397-404.

Taft, A.C., Zirkle, E.W. & Altizio, B.A. 2000. The History and Enforcement of the Swine Health Protection Act. In *Food Waste to Animal Feed*. Westendorf, M.L., (Ed.) Iowa City, IA, USA: Iowa State University Press pp. 51-68.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D. & Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.

United Nations: Department of Economic and Social Affairs Population Division. 2019. *World Population Prospects 2019: Data Booket*. ST/ESA/SER. A/424.

US Environmental Protection Agency. 2017. *Food Recovery Hierarchy*. Retrieved from <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/food-recoveryhierarchy>. Accessed 2017, February 19.

Varman, A.H. & Sutherland, J.P. 1999. Το κρέας και τα προϊόντα του. Εκδόσεις ΙΩΝ και ΣΙΑ, Περιστέρι, Αττική.

Van Oirschot, J.T. 1999. Classical Swine Fever (Hog Cholera). In *Diseases of Swine*, 8th ed.; Mengeling, W.L., (Ed.) Iowa City, IA, USA: Iowa State University Press pp. 159–172.

Voet, D. & Voet, J. 1995. *Biochemistry*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, p.1361.

Walker, P. 2000. Food Residuals: Waste Product, By-Product, or Coproduct. In *Food Waste to Animal Feed*; Westendorf, M.L., (Ed.) Iowa City, IA, USA: Iowa State University Press pp. 17–30.

Westendorf, M. L. 2000. Food Waste as Animal Feed: An Introduction. In *Food Waste to Animal Feed*, edited by M. L. Westendorf, 3-16. Iowa City, IA: Iowa State University Press

Westendorf, M.L. 2000. Food Waste as Swine Feed. In Food Waste to Animal Feed. In Westendorf, M.L. (Ed.). Iowa City, IA, USA: Iowa State University Press, pp. 69–90.

Westendorf, M.L., Pas, E.Z., & Gordon, R. 1996. Feeding food or table waste to livestock. *The Professional Animal Scientist*, 12:129-137.

Whitehead, M.L. & Roberts, V. 2014. Backyard poultry: Legislation, zoonoses and disease prevention. *J. Small Anim. Pract.* 55:487-496.

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I. & Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78:343-358.

Zomeño, C., Gispert, M., Carabús, A., Brun, A., & Font-i-Furnols, M. 2016. Predicting the carcass chemical composition and describing its growth in live pigs of different sexes using computed tomography. *Animal*, 10:172-181.

Zu Ermgassen, E.K., Phalan, B., Green, R.E. & Balmford, A. 2016. Reducing the land use of EU pork production: Where there's swill, there's a way. *Food Policy* 58:35-48.