

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ & ΕΙΔΙΚΗΣ ΖΩΟΤΕΧΝΙΑΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ**

ΦΩΤΙΟΣ ΝΙΚ. ΜΑΝΤΗΣ

Συμβουλευτική Επιτροπή:

Ρογδάκης Ε. Καθηγητής

Δεληγεώργης Στ. Καθηγητής

Μπιζέλης Ι. Αν. Καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2012

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ & ΕΙΔΙΚΗΣ ΖΩΟΤΕΧΝΙΑΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ**

ΦΩΤΙΟΣ ΝΙΚ. ΜΑΝΤΗΣ

Εξεταστική Επιτροπή:

Δεληγεώργης Στ. Καθηγητής

Ζέρβας Γ. Καθηγητής

Μπιζέλης Ι. Αν. Καθηγητής

Ξυλούρη Ε. Αν. Καθηγήτρια

Πολίτης Ι. Καθηγητής

Ραμαντάνης Σ. Καθηγητής

Ρογδάκης Ε. Καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Ειδικής Ζωοτεχνίας του Τμήματος Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την καθοδήγηση του Καθηγητή κ. Ε. Ρογδάκη προς τον οποίο επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου για την ανάθεση εκπόνησης της μελέτης αυτής, την επιστημονική καθοδήγηση και για το συνεχές ενδιαφέρον του κατά την πρόοδο της εργασίας.

Από τη θέση αυτή επιθυμώ επίσης να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Καθηγητή κ. Στ. Δεληγεώργη για τη συνεργασία του, τις σημαντικές υποδείξεις και την πραγματοποίηση της στατιστικής επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων.

Τον Αν. Καθηγητή κ. Ι. Μπιζέλη για τη συνεχή και καθοριστική συμμετοχή του στην συλλογή του υλικού, την επισταμένη και λεπτομερή διόρθωση του κειμένου και τη συνδρομή και φιλική υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Τους Καθηγητές κκ. Γ. Ζέρβα και Ι. Πολίτη και την Αν. Καθηγήτρια κ. Ε. Ξυλούρη για τις παρατηρήσεις και τη βοήθειά τους.

Τις κ. Α. Αγιουτάντη (μέλος Ε.Ε.ΔΙ.Π) και Μ. Χαρισμιάδου και Π. Κατσούλη (Λέκτορες) για την βοήθειά τους και τη φιλοξενία κατά τη διάρκεια της παραμονής μου στο Εργαστήριο.

Τέλος, τον Καθηγητή κ. Σπ. Ραμαντάνη γιατί με τις ιδέες και τις πρωτοβουλίες του υπήρξε η αιτία να ξεκινήσω την εκπόνηση της μελέτης και γιατί με τη συνεργασία του βοήθησε στην ολοκλήρωσή της.

Η πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης θα ήταν αδύνατη χωρίς την πολύτιμη και αφιλοκερδή προσφορά του πειραματικού υλικού από την επιχείρηση Τσικάκης – Γιαννόπουλος ΑΕΒΕ καθώς και τη βοήθεια του προσωπικού του Βιομηχανικού Σφαγείου της επιχείρησης στη Σπάρτη Λακωνίας προς τους οποίους απευθύνονται θερμές ευχαριστίες.

Φώτιος Νικ. Μάντης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A/A	Μελέτη των παραγόντων που επιδρούν στην ποιότητα του χοιρινού κρέατος	Σελίδα
	Περίληψη	1
	Abstract	3
1.	Εισαγωγή	4
2.	Ποιοτικά χαρακτηριστικά στο επίπεδο πεδίου / Παράγοντες που επιδρούν κατά την προ σφαγής περίοδο	7
2.1	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	7
2.2	Υλικά και Μέθοδοι	11
2.2.1	Ζωικό υλικό	11
2.2.2	Μεταχείριση των ζώων	12
2.2.3	Συλλογή και μεταχείριση του πειραματικού υλικού	13
2.2.4	Μέτρηση των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος	14
2.2.4.1	Μέτρηση του pH	14
2.2.4.2	Μέτρηση της απώλειας οπού	15
2.2.4.3	Μέτρηση του χρώματος	16
2.2.4.4	Μέτρηση της δύναμης διατομής	18
2.2.4.5	Μέτρηση της απώλειας βρασμού	19
2.2.4.6	Μέτρηση του μήκους των σαρκομεριδίων	20
2.2.5	Ταυτοποίηση του RYR1 γονοτύπου των χοίρων	20
2.2.6	Στατιστική επεξεργασία	23
2.3	Αποτελέσματα και σχολιασμός	25
2.3.1	Ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος στο επίπεδο πεδίου	25
2.3.1.1	pH	27
2.3.1.2	Απώλεια οπού	31
2.3.1.3	Χρώμα	36
2.3.1.4	Δύναμη διατομής	38
2.3.1.5	Απώλεια βρασμού	39

2.3.1.6	Μήκος σαρκομεριδίων	40
2.3.2	Σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και των χαρακτηριστικών ποιότητας του κρέατος	41
2.3.3	Επίδραση του γονοτύπου	45
2.3.4	Παράγοντες που επιδρούν κατά την προ σφαγής περίοδο	46
2.3.4.1	Επίδραση της μεταφοράς	46
2.3.4.2	Επίδραση της εποχής του έτους	50
2.3.4.3	Επίδραση της ανάπαυσης πριν από τη σφαγή	54
2.3.4.4	Επίδραση του φύλου	58
3.	Επίδραση της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής και της αναισθητοποίησης με διοξείδιο του άνθρακα στην ποιότητα του κρέατος και του σφάγιου και την ευζωία των χοίρων	62
3.1	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	62
3.2	Υλικά και μέθοδοι	66
3.2.1	Ζωικό υλικό	66
3.2.2	Συλλογή και μεταχείριση του πειραματικού υλικού	68
3.3	Στατιστική επεξεργασία	69
3.4	Αποτελέσματα και σχολιασμός	70
3.4.1	Ποιότητα του κρέατος	70
3.4.2	Ποιότητα των σφάγιων	78
3.4.3	Ευζωία των χοίρων	80
4.	Γενικά Συμπεράσματα	84
5.	Βιβλιογραφία	86

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

ΦΩΤΙΟΣ ΝΙΚ. ΜΑΝΤΗΣ

*Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών, Εργαστήριο Γενικής
και Ειδικής Ζωοτεχνίας, Ιερά οδός 75, Αθήνα, 118 55,*

e-mail: jmpiz@aua.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν ο έλεγχος της προ σφαγής μεταχείρισης, της εποχής του έτους, του φύλου και του γονοτύπου (γονίδιο της αλοθάνης) στην ποιότητα του χοιρινού κρέατος και του σφάγιου καθώς και στην ευζωία των χοίρων, σε Ελληνικές συνθήκες παραγωγής. 590 χοίροι διασταυρωμένων φυλών από 9 διαφορετικές εκτροφές εσφάγησαν σε ένα βιομηχανικό σφαγείο κατά τη διάρκεια 15 μηνών. Στον *επιμήκη ραχιαίο μν* μετρήθηκαν το pH₄₅ λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή, οι παράμετροι του χρώματος (CIE L^* , a^* , b^*), η απώλεια οπού, η απώλεια βρασμού, οι τιμές WBSF και το μήκος των σαρκομεριδίων. Από δείγματα αίματος όλων των χοίρων έγινε απομόνωση DNA και υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισης του μεταλλαγμένου αλληλομόρφου (n) του γονιδίου της αλοθάνης με την τεχνική των RFLPs. Οι μακράς διάρκειας μεταφορές αύξησαν το pH₄₅ και pH₂₄ και μείωσαν την απώλεια οπού σε σύγκριση με τις βραχείας διάρκειας. Οι τιμές L^* , a^* , b^* , χροιάς και απώλειας βρασμού ήταν υψηλότερες μετά από βραχείας διάρκειας μεταφορά, το μήκος των σαρκομεριδίων ήταν μεγαλύτερο μετά από βραχεία μεταφορά ενώ δεν διέφεραν οι τιμές της δύναμης διατομής. Το pH₄₅ και το pH₂₄ ήταν χαμηλότερα, η απώλεια οπού και η απώλεια βρασμού ήταν υψηλότερες κατά τις θερμότερες περιόδους, ενώ οι τιμές WBSF δεν επηρεάστηκαν από την εποχή του έτους. Το χρονικό διάστημα ανάπαυσης δεν επηρέασε τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος. Το κρέας των αρσενικών ήταν σκοτεινότερο σε σύγκριση με τους ευνουχισμένους και δεν διέφερε από τους θηλυκούς χοίρους. Η απώλεια οπού, οι τιμές a^* και b^* , η χροιά, ο κορεσμός και η απώλεια βρασμού δεν επηρεάστηκαν από το φύλο των χοίρων. Οι τιμές WBSF ήταν υψηλότερες στους αρσενικούς χοίρους από τους θηλυκούς, ενώ στους ευνουχισμένους δεν διέφερε από τους αρσενικούς και τους θηλυκούς. Το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο (n) του γονιδίου της αλοθάνης ανιχνεύτηκε μόνο στο 2,8 % των χοίρων που μελετήθηκαν. Για τον προσδιορισμό της επίδρασης της μεθόδου αναισθητοποίησης, 80 χοίροι, σε δύο ομάδες των 40 ατόμων / ομάδα εσφάγησαν με ένα από δύο διαφορετικά συστήματα αναισθητοποίησης: με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) (90 %) και με ηλεκτρική αναισθητοποίηση κεφαλής (1,3A για 7 sec σε 50 Hz). Μετρήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω και η συχνότητα των καταγμάτων της σπονδυλικής στήλης και των αιμορραγικών αλλοιώσεων των μυών για την εκτίμηση της ποιότητας των σφάγιων και καταγράφηκαν τα σημεία αναγνώρισης της επιτυχούς αναισθητοποίησης. Δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στις τιμές

των παραμέτρων L^* , a^* , στην απώλεια οπού και στις τιμές WBSF λόγω της μεθόδου αναισθητοποίησης. Η ηλεκτρονάρκωση κεφαλής προκάλεσε χαμηλότερο pH₄₅ λεπτά και υψηλότερο pH₂₄ υψηλότερες τιμές b^* και μεγαλύτερη απώλεια βρασμού σε σχέση με το CO₂. Η ποιότητα του σφάγιου βελτιώθηκε με το CO₂ αφού δεν προκλήθηκαν κατάγματα οστών και αιμορραγίες στους μύς. Όσον αφορά την ευζωία των χοίρων η αναισθητοποίηση με CO₂ ήταν αποτελεσματικότερη από την ηλεκτρονάρκωση στην εγκατάσταση της αναισθησίας.

Λέξεις κλειδιά: χοιρινό κρέας, ποιότητα κρέατος, προ σφαγής μεταχείριση, γονίδιο αλοθάνης, ευζωία, αναισθητοποίηση, ηλεκτρονάρκωση, διοξείδιο του άνθρακα

FACTORS AFFECTING PIG MEAT QUALITY IN GREECE

FOTIOS N. MANTIS

Department of Animal Science and Aquaculture, Laboratory of Animal Husbandry, 75 Iera odos, Athens, GR 118 55, e-mail: jmpiz@aua.gr

Abstract

This study's objectives were to examine the effects of pre – slaughter treatment, time of the year, sex and genotype (*Halothane gene*) on pork meat and carcass quality as well as of animal welfare in Greek commercial conditions. A total of 590 crossbreed pigs from nine different farms, were slaughtered in a commercial slaughter plant over a fifteen month period. *Longissimus dorsi m.* was used for the measurement of muscle pH at 45 min and at 24 h post mortem, meat color parameters (CIE L^* , a^* , b^*), drip loss, cooking loss, WBSF values and sarcomere length. DNA was isolated from blood samples of all the 590 pigs and the frequency of the mutant allele (n) of the Halothane gene appearance was determined with the RFLPs technique. Long transport increased pH_{45} and pH_{24} and decreased drip loss compared to short transport. L^* , a^* , b^* , hue values and cooking loss were higher after short transport, sarcomere length was longer after short transport while WBSF values were not different. pH_{45} and pH_{24} were lower as well as drip loss and cooking loss were higher during the periods with the higher air temperature while WBSF values were not affected by time of the year. Rest time did not affect meat quality characteristics. Pork meat from gilts was darker compared to borrows and it was not different from female pigs. Drip loss, a^* and b^* , hue, saturation and cooking loss were not affected from sex. WBSF values were lower in gilts compared to female animals, while borrows did not differ from gilts and females. The mutant allele (n) of the Halothane gene was present only in 2,8 % of the studied pigs. In order to determine the impact of stunning method, 80 pigs in 2 groups (40 pigs / group) were slaughtered with one of two different stunning systems; carbon dioxide (CO₂) (90 %) and head only (HO) (1,3A for 7 sec at 50 Hz) electrical stunning. The above meat quality characteristics and the incidence of spine fractures and muscle blood splashes, used for the evaluation of carcass quality, were measured and the signs of recognition of successfully stunning were recorded. No differences in L^* , a^* values, drip loss, shear force values were attributed to the stunning method. HO stunning decreased pH_{45} and increased pH_{24} , b^* values and cooking loss compared with CO₂. Carcass quality was improved by CO₂ with no bone fractures and muscle haemorrhages. Taking into consideration the welfare of the animals, CO₂ was more effective in the induction of anesthesia compared with HO stunning.

Keywords: Pork meat, Meat Quality, Halothane Gene, Ante Mortem Handling, Animal Welfare, Stunning, Electrical Stunning, Carbon Dioxide

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), κατά το 2010 παρήχθησαν 22 εκατομμύρια τόνοι χοιρινού κρέατος. Η ποσότητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των βοοειδών (7,9 εκατομμύρια τόνοι), των προβάτων (0,7 εκατομμύρια τόνοι) και των πουλερικών (11,7 εκατομμύρια τόνοι, το 2009). Στην Ελλάδα, το ίδιο έτος παρήχθησαν χοιρινά σφάγια βάρους 114 χιλιάδων τόνων, σφάγια βοοειδών βάρους 58 χιλιάδων τόνων, προβάτων 71 χιλιάδων τόνων, κατσικιών 36 χιλιάδων τόνων και πουλερικών βάρους 178 χιλιάδων τόνων. Η ετήσια κατά κεφαλή κατανάλωση χοιρινού κρέατος στην ΕΕ των 27 κρατών μελών το 2009 ήταν κατά μέσο όρο 37 Kg και η ποσότητα αυτή είναι ισοδύναμη με το σύνολο της κατανάλωσης των υπολοίπων ειδών κρέατος. Η Δανία, η Κύπρος, η Αυστρία και η Γερμανία είναι οι χώρες με τη μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση χοιρινού κρέατος ανά κάτοικο (μεγαλύτερη από 50 Kg), ενώ στην Ελλάδα, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Βουλγαρία η κατανάλωση είναι μικρότερη από 30 Kg (Eurostat, 2011). Μεταξύ των ετών 1995 και 2002 η συνολική επάρκεια κρέατος και των προϊόντων του στην ΕΕ παρουσίασε αύξηση 7 % με αποτέλεσμα το 2002 να παράγεται 6 % περισσότερο κρέας απ' όσο χρειαζόταν για να καλυφθούν οι ανάγκες των 15 τότε κρατών μελών. Από το 2003 η παραγόμενη ποσότητα παρέμεινε σχετικώς σταθερή και μειώθηκε μόνο κατά τα έτη 2008 και 2009, πιθανόν, λόγω της εισοδηματικής και οικονομικής κρίσης που εκδηλώθηκε την ανωτέρω χρονική περίοδο. Όσον αφορά το χοιρινό κρέας, η επάρκειά του, σε αντίθεση με τα άλλα είδη, αυξήθηκε με σταθερό ρυθμό και αποτελεί σήμερα τον πλέον διαθέσιμο τύπο κρέατος (Eurostat, 2006, 2011).

Μετά την κάλυψη των ποσοτικών αναγκών, στην αυξημένη ζήτηση για χοιρινό κρέας προστέθηκαν νέες απαιτήσεις των καταναλωτών ως προς την υγιεινότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του και οι οποίες διαμόρφωσαν το σύγχρονο πλαίσιο παραγωγής. Η σημαντικότερη αλλαγή των τελευταίων δεκαετιών προήλθε από την απαίτηση για άπαχο κρέας, η οποία οδήγησε την έρευνα και τους παραγωγούς από την ποσοτική κρεοπαραγωγή σε παραγωγή σφάγιων με μεγαλύτερη αναλογία καθαρού κρέατος. Σήμερα, έχει επιτευχθεί σχετική ισορροπία μεταξύ ποσότητας και ποιότητας και οι κατευθύνσεις της βιομηχανίας κρέατος καθορίζονται από τις καταναλωτικές τάσεις (Barbut και συν. 2008).

Στην Ελλάδα, όπως και στα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ, ένα σημαντικό τμήμα του καταναλωτικού κοινού λαμβάνει υπόψη του την ευζωία και την προστασία των ζώων κατά την αγορά κρέατος. Έτσι, στην πρόθεση αγοράς, ο καταναλωτής συνυπολογίζει τις φιλικές για τα ζώα συνθήκες μεταχείρισης με την υγιεινότητα και την ποιότητα του κρέατος και αποδέχεται σχετική αύξηση του κόστους παραγωγής του εάν αυτή συνδέεται με υψηλότερα επίπεδα προστασίας των ζώων (Special Eurobarometer,

229/2005, 270/2007). Άλλωστε, στο Πρωτόκολλο για την προστασία και την καλή διαβίωση των ζώων, το οποίο προσαρτάται στη Συνθήκη περί ιδρύσεως της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της Συνθήκης του Άμστερνταμ, τα ζώα ορίζονται ως αισθανόμενες οντότητες (*sentient beings*) και τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν πλήρως υπόψη τις ανάγκες της καλής διαβίωσής τους (Treaty of Amsterdam, 1997). Προς επίρρωση των ανωτέρω, το Συμβούλιο της ΕΕ έχει κυρώσει, μεταξύ των άλλων, τον Κανονισμό (ΕΚ) 1/2005, για την προστασία των ζώων κατά τη μεταφορά και τον Κανονισμό (ΕΚ) 1099/2009, για την προστασία των ζώων κατά τη θανάτωσή τους (Council Regulations, 2005, 2009). Η παραπάνω θέση των κρατών μελών αντανακλά τα ηθικά διλήματα που διατυπώνονται από μεγάλο μέρος των πολιτών της ΕΕ για τη σχέση μεταξύ ποιότητας ζωής των ζώων προς παραγωγή τροφίμων και βελτίωσης των παραγωγικών τους αποδόσεων (Scawah, 2002).

Όμως και η βιομηχανία κρέατος έχει πλέον αποδεχθεί ότι υψηλή ποιότητα κρέατος και η συνεπαγόμενη αύξηση του κέρδους μπορεί να επιτευχθούν μόνο με τη σωστή μεταχείριση των σφάγιων ζώων. Εκτός από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (υγιεινότητα, τρυφερότητα, γεύση, χρώμα) που επηρεάζουν την αποδοχή του χοιρινού κρέατος από τους καταναλωτές και οι τεχνολογικές του ιδιότητες όπως το pH, η ικανότητα συγκράτησης ύδατος, η κατάσταση των πρωτεϊνών και της δομή των ιστών επηρεάζονται από τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν την ευζωία των χοίρων.

Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε μακροχρόνιους όπως ο γονότυπος, η διατροφή, το σύστημα εκτροφής και γενικότερα η διαχείριση του ζωικού κεφαλαίου, σε βραχυχρόνιους που επιδρούν κατά τις τελευταίες 24 ώρες της ζωής των ζώων, όπως η μεταφορά τους από τις εκτροφές στο σφαγείο και η διαδικασία της σφαγής και τέλος σ' αυτούς που επιδρούν στο κρέας των σφάγιων κατά την επεξεργασία και περαιτέρω ψύξη. Ιδιαίτερα, κατά τη μικρή χρονική περίοδο περί τη σφαγή, τα ζώα υποβάλλονται σε πολλές αιφνίδιες και έντονες μεταβολές περιβάλλοντος και μεταχείρισης. Οι μεταβολές αυτές αποτελούν φυσιολογικά και ψυχολογικά εντασιογόνα ερεθίσματα, τα οποία προκαλούν στα ζώα φόβο, δυσφορία, πόνο, φυσική καταπόνηση και τραυματισμούς και επηρεάζουν την ποιότητα του κρέατος και του σφάγιου. Η ανεπαρκής προετοιμασία των χοίρων προς μεταφορά (νηστεία), η χρησιμοποίηση ακατάλληλων συστημάτων μεταχείρισης σε όλα τα στάδια πριν από τη σφαγή (οχήματα μεταφοράς, χρήση συσκευών ηλεκτρικού ρεύματος για την οδήγηση των ζώων), οι συνθήκες και η διάρκεια ανάπαυσης στο σφαγείο και η μη αποτελεσματική αναισθητοποίηση, μόνα τους ή σε συνδυασμό, προκαλούν βλάβες στα σφάγια και εμφάνιση ποιοτικών αποκλίσεων του κρέατος.

Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα, σε αντίθεση με το πλήθος των στοιχείων που προκύπτουν από τον έλεγχο της ξένης βιβλιογραφίας, δεν έχει γίνει καταγραφή των εν λόγω παραγόντων και της επίδρασής τους στην ποιότητα του κρέατος σε Ελληνικές

συνθήκες παραγωγής και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία σχετικά με τη συχνότητα εμφάνισης των ποιοτικών αποκλίσεων του χοιρινού κρέατος.

Λόγω της έλλειψης των παραπάνω στοιχείων πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Σκοπός της ήταν η εκτίμηση της ποιότητας του χοιρινού κρέατος σε Ελληνικές συνθήκες παραγωγής, ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών της ποιότητας, μεταξύ της ποιότητας του κρέατος και των ιδιοτήτων των σφάγιων και τελικά η διερεύνηση της επίδρασης των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του χοιρινού κρέατος.

Η μελέτη περιελάμβανε δύο μέρη. Ο σχεδιασμός του πρώτου μέρους προέβλεπε τη μέτρηση της επίδρασης 5 παραγόντων (μεταφορά, ανάπαυση, κλιματολογικές συνθήκες ανά εποχή τους έτους, φύλο και γονότυπος) σε 6 χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος (pH, απώλεια οπού, απώλεια βρασμού, χρώμα, σκληρότητα και μήκος σαρκομεριδίων των μυϊκών ινών του επιμήκους ραχιαίου μυός). Στο δεύτερο μέρος της μελέτης μετρήθηκε η επίδραση της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής και της αναισθητοποίησης με διοξείδιο του άνθρακα στα παραπάνω χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος, στην ποιότητα των σφάγιων και στην ευζωία των χοίρων. Οι μετρήσεις για το πρώτο μέρος της μελέτης καθορίστηκε να διαρκέσουν 15 μήνες. Η συλλογή και η αρχική επεξεργασία του πειραματικού υλικού πραγματοποιήθηκε σε ένα βιομηχανικό σφαγείο από ένα τυχαιοποιημένο δείγμα ζώων. Στο δεύτερο μέρος της μελέτης η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης μετρήθηκε σε δυο ομοιόμορφες ομάδες χοίρων, προερχομένων από την ίδια εκτροφή που εσφάγησαν στο παραπάνω σφαγείο σε δύο διαφορετικές ημέρες, την ίδια εποχή του έτους και με όμοιες τις υπόλοιπες συνθήκες μεταχείρισης. Οι περαιτέρω μετρήσεις των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος, η γονοτύπιση των χοίρων και η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Γενικής και Ειδικής Ζωοτεχνίας του Τμήματος Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να οδηγήσουν, με τον έλεγχο των παραγόντων που προαναφέρθηκαν, στη μείωση της εμφάνισης και της έντασης ορισμένων ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών και κατ' επέκταση στην αναβάθμιση της τεχνολογικής ποιότητας του κρέατος και της αποδοχής του από τους καταναλωτές.

2. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΕΔΙΟΥ / ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟ ΣΦΑΓΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟ

2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Ως ποιότητα αναφοράς του χοιρινού κρέατος που λαμβάνεται 24 ώρες μετά τη σφαγή, χρησιμοποιείται το κρέας με υποέρυθρο λαμπερό χρώμα, συνεκτική υφή και καλή ικανότητα συγκράτησης ύδατος.

Αρκετά συχνά, η ποιότητα του κρέατος επηρεάζεται αρνητικά από τις αλλαγές που προκαλούνται στη δομή του μυϊκού ιστού από το μεταθανάτιο γλυκολυτικό μεταβολισμό των μυών. Ειδικότερα, ο ρυθμός και η έκταση της γλυκόλυσης στις μυϊκές ίνες μετά το θάνατο (Scopes, 1974, Lister, 1978) σε συνδυασμό με τη ψύξη των σφάγιων (Honikel και συν. 1986) επιδρούν στη δημιουργία των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του κρέατος και στην εμφάνιση των αποκλίσεων της ποιότητας. Οι αποκλίσεις της ποιότητας του χοιρινού κρέατος είναι το PSE κρέας (*Pale, Soft, Exudative*, Ωχρό, Μαλακό και Εξιδρωματικό ή Υδαρές), το DFD κρέας (*Dark, Firm, Dry*, Σκοτεινό, Συμπαγές και Στεγνό) και το «όξινο κρέας» (κρέας τύπου *Hampshire*). Το υπόλοιπο ποσοστό του χοιρινού κρέατος, το οποίο παραδοσιακά χαρακτηριζόταν ως “κανονικό”, ταξινομείται πλέον σε τρεις κατηγορίες: στο RFN (*Reddish Pink, Firm, Non Exudative*, Υποέρυθρο, Συμπαγές, Μη Υδαρές) που θεωρείται ως το «ιδανικό» κρέας και στις κατηγορίες RSE (*Reddish Pink, Soft, Exudative*) και PFN (*Pale, Firm, Non Exudative*) οι οποίες πιθανόν αποτελούν ήπιες εκδηλώσεις του PSE (Kauffman και συν. 1993, Warner και συν. 1997, Joo και συν. 1999).

Κατά την παραγωγή του RFN κρέατος η γλυκόλυση εξελίσσεται αργά, με ταχύτερο ρυθμό κατά την αρχική μεταθανάτιο περίοδο, σταδιακά στη συνέχεια και ολοκληρώνεται σε 6 έως 12 ή και περισσότερες ώρες, με αποτέλεσμα τη πτώση του pH του μυϊκού ιστού από 7,0 – 7,2 στο ζωντανό μυ σε μια τελική τιμή 5,5 – 5,8 ($pH_{\text{τελ}}$ ή pH_{24}) 24 ώρες μετά το θάνατο του ζώου (Asghar και Pearson, 1980).

Η δημιουργία του PSE κρέατος είναι επακόλουθο του αυξημένου ρυθμού της μεταθανάτιας γλυκόλυσης στις μυϊκές ίνες, με αποτέλεσμα το pH του μυϊκού ιστού να κατέρχεται σε τιμές μικρότερες από 5,8 σε λιγότερο από μια ώρα μετά τη σφαγή ($pH_{\text{αρχ}}$ ή pH_{45}), όταν στο κανονικό κρέας, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, η τιμή του pH είναι μεγαλύτερη από 6,0. Η ταχεία πτώση του pH σε συνδυασμό με την ακόμα υψηλή θερμοκρασία των μυών είναι υπεύθυνη για τις μεταβολές που προκαλούνται στις μυοϊνδιακές πρωτεΐνες και στη δομή της μυϊκής ίνας (Honikel και Kim, 1986, Schwägele και συν. 1996 α, β, Warner και συν. 1997, Bowker και συν. 2000, Ryu και

Kim, 2006), οι οποίες οδηγούν στη δημιουργία των ανεπιθύμητων ιδιοτήτων του κρέατος (ωχρός χρωματισμός που κατά τη περαιτέρω συντήρηση του κρέατος αποκτά γκρι χροιά, μαλακή υφή, μεγάλη απώλεια οπού, αυξημένη απώλεια βρασμού κατά το μαγείρεμα και ελαττωμένη τρυφερότητα).

Στο DFD κρέας, τα αποθέματα του γλυκογόνου στους μυς έχουν καταναλωθεί σε σημαντικό βαθμό κατά την περίοδο πριν από τη σφαγή με συνέπεια η γλυκόλυση να είναι βραδεία και ατελής και το τελικό pH (pH_{24}) του μυϊκού ιστού να παραμένει υψηλό, μεγαλύτερο από 6,0 - 6,2. Η υψηλή τιμή του pH πολύ πάνω από το ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών και η αδυναμία οξίνισης του κρέατος έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη συγκράτηση του νερού του μύος μέσα στις ίνες, το σκοτεινό χρώμα και τη συμπαγή δομή (Honikel και Fischer, 1977, Hoffman, 1988).

Η δημιουργία του «όξινου» κρέατος παρατηρείται στη φυλή Hampshire και οφείλεται στο υψηλό γλυκολυτικό δυναμικό των μυών λόγω της παρουσίας του μεταλλαγμένου αλληλομόρφου RN^- του γονιδίου RN (*Rendement Napole*) (Monin και Sellier, 1985, Monin, 1995, Lundström και συν. 1996) που προκαλεί τη μεγάλη πτώση του pH ($\text{pH}_{24} < 5,5$), τη μείωση της έντασης του χρώματος του νωπού κρέατος και τη μειωμένη τεχνολογική απόδοση στο βραστό χοιρομήριο.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του χοιρινού κρέατος είναι οι ίδιοι με αυτούς που επιδρούν στο μεταθανάτιο ενεργειακό μεταβολισμό των μυών. Ο ρυθμός της μεταθανάτιας γλυκόλυσης επηρεάζεται τόσο από τη γενετική ευαισθησία, κυρίως των υπιπαραγωγών φυλών στα εντασιογόνα ερεθίσματα, όσο και από τη φυσιολογική κατάσταση των μυών κατά τη χρονική στιγμή της σφαγής και συνεπώς τη δυνατότητά τους να συνεχίσουν να παράγουν ενέργεια μετά το θάνατο (Bertram και συν. 2002, Henckel και συν. 2002, Scheffler και Gerrard, 2007). Κατά τη μικρή χρονική περίοδο, συνήθως μικρότερη από 24 ώρες, της μεταφοράς τους από την εκτροφή στο σφαγείο και τη σφαγή τους, τα ζώα υποβάλλονται σε πολλές ταχείς και έντονες μεταβολές περιβάλλοντος και μεταχείρισης. Οι μεταβολές αυτές αποτελούν φυσικούς και ψυχολογικούς στρεσογόνους παράγοντες, οι οποίοι προκαλούν στον οργανισμό ιδιαίτερες αντιδράσεις συμπεριφοράς (Gregory, 1998) και διάφορες νευροχημικές και ενδοκρινικές αντιδράσεις (Stott, 1981, Ρογδάκης, 1983, Manteca, 1998) με σκοπό την προσαρμογή του στο διαφορετικό περιβάλλον. Οι αντιδράσεις αυτές με τη σειρά τους ενεργοποιούν την έκκριση κατεχολαμινών με αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων του γλυκογόνου, της φωσφοκρεατίνης και της τριφωσφορικής αδενοσίνης (Stöier και συν. 2001, Schäfer, και συν. 2002), την αύξηση της θερμοκρασίας των μυών (Brown και συν. 1998, van der Wal και συν. 1999) και την ταχεία πτώση του pH κατά τα αρχικά στάδια της μεταθανάτιας περιόδου. Το τελικό pH εξαρτάται από τα αποθέματα γλυκογόνου κατά το χρόνο σφαγής (Henckel και συν. 2002, Schäfer και συν. 2002).

Η συχνότητα εμφάνισης του PSE κρέατος είναι μεγάλη σε χοίρους με γενετική προδιάθεση στο PSS σύνδρομο (*Porcine Stress Syndrome*). Το PSS είναι μια παθολογική

κατάσταση κατά την οποία η σύσπαση των μυών, η αύξηση του μεταβολικού ρυθμού και της θερμοκρασίας του σώματος διεγείρονται από το αναισθητικό αέριο αλοθάνιο ή τη δράση ποικίλων στρεσογόνων παραγόντων που προκαλούν καταπόνηση (Mitchell και Heffron, 1982, Mc Lougflin, 1985). Υπεύθυνο για την ευαισθησία στο αλοθάνιο είναι ένα κύριο γονίδιο, το Hal που βρίσκεται στο χρωμόσωμα 6 και κωδικοποιεί τους υποδοχείς της ρυανοδίνης (*RYR-1*). Οι υποδοχείς αυτοί βρίσκονται στις τελικές δεξαμενές του σαρκοπλασματικού δικτύου των μυϊκών ινών και είναι το κύριο κανάλι απελευθέρωσης Ca^{2+} στο σαρκόπλασμα. Το γονίδιο εμφανίζεται με δύο αλληλόμορφα, το φυσιολογικό κυρίαρχο N και το υποτελές μεταλλαγμένο αλληλόμορφο n, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ευαισθησία στο αλοθάνιο (Fujii και συν. 1991, Honde και συν. 2001). Το αλληλόμορφο n φαίνεται ότι είναι συνέπεια της επιλογής προς όφελος της μυϊκής ανάπτυξης. Οι χοίροι με Halⁿⁿ και Hal^{Nn} γονοτύπους έχουν αυξημένη μυϊκή ανάπτυξη και μεγαλύτερο ποσοστό άπαχου κρέατος είναι όμως επιρρεπείς στη παραγωγή κρέατος κατώτερης ποιότητας. Η διαταραχή της ομοιοστασίας των Ca^{2+} προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος και ανεξέλεγκτες συσπάσεις του μυϊκού συστήματος (αντιδράσεις κακοήθους υπερθερμίας) επιταχυνόμενο μεταθανάτιο μεταβολισμό και εκδήλωση του PSS συνδρόμου (Mickelson και συν. 1996, Küchenmeister και συν. 1999, Louis και συν. 2001). Η αυξημένη σε σχέση με τα ανθεκτικά ζώα μεταθανάτια μεταβολική δραστηριότητα οδηγεί σε χαμηλές τιμές pH₄₅, ενώ η θερμοκρασία του σφάγιου είναι ακόμη υψηλή και στην παραγωγή κρέατος κατώτερης ποιότητας (De Smet και συν. 1995, Leach και συν. 1996, Fisher και συν. 2000, Küchenmeister και συν. 2000, Lengerken και συν. 2002).

Το PSE κρέας όμως μπορεί να εμφανισθεί και σε (NN) πληθυσμούς χοίρων. Οι Barbut και συν. (2008) αναφέρουν ότι το γονίδιο της αλοθάνης ευθύνεται μόνο για το 25 έως 35 % του PSE κρέατος που παράγεται διεθνώς στα βιομηχανικά σφαγεία. Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται στη δράση όλων εκείνων των στρεσογόνων παραγόντων που επιδρούν κατά την προετοιμασία των ζώων στις εκτροφές, τη χρονική περίοδο της μεταφοράς τους στο σφαγείο και περί τη σφαγή (Van der Wal και συν. 1997, Honkavaara, 1998, Gispert και συν. 2000).

Κατά κανόνα, στις σύγχρονες χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις οι χοίροι υποβάλλονται σε μία χρονική περίοδο νηστείας πριν από τη σφαγή, ενώ η πρόσβαση σε πόσιμο νερό είναι ελεύθερη έως τη φόρτωσή τους στα οχήματα μεταφοράς. Η νηστεία είναι το σημαντικότερο στάδιο της προετοιμασίας των χοίρων πριν από τη μεταφορά τους διότι μειώνει το stress της πέψης, το οποίο είναι συνδεδεμένο με την επιβάρυνση του κυκλοφορικού συστήματος και την πιθανή πρόκληση ναυτίας, μειώνει τη συχνότητα θανάτων κατά τη μεταφορά και περιορίζει την απέκκριση και τη διασπορά παθογόνων μικροοργανισμών από ζώα φορείς μέσω των κοπράνων στα άλλα μεταφερόμενα ζώα και μέσω της εξόδου περιεχομένου του πεπτικού σωλήνα κατά τον εκσπλαχισμό στο κρέας των σφάγιων και στο περιβάλλον του σφαγείου (Eikelenboom και συν. 1991, Faucitano,

2000, Faucitano και συν. 2010). Μικρή χρονική περίοδος νηστείας ενισχύει την επίδραση των στρεσογόνων παραγόντων, αυξάνει τους θανάτους κατά τη μεταφορά και ευνοεί την παραγωγή PSE κρέατος (Troeger, 1998). Η συχνότητα εμφάνισης του PSE κρέατος μειώνεται με νηστεία 16 - 24 ωρών, ενώ συγχρόνως ελαχιστοποιούνται οι απώλειες στην απόδοση των σφάγιων (Eikelenboom και συν. 1991). Η παρατεταμένη διάρκεια νηστείας προκαλεί μείωση του μυϊκού γλυκογόνου και οδηγεί στην παραγωγή κρέατος με υψηλότερο τελικό pH, σκοτεινότερο χρώμα, μείωση της απώλειας οπού και αύξηση της τρυφερότητας (Eikelenboom και συν. 1991, Starten και συν. 2010). Ωστόσο, σε συνδυασμό με μια μεγάλης διάρκειας μεταφορά ή ανάπαυση των ζώων στο σφαγείο, είναι πιθανόν να προκαλεί αύξηση της συχνότητας εμφάνισης του DFD-κρέατος (Fischer και συν. 1986).

Οι συνθήκες φόρτωσης των χοίρων στο όχημα μεταφοράς θεωρούνται ως το πλέον κρίσιμο στάδιο της μεταφοράς, λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασης ανθρώπου και ζώου και της αλλαγής του περιβάλλοντος διαβίωσης. Η κίνηση των ζώων προς στο μεταφορικό μέσο είναι συνδεδεμένη με ισχυρή φυσική δραστηριότητα λόγω της αναγκαστικής κίνησής τους σε διαδρόμους ή κεκλιμένες ράμπες και προκαλεί νευρικότητα και δυσκολία στη μεταχείρισή τους (Gregory, 1998, Faucitano, 2000). Για το λόγο αυτό η διάρκεια φόρτωσης πρέπει να είναι το δυνατόν συντομότερη. Ως γενικός κανόνας ισχύει ότι η φόρτωση 100 χοίρων πρέπει να ολοκληρώνεται εντός χρονικού διαστήματος μικρότερου των 30 λεπτών (Chevillon, 2000). Συχνά, οι χοίροι αναμιγνύονται πριν από τη φόρτωση για να δημιουργηθούν ομάδες ομοιόμορφου ζώντος βάρους και να προσαρμοσθεί το μέγεθος της ομάδος σε αυτό του διαμερίσματος του φορτηγού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τραυματισμούς λόγω της αυξημένης επιθετικότητας μεταξύ τους (Gregory, 1998) και ποιοτικές αποκλίσεις του κρέατος (Warriss και Brown 1985, Warriss, 1996α).

Για τη βελτίωση των συνθηκών της μεταφοράς, τα οχήματα πρέπει να είναι ειδικού τύπου και να έχουν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές. Οι κύριες απαιτήσεις είναι ότι πρέπει να είναι φορτηγά με δύο ή τρία επίπεδα φόρτωσης τα οποία χωρίζονται σε διαμερίσματα που κινούνται με υδραυλική κίνηση. Ο χώρος φόρτωσης πρέπει να διαθέτει θερμομονωμένο δάπεδο, οροφή και πλευρικά τοιχώματα με λείες εσωτερικές επιφάνειες, έτσι ώστε τα ζώα να προφυλάσσονται από τις αντίξοες μετεωρολογικές συνθήκες και να μην τραυματίζονται κατά το ταξίδι (Scahaw, 2002). Στους χοίρους υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της πυκνότητας φόρτωσης, του stress και της εμφάνισης των ποιοτικών αποκλίσεων του κρέατος (Schütte και συν. 1994, Warriss, 1998, Troeger, 1998). Η ιδανική πυκνότητα φόρτωσης είναι 0,45 m²/100 Kg ή 2,5 χοίροι / m², διότι προσφέρει κατά τι μεγαλύτερη επιφάνεια από την απαιτούμενη για στερνική κατάκλιση και εξασφαλίζεται ικανοποιητικός χώρος για ανάπαυση με αποτέλεσμα τα ζώα να μην καταπονούνται κατά τη μεταφορά τους (Warriss, 1998).

Η διάρκεια και η απόσταση μεταφοράς θεωρούνται ως ιδιαίτερος έντονοι παράγοντες καταπόνησης. Όμως, εάν τηρηθούν τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα είναι δυνατόν η όλη μεταφορά να εκτελεσθεί κατά τρόπο μη επιβαρυντικό για τα ζώα. Επομένως, οι συνθήκες είναι περισσότερο αποφασιστικές για την πρόκληση stress απ' ό,τι η διάρκεια της μεταφοράς. Βελτιώνοντας τις συνθήκες μειώνεται το stress. Ομοίως, η απόσταση μεταφοράς αποτελεί μικρότερης σημασίας παράγοντα απ' ό,τι η διάρκεια εφόσον η μεταφορά είναι ομαλή (Fischer, 1994, Troeger, 1998, Faucitano, 2000, Gispert και συν. 2000, Pérez και συν. 2002). Μετά την άφιξή τους στο σφαγείο οι χοίροι πρέπει να εκφορτώνονται χωρίς καθυστέρηση. Αποδεκτός χρόνος αναμονής προς εκφόρτωση μετά την άφιξη στο σφαγείο είναι περίπου 30 λεπτά (Grandin, 2002).

Η ανάνηψη των ζώων από το stress της μεταφοράς επιτυγχάνεται με το σταυλισμό τους στους χώρους ανάπαυσης του σφαγείου. Γενικώς, σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και ύστερα από ήρεμη μεταφορά, διάρκεια ανάπαυσης 2-4 ωρών είναι επαρκής για την μείωση της PSE απόκλισης (Fischer, 1994, Troeger και συν. 1998, Faucitano, 2000). Έπειτα από αυτό το χρονικό διάστημα παρουσιάζεται στους χώρους σταβλισμού μία αύξηση της φυσικής δραστηριότητας των ζώων με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού του PSE κρέατος αντί της περαιτέρω μείωσής του (Fischer, 1994), ενώ όσο αυξάνεται το χρονικό διάστημα του σταβλισμού (3-9 ώρες) αυξάνεται συγχρόνως η συχνότητα της DFD απόκλισης. Ανάπαυση μεγαλύτερη από 9 ώρες μειώνει τη συχνότητα του PSE κρέατος, αλλά αυξάνει το ποσοστό της DFD απόκλισης, λόγω της μείωσης του μυϊκού γλυκογόνου (Gispert και συν. 2000).

Οι μετεωρολογικές συνθήκες επιδρούν στη φυσιολογική κατάσταση του ζώου κατά την έναρξη της μεταφοράς, επηρεάζουν τη στρεσσική του επιβάρυνση κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και το βαθμό ανάνηψης από το stress της μεταφοράς κατά την περίοδο ανάπαυσης στο σφαγείο. Καμία μεταφορά δεν πρέπει να εκτελείται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από -20 και υψηλότερες από 30 °C (Troeger, 1998).

2.2 Υλικά και Μέθοδοι

2.2.1 Ζωικό υλικό

Για την πραγματοποίηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 590 χοίροι, προερχόμενοι από 9 διαφορετικές εκτροφές πάχυνσης χοίρων, διαφόρων περιοχών της Ελλάδας. Όλα τα ζώα μεταφέρθηκαν από τις εκτροφές σε Βιομηχανικό Σφαγείο της περιοχής Αμύκλες, της Σπάρτης Λακωνίας. Η μεταφορά τους έγινε από τον ίδιο οδηγό, με τα ίδια οχήματα και με παρόμοια πυκνότητα φόρτωσης. Η σφαγή τους έγινε από τα ίδια πάντα άτομα, τις ίδιες περίπου πρωινές ώρες.

Κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2005 έως Απρίλιος 2006, μεταφέρθηκαν στο συγκεκριμένο σφαγείο, σε 26 μεταφορές, συνολικά 2596 χοίροι. Ο μέσος αριθμός ζώων κάθε μεταφοράς ήταν 100, με μικρότερο αριθμό τα 25 ζώα και μεγαλύτερο τα 140. Τις δυο πρώτες εβδομάδες κάθε μήνα, μια ημέρα εργασίας, επιλέχτηκαν τυχαία 40 ζώα από τη γραμμή σφαγής. Τα σφάγια των ζώων αυτών (n = 590) χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων και τη συλλογή του πειραματικού υλικού. 473 χοίροι ήταν Large White, 58 Landrace, 39 Pietrain, 4 Duroc και οι υπόλοιποι ήταν διασταυρωμένων φυλών. Όσον αφορά το φύλο, 267 ζώα (45,3 %) ήταν θηλυκά, 61 (10,3 %) αρσενικά και 262 (44,4 %) ευνουχισμένα. Δεν υπήρχε ουσιώδης διαφορά μεταξύ τους, όσον αφορά τις μεθόδους διατροφής και εκτροφής.

2.2.2 Μεταχείριση των ζώων

Οι χοίροι υποβάλλονταν σε χρονική περίοδο νηστείας διάρκειας περίπου 18-20 ωρών. Για τη μεταφορά τους στο σφαγείο χρησιμοποιήθηκαν δύο οχήματα. Ένα μεγάλο φορτηγό, με διαστάσεις του χώρου φόρτωσης των ζώων 9,90x2,30 m, τριών επιπέδων, με δύο ίσα διαμερίσματα σε κάθε επίπεδο και ένα μικρό φορτηγό διαστάσεων 5x2,30 m, δύο επιπέδων, με δύο διαμερίσματα σε κάθε επίπεδο. Η κατακόρυφη κίνηση των επιπέδων για τη φόρτωση και εκφόρτωση των ζώων γινόταν υδραυλικά. Ο αερισμός των διαμερισμάτων ήταν φυσικός, με ανοίγματα στα μπροστινά και πλαϊνά τοιχώματα του χώρου φόρτωσης. Η πυκνότητα φόρτωσης ήταν 0,43 έως 0,50 m² / ζώο.

Η χρονική διάρκεια των μεταφορών κυμάνθηκε από 10 λεπτά έως 7 ώρες, ανάλογα με την απόσταση των εκτροφών από το σφαγείο. Στην Ελλάδα, τα χρονικά αυτά διαστήματα αντιπροσωπεύουν τη συνήθη διάρκεια των μεταφορών από τις εκτροφές στα σφαγεία. Ένας υπερβολικά μεγάλος χρόνος, περίπου 14 ώρες, καταγράφηκε στις 07/12/2005 λόγω βλάβης του φορτηγού. Όσον αφορά τις μετεωρολογικές συνθήκες, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία περιβάλλοντος κυμάνθηκαν από 0 έως 36 °C και 34 έως 61 % αντίστοιχα.

Μετά την άφιξη των ζώων γινόταν, χωρίς καθυστέρηση, η εκφόρτωσή τους διαμέσου μιας οριζόντιας πλατφόρμας των φορτηγών στην ειδική ράμπα εκφόρτωσης του σφαγείου. Η εκφόρτωση γινόταν με την μικρότερη δυνατή παρέμβαση του προσωπικού και περιορισμένη χρήση συσκευών που παράγουν ηλεκτρικές εκκενώσεις ή με τη βοήθεια φύλλων από αφρολέξ. Η διάρκεια εκφόρτωσης κυμαινόταν από 15 έως 30 λεπτά. Στο σύνολο όλων των χοίρων που μεταφέρθηκαν, δεν καταγράφηκε κανένας θάνατος, ενώ 5 ζώα εμφάνισαν κατάγματα των άκρων. Στη συνέχεια ακολουθούσε η οδήγησή τους στα κελιά ανάπαυσης. Οι διαστάσεις των κελιών αυτών ήταν 4 x 4,5 m. Τηρήθηκε ομοιογένεια, όσον αφορά την προέλευση των ζώων και την πυκνότητά τους (24-27 ζώα / κελί). Υπήρχε διαθέσιμο πόσιμο νερό από αυτόματες ποτίστρες και όταν

η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν μεγαλύτερη από 25 °C, γινόταν καταιονισμός των ζώων με νερό. Η θερμοκρασία και σχετική υγρασία στα κελιά ανάπαυσης, κυμάνθηκε από 0 έως 36 °C και <70 % αντίστοιχα. Η διάρκεια παραμονής των χοίρων στους χώρους ανάπαυσης, πριν από τη σφαγή τους, κυμάνθηκε από 1,5 έως 12 ώρες.

Για την αναισθητοποίηση των ζώων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αντιστρεπτής αναισθητοποίησης με χειροκίνητη ηλεκτρονάρκωση κεφαλής. Τα ζώα οδηγούνταν σε σειρά από τα κελιά ανάπαυσης στο σημείο αναισθητοποίησης μέσω ενός μεταλλικού τούνελ που είχε 15° κλίση. Στον ειδικό κλωβό αναισθητοποίησης, γινόταν ατομική συγκράτηση και εφαρμογή των ηλεκτροδίων στο κεφάλι κάθε ζώου. Διαμέσου των ηλεκτροδίων αυτών, διοχετευόταν στον εγκέφαλο του ζώου ηλεκτρικό ρεύμα με τάση 230Volts, συχνότητα 50Hz για χρονικό διάστημα 7 δευτερολέπτων. Η ένταση του ρεύματος είχε ρυθμιστεί 1,2 – 1,3 Amps. Ο χρόνος παροχής του ρεύματος και η διακοπή γινόταν αυτόματα. Τα αναισθητοποιημένα ζώα απορρίπτονταν σε οριζόντιο διάδρομο πρόωθησης από κυλιόμενες μεταλλικές δοκούς. Ακολουθούσε άμεση αποκοπή, με θωρακική πλήξη, των αγγείων και η οριζόντια αφαίμαξη των ζώων (**εικόνες 3.1α, β και 3.3**). Μετά τη σφαγή των ζώων γινόταν η επεξεργασία των σφάγιων. Η επεξεργασία αυτή περιλάμβανε, ζεμάτισμα των σφάγιων για 5 λεπτά σε δεξαμενή νερού θερμοκρασίας περίπου 63 °C, αφαίρεση του τριχώματός τους με τη βοήθεια περιστρεφόμενων πλαστικών πετυργίων και φλογισμό, πλύσιμο, εκσπλαχνισμό, διχοτόμηση στα δύο ημιμόρια, ζύγιση και τελικό πλύσιμο πριν από την είσοδό τους στα ψυγεία. Η συνολική διάρκεια της διαδικασίας σφαγής ήταν περίπου 20 λεπτά.

2.2.3 Συλλογή και μεταχείριση του πειραματικού υλικού

Κατά τη σφαγή, γινόταν η καταγραφή του φύλου των χοίρων και η συλλογή των δειγμάτων αίματος. Το ζύγισμα και η καταγραφή του βάρους των σφάγιων γινόταν στο τέλος της γραμμής σφαγής. Όλες οι μετρήσεις και η συλλογή των δειγμάτων κρέατος έγιναν στο αριστερό ημιμόριο των σφάγιων, στο τμήμα του επιμήκου ραχιαίου μυός που περιλαμβάνεται μεταξύ των τριών τελευταίων πλευρών (Van Moeseke και De Smet, 1999, Hansen, και συν. 2004). Σε χρόνο 45±1 λεπτά από τη σφαγή, μετριόταν η αρχική τιμή του pH (pH₄₅) και η θερμοκρασία του κρέατος των σφάγιων. Στις 22 - 24 ώρες μετά τη σφαγή και ενώ τα σφάγια βρίσκονταν ακόμη στα ψυγεία, γινόταν η μέτρηση της τελικής τιμής του pH (pH₂₄) και η μέτρηση του πάχους του παραραχιαίου λιπώδους ιστού. Η μέτρηση του λιπώδους ιστού γινόταν σε τρία σημεία. Στο ύψος της τελευταίας πλευράς και 15 cm εκατέρωθεν αυτής (Ρογδάκης, 2006). Στη συνέχεια, τα ημιμόρια μεταφέρονταν από τα ψυγεία στο τεμαχιστήριο κρέατος του σφαγείου για την περαιτέρω κοπή τους σε τεμάχια. Κατά τον τεμαχισμό, αποχωριζόταν ένα τμήμα από τις μπριζόλες που περιλαμβάνονταν μεταξύ των τριών τελευταίων πλευρών. Μετά την απομάκρυνση

των οστών και του λιπώδους ιστού αφαιρούταν με προσοχή, ώστε να διατηρηθεί ανέπαφη η μυϊκή περιτονία, δύο τεμάχια πάχους περίπου 25 mm από τον επιμήκη ραχιαίο μυ, με τομή κάθετη προς τον επιμήκη άξονά του. Το τεμάχιο μεταξύ 1^{ns} / 2^{ns} τελευταίας πλευράς χρησιμοποιούνταν πάντα για την μέτρηση της απώλειας οπού. Στο τεμάχιο μεταξύ 2^{ns} / 3^{ns} τελευταίας πλευράς γινόταν η αποτύπωση της εγκάρσιας τομής του μυός για τη μέτρηση της επιφάνειας και η μέτρηση του χρώματος του κρέατος. Στη συνέχεια, τα δείγματα συσκευάζονταν υπό κενό, σε αδιάβροχες και αεροστεγείς πλαστικές θήκες. Οι θήκες με τα δείγματα του κρέατος, τοποθετούνταν μέσα σε ισόθερμα δοχεία με πάγο, σε επίπεδα χωρίς να στοιβάζονται το ένα επί του άλλου και έτσι μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Ζωοτεχνίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Εκεί, διατηρούνταν στους -25° C έως την ημέρα μέτρησης της απώλειας βρασμού, του μήκους των σαρκομεριδίων και της τρυφερότητας.

Η συλλογή των δειγμάτων αίματος για την ταυτοποίηση του *RYR1* γονοτύπου των χοίρων γινόταν από το αίμα του τραύματος σφαγής κατά την έναρξη της αφαιμάξης. Τα δείγματα, έπειτα από παραμονή για μία ώρα σε πάγο, φυγοκεντρίζονταν, οι οροί και το πλήρες αίμα μεταγγίζονταν σε φιαλίδια Eppendorf και τοποθετούνταν στους θαλάμους κατάψυξης του σφαγείου στους -20° C. Την επομένη ημέρα, σε κατεψυγμένη κατάσταση, μεταφέρονταν με ισόθερμο δοχείο στο εργαστήριο. Εκεί διατηρούνταν στους -25° C έως την ημέρα της ανάλυσης.

2.2.4 Μέτρηση των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος

2.2.4.1 Μέτρηση του pH

Ο προσδιορισμός του pH του κρέατος των σφάγιων έγινε με τη μέτρηση της τιμής του στον επιμήκη ραχιαίο μυ, 45 λεπτά (pH_{45}) και 24 ώρες (pH_{24}) μετά τη σφαγή. Η μέτρηση γινόταν από την εσωτερική επιφάνεια του ημιμορίου. Το ηλεκτρόδιο εισερχόταν στη ραχιαία περιοχή του μυός, στο ύψος της τελευταίας πλευράς. Το σημείο εισόδου του ηλεκτροδίου ήταν μεταξύ της ακανθώδους απόφυσης του σύστοιχου σπονδύλου και του υποδόριου λιπώδους ιστού. Για την αποφυγή καταστροφής μυϊκών ινών στο αμέσως πρόσθιο τμήμα του μυός το οποίο προοριζόταν για τη μέτρηση των υπολοίπων παραμέτρων της ποιότητας, το ηλεκτρόδιο είχε ουριαία κατεύθυνση (**εικόνα 2.1**).

Για τις μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε φορητό πεχάμετρο (Mettler-Toledo μοντ., 1140, GmbH Process, Switzerland) εφοδιασμένο με ηλεκτρόδιο ξηρού πολυμερούς ηλεκτρολύτη Xerolyt (LoT 406-M6-DXK-S7/25 Mettler-Toledo, Urdorf, Switzerland) και αισθητήρα θερμοκρασίας. Η ρύθμιση του ηλεκτροδίου γινόταν με ρυθμιστικά διαλύματα pH 7,0 και 4,0 σε θερμοκρασίες 35 και 4° C, περίπου ίδιες με αυτές του μυός

κατά τη μέτρηση στα 45 λεπτά και τις 24 ώρες μετά τη σφαγή. Για το χαρακτηρισμό του PSE και του DFD κρέατος χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές $pH_{45} < 6,0$ και $pH_{24} \geq 6,0$ αντίστοιχα (Warner και συν. 1997).



Εικόνα 2.1: Μέτρηση του pH στον επιμήκη ραχιαίο μυ του σφάγιου.

2.2.4.2 Μέτρηση της απώλειας οπού

Η απώλεια οπού (*DripLoss*) του κρέατος υπολογίστηκε με τη μέθοδο EZ-DripLoss των Rasmussen και Anderssen, (1996), όπως περιγράφεται από τον Christensen, (2003). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, για την εξασφάλιση σταθερής σχέσης επιφάνεια / βάρος του τεμαχίου κρέατος και ομοιομορφίας των δειγμάτων ως προς τη θέση προέλευσής τους από το μυ και τη μετέπειτα μεταχείρισή τους κατά τη συντήρηση και τις μετρήσεις, χρησιμοποιείται το σύστημα που έχει κατασκευαστεί από το DMRI (Danish Meat Research Institute). Το σύστημα, αποτελείται από ένα κυλινδρικό μαχαίρι διαστάσεων 25x25 mm, ειδικούς πλαστικούς περιέκτες για την τοποθέτηση των δειγμάτων, μία μεταλλική βάση για την τοποθέτηση και μεταφορά των περιεκτών και λαβίδα ιστών για το χειρισμό των δειγμάτων. Οι περιέκτες, στην εσωτερική πλαϊνή επιφάνεια έχουν προεξοχές ώστε να ελαχιστοποιείται η επαφή των δειγμάτων με τα τοιχώματα. Οι ζυγίσεις γίνονται σε ηλεκτρονικό ζυγό με ακρίβεια $\pm 0,001g$. Για τις μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε ο ηλεκτρονικός ζυγός Mettler, PC 180.



Εικόνες 2.2 α, β: Συλλογή των δειγμάτων κρέατος (α), μέτρηση της απώλειας οπού (β).

Από τον επιμήκη ραχιαίο μυ, στο ύψος μεταξύ της 1^{ης} / 2^{ης} τελευταίας πλευράς, αφαιρούταν 24 ώρες μετά τη σφαγή τεμάχιο πάχους 25 mm. Από το τεμάχιο αυτό λαμβάνονταν δύο δείγματα κρέατος με τη βοήθεια του κυκλικού μαχαιριού. Το πρώτο δείγμα, αφαιρούταν από τη ραχιαία περιοχή του μυός, ενώ το δεύτερο από την κοιλιακή, πάντα στα ίδια περίπου σημεία και με τους ελάχιστους χειρισμούς (**εικόνα 2.2α**). Στη συνέχεια, τα δείγματα του κρέατος τοποθετούνταν με τη λαβίδα ιστών στους ειδικούς προζυγισμένους (*Wc*) πλαστικούς περιέκτες (**εικόνα 2.2β**). Οι περιέκτες σε κατακόρυφη θέση στην κατάλληλη μεταλλική βάση, τοποθετούνταν σε ισόθερμα δοχεία, μεταφέρονταν υπό ψύξη στο εργαστήριο όπου και διατηρούνταν στους 4⁰ C.

Η απώλεια οπού του κρέατος μετρήθηκε κάθε 24 ώρες μέχρι και την 6^η ημέρα μετά τη σφαγή. Κατά τη μέτρηση, κάθε περιέκτης ζυγιζόταν μαζί με το δείγμα του κρέατος και τον οπό που έχει αποβληθεί (*Wi*) και μετά την αφαίρεση του δείγματος (*Wi*). Η απώλεια οπού υπολογιζόταν από τον τύπο :

$$\text{απώλεια οπού \%} = \frac{Wi - Wc}{Wt - Wc} \times 100.$$

2.2.4.3 Μέτρηση του χρώματος

Το χρώμα του κρέατος μετρήθηκε χρωματομετρικά, σε επιφάνεια πρόσφατης τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός, 24 ώρες μετά τη σφαγή. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρησιμοποίηση του χρωματικού προτύπου CIELab 1976, της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού (*Comission Internationale de l' Eclairage*) σε φορητό φασματοφωτόμετρο MiniScan XE, 45/0 (Hunter and Assoc., Lab., Reston, VA). Με το χρωματόμετρο αυτό, μετράται η ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας ως συνάρτηση του μήκους κύματος στην

ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (400 – 700 nm), σε βήματα των 10 nm. Όσον αφορά τις συνθήκες μέτρησης, χρησιμοποιήθηκαν η Πρότυπη Πηγή Φωτισμού (*Standard Illuminant*) D65 (φωτισμός ημέρας με θερμοκρασία χρώματος 6500⁰ K) και οι προδιαγραφές του 10⁰ Πρότυπου Παρατηρητή (*Standard Colorimetric Observer*) της CIE. Η θύρα μέτρησης του φωτός είχε διάμετρο 25 mm. Η βαθμονόμηση του οργάνου γινόταν με το ειδικό μαύρο υάλινο και λευκό μεταλλικό πλακίδιο αναφοράς (HunterLab, Reston, VA) πριν από κάθε σειρά μετρήσεων.

Κάθε μέτρηση γινόταν εις τριπλούν, στην επιφάνεια τεμαχίου κρέατος, πάχους 25 mm, το οποίο προέκυπτε με τομή κάθετα στον επιμήκη άξονα του επιμήκους ραχιαίου μυός μεταξύ της 2^{ης} / 3^{ης} τελευταίας πλευράς. Τα δείγματα παρέμεναν στο περιβάλλον του εργαστηρίου τεμαχισμού επί 20 λεπτά πριν από τη μέτρηση, καλυμμένα με άχρωμη, διαφανή μεμβράνη. Η παραμονή αυτή είναι αναγκαία για την άνθηση του χρώματος του κρέατος (*blooming*) κατά την οποία γίνεται οξυγόνωση των δεοξυ-μορφών της μυοσφαιρίνης και της αιμοσφαιρίνης και η μετατροπή του πορφυρού χρώματος της πρόσφατης επιφάνειας τομής του κρέατος στο λαμπερό ερυθρό χρώμα. Μετά το χρονικό αυτό διάστημα, ο ρυθμός μεταβολής της φωτεινότητας των περισσοτέρων μυών είναι σταθερός, ενώ μικρές μεταβολές παρατηρούνται στις παραμέτρους που εκφράζουν την ερυθρότητα και την κίτρινη χροιά του κρέατος (Brewer και συν. 2001).

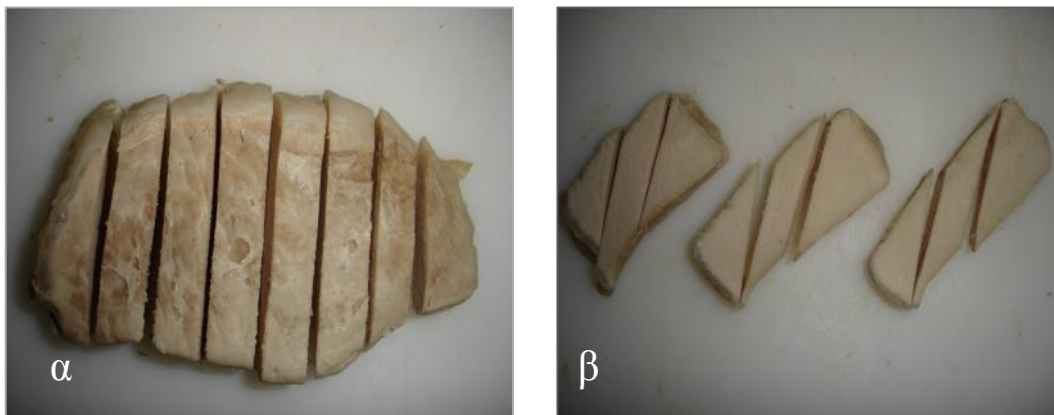
Από τις μετρήσεις, υπολογίστηκαν οι τιμές των παραμέτρων L^* (η μέγιστη τιμή $L^* = 100$ αναπαριστά το απόλυτο λευκό, ενώ η ελάχιστη $L^* = 0$ το μαύρο), a^* (οι θετικές τιμές αναπαριστούν το κόκκινο, οι αρνητικές τιμές το πράσινο) και b^* (οι θετικές τιμές αναπαριστούν το κίτρινο, οι αρνητικές τιμές το μπλε τμήμα του χρώματος). Από τις τιμές των παραμέτρων αυτών, υπολογίστηκαν η χροιά $= \tan^{-1}(b^*/a^*)$ και ο κορεσμός $= [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ που είναι οι υποκειμενικοί όροι περιγραφής του χρώματος.



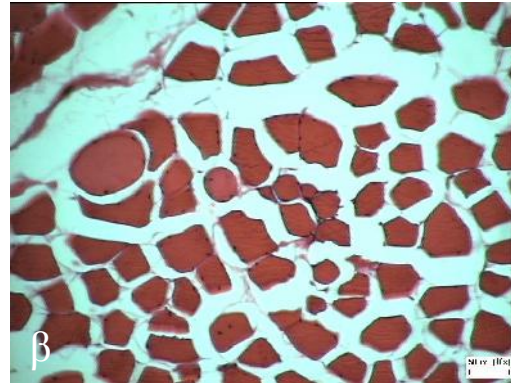
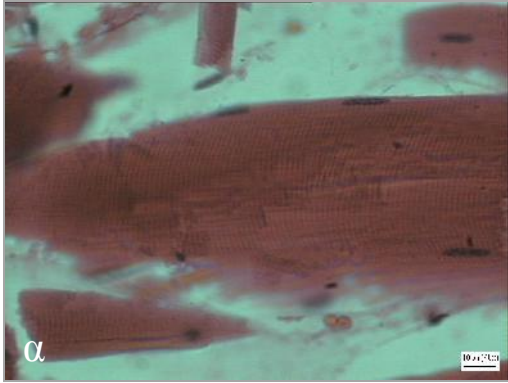
Εικόνα 2.3: Μέτρηση του χρώματος με χρωματόμετρο.

2.2.4.4 Μέτρηση της δύναμης διατομής του κρέατος

Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης που απαιτείται για τη διατομή ενός παραλληλόγραμμου δείγματος μαγειρεμένου κρέατος, χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο εκτίμησης της τρυφερότητάς του. Τα δείγματα που διατηρούνταν στους -25°C αποψύχονταν με ολονύκτια παραμονή τους στους 5°C (Wheeler και συν. 2000). Η μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν με ηλεκτρονικό θερμόμετρο ακίδας (Thermometer 637 Sonta pt.- 100, Crison instrs., SA, Alella, Spain). Μετά το στέγνωμα με διηθητικό χαρτί του επιφανειακού οπού απόψυξης, τα δείγματα ζυγίζονταν και τοποθετούνταν σε θερμοανθεκτικές και υδατοστεγείς πλαστικές θήκες. Οι θήκες με τα δείγματα κρέατος, θερμαίνονταν σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 82°C για χρονικό διάστημα 50 λεπτών, μέχρι τους $71-72^{\circ}\text{C}$ τελική εσωτερική θερμοκρασία (Honikel, 1998). Δινόταν προσοχή ώστε όλες οι επιφάνειες των δειγμάτων να διατηρούνταν εμβαπτισμένες στο νερό και το κλείσιμο των θηκών να είναι πάνω από την επιφάνειά του. Μετά τη θέρμανσή τους, τα δείγματα στεγνώνονταν με διηθητικό χαρτί, ζυγίζονταν, αφήνονταν μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια τοποθετούνταν στους $4 - 5^{\circ}\text{C}$ (Jeremiah, 1999, Hansen και συν. 2004).



Εικόνες 2.4 α, β: Προετοιμασία των δειγμάτων κρέατος από τον επιμήκη ραχιαίο μυ για τη μέτρηση της δύναμης διατομής.



Εικόνες 2.5 α, β: Μικροσκοπικές εικόνες ιστολογικών τομών κατά τον επιμήκη (α) και κατά τον εγκάρσιο (β) άξονα των δοκιμίων του κρέατος.

Από κάθε δείγμα κρέατος, παρασκευάζονταν 6 παραλληλεπίπεδα δοκίμια διαστάσεων 10x10x30 mm. Η μεγάλη διάσταση ήταν παράλληλα προς την επιμήκη κατεύθυνση των μυϊκών ινών και η επιφάνεια της κάθετης τομής ήταν 100 mm² (Hansen και συν. 2004). Η διατομή των δοκιμίων για τη μέτρηση της μέγιστης δύναμης διατομής, γινόταν κάθετα προς την κατεύθυνση των μυϊκών ινών και σε σειρά, σε σχέση με την περιοχή του μυός από την οποία είχαν αφαιρεθεί (ραχιαία, μέση, κοιλιακή) (εικόνες 2.4 και 2.5). Απορρίπτονταν όσα δοκίμια είχαν στο σημείο διατομής, αιματώματα ή συγκεντρώσεις συνδετικού και λιπώδη ιστού. Χρησιμοποιήθηκε το δυναμόμετρο Zwick I Z2.5 / TN1S (Zwick, GmbH & Co, Ulm-Eisinger, Germany), στο οποίο είχε προσαρμοστεί μαχαίρι τύπου Warner-Bratzler, V-σχήματος με γωνία ανοίγματος 60°, πάχος επιφάνειας τομής 1 mm. Η ταχύτητα καθόδου του μαχαιριού ήταν 200 mm/min (Van Oeckel και συν. 1999b).

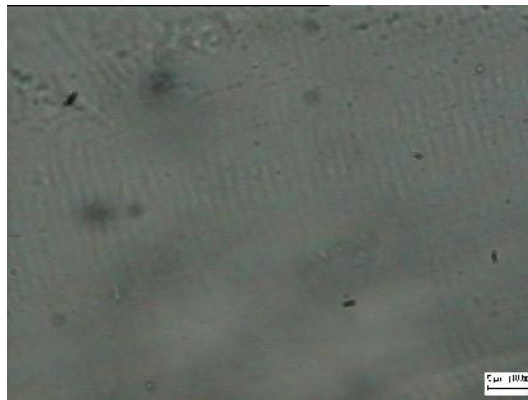
2.4.4.5 Μέτρηση της απώλειας βρασμού

Η μέτρηση της απώλειας βρασμού γινόταν κατά την προετοιμασία των δειγμάτων για τη μέτρηση της τρυφερότητας. Η διαφορά βάρους των αποψυγμένων δειγμάτων κρέατος πριν (*Wa*) και μετά (*Wb*) το μαγείρεμα για 50 λεπτά στους 82⁰ C χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της απώλειας βρασμού, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{απώλεια βρασμού \%} = \frac{Wa - Wb}{Wa} \times 100.$$

2.4.4.6 Μέτρηση του μήκους των σαρκομεριδίων των μυϊκών ινών

Για τη μέτρηση του μήκους των σαρκομεριδίων απομονωνόταν από κάθε δείγμα κρέατος, ένας κύβος, περίπου 1 cm^3 και τοποθετούνταν σε δοκιμαστικό σωλήνες με γλουταραλδεΐδη 25%, η οποία είχε υποστεί αραίωση 1:10. Τα δείγματα παρέμεναν στο διάλυμα αυτό για περίπου μια ώρα. Στη συνέχεια, ξεχωρίζονταν οι μυϊκές δεσμίδες με λαβίδα ιστών και νυστέρι. Τοποθετούνταν σε αντικειμενοφόρο πλάκα με αποσταγμένο νερό και καλύπτονταν με καλυπτρίδα. Οι μετρήσεις έγιναν σε μικροσκόπιο Olympus, τύπου CH-BI45-2. Η παρατήρηση στο μικροσκόπιο γινόταν υπό κατάδυση σε μεγέθυνση $12,5 \times 100$. Ο προσοφθάλμιος φακός $12,5 \times$ ήταν βαθμονομημένος σε υποδιαιρέσεις μήκους. Από κάθε δείγμα λαμβάνονταν 4 παρασκευάσματα, μετρίονταν το μήκος που καταλάμβαναν 10 σαρκομερίδια και στη συνέχεια γινόταν αναγωγή στην τιμή του ενός. Η μικροσκοπική εικόνα του δείγματος για τη μέτρηση του μήκους των σαρκομεριδίων απεικονίζεται στην **εικόνα 2.6**.



Εικόνα 2.6: Μικροσκοπική εικόνα δείγματος για τη μέτρηση του μήκους των σαρκομεριδίων.

2.2.5 Ταυτοποίηση του *RYRI* γονότυπου των χοίρων

Για τη διαπίστωση των πολυμορφισμών μήκους των τεμαχίων περιορισμού (*Restriction Fragment Length Polymorphisms, RFLPs*) που προκύπτουν από τη μετάλλαξη του γονιδίου το οποίο κωδικεύει τον υποδοχέα της ρυανοδίνης (*ryanodine receptor, RYRI*) χρησιμοποιήθηκε η αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης (*PCR*) και η κατάτμηση των προϊόντων της μετά από επώαση με περιοριστικό ένζυμο. Η σημειακή μεταλλαγή και η αντικατάσταση της C από T στη θέση 1843 (*RYRI locus*), έχει ως

αποτέλεσμα την απώλεια της θέσης αναγνώρισης (5'GCG[▼]C3') για το ένζυμο περιορισμού *HhaI* στα προϊόντα της *PCR* από το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο. Οι διαφορές μεγέθους και επομένως η διαφορετική ηλεκτροφορητική ικανότητα των τεμαχίων περιορισμού, χρησιμοποιούνται στην ανίχνευσή των πολυμορφισμών και κατ' ακολουθία, στην ταυτοποίηση του *RYRI* γονότυπου των χοίρων. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, ήταν αυτή που περιγράφεται από τους Fujii και συν. (1991) τροποποιημένη σε μερικά σημεία που αφορούν το σχεδιασμό των εκκινητών (*primers*), τις ποσότητες των συστατικών του μίγματος της *PCR* και τις συνθήκες λειτουργίας του θερμικού κυκλοποιητή *DNA*.

Η συλλογή των δειγμάτων αίματος των χοίρων γινόταν από το αίμα του τραύματος σφαγής κατά την έναρξη της αφαιμάξης. Χρησιμοποιήθηκαν προαριθμημένα πλαστικά φιαλίδια 50 ml στα οποία είχαν από προηγουμένως προστεθεί 400 μl stock διαλύματος EDTA 146,15mg/ml. Η προσθήκη του αντιπηκτικού παράγοντα EDTA σε αναλογία 1,2-1,5 mg/ml αίματος (Lockley και συν. 1996) και η καλή ανάμιξή του με το αίμα με επανειλημμένες ελαφρές αναστροφές των σωληναρίων εμπόδιζαν τη δημιουργία πήγματος και τη καταστροφή του δείγματος. Αμέσως μετά την αιμοληψία, τα φιαλίδια τοποθετούνταν σε πάγο. Στη συνέχεια γινόταν η μεταφορά του αίματος σε φιαλίδια Eppendorf 1,5 ml και η κατάψυξη των δειγμάτων. Την επόμενη ημέρα, μεταφέρονταν σε καταψυγμένη κατάσταση με ισόθερμα δοχεία στο εργαστήριο και διατηρούνταν σε θερμοκρασία -25⁰ C έως την ημέρα της ανάλυσης.

Το γονιδιωματικό DNA απομονώθηκε από τα λευκά κύτταρα του αίματος με τη χρήση έτοιμων αντιδραστηρίων της τυποποιημένης συσκευασίας GFXTM Genomic Blood DNA (Amersham Pharmacia Biotech.) ακολουθώντας το πρωτόκολλο του κατασκευαστή. Η ποσότητα του απομονωμένου DNA ελέγχθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα αγαρόζης 1 % παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου και έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία.

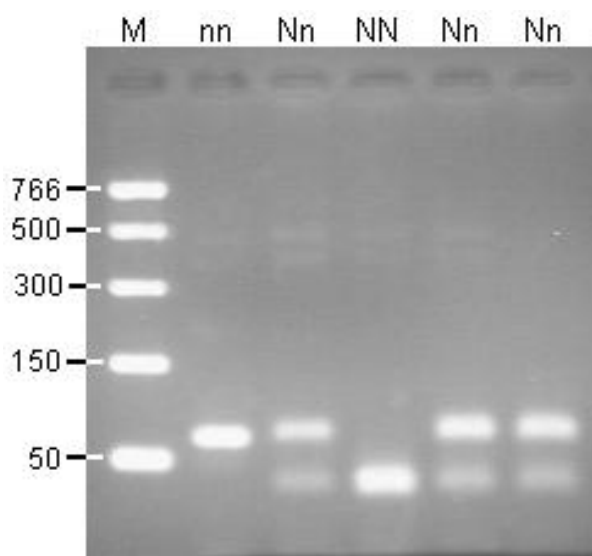
Ο πολλαπλασιασμός του τμήματος του γονιδιωματικού DNA που περιέχει τη μεταλλαγή πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση δύο εκκινητών μήκους 20 και 22 ζευγών βάσεων, αντίστοιχα. Ως πρόσθιος εκκινητής (*forward primer*) των συνθετικών αντιδράσεων που καταλύονται από την DNA- πολυμεράση χρησιμοποιήθηκε ο HAL for (5'GTTCCCTGTGTGTGTGCAAT3') ο οποίος είναι συμπληρωματικός στις αλληλουχίες των βάσεων που βρίσκονται μεταξύ των νουκλεοτίδιων 1811-1830, ενώ ως οπίσθιος εκκινητής (*reverse primer*) συμπληρωματικός στις αλληλουχίες των βάσεων που βρίσκονται μεταξύ των νουκλεοτίδιων 1858-1877, χρησιμοποιείται ο HAL rev (5'AGCAAGTTCTCAGTAATGAGAT 3').

Για τις αντιδράσεις της *PCR* χρησιμοποιήθηκε ο κυκλοποιητής GeneAmp PCR System 2400 της εταιρίας Perkin – Elmer Biosystems. Οι συγκεντρώσεις των συστατικών και το πρωτόκολλο λειτουργίας του κυκλοποιητή που εφαρμόστηκαν είναι τα ακόλουθα: Η συγκέντρωση DNA ήταν 250 ng. Η συγκέντρωση των εκκινητών ήταν

25 pmol / μ l. Η διάλυση του πρόσθιου εκκινητή σε 100 μ l H₂O ήταν \approx 150 pMol/1 μ l για χρήση 25 pmol / μ l (25 μέρη Primer σε 125 H₂O). Η διάλυση για τον οπίσθιο σε 100 μ l H₂O ήταν \approx 227,27 pmol/ 1 μ l για χρήση 25 pmol / μ l (25 μέρη Primer σε 202,27 H₂O). Η συγκέντρωση Mg²⁺ ήταν 1-4 mM /αντίδραση. Οι ποσότητες dNTPs ήταν 2,5 mM/dNTP και της Taq DNA πολυμεράσης 0,5–1,5 U / αντίδραση. Η αρχική αποδιάταξη του DNA έγινε στους 94⁰ C για 5 min. Η αποδιάταξη του DNA στόχου στους 94⁰ C για 30 sec, η σταθεροποίηση των εκκινητών στους 59⁰ C για 30 sec και η επέκτασή τους στους 72⁰ C για 30 sec. Για τη σύνθεση του DNA πραγματοποιήθηκαν 40 κύκλοι αντίδρασης. Η τελική επέκταση έγινε στους 72⁰ C για 7 min. Ο έλεγχος των προϊόντων της PCR έγινε με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα αγαρόζης 3% παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου και έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία.

Για την κατάτμηση των προϊόντων της PCR, περίπου 15 μ g προϊόντος αναμίχθηκαν με 1 μ l βόειας αλβουμίνης ορού (BSA), 10 U ενζύμου *Hha* I και υπερκαθαρό νερό ώστε ο τελικός όγκος να είναι 10 μ l και στη συνέχεια το μίγμα επώαστηκε στους 37⁰ C για 1,5 ώρα. Ο διαχωρισμός των προϊόντων της πέψης έγινε ηλεκτροφορητικά σε πήκτωμα αγαρόζης 4 % παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου.

Στην **εικόνα 2.7** πηκτώματος αγαρόζης 4 %, απεικονίζονται τα μεγέθη του μοριακού δείκτη (M) και των προϊόντων πέψης από τους τρεις γονοτύπους (NN, Nn και nn) χοίρων. Οι γονότυποι που απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα ανιχνεύτηκαν στο Εργαστήριο Γενικής και Ειδικής Ζωοτεχνίας του Τμήματος Ζωικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και προέρχονται από χοίρους που εσφάγησαν σε σφαγείο του νομού Λάρισας. Στο γονότυπο N/N (χοίροι ομοζυγωτοί για το κυρίαρχο αλληλόμορφο του γονιδίου της αλοθάνης, *Hal gene*) το ένζυμο τέμνει την περιοχή του DNA σε δύο τμήματα μεγέθους 33 και 34 ζευγών βάσεων (bp) με αποτέλεσμα μετά τον ηλεκτροφορητικό διαχωρισμό να εμφανίζονται προϊόντα μήκους 33 και 34 bp. Στο γονότυπο Nn (χοίροι ετεροζυγωτοί) το τμήμα του DNA με τη μετάλλαξη είναι άθικτο και επομένως εμφανίζονται προϊόντα μήκους 67, 34 και 37 bp ενώ στο γονότυπο nn (χοίροι ομοζυγωτοί για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο) εμφανίζονται προϊόντα 67 bp.



Εικόνα 2.7: Ηλεκτροφορητικός διαχωρισμός των προϊόντων πέψης από τους γονότυπους NN, Nn και nn.

2.2.6 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος και των σφάγιων, πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο ανάλυσης διακύμανσης ελαχίστων τετραγώνων.

Το στατιστικό πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος ήταν το ακόλουθο γραμμικό πρότυπο:

$$Y_{ijklmn} = \mu + E_i + A_j + M_k + \Phi_l + b(B_{ijklmn} - \bar{B}) + e_{ijklmn}$$

όπου :

$ijklmn$ η παρατήρηση για το υπό εξέταση χαρακτηριστικό,

μ : ο γενικός μέσος όρος,

E_i : η σταθερή επίδραση της i εποχής σφαγής ($i = 1 - 4$),

A_j : η σταθερή επίδραση του j χρονικού διαστήματος ανάπαυσης ($j = 1-3$),

M_k : η σταθερή επίδραση του k χρονικού διαστήματος μεταφοράς ($k = 1 -2$),

Φ_l : η σταθερή επίδραση του l φύλου ($l = 1 - 3$),

b : ο συντελεστής παλινδρόμησης των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος σε σχέση με το βάρος των θερμών σφάγιων, B_{ijklmn} το βάρος κάθε σφάγιου και \bar{B} ο μέσος όρος των βαρών και

e_{ijklmn} : το τυχαίο σφάλμα, ΚΑΝ ($0, \sigma_e^2$).

Επειδή τα διαθέσιμα δεδομένα αφορούν παρατηρήσεις πεδίου, το πρότυπο προσαρμόστηκε κατά το δυνατόν στο υπάρχον υλικό. Για την εφαρμογή του, οι παρατηρήσεις για κάθε παράγοντα ομαδοποιήθηκαν σε κλάσεις. Ο καθορισμός των κλάσεων έγινε με τρόπο, ώστε να υπάρχει μεγάλος αριθμός παρατηρήσεων και κάθε κλάση να αντιπροσωπεύεται ικανοποιητικά. Παράλληλα, ελέγχθηκε η κανονικότητα των κατανομών και εντός κάθε κλάσης ενώ εξασφαλίστηκε ότι πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις της ανάλυσης της διακύμανσης.

Συγκεκριμένα: Η εποχή σφαγής ομαδοποιήθηκε σε τέσσερις κλάσεις ($i = 1 - 4$): 1 = σφαγές Ιανουαρίου, Φεβρουαρίου, Μαρτίου, 2 = σφαγές Απριλίου, Μαΐου, Ιουνίου, 3 = σφαγές Ιουλίου, Αυγούστου, Σεπτεμβρίου και 4 = σφαγές Οκτωβρίου, Νοεμβρίου και Δεκεμβρίου. Το χρονικό διάστημα ανάπαυσης κυμάνθηκε από 1,5 έως 18 ώρες και ομαδοποιήθηκε σε τρεις κλάσεις: 1 = μικρότερο από 2 ώρες, 2 = από 2 έως 4 ώρες και 3 = μεγαλύτερο από 4 ώρες. Το χρονικό διάστημα μεταφοράς κυμάνθηκε από 10 λεπτά έως 7 ώρες (μια μεταφορά διάρκειας 14 ωρών ενσωματώθηκε στην προηγούμενη ομάδα των 7 ωρών γιατί είχε 20 μόνο παρατηρήσεις) και χωρίστηκε σε δυο κλάσεις: 1 = μικρότερο από 3 ώρες, 2 = μεγαλύτερο από 3 ώρες. Το φύλο των χοίρων ομαδοποιήθηκε σε τρεις κλάσεις: 1 = θηλυκά, 2 = αρσενικά και 3 = ευνουχισμένα. Το βάρος των θερμών σφάγιων, συμπεριλήφθη στο στατιστικό πρότυπο ως συνεχής μεταβλητή. Οι αριθμοί των παρατηρήσεων για κάθε κλάση ανά παράγοντα και κάθε μεταβλητή δίνονται στους πίνακες των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων, οι οποίοι είναι οι διορθωμένοι μέσοι όροι που λαμβάνουν υπόψη, ταυτόχρονα, όλους τους παράγοντες του προτύπου και είναι οι ενδεδειγμένοι για τη διενέργεια των συγκρίσεων. Για να ληφθούν υπ' όψη οι πολλαπλές συγκρίσεις, οι συγκρίσεις των μέσων όρων ελαχίστων τετραγώνων έχουν πραγματοποιηθεί με τη δοκιμασία Tukey-Kramer. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAS (ver. 9.0, 2005).

2.3 Αποτελέσματα και Σχολιασμός

2.3.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος στο επίπεδο πεδίου

Στον **πίνακα 2.1** παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του βάρους των σφάγιων, του πάχους του παραραχιαίου λιπώδους ιστού και της επιφάνειας της εγκάρσια τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός στο ύψος του τελευταίου θωρακικού σπονδύλου.

Πίνακας 2.1: Αριθμητικοί μέσοι όροι (\bar{X}), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστες (min) και μέγιστες (max) τιμές των ιδιοτήτων των σφάγιων (n = 590)

Παράμετροι	\bar{X}	SD	min	max
Βάρος σφάγιου ¹ (Kg)	83,03	11,26	51,40	113,00
Πάχος παραραχιαίου λιπώδους ιστού ² (cm)	1,89	0,46	0,5	3,66
Επιφάνεια τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός ³ (cm ²)	47,88	7,52	25,50	70,40

¹ Το βάρος των σφάγιων στο τέλος της γραμμής σφαγής πριν την είσοδό τους στα ψυγεία

² Μέσος όρος των τριών μετρήσεων στο ύψος της τελευταίας πλευράς και 15 cm προσθίως και οπισθίως

³ Η αποτύπωση της επιφάνειας τομής έγινε στις 24 ώρες μετά τη σφαγή

Οι αριθμητικοί μέσοι όροι (\bar{X}), η τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστες (min) και μέγιστες (max) τιμές των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος από όλα τα σφάγια που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.2**.

Πίνακας 2.2 : Αριθμητικοί μέσοι όροι (\bar{X}), τυπική απόκλιση (SD), ελάχιστες (min) και μέγιστες (max) τιμές των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος (n = 590).

Παράμετροι	\bar{X}	SD	min	max
pH ₄₅ ¹	6,39	0,24	5,53	6,98
pH ₂₄ ¹	5,52	0,15	5,10	6,41
Θερμοκρασία ₄₅ (°C) ¹	37,87	1,89	31,00	41,8
Θερμοκρασία ₂₄ (°C)	6,26	2,48	2,40	13,40
Απώλεια οπού (%) 2 ημέρες p.m. ²	4,72	2,36	0,13	13,39
Απώλεια οπού (%) 3 ημέρες p.m.	6,53	2,76	0,51	15,73
Απώλεια οπού (%) 4 ημέρες p.m.	7,76	2,97	0,65	18,05
Απώλεια οπού (%) 5 ημέρες p.m.	8,86	3,07	0,65	20,16
Απώλεια οπού (%) 6 ημέρες p.m.	8,92	1,84	4,63	15,66
CIE <i>L</i> * ³	52,07	3,11	32,28	64,02
CIE <i>a</i> *	5,72	1,26	1,05	9,49
CIE <i>b</i> *	13,35	0,90	9,73	17,64
Χροιά	1,16	0,08	0,88	1,49
Κορεσμός	14,57	1,03	11,10	19,45
Απώλεια βρασμού (%)	31,69	3,29	11,83	46,34
Μήκος σαρκομεριδίων (μm) ⁴	1,69	0,11	1,43	2,17
Δύναμη διατομής (N) ⁵	44,14	8,38	24,81	71,53

¹ Το pH και η θερμοκρασία του κρέατος των σφάγιων μετρήθηκαν στον επιμήκη ραχιαίο μυ του αριστερού ημιμορίου 45 λεπτά (pH₄₅) και 24 ώρες (pH₂₄) μετά τη σφαγή (p.m.)

² Η απώλεια οπού υπολογίστηκε σε δείγματα από τον επιμήκη ραχιαίο μυ κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα p.m.

³ *L**, *a**, *b** = οι παράμετροι του χρώματος του χρωματικού προτύπου CIELab 1976 της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού (Comission Internationale de l' Eclairage)

⁴ Το μήκος των σαρκομεριδίων των μυικών ινών του επιμήκους ραχιαίου μυός μετρήθηκε σε 417 σφάγια

⁵ Η δύναμη διατομής Warner – Bratzler του κρέατος μετρήθηκε σε Newton / cm² (N)

2.3.1.1 pH

Οι αριθμητικοί μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα των τιμών pH και θερμοκρασίας του επιμήκους ραχιαίου μυός των σφάγιων που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.3**.

Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, η μέση τιμή pH₄₅ και pH₂₄ ήταν 6,39 και 5,52 αντίστοιχα. Οι μετρήσεις του pH₄₅ έδειξαν ότι 5,08 % του κρέατος ήταν PSE, αφού 30 σφάγια 45 λεπτά μετά τη σφαγή είχαν pH₄₅ μικρότερο από 6,0, ενώ 6 σφάγια (1,09 %) είχαν τελικό pH ίσο ή μεγαλύτερο από 6.0 και το κρέας τους ήταν DFD.

Πίνακας 2.3: Αριθμητικοί μέσοι όροι ± τυπικό σφάλμα των τιμών pH και θερμοκρασίας του επιμήκους ραχιαίου μυός των σφάγιων (n = 590)

	Χρόνος μετά τη σφαγή	
	45 λεπτά	24 ώρες
pH	6,39 ± 0,01	5,52 ± 0,006
Θερμοκρασία °C	37,87 ± 0,8	6,26 ± 0,10
n pH < 6,0	30 (5,08 %)	–
n pH ≥ 6,0	–	6 (1,01 %)

Το ποσοστό των σφάγιων που χαρακτηρίστηκαν ως PSE στην παρούσα μελέτη ήταν χαμηλό σε σύγκριση με τα ποσοστά που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι Homer και Matthews, (1998) σε μετρήσεις των τιμών pH σε 5598 σφάγια σε εθνικό επίπεδο στην Αγγλία και τη Σκωτία αναφέρουν μέση τιμή pH₄₅ 6,39 και μέση τιμή pH₂₄ 5,64. Το 15,1 % των σφάγιων ήταν PSE (pH₄₅ <6,0) ενώ κανένα σφάγιο δεν χαρακτηρίστηκε ως DFD. Οι Gispert και συν. (2000) σε 14370 σφάγια σε 5 σφαγεία στην Ισπανία διαπίστωσαν ποσοστά PSE 3 έως 13,2 %, και DFD 3,6 έως 19,8 %. Οι O'Neill και συν. (2003) σε μελέτη διάρκειας 15 μηνών αναφέρουν ότι σε ένα σφαγείο στην Ιρλανδία σε 4560 σφάγια η μέση τιμή pH₄₅ ήταν 6,21 και ότι 25,5 % ήταν PSE. Το ποσοστό αυτό σε ορισμένη χρονική περίοδο ανήλθε σε 39 %. Το ποσοστό του DFD ήταν 0,5%. Οι Van de Perre και συν. (2010) αναφέρουν ότι από 4285 σφάγια που σφάχτηκαν σε 17 σφαγεία στο Βέλγιο, η συχνότητα εμφάνισης του PSE κρέατος κυμάνθηκε από 6,88 έως 17,5 %. Οι Meisinger και Berg, (2006) αναφέρουν στοιχεία από 9 βιομηχανίες στις οποίες επεξεργάζεται το 97 % των χοιρινών σφάγιων που παράγονται στις Η.Π.Α.

Το pH₄₅ μετριόταν στο 27% των σφαγείων και η μέση τιμή του ήταν 6,12, ενώ το pH₂₄ μετριόταν σε όλα τα σφαγεία και η μέση τιμή του ήταν 5,76. Η συχνότητα εμφάνισης του PSE στις μπριζόλες (επιμήκης ραχιαίος μυς) ήταν 3,34 % (0,1 έως 10 %). Σε παλαιότερη έρευνα το 2003, το ποσοστό αυτό διαπιστώθηκε υψηλότερο (15,5 %) και η συνολική ζημία της βιομηχανίας κρέατος από τις απώλειες βάρους υπολογίστηκε σε περίπου 100 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Scheffler και Gerrard, 2007). Στην παρούσα μελέτη, το ποσοστό των σφάγιων που είχαν pH₄₅ < 6,0 είναι χαμηλό συγκρινόμενο με τα παραπάνω στοιχεία και αυτό μπορεί να αποδοθεί στην απουσία πρακτικά του γονιδίου της αλοθάνης, όπως διαπιστώθηκε από τη γονοτύπιση των χοίρων που μελετήθηκαν και στην ελαχιστοποίηση της δράσης των στρεσογόνων παραγόντων κατά τη μεταχείριση των ζώων στο συγκεκριμένο σφαγείο.

Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των τιμών pH του επιμήκους ραχιαίου μυός και της απώλειας οπού του κρέατος κατά τη συντήρησή τους από τη 2^η έως και την 6^η ημέρα μετά τη σφαγή, παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.4**.

Πίνακας 2.4: Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH του επιμήκους ραχιαίου μυός και απώλειας οπού του κρέατος¹

	Απώλεια οπού				
	2 ημέρες p.m.	3 ημέρες p.m.	4 ημέρες p.m.	5 ημέρες p.m.	6 ημέρες p.m.
pH ₄₅	-0,44***	-0,43***	-0,41***	-0,38***	-0,33***
pH ₂₄	-0,37***	-0,38***	-0,38***	-0,36***	-0,33***

*** $P < 0,001$

¹ Η συλλογή των δειγμάτων έγινε 24 ώρες μετά τη σφαγή (p.m.) και η απώλεια οπού υπολογίστηκε κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από τη 2^η έως την 6^η ημέρα p.m.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η σχέση μεταξύ pH και απώλειας οπού ήταν σημαντική σε όλες τις ημέρες συντήρησης του κρέατος. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH₄₅ και pH₂₄ και απώλειας οπού από τη 2^η έως την 6^η ημέρα μετά τη σφαγή κυμάνθηκαν από -0,44 έως -0,33 και -0,38 έως -0,32 αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές συγκρινόμενες με εκείνες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, χαρακτηρίζονται ως μέτριες. Οι Otto και συν. (2004) αναφέρουν ότι οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των τιμών pH₄₅ και pH₂₄ και της απώλειας οπού, σε διάφορες μελέτες, κυμαίνονται από

-0,17 έως -0,69 και -0,23 έως -0,78 αντίστοιχα. Τα αίτια του μεγάλου αυτού εύρους τιμών είναι οι διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης της απώλειας οπού, το ζωικό υλικό που μελετήθηκε και η περί τη σφαγή μεταχείριση στην οποία είχαν υποβληθεί τα ζώα. Χρησιμοποιώντας την EZ – μέθοδο σε εμπορικές συνθήκες παραγωγής οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν υψηλότερο συντελεστή ($r = -0,52$) μεταξύ pH₄₅ και απώλειας οπού και παρόμοιο ($r = -0,36$) για το pH₂₄ κατά την 3^η ημέρα μετά τη σφαγή, έναντι των συντελεστών -0,43 και -0,38 αντίστοιχα που υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη. Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ pH και απώλειας οπού ήταν αναμενόμενη, αφού οι τιμές pH επηρεάζουν άμεσα την ικανότητα συγκράτησης νερού του κρέατος. Ο ταχύς ρυθμός μείωσης της αρχικής τιμής του pH που προκαλεί μετουσίωση των μυϊκών πρωτεϊνών και η χαμηλή τελική τιμή κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών που οδηγεί σε μείωση της απόθησης μεταξύ των μυοϊνιδίων, έχουν ως συνέπεια τη σμίκρυνση του διαθέσιμου χώρου για το ελεύθερο νερό και τελικά την αποβολή του από την επιφάνεια τομής του κρέατος (Honikel και Kim, 1986, Joo και συν. 1999, Warner και συν. 1997). Αναμενόμενη ήταν και η αρνητική συσχέτιση που εμφανίστηκε μεταξύ των τιμών pH₂₄ και της απώλειας βρασμού (πίνακας 2.6). Η απώλεια βρασμού επηρεάζεται, επιπλέον, από το ρυθμό ανόδου και την τελική θερμοκρασία μαγειρεύματος καθώς και το χρόνο θέρμανσης του κρέατος (Honikel, 1985).

Στον **πίνακα 2.5** παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH των μυών των σφάγιων και παραμέτρων του χρώματος του κρέατος.

Πίνακας 2.5: Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH και παραμέτρων του χρώματος¹

	Χρώμα				
	CIE L^*	CIE a^*	CIE b^*	Χροιά	Κορεσμός
pH ₄₅	-0,23***	0,08*	-0,04ns	-0,10*	0,00ns
pH ₂₄	-0,40***	0,01ns	-0,45***	-0,16***	-0,36***

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, ns = μη σημαντική σχέση

¹ Η μέτρηση του χρώματος έγινε 24 ώρες μετά τη σφαγή

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το pH 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή εμφάνισε αρνητική σχέση με την παράμετρο L^* ($r = -0,23$ και $-0,40$) αντίστοιχα. Η παράμετρος a^* σχετίστηκε μόνο με το pH₄₅ ($r = 0,08$), ενώ η παράμετρος b^* σχετίστηκε μόνο με το pH₂₄ ($r = -0,45$). Η χροιά του χρώματος σχετίστηκε με το pH₂₄ και pH₄₅ ($r = -0,10$ και $-0,16$) αντίστοιχα, ενώ ο κορεσμός μόνο με το pH₂₄ ($r = -0,36$).

Σε βιομηχανικό σφαγείο οι Hambrecht και συν. (2003) υπολόγισαν χαμηλότερους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH₄₅ και pH₂₄ και της παραμέτρου L^* (-0,12 και -0,33) αντίστοιχα. Οι Τσολακίδη και συν. (1999) αναφέρουν συντελεστές συσχέτισης μεταξύ pH₄₅ και L^* και b^* , -0,39 και -0,30 αντίστοιχα και μη σημαντική σχέση με την παράμετρο a^* . Υψηλότερες σχέσεις του pH₄₅ με τις παραμέτρους L^* και b^* ($r = -0,53$ και $-0,26$) αντίστοιχα και μη σημαντική με την παράμετρο a^* και τη χροιά αναφέρουν οι Van Oeckel και συν. (1999α). Η αρνητική συσχέτιση που διαπιστώθηκε στην παρούσα μελέτη μεταξύ τιμών pH και L^* ήταν αναμενόμενη. Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 2.4**, οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των τιμών pH₄₅ και pH₂₄ και της απώλειας οπού τη 3^η ημέρα μετά τη σφαγή μετρήθηκαν -0,43 και -0,38 αντίστοιχα. Σε χαμηλό pH η υδαρής επιφάνεια του κρέατος, λόγω της αυξημένης αποβολής οπού, ευνοεί την ανάκλαση του φωτός και κατά συνέπεια τη φωτεινότητα του χρώματος. Επιπλέον αύξηση της φωτεινότητας προκαλείται από την αυξημένη εσωτερική αντανάκλαση του μυϊκού ιστού, το μικρότερο βάθος διείσδυσης και τη μειωμένη απορρόφησης του φωτός λόγω της σμίκρυνσης του χώρου μεταξύ των μυοϊνιδίων (Lindahl και συν. 2001).

Η ερυθρότητα του κρέατος εκτιμάται με την παράμετρο a^* και τη χροιά [$\tan^{-1}(b^*/a^*)$]. Η συσχέτιση της παραμέτρου a^* με το pH₄₅ ήταν μηδενική ($r = 0,08$). Η παράμετρος b^* με την οποία εκτιμάται το κίτρινο τμήμα του χρώματος εμφάνισε σημαντική συσχέτιση μόνο με το pH₂₄ ($r = -0,45$). Σημαντική ήταν και η σχέση της χροιάς του χρώματος με το pH₄₅ και το pH₂₄ ($r = -0,10$ και $-0,16$). Από τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνεται ότι σε υψηλές τιμές pH το χρώμα του κρέατος είναι σκοτεινό και περισσότερο ερυθρό.

Στον **πίνακα 2.6** παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH των μυών των σφάγιων, μήκους σαρκομεριδίου, δύναμης διατομής και απώλειας βρασμού του κρέατος.

Πίνακας 2.6: Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH του μύος, μήκους σαρκομεριδίου, δύναμης διατομής και απώλειας βρασμού του κρέατος

	T ₄₅ °C	T ₂₄ °C	Μήκος Σαρκομεριδίου	Δύναμη Διατομής	Απώλεια Βρασμού
pH ₄₅	-0,03 ns	-0,03 ns	- 0,05 ns	0,16***	- 0,21***
pH ₂₄	-0,02 ns	0,01 ns	- 0,10*	- 0,07 ns	- 0,27***

* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$, ns = μη σημαντική σχέση

T₄₅ και T₂₄ °C: η θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μύος 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή

Η σκληρότητα του μαγειρευμένου κρέατος μετά τη λύση της νεκρικής ακαμψίας, αποτελεί σημαντικό δείκτη για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την τρυφερότητα του κρέατος κατά την ωρίμαση. Η τρυφερότητα επηρεάζεται, εκτός των άλλων, από το ρυθμό πτώσης του pH και της θερμοκρασίας του κρέατος των σφάγιων κατά τα αρχικά στάδια της μεταθανάτιας περιόδου και από την τιμή του τελικού pH. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της δύναμης διατομής του pH₄₅ και του pH₂₄ υπολογίστηκαν -0,16 ($P < 0,001$) και -0,07 (ns) αντίστοιχα. Οι Van Oeckel και Warnants, (2003) αναφέρουν για το PSE (pH₃₀ < 5,8) και το κανονικό κρέας (pH₃₀ > 5,8) δύναμη διατομής 26,7 και 25,8 (N) αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι μικρότερες συγκρινόμενες με το μέσο όρο των τιμών (44,14) που παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.10**. Πιθανή εξήγηση για τη διαφορά αυτή είναι ότι τα δείγματα που χρησιμοποίησαν, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, δεν καταψύχθηκαν αλλά συντηρήθηκαν στους 4⁰ C επί 48 ώρες πριν από το μαγείρεμά τους. Η θετική συσχέτιση που εμφανίστηκε μεταξύ pH₄₅ και τιμών της δύναμης διατομής εξηγείται από το γεγονός ότι η ταχεία μείωση της τιμής του pH σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία των μυών προκαλεί πρόωρη δραστηριοποίηση και στη συνέχεια αδρανοποίηση των καλπεϊνών με συνέπεια μια ταχεία αλλά μικρής διάρκειας τρυφεροποίηση η οποία δεν ακολουθείται από περαιτέρω ωρίμαση (Dransfield, 1994, Smulders και συν. 1995, Monin και συν. 1999). Η σχέση μεταξύ τελικού pH και τρυφερότητας του κρέατος είναι πολυσύνθετη. Γενικώς ισχύει ότι σε κρέας με υψηλές τιμές pH η τρυφεροποίηση είναι ταχύτερη και πληρέστερη σε σύγκριση με το κανονικό κρέας. Στο DFD κρέας (pH₂₄ > 6,0 - 6,2) η υψηλή τιμή pH λόγω της περιορισμένης μεταθανάτιας γλυκόλυσης και η αυξημένη συγκέντρωση Ca⁺⁺, ευνοούν τη δράση του συστήματος καλπεϊνών / καλπαστατίνης και κατά συνέπεια την τρυφεροποίηση του κρέατος (Smulders και συν. 1995, Tornberg, 1996). Στο χαμηλότερο εύρος τιμών του τελικού pH (5,3 έως 5,9) η σχέση αυτή δεν είναι σταθερή και είναι δυνατόν να επηρεάζεται από τα γενετικό υλικό των χοίρων. Οι Van Laack και συν. (2001) διαπίστωσαν ότι κρέας από χοίρους φορείς του γονιδίου RN παρά το χαμηλό τελικό pH ήταν τρυφερότερο από το κρέας ζώων που δεν είχαν το γονίδιο χωρίς να δίνουν εξήγηση για τα αίτια της διαφοράς.

2.3.1.2 Απώλεια οπού

Στον **πίνακα 2.7** παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα και οι συντελεστές παραλλακτικότητας της απώλειας οπού από διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας στην επιφάνεια της εγκάρσιας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός και κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα μετά τη σφαγή (p.m.).

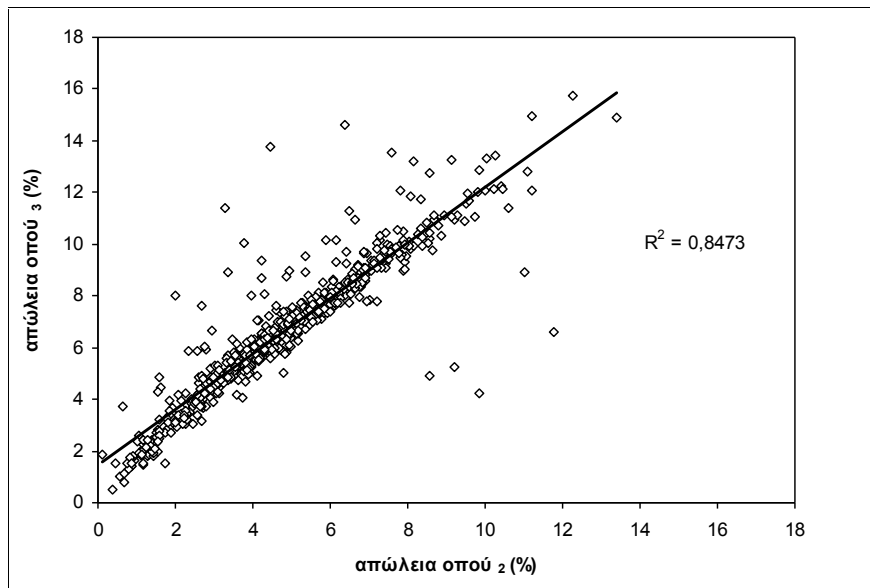
Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα και τον **πίνακα 2.2**, η μέση απώλεια οπού την 3^η ημέρα μετά τη σφαγή ήταν 6,53 %, η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της ήταν 0,51 και 15,73 % αντίστοιχα ενώ ο συντελεστής παραλλακτικότητας υπολογίστηκε 42,32. Η απώλεια οπού που μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι υψηλότερη από το < 5,0 % που σύμφωνα με τους Kauffman και συν. (1993) και van Laack και συν. (1994) είναι το όριο για το κανονικό (RFN) χοιρινό κρέας. Τα όρια στο PSE και RSE είναι > 5,0 % ενώ για το DFD < 5,0 %. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας 42,32 είναι παρόμοιος με το συντελεστή 47,94 που αναφέρουν οι Otto και συν. (2004) σε μετρήσεις πεδίου, ενώ παρομοίως οι Schäfer και συν. (2002) σε πειραματικές συνθήκες αναφέρουν εύρος τιμών της απώλειας οπού 2 - 12 %. Η μεγάλη παραλλακτικότητα στην απώλεια οπού οφείλεται στο ότι η ποσότητα του οπού που αποβάλλεται από την επιφάνεια τομής κρέατος επηρεάζεται από παράγοντες όπως η σχέση επιφάνεια / βάρος του τεμαχίου κρέατος, οι χειρισμοί του σφάγιου κατά τη χρονική περίοδο πριν από την εγκατάσταση της νεκρικής ακαμψίας, η ακεραιότητα του σαρκειλήματος και η μετουσίωση των μυικών πρωτεϊνών, το τελικό pH και ο χρόνος μέτρησης μετά τη σφαγή (Honikel, 1985).

Πίνακας 2.7: Αριθμητικοί μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα ($\mu \pm s_{\mu}$) και συντελεστές παραλλακτικότητας (CV) της απώλειας οπού σε σχέση με τη θέση δειγματοληψίας και τις ημέρες συντήρησης του κρέατος¹ (n = 590)

Ημέρες p.m.	Απώλεια οπού					
	Ραχιαία θέση		Κοιλιακή θέση		Μέση τιμή	
	$\mu \pm s_{\mu}$	(CV) %	$\mu \pm s_{\mu}$	(CV) %	$\mu \pm s_{\mu}$	(CV) %
2	3,82 ± 0,09	63,16	5,63 ± 0,11	51,40	4,72 ± 0,09	50,06
3	5,39 ± 0,11	53,18	7,66 ± 0,13	41,75	6,53 ± 0,11	42,32
4	6,52 ± 0,12	48,36	9,00 ± 0,13	37,38	7,76 ± 0,12	38,32
5	7,60 ± 0,13	43,63	10,12 ± 0,14	34,26	8,86 ± 0,12	43,70
6	8,33 ± 0,14	41,59	10,87 ± 0,15	32,54	8,92 ± 0,07	20,65

¹ Η συλλογή των δειγμάτων κρέατος έγινε 24 ώρες μετά τη σφαγή (p.m.) και η απώλεια οπού μετρήθηκε κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα

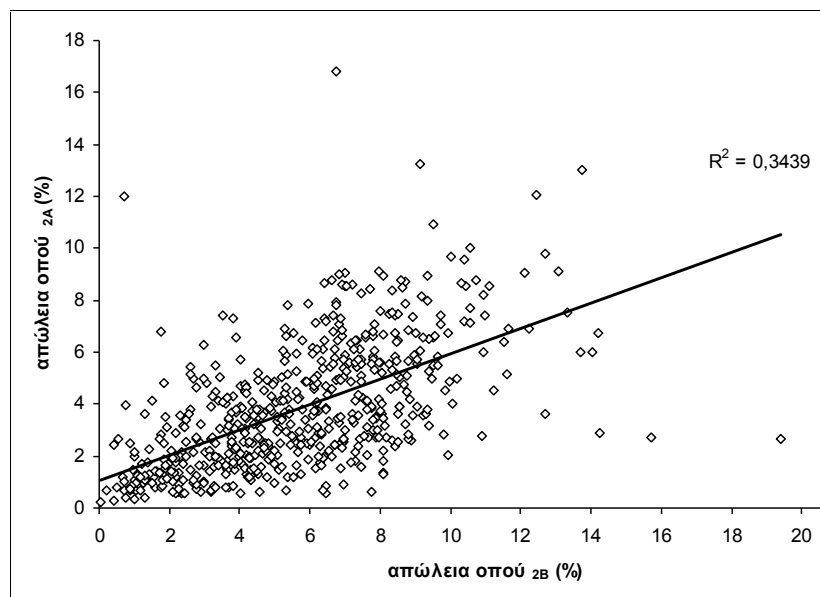
Η μέση απώλεια οπού τη 2^η και 3^η ημέρα μετά τη σφαγή ήταν 4,72 και 6,53 % αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι το 72,28 % της απώλειας παρατηρήθηκε κατά τις πρώτες 24 ώρες μετά τη συλλογή των δειγμάτων. Η σχέση μεταξύ των δυο διαφορετικών ημερών συντήρησης στην απώλεια οπού του κρέατος παρουσιάζεται στο **διάγραμμα 2.1**. Στη συνέχεια, από την 3^η και έως την 6^η ημέρα συντήρησης των δειγμάτων παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση της απώλειας οπού και οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ημερών διαμορφώθηκαν 1,23, 1,09 και 0,06 %, αντίστοιχα. Η αύξηση αυτή της ικανότητας συγκράτησης νερού του κρέατος οφείλεται στην εισροή από τους μεσοκυττάριους χώρους στις μυϊκές ίνες του νερού που είχε ήδη αποβληθεί και αποδίδεται στην αποδόμηση του κυτταροσκελετού των μυϊκών ινών από τα πρωτεολυτικά ένζυμα κατά την ωρίμαση του κρέατος, με αποτέλεσμα τη μετακίνηση του ελεύθερου νερού από το περιμύιο στο εσωτερικό των κυττάρων (Kristensen και Purslow, 2001).



Διάγραμμα 2.1: Σχέση μεταξύ της απώλειας οπού του κρέατος τη 2^η και 3^η ημέρα μετά τη σφαγή.

Η επίδραση της θέσης δειγματοληψίας στην επιφάνεια της εγκάρσιας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός στην απώλεια οπού παρουσιάζεται στον **πίνακα 2.7** και το **διάγραμμα 2.2**. Η διαφορά μεταξύ ραχιαίας και κοιλιακής θέσης τη 2^η και 3^η ημέρα μετά τη σφαγή ήταν 1,81 και 2,27 % αντίστοιχα (**πίνακας 2.7**). Τα δείγματα από τη ραχιαία θέση έχασαν το 67,85 και το 70,36 % της ποσότητας του αντίστοιχου οπού που αποβλήθηκε από την κοιλιακή. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τις μετρήσεις των

Otto και συν. (2004) οι οποίοι αναφέρουν ότι η απώλεια οπού σε δείγματα από τη ραχιαία θέση αντιπροσώπευε το 76 % της απώλειας από την κοιλιακή. Την 3^η ημέρα μετά τη σφαγή αναφέρουν μέση απώλεια οπού 4,97 % και διαφορά μεταξύ των δυο θέσεων δειγματοληψίας 1,35 %. Σε συμφωνία με τα παραπάνω είναι και τα αποτελέσματα του Christensen, (2003) ο οποίος αναφέρει ότι εκτός από τη διαφορά που παρατηρείται κατά την εγκάρσια διεύθυνση της τομής του επιμήκους ραχιαίου μύος υπάρχει παραλλακτικότητα στην απώλεια οπού και κατά τον επιμήκη του άξονα. Ως καλύτερη θέση δειγματοληψίας για αντιπροσωπευτική μέτρηση του αποβαλλόμενου οπού προτείνει τη θέση 5 εκατοστά προσθίως του 4^{ου} οσφυϊκού σπονδύλου.



Διάγραμμα 2.2: Σχέση μεταξύ απώλειας οπού και περιοχής προέλευσης των δειγμάτων του κρέατος (A: ραχιαία, B: κοιλιακή περιοχή στην επιφάνεια τομής του επιμήκους ραχιαίου μύος).

Η EZ-μέθοδος έχει περιγραφεί από τους Rasmussen και Andersson, (1996) και προτείνεται από τους Christensen, (2003), Otto και συν. (2004) για τη μέτρηση της απώλειας οπού του χοιρινού κρέατος. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται η ευκολία εκτέλεσης, η τυποποίηση (χειρισμοί, ομοιογένεια ως προς το σημείο δειγματοληψίας, τη σχέση επιφάνεια / βάρος των δειγμάτων κρέατος και την κατεύθυνση των μυϊκών ινών) και η δυνατότητα εκτίμησης με μία μέτρηση στον αριστερό επιμήκη ραχιαίο μυ του αποβαλλόμενου οπού από ολόκληρο το σφάγιο ($r > 0,90$) (Christensen, 2003). Επιπλέον, οι Otto και συν. (2004) αναφέρουν ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση

($r = 0,86$) μεταξύ της EZ-μεθόδου και της ευρέως αποδεκτής μεθόδου των πλαστικών θηκών (Honikel, 1985). Η τελευταία, κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης φάνηκε ότι είναι ευαίσθητη ως προς τη μεταχείριση των δειγμάτων και δύσχρηστη ως προς τη μεταφορά και τη συντήρησή τους ιδιαίτερα σε μεγάλες σειρές μετρήσεων.

Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ απώλειας οπού, θερμοκρασίας του επιμήκους ραχιαίου μυός και χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.8**. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας του επιμήκους ραχιαίου μυός 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή και της απώλειας οπού τη 2^η και 3^η ημέρα ήταν μικρή ($r = 0,11$ έως $0,17$). Οι Hambrecht και συν. (2003) και οι Otto και συν. (2004) αναφέρουν ανάλογους συντελεστές συσχέτισης $r = 0,23$ και $0,22$ αντίστοιχα μεταξύ θερμοκρασίας 45 λεπτά μετά τη σφαγή και απώλειας την 3^η ημέρα συντήρησης των δειγμάτων.

Πίνακας 2.8: Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ απώλειας οπού και διαφόρων χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος

Ιδιότητα κρέατος	Απώλεια οπού 2 ημέρες μετά τη σφαγή	Απώλεια οπού 3 ημέρες μετά τη σφαγή
Θερμοκρασία ₄₅ °C	0,11***	0,13***
Θερμοκρασία ₂₄ °C	0,17***	0,14***
CIE L^*	0,32***	0,34***
CIE a^*	0,01 ns	0,03 ns
CIE b^*	0,34***	0,32***
Χροιά	0,09**	0,13***
Κορεσμός	0,27***	0,24***

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, ns = μη σημαντική σχέση

Οι Schäfer και συν. (2003) αντιθέτως, αναφέρουν μεγαλύτερη επίδραση της θερμοκρασίας των μυών στην απώλεια οπού. Σύμφωνα με τις μετρήσεις τους οι θερμοκρασίες κατά τη χρονική περίοδο έως και 2 ώρες μετά τη σφαγή ήταν υπεύθυνες για τις διαφορές που παρατηρούνται στην απώλεια οπού σε ποσοστό έως και 87 %. Διαπίστωσαν επιπλέον, ότι η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν εξίσου σημαντική με

εκείνη του pH γεγονός που απέδωσαν στη μεταξύ τους ισχυρή σχέση. Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 2.4** ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ pH₄₅ και απώλειας οπού ήταν αρκετά υψηλός (-0,44 έως -0,43), ενώ η σχέση μεταξύ pH₄₅ και θερμοκρασίας δεν ήταν σημαντική. Η αύξηση του μεταθανάτιου μεταβολισμού προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας των μυών (Bertram και συν. 2002) ιδιαίτερα όταν η αναισθητοποίηση των χοίρων γίνεται με ηλεκτρικές μεθόδους (Channon και συν. 2002). Όπως φαίνεται στον **πίνακα 2.5** η ηλεκτρονάρκωση κεφαλής προκάλεσε υψηλότερη άνοδο της θερμοκρασίας των μυών σε σύγκριση με την αναισθητοποίηση σε CO₂. Η απουσία σημαντικής συσχέτισης μεταξύ pH₄₅ και θερμοκρασίας (**πίνακας 2.6**) μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η ορθή μεταχείριση πριν από τη σφαγή των ζώων που μελετήθηκαν οδήγησε σε ένα κανονικό μεταθανάτιο μεταβολισμό με αργή πτώση του pH (6,39) και φυσιολογική θερμοκρασία (37,8 °C) των μυών του σφάγιου 45 λεπτά μετά τη σφαγή. Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 2.8** η απώλεια οπού εμφάνισε σημαντική σχέση με όλες τις παραμέτρους του χρώματος εκτός από την παράμετρο a^* της ερυθρότητας του κρέατος.

2. 3.1.3 Χρώμα

Οι αριθμητικοί μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα, οι συντελεστές παραλλακτικότητας και οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των παραμέτρων L^* a^* b^* , της χροιάς και του κορεσμού του χρώματος του στο κρέας των σφάγιων παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.9**.

Ο μέσος όρος της τιμής της παραμέτρου L^* στην επιφάνεια τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός ήταν 52,07 η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της ήταν 38,29 και 64,02 αντίστοιχα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας υπολογίστηκε 5,97. Η μέση τιμή της παραμέτρου L^* βρίσκεται στο χαμηλότερο όριο των τιμών (52,0 έως 58,0) που χαρακτηρίζουν το κανονικό (RFN) χοιρινό κρέας σύμφωνα με τους Kauffman και συν. (1993) και van Laack και συν. (1994). Για το PSE οι τιμές L^* είναι $\geq 58,0$, για το RSE 52,0 – 58,0 και $\leq 52,0$ για το DFD κρέας (van Laack και συν. 1994). Οι Joο και συν. (1999) αναφέρουν υψηλότερες τιμές L^* , a^* , b^* στο PSE σε σχέση με το κανονικό κρέας (55,0 έναντι 44,9, 8,9 έναντι 7,0 και 7,7 έναντι 3,0) και υψηλότερες τιμές χροιάς και κορεσμού (40,5 έναντι 23,0 και 11,9 έναντι 7,7) αντίστοιχα και ότι το DFD σε σχέση με το κανονικό κρέας εμφανίζει χαμηλότερες τιμές L^* , a^* , b^* (38,6 έναντι 44,9, 6,2 έναντι 7,0 και 0,7 έναντι 3,0) και χαμηλότερες τιμές χροιάς και κορεσμού (5,9 έναντι 23,0 και 6,3 έναντι 7,7) αντίστοιχα. Οι Van Oeckel και συν. (1999α) αναφέρουν για το κανονικό κρέας τιμές L^* , a^* , b^* (56,0, 7,0 και 13,2), χροιάς και κορεσμού (1,09 και 15,0) αντίστοιχα. Για το έντονης και μέτριας έντασης PSE αναφέρουν τιμές L^* , a^* , b^* 66,5 και 60,4, 5,8 και 6,2, 14,5 και 13,9 αντίστοιχα και τιμές χροιάς και κορεσμού 1,19 και 1,16

και 15,7 και 15,2 αντίστοιχα. Στο DFD οι αντίστοιχες τιμές είναι 52,9, 7,9, 12,5, 1,01 και 14,8.

Πίνακας 2.9: Αριθμητικοί μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα ($\mu \pm s_{\mu}$), συντελεστές παραλλακτικότητας (CV) και ελάχιστες (min) και μέγιστες (max) τιμές των παραμέτρων του χρώματος¹ (n = 590)

	Χρώμα			
	$\mu \pm s_{\mu}$	(CV) %	min	max
<i>L</i> *	52,07 ± 0,12	5,97	38,29	64,02
<i>a</i> *	5,72 ± 0,05	22,09	1,05	9,49
<i>b</i> *	13,35 ± 0,03	6,78	9,73	17,64
Χροιά	1,16 ± 0,00	6,89	0,88	1,49
Κορεσμός	14,57 ± 0,04	7,12	11,10	19,45

¹ Η μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος έγινε 24 ώρες μετά τη σφαγή

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι τιμές των παραμέτρων του χρώματος διαφέρουν μεταξύ των μελετών. Οι διαφορές που παρατηρούνται στις τιμές *L**, *a** *b** οφείλονται στη χρησιμοποίηση διαφορετικών προδιαγραφών μέτρησης (Brewer και συν. 2001) καθώς και στο γεγονός ότι ο χρωματισμός του νεπού κρέατος δεν είναι σταθερός και καθορίζεται κάθε φορά από τη σχετική συγκέντρωση των τριών μορφών της μυοσφαιρίνης στην επιφάνεια τομής και τις μεταβολές της δομής του μυϊκού ιστού από τη σχέση pH και θερμοκρασία των σφάγιων, τουλάχιστον κατά τα πρώτα στάδια της μετατροπής των μυών σε κρέας (Ledward, 1992).

Στις προαναφερθείσες μελέτες οι μετρήσεις των παραμέτρων του χρώματος έγιναν 24 ώρες μετά τη σφαγή στο κρέας σφάγιων τα οποία είχαν ταξινομηθεί στις ποιότητες RFN, PSE, RSE και DFD με όρια τιμές pH₄₅ και pH₂₄ ή όπως στην μελέτη των van Oeckel και συν. (1999a) μετά από σύγκριση με την πρότυπη Ιαπωνική χρωματική κλίμακα. Οι τιμές που αναφέρονται, φανερώνουν μεταβολές του χρώματος μεταξύ των διαφορετικών ποιοτήτων των σφάγιων και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως όρια για την ταξινόμηση του χοιρινού κρέατος σε ποιότητες. Όσον αφορά το συγκριτικό έλεγχο των παραμέτρων του χρώματος μεταξύ των μελετών, κατά τη μέτρησή τους, πρέπει εκτός από τις κοινές προδιαγραφές μέτρησης να ακολουθούνται κοινά κριτήρια και για την ταξινόμηση του κρέατος των σφάγιων σε ποιότητες.

2.3.1.4 Δύναμη διατομής

Στον **πίνακα 2.10** παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα, οι συντελεστές παραλλακτικότητας και οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές της δύναμης διατομής σε δείγματα κρέατος από 3 διαφορετικά σημεία της εγκάρσιας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός.

Πίνακας 2.10: Αριθμητικοί μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα ($\mu \pm s_{\mu}$), συντελεστές παραλλακτικότητας (CV) και ελάχιστες (min) και μέγιστες (max) τιμές της δύναμης διατομής¹ (n=587)

	Δύναμη διατομής			
	$\mu \pm s_{\mu}$	(CV) %	min	max
Ραχιαία θέση	43,34 \pm 0,37 ^a	20,82	23,06	73,09
Μεσαία θέση	44,05 \pm 0,38 ^{a,b}	21,11	24,10	80,11
Κουλιακή θέση	44,71 \pm 0,40 ^b	21,87	22,03	79,87
Μέσος όρος	44,14 \pm 0,34	18,99	24,81	71,53

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

¹Η δύναμη διατομής (Warner Bratzler Sear Force) του κρέατος μετρήθηκε σε Newton / cm² (N)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, ο μέσος όρος της δύναμης διατομής από τις τρεις θέσεις δειγματοληψίας στην επιφάνεια του επιμήκους ραχιαίου μυός ήταν 44,14 N. Η ελάχιστη και μέγιστη τιμή ήταν 28,81 και 71,53 αντίστοιχα. Η μέση αυτή τιμή της δύναμης διατομής είναι μικρότερη από τις τιμές που χαρακτηρίζουν το χοιρινό κρέας ως σκληρό. Οι Iversen και συν. (1995) αναφέρουν ότι το χοιρινό κρέας δεν γίνεται αποδεκτό από δοκιμαστές ως προς την τρυφερότητα, όταν η δύναμη διατομής του είναι μεγαλύτερη από 60 N. Σύμφωνα με τον Warriss, (2000) οι τιμές της δύναμης διατομής για το εξαιρετικά τρυφερό και εξαιρετικά σκληρό κρέας είναι 38,12 και 75,58 N αντίστοιχα. Ωστόσο, οι Van Oeckel και συν. (1999β) αναφέρουν ότι η σχέση μεταξύ υποκειμενικής και μηχανικής εκτίμησης της τρυφερότητας είναι μικρή και ότι επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η επαναληπτικότητα της εκτίμησης των δοκιμαστών και των μηχανικών μεθόδων μέτρησης της δύναμης διατομής, η παραλλακτικότητα της

τρυφερότητας στα διάφορα σημεία του επιμήκους ραχιαίου μυός και από τις διαφορές μεταξύ της μηχανικής διάτμησης ενός δείγματος κρέατος και της μάσησης του μαγειρευμένου κρεάτος από τον καταναλωτή.

Η επίδραση της περιοχής του μυός στην τρυφερότητα του κρέατος διαπιστώθηκε και στην παρούσα μελέτη. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται από τον **πίνακα 2.10** η μέση δύναμη διατομής των δειγμάτων κρέατος από τη ραχιαία θέση δειγματοληψίας ήταν μικρότερη σε σύγκριση με την κοιλιακή θέση (43,34 έναντι 44,71), ενώ οι τιμές των δειγμάτων από τη μεσαία θέση δεν διέφεραν από τις τιμές της ραχιαίας και της κοιλιακής (44,05 έναντι 43,34 και 44,7) αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τη διαπίστωση των Hansen και συν. (2004), ότι η δύναμη Warner-Bratzler που απαιτείται για την παραμόρφωση των δειγμάτων κρέατος αυξάνει από τη ραχιαία προς την κοιλιακή θέση δειγματοληψίας και ότι οι τιμές από τη μεσαία θέση δεν διαφέρουν σημαντικά σε σύγκριση με τη ραχιαία και την κοιλιακή. Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν παρόμοια μείωση της τρυφερότητας, η οποία όμως δεν επιβεβαιώθηκε στατιστικά, γεγονός που απέδωσαν στο διαφορετικό τρόπο κοπής του κρέατος κατά την οργανοληπτική εκτίμηση σε σχέση με τη μηχανική μέτρηση της τρυφερότητας. Κατά τη μηχανική μέτρηση η διάτμηση των δειγμάτων γίνεται πάντοτε καθέτως προς την επιμήκη διεύθυνση των μυικών ινών, ενώ κατά τη μάσηση η κοπή του κρέατος γίνεται με τυχαίο τρόπο. Οι διαφορές στη σκληρότητα του κρέατος κατά την εγκάρσια διεύθυνση του επιμήκους ραχιαίου μυός εξηγούνται από τη διαφορετική, λόγω ανατομικής θέσεως, φυσιολογική λειτουργία του μυός. Κοντά στη σπονδυλική στήλη ο επιμήκης ραχιαίος μυς έχει στηρικτικό ρόλο, ενώ το κοιλιακό του τμήμα επειδή συμμετέχει στην κίνηση του ζώου είναι περισσότερο λειτουργικό, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορές στη δομή και στο μεταθανάτιο μεταβολισμό και κατά συνέπεια στα χαρακτηριστικά του κρέατος (Hansen και συν. 2004). Παραλλακτικότητα στη σκληρότητα του κρέατος παρατηρείται και κατά την επιμήκη διεύθυνση του επιμήκους ραχιαίου μυός. Οι Van Oeckel και Warnants, (2003) αναφέρουν ότι το κρέας από τη θωρακική μοίρα του μυός είναι τρυφερότερο κατά την οργανοληπτική εξέταση. Ωστόσο, οι διαφορές της δύναμης διατομής δεν ήταν σημαντικές, αν και εμφανίζουν τάση για μικρότερες τιμές στη θωρακική σε σχέση με τη μεσαία και την οσφυϊκή μοίρα.

2.3.1.5 Απώλεια βρασμού

Ο αριθμητικός μέσος όρος και το τυπικό σφάλμα της απώλειας βρασμού του κρέατος ήταν $31,69 \pm 0,13$ ενώ η ελάχιστη και μέγιστη τιμή ήταν 24,81 και 46,34 % αντίστοιχα (**πίνακας 2.2**). Οι Warner και συν. (1997) αναφέρουν απώλεια βρασμού 25,3 % για το κανονικό χοιρινό κρέας (RFN), παρόμοια απώλεια μεταξύ PSE και RSE (29,8 και 27,4 %, $p > 0,05$) και 16,1 % στο DFD. Οι Iversen και συν. (1995) αναφέρουν

τιμή 30,74 % για το κανονικό κρέας, ενώ οι Van Oeckel και συν. (2003) αναφέρουν απώλεια βρασμού για το κανονικό και το PSE 32,7 και 31,9 % ($p > 0,05$) αντίστοιχα. Η απώλεια βρασμού αντιπροσωπεύει την απώλεια νερού και των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών των μυικών ινών κατά το μαγείρεμα και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η μεγάλη παραλλακτικότητα των παραπάνω τιμών. Οι σημαντικότεροι εξ αυτών είναι η μαρμάρωση και η σύσταση του κρέατος, η τελική θερμοκρασία, η ταχύτητα και η διάρκεια της θέρμανσης αφ' ότου έχει επιτευχθεί η τελική θερμοκρασία (Honikel, 1985). Σύμφωνα με τον Warriss, (2000) η απώλεια βρασμού τεμαχίων από τον επιμήκη ραχιαίο μυ τα οποία θερμάνθηκαν έως τελική εσωτερική θερμοκρασία 65,0 72,5 και 80⁰ C ήταν 29,5, 35,0 και 41,9 % αντίστοιχα.

Η συσχέτιση που παρατηρήθηκε μεταξύ απώλειας βρασμού και pH παρουσιάζεται στον **πίνακα 2.6**. Σε χαμηλές τιμές pH₄₅ και pH₂₄ η απώλεια βρασμού ήταν μεγαλύτερη ($r = -0,21$ και $-0,27$, $P < 0,001$) αντίστοιχα. Η συσχέτιση αυτή είναι σε συμφωνία με τις προαναφερθείσες τιμές απώλειας βρασμού στις ποιότητες των σφάγιων οι οποίες ορίζονται με όρια τιμών pH. Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 2.11** η απώλεια βρασμού εμφάνισε θετική συσχέτιση με την απώλεια οπού ($r = 0,25$) και τη δύναμη διατομής ($r = 0,26$) και σχεδόν μηδενική συσχέτιση ($r = -0,03$) με το μήκος των σαρκομεριδίων των μυικών ινών. Παρόμοια σχέση και υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης (0,46) της απώλειας βρασμού με τη δύναμη που απαιτείται για τη διάτμηση του κρέατος αναφέρουν οι Iversen και συν. (1995).

2.3.1.6 Μήκος σαρκομεριδίων

Ο αριθμητικός μέσος όρος και το τυπικό σφάλμα του μήκους των σαρκομεριδίων των μυικών ινών ήταν $1,68 \pm 0,00$, ενώ η ελάχιστη και μέγιστη τιμή ήταν 1,43 και 2,17 μm αντίστοιχα (**πίνακας 2.2**). Οι Warner και συν. (1997) αναφέρουν για το RFN, RSE, PSE και DFD τιμές μήκους σαρκομεριδίων 1,79, 1,77, 1,88 και 1,67 αντίστοιχα, και αντίστοιχες τιμές της απώλειας οπού 3,4, 7,2, 9,6 και 1,3 %, δηλαδή το DFD κρέας είχε τα κοντύτερα σαρκομερίδια και εμφάνισε τη μικρότερη απώλεια οπού. Η διαπίστωση αυτή καθώς και η μηδενική συσχέτιση του μήκους των σαρκομεριδίων με την απώλεια οπού που παρουσιάζεται στον **πίνακα 2.11**, δεν συμφωνούν με τους Honikel και συν (1986) οι οποίοι αναφέρουν ότι υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ του τελικού μήκους των σαρκομεριδίων και της ικανότητας συγκράτησης ύδατος και ότι σμίκρυνση των σαρκομεριδίων προκαλεί αύξηση της απώλειας οπού και τους Iversen και συν. (1995), οι οποίοι αναφέρουν παρόμοια σχέση με συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,38$, $P < 0,05$).

Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα το μήκος των σαρκομεριδίων εμφάνισε αρνητική συσχέτιση ($r = -0,26$) με τη δύναμη διατομής του κρέατος και σχεδόν μηδενική

(-0,03) με την απώλεια βρασμού. Αύξηση της δύναμης διατομής όταν ελαττώνεται το μήκος των σαρκομεριδίων ($r = -0,45$, $P < 0,05$) και μη σημαντική σχέση του μήκους των σαρκομεριδίων με την απώλεια βρασμού αναφέρουν και οι Iversen και συν. (1995).

Πίνακας 2.11 : Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ μήκους σαρκομεριδίων, δύναμης διατομής, απώλειας οπού και απώλειας βρασμού

	Δύναμη διατομής (N)	Μήκος σαρκομεριδίων (μm)	Απώλεια οπού %	Απώλεια βρασμού %
Δύναμη διατομής	-			
Μήκος σαρκομεριδίων	-0,26***	-		
Απώλεια οπού	0,03ns	0,00	-	
Απώλεια βρασμού	0,26***	-0,03ns	0,25***	-

*** $P < 0,001$, ns = μη σημαντική σχέση

Η σμίκρυνση των σαρκομεριδίων προκαλείται όταν οι μύες ψυχθούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10^0 C (εν ψυχρώ συστολή των μυών, *cold shortening*) ή βρεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες πριν από την έναρξη της νεκρικής ακαμψίας (βράχυνση νεκρικής ακαμψίας, *rigor shortening*). Μεταχείριση των σφάγιων κατά την αρχική μεταθανάτια περίοδο σε συνθήκες που αποτρέπουν τις ανωτέρω καταστάσεις έως την έναρξη της νεκρικής ακαμψίας μειώνει τις διαφορές στο μήκος των σαρκομεριδίων και οδηγεί σε σταθερή απώλεια οπού και τρυφερότητα.

2.3.2 Σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος

Οι σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.12**. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, το βάρος των θερμών σφάγιων εμφάνισε σημαντική σχέση με το πάχος του παραραχιαίου λιπώδους ιστού και το μέγεθος της επιφάνειας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός ($r = 0,50$ και $0,49$) αντίστοιχα. Το πάχος του παραραχιαίου λιπώδους ιστού σχετίστηκε με την επιφάνεια τομής του επιμήκους

ραχιαίου μυός με συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,11$). Η σχέση αυτή είναι αντίθετη με την αρνητική συσχέτιση που αναφέρουν οι Schwab και συν. (2006) σε σφάγια της φυλής Duroc ($r = -0,23$) και οι Huff–Lonerger και συν. (2002) σε σφάγια της φυλής Berkshire x Yorkshire ($-0,57$). Επιπλέον, στις δυο παραπάνω μελέτες αναφέρεται ότι υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ παραραχιαίου λιπώδους ιστού και ενδομυϊκού λίπους του επιμήκους ραχιαίου μυός ($r = 0,39$ και $0,45$) αντίστοιχα. Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι σφάγια με μεγαλύτερη κατάσταση πάχυνσης έχουν μικρότερη επιφάνεια τομής του ραχιαίου μυός και μεγαλύτερη ποσότητα ενδομυϊκού λίπους. Ο συντελεστής συσχέτισης που μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη μεταξύ λιπώδους ιστού και επιφάνειας τομής του μυός είναι χαμηλός ($0,11$) και δεν μπορεί να συγκριθεί με τους συντελεστές των παραπάνω μελετών επειδή προέρχεται από μετρήσεις πεδίου, σε σφάγια που δεν είχαν ταξινομηθεί σε φυλές. Σχεδόν μηδενικό συντελεστή ($0,01$) μεταξύ των δυο αυτών ιδιοτήτων διαπίστωσαν και οι van Wijk και συν. (2005) σε σφάγια Pietrain x Large White και αναφέρουν ότι η επιλογή για άπαχα σφάγια δεν επηρεάζει το μέγεθος της τομής του ραχιαίου μυός λόγω της διαφορετικής γενετικής βάσης μεταξύ των δυο αυτών ιδιοτήτων των σφάγιων.

Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζονται και οι συσχετίσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατός τους. Όπως φαίνεται, το βάρος των σφάγιων εμφάνισε σημαντική σχέση με το pH_{45} και τη θερμοκρασία 45 λεπτά και 24 ώρες μετά την σφαγή ($r = 0,13$, $0,14$ και $0,28$) αντίστοιχα και δεν σχετίστηκε με το pH_{24} . Αρνητική ήταν η σχέση του με την παράμετρο L^* ($r = -0,15$) και θετική με τις παραμέτρους a^* και b^* ($r = 0,23$ και $0,13$) αντίστοιχα, σχεδόν μηδενική με την απώλεια οπού ($r = 0,03$) και αρνητική με την απώλεια βρασμού και τη δύναμη διατομής του κρέατος ($r = -0,24$ και $-0,14$) αντίστοιχα. Παρόμοιες ήταν και οι συσχετίσεις μεταξύ του παραραχιαίου λιπώδους ιστού και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος. Το πάχος του σχετίστηκε με το pH και τη θερμοκρασία 45 λεπτά και 24 ώρες μετά την σφαγή ($r = 0,17$, $0,17$, $0,14$ και $0,27$) αντίστοιχα, με τις παραμέτρους L^* και a^* ($r = -0,17$ και $0,18$), την απώλεια βρασμού και τη δύναμη διατομής ($r = -0,21$ και $-0,22$) και δεν εμφάνισε σημαντική σχέση με την απώλεια οπού. Το μέγεθος της επιφάνειας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός σχετίστηκε με τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* ($r = -0,16$, $0,17$, και $0,16$) αντίστοιχα, την απώλεια οπού ($r = 0,11$), την απώλεια βρασμού ($r = -0,14$) και τη δύναμη διατομής ($r = -0,12$). Οι ιδιότητες του σφάγιου δεν σχετίστηκαν με το μήκος των σαρκομεριδίων των μυϊκών ινών.

Από τις ανωτέρω συσχετίσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος διαπιστώνεται ότι το χρώμα του κρέατος είναι σκοτεινότερο και περισσότερο ερυθρό όταν σφάγια έχουν μεγαλύτερο βάρος, μεγαλύτερες μπριζόλες και μεγαλύτερο πάχος παραραχιαίου λιπώδους ιστού. Το τελικό pH είναι χαμηλότερο όταν μειώνεται το πάχος του παραραχιαίου λιπώδους ιστού. Η απώλεια οπού δεν σχετίζεται με το βάρος του σφάγιου ή το πάχος του παραραχιαίου

λιπώδους ιστού είναι όμως μεγαλύτερη όταν αυξάνει το μέγεθος της επιφάνειας της μπριζόλας. Η απώλεια βρασμού έχει αρνητική σχέση και με τις τρεις ιδιότητες των σφάγιων. Η τρυφερότητα ελαττώνεται όταν μειώνονται το πάχος του παραραχιαίου λίπους, το βάρος του σφάγιου και η επιφάνεια τομής της μπριζόλας.

Οι Suzuki και συν. (2005) αναφέρουν αρνητική συσχέτιση ($r = -0,39$) μεταξύ πάχους του παραραχιαίου λιπώδους ιστού και δύναμης συμπίεσης του κρέατος και θετική συσχέτιση ($r = 0,23$) με την παράμετρο L^* . Μεταξύ της επιφάνειας τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός, της απώλειας οπού και της αντίστασης κατά τη συμπίεση του κρέατος αναφέρουν συντελεστές συσχέτισης 0,07 και 0,19 αντίστοιχα. Παρομοίως, οι Schwab και συν. (2006) αναφέρουν αρνητική συσχέτιση μεταξύ του πάχους του παραραχιαίου λιπώδους ιστού στο ύψος της 10^{th} πλευράς και της δύναμης συμπίεσης ($r = -0,28$), θετική με την υποκειμενική εκτίμηση της τρυφερότητας ($r = 0,20$) και θετική με την παράμετρο L^* ($r = 0,16$). Όσον αφορά την επιφάνεια τομής του μυός διαπίστωσαν ότι το μέγεθός της εμφάνισε αρνητική σχέση ($r = -0,15$) με την ικανότητα συγκράτησης του ύδατος και κατ' επέκταση θετική σχέση με την απώλεια οπού, παρόμοια με αυτή που φαίνεται στον **πίνακα 2.12**, ενώ αντιθέτως δεν σχετίστηκε με το χρώμα και την τρυφερότητα του κρέατος.

Πίνακας 2.12: Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος

Παράμετροι	Πάχος λίπους	Επιφάνεια		pH ₄₅	pH ₂₄	T ₄₅ ⁰ C	T ₂₄ ⁰ C	L*	a*	b*	Απώλεια οπού ¹	Απώλεια βρασμού	Δύναμη διατομής	Σαρκο- μερίδια
		τομής	τομής											
Βάρος σφάγιου ² (Kg)	0,50 ***	0,49 ***	0,13 ***	0,06 ns	0,14 ***	0,28 ***	-0,15 ***	0,23 ***	0,13 ***	0,03 ns	-0,24 ***	-0,14 ***	0,00	
Πάχος παραραχιαίου λίπους ³ (cm)		0,11 **	0,17 ***	0,17 ***	0,14 ***	0,27 ***	-0,17 ***	0,18 ***	0,06 ns	0,06 ns	-0,21 ***	-0,22 ***	0,03 ns	
Επιφάνεια τομής επιμήκους ραχιαίου μύος ⁴ (cm ²)			0,02 ns	0,01 ns	0,22 ***	0,09 *	-0,16 ***	0,17 ***	0,16 ***	0,11 ***	-0,14 ***	-0,12 **	-0,06 ns	

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, ns = μη σημαντική σχέση

¹ Η απώλεια οπού τη 3^η ημέρα μετά τη σφαγή

² Το βάρος των σφάγιων στο τέλος της γραμμής σφαγής πριν την είσοδο στα ψυγεία

³ Μέσος όρος των τριών μετρήσεων στο ύψος της τελευταίας πλευράς και 15 cm εκατέρωθεν αυτής

⁴ Η επιφάνεια τομής του επιμήκους. ραχιαίου μύος στις 24 ώρες μετά τη σφαγή

2.3.3 Επίδραση του γονοτύπου

Δεδομένης της τυχαιοποιημένης σύνθεσης του ζωικού υλικού από διαφορετικές εκτροφές, κρίθηκε αναγκαίο κατά το σχεδιασμό της μελέτης να συμπεριληφθεί στους παράγοντες πιθανής επίδρασης στην ποιότητα του κρέατος και ο γονοτυπικός έλεγχος των χοίρων, προκειμένου διερευνηθεί η παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης και το ποσοστό της επίδρασής του. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων διαπιστώθηκε ότι ο πληθυσμός των χοίρων που μελετήθηκαν ήταν απαλλαγμένος από το γονίδιο της αλοθάνης. 17 ζώα μόνο ζώα (2,8 %) βρέθηκαν ετεροζυγωτά (Hal^N / Hal^n) στο γονίδιο της αλοθάνης, ενώ δεν βρέθηκαν χοίροι ομοζυγωτοί (Hal^n / Hal^n). Οι Βαϊνάς και συν. (2002) σε ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν σε 2 βιομηχανικού τύπου εκτροφές αναφέρουν την παρουσία του γονοτύπου Hal^N / Hal^n σε ποσοστό που κυμαίνεται από 19 % έως 59 % και μόνο 2 % την παρουσία του γονοτύπου Hal^n / Hal^n . Οι Παπαβασιλείου και συν. (2008) διαπίστωσαν ότι οι χοιρομητέρες από 8 χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις των νομών Άρτας, Πρέβεζας και Ιωαννίνων είχαν το γονότυπο Hal^N / Hal^N δηλαδή ήταν απαλλαγμένες από το γονίδιο της αλοθάνης σε ποσοστό 70,6 %, ετεροζυγωτές (Hal^N / Hal^n) ήταν 29,4 %, ενώ κανένα ζώο δεν ήταν ομοζυγωτό στο γονίδιο της αλοθάνης. Ένα σημαντικό επίσης ποσοστό των εκτρεφόμενων χοίρων στην εντατική χοιροτροφία των περισσότερων Ευρωπαϊκών κρατών είναι ετεροζυγωτοί στο αλληλόμορφο HAL^n του γονιδίου της αλοθάνης, γεγονός το οποίο αποδίδεται στη θετική επίδραση του στην παραγωγή σφάγιων με μεγαλύτερη ποσότητα άπαχου κρέατος (Cherel και συν. 2010). Όμως, εκτός από τη θετική επίδραση στην κρεοπαραγωγή, σημαντικά προβλήματα της ποιότητας του χοιρινού κρέατος, κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, βρέθηκαν στενά συνδεδεμένα με την παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης. Χοίροι που έχουν το αλληλόμορφο (n) παρουσιάζουν μια επιταχυνόμενη μείωση του pH_{45} και μάλιστα κατά την ακολουθία $pH_{45} HAL^n/HAL^n < HAL^N/HAL^n < HAL^N/HAL^N$ που οδηγεί σε σημαντικές μεταβολές της δομής του μυός και μείωση της ποιότητας του κρέατος (Kocwin-Podsiadla, 1995, Cherel και συν. 2010). Η εξάλειψη ή και ο περιορισμός του γονοτύπου Hal^n έχει μειώσει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης PSE κρέατος. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Rosenfold και Andersen, 2003, η εξάλειψη βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του κρέατος όπως το γονίδιο της αλοθάνης, συχνά αποκαλύπτει άλλους συγκεκριμένους παράγοντες η κατανόηση της δράσης των οποίων, θεωρείται σήμερα αλληλένδετη με την προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας του χοιρινού κρέατος. Στην παράγραφο 2.3.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται και σχολιάζεται η επίδραση της μεταφοράς, της εποχής του έτους, της ανάπαυσης και του φύλου στην ποιότητα του κρέατος.

2.3.4 Παράγοντες που επιδρούν κατά την προ σφαγής περίοδο

2.3.4.1 Επίδραση της μεταφοράς

Στους πίνακες 2.13 και 2.14 παρουσιάζεται η επίδραση του χρονικού διαστήματος της μεταφοράς στο pH, τη θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μυός και στην απώλεια οπού του κρέατος.

Πίνακας 2.13: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών pH και θερμοκρασίας του κρέατος των σφάγιων ανά χρονικό διάστημα μεταφοράς

	Χρονικό διάστημα μεταφοράς	
	< 3 ώρες	> 3 ώρες
n	296	294
pH ₄₅	6,35 \pm 0,02 ^a	6,46 \pm 0,02 ^b
pH ₂₄	5,43 \pm 0,01 ^a	5,54 \pm 0,01 ^b
Θερμοκρασία ₄₅ °C	38,05 \pm 0,12 ^a	38,50 \pm 0,14 ^b

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2.13, η διάρκεια της μεταφοράς επέδρασε σημαντικά στο pH του επιμήκους ραχιαίου μυός. Τα σφάγια των χοίρων που μεταφέρθηκαν για χρονικό διάστημα μικρότερο από 3 ώρες είχαν χαμηλότερο pH₄₅ και pH₂₄ σε σύγκριση με τους χοίρους στους οποίους η διάρκεια της μεταφοράς ήταν μεγαλύτερη από 3 ώρες. Η θερμοκρασία του μυός δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια της μεταφοράς. Η διάρκεια της μεταφοράς επέδρασε σημαντικά στην απώλεια οπού σε όλες τις ημέρες συντήρησης του κρέατος (πίνακας 2.14). Η απώλεια οπού ήταν μεγαλύτερη όταν οι χοίροι μεταφέρθηκαν για χρονικό διάστημα μικρότερο από 3 ώρες. Από τα στοιχεία του πίνακα υπολογίζεται ότι για μεταφορές μικρότερες από 3 ώρες η απώλεια οπού ήταν κατά 22,11 % μεγαλύτερη την 3^η ημέρα μετά τη σφαγή σε σύγκριση με τις μεταφορές μεγαλύτερης διάρκειας.

Πίνακας 2.14: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα της απώλειας οπού (%) του κρέατος σε διάφορες ημέρες μετά τη σφαγή ανά χρονικό διάστημα μεταφοράς¹

	Χρονικό διάστημα μεταφοράς	
	< 3 ώρες	> 3 ώρες
n	296	294
Απώλεια οπού 2 ημέρες p.m.	5,58 \pm 0,17 ^a	4,22 \pm 0,21 ^b
Απώλεια οπού 3 ημέρες p.m.	7,42 \pm 0,20 ^a	5,78 \pm 0,25 ^b
Απώλεια οπού 4 ημέρες p.m.	8,62 \pm 7,10 ^a	7,10 \pm 0,27 ^b
Απώλεια οπού 5 ημέρες p.m.	9,57 \pm 0,23 ^a	8,15 \pm 0,28 ^b
Απώλεια οπού 6 ημέρες p.m.	9,41 \pm 0,13 ^a	8,31 \pm 0,16 ^b

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

¹ Η απώλεια οπού του κρέατος υπολογίστηκε σε δείγματα του επιμήκους ραχιαίου μυός κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα μετά τη σφαγή (p.m.)

Στον **πίνακα 2.15** παρουσιάζεται η επίδραση του χρονικού διαστήματος της μεταφοράς στο χρώμα του κρέατος, την απώλεια βρασμού, τη δύναμη διατομής και το μήκος των σαρκομεριδίων. Όπως φαίνεται από τον πίνακα η χρονική διάρκεια της μεταφοράς επηρέασε το χρώμα του κρέατος. Οι τιμές της φωτεινότητας L^* ήταν υψηλότερες στις μικρότερης διάρκειας μεταφορές. Μικρή αλλά σημαντική διαφορά μετρήθηκε στην τιμή της παραμέτρου b^* και την χροιά. Ο κορεσμός του χρώματος φαίνεται ότι δεν επηρεάστηκε από τη διάρκεια της μεταφοράς. Η τιμή της παραμέτρου a^* ήταν μικρότερη στις βραχείας διάρκειας μεταφορές σε σχέση με τις μακρύτερης διάρκειας (5,20 έναντι 6,01). Η μεταφορά επηρέασε την απώλεια βρασμού (32,68 % στις μικρότερες μεταφορές έναντι 30,59), το μήκος των σαρκομεριδίων (1,69 έναντι 1,66) αντίστοιχα και δεν επηρέασε τη δύναμη διατομής του κρέατος.

Πίνακας 2.15: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών των χαρακτηριστικών της ποιότητας ανά χρονικό διάστημα μεταφοράς

	Χρονικό διάστημα μεταφοράς	
	< 3 ώρες	> 3 ώρες
n	296	294
CIE L^*	53,65 \pm 0,18 ^a	51,29 \pm 0,22 ^b
CIE a^*	5,20 \pm 0,07 ^a	6,01 \pm 0,09 ^b
CIE b^*	13,65 \pm 0,06 ^a	13,34 \pm 0,07 ^b
Χροιά	1,20 \pm 0,004 ^a	1,14 \pm 0,006 ^b
Κορεσμός	14,68 \pm 0,07 ^a	14,71 \pm 0,08 ^a
Απώλεια βρασμού %	32,68 \pm 0,2 ^a	30,59 \pm 0,25 ^b
Δύναμη διατομής (N)	44,10 \pm 0,60 ^a	42,44 \pm 0,73 ^a
Μήκος σαρκομεριδίων (μ m)	1,69 \pm 0,00 ^a	1,66 \pm 0,01 ^b

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι για τις μικρότερης διάρκειας μεταφορές υπάρχει μια τάση παραγωγής PSE κρέατος (μεγαλύτερη απώλεια οπού, μεγαλύτερη τιμή L^* και b^*). Η τάση αυτή επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα πολλών άλλων μελετών. Οι Gispert και συν. (2000) σε ένα μεγάλο αριθμό μετρήσεων (14370 σφάγια, σε 5 σφαγεία στην Ισπανία) διαπίστωσαν ότι μεταφορές μικρότερες των 2 ωρών σε συνδυασμό με χαμηλή πυκνότητα φόρτωσης, μεγαλύτερη από 40 m² / 100 Kg (Council Directive 91/628/EEC, 1991), αύξησαν τη συχνότητα εμφάνισης PSE κρέατος, ενώ μεταφορές μεγαλύτερης διάρκειας, σε συνδυασμό με υψηλή πυκνότητα φόρτωσης μικρότερη από 40 m² / 100 Kg, αύξησαν τη συχνότητα μέτριας και ισχυρής DFD και μέτριας PSE απόκλισης αλλά συγχρόνως μείωσαν τη συχνότητα εμφάνισης της ισχυρής PSE απόκλισης. Οι Pérez και συν. (2002) αναφέρουν ότι χοίροι που μεταφέρθηκαν για μικρό χρονικό διάστημα (15 λεπτά) εμφάνισαν εντονότερη αντίδραση στο stress και ισχυρότερη τάση παραγωγής PSE κρέατος, σε σχέση με ζώα που μεταφέρθηκαν για 3 ώρες, όταν όλα εσφάγησαν αμέσως μετά από την άφιξή τους στο σφαγείο. Αύξηση του

ποσοστού κρέατος με χαμηλό pH_{45} και ιδιότητες PSE σε χοίρους που υποβλήθηκαν σε οξύ stress μεταφοράς (μικρότερη από 8 ώρες) και αύξηση του DFD όταν υποβλήθηκαν σε χρόνιο stress από παρατεταμένη μεταφορά για χρονική περίοδο 25 ωρών, αναφέρουν και οι Mota-Rojas και συν. (2006). Οι Yu και συν. (2009) διαπίστωσαν ότι χοίροι που μεταφέρθηκαν για χρονικό διάστημα 2 ωρών εμφάνισαν χαμηλότερο pH_{45} , μεγαλύτερη απώλεια οπού και υψηλότερες τιμές L^* και b^* σε σχέση με ζώα που μεταφέρθηκαν για 4 ώρες.

Παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη, χωρίς όμως αυτά να γίνονται αντιληπτά από τους καταναλωτές, αναφέρουν οι Martoccia και συν. (1995) οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της απόστασης μεταφοράς στην ποιότητα του κρέατος. Χοίροι που μεταφέρθηκαν σε απόσταση 180 χιλιομέτρων είχαν χαμηλότερο pH_{45} (6,16 έναντι 6,82), χαμηλότερο pH_{24} (5,76 έναντι 5,88), μη σημαντική διαφορά στην απώλεια οπού (5,01 έναντι 4,49 %), μεγαλύτερες τιμές L^* (58,08 έναντι 55,84), χαμηλότερη τιμή a^* (7,33 έναντι 8,37) και μη σημαντική διαφορά στην παράμετρο b^* σε σύγκριση με χοίρους που μεταφέρθηκαν σε απόσταση 650 χιλιομέτρων. Η απόσταση μεταφοράς αποτελεί μικρότερης σημασίας παράγοντα επειδή στην καταπόνηση των ζώων και την εμφάνιση stress επιδρούν κυρίως οι συνθήκες μεταφοράς, όπως διαδοχική παραλαβή ζώων από πολλές εκτροφές, υψηλή θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος, τύπος και τεχνικές προδιαγραφές του οχήματος μεταφοράς και κυκλοφοριακή συμφόρηση (Fischer, 1994, Troeger, 1998, Gispert και συν. 2000, Barton- Gade και Christensen, 2002, Gosálvez και συν. 2006).

Η μεταφορά προκαλεί stress και αύξηση της φυσικής δραστηριότητας των ζώων που μειώνονται με την αύξηση της διάρκειας του ταξιδιού (Yu και συν. 2009, Becerill-Herrera και συν. 2010). Μεγάλης διάρκειας μεταφορές φαίνεται ότι έχουν παρόμοια επίδραση με την ανάπαυση πριν από τη σφαγή και επιτρέπουν την προσαρμογή των χοίρων στο stress της μεταφοράς (Pérez και συν. 2002).

Στην παρούσα μελέτη η χρονική διάρκεια των μεταφορών από τις εκτροφές στο σφαγείο κυμάνθηκε από 10 λεπτά έως 7 ώρες. Η Επιστημονική Επιτροπή για την Υγεία και την Ευζωία των ζώων της ΕΕ, προτείνει τον περιορισμό της χρονικής διάρκειας μεταφοράς των χοίρων σε 8 ώρες (Scawah, 2002). Υπό προϋποθέσεις και με πρόσβαση κατά βούληση σε νερό σε όλο το ταξίδι, η διάρκεια αυτή επιτρέπεται να επεκταθεί έως τις 24 ώρες (Council Regulation, 2005). Κατά τα έτη 2005 έως 2009, το 65-70 % περίπου των διασυνοριακών μεταφορών ζώων στην ΕΕ αποτελείται από μικρής διάρκειας ταξίδια τα οποία δεν υπερβαίνουν τις 8 ώρες. Το 25 – 30 % των αποστολών πραγματοποιούν ταξίδια μεγάλης διάρκειας τα οποία κυμαίνονται από 8 έως 19 ώρες, ενώ τα ταξίδια πολύ μεγάλης διάρκειας, μεγαλύτερης από 24 ώρες, αντιστοιχούν στο 5 %. Οι αναλογίες αυτές παραμένουν ίδιες κατά τη σύγκριση μεταξύ των ετών 2005 και 2009. Ωστόσο, ο συνολικός αριθμός αποστολών για μεταφορές τόσο των μικρών όσο και των μεγάλων αποστάσεων αυξήθηκε στη διάρκεια της εν λόγω περιόδου, ενώ ο αριθμός των

αποστολών που χρειάζονται μεταφορά μεγάλης απόστασης, κατά την οποία είναι αναγκαία η εκφόρτωση και η εικοσιτετράωρη ανάπαυση των ζώων πριν από τη συνέχιση του ταξιδιού, παραμένει σχεδόν ίδιος (COM, 2011).

2.3.4.2 Επίδραση της εποχής του έτους

Στον **πίνακα 2.16**, παρουσιάζεται η επίδραση της εποχής του έτους στο pH και τη θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μυός.

Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, η εποχή του έτους επέδρασε στο pH₄₅ με την υψηλότερη τιμή (6,50) να καταγράφεται κατά την περίοδο Οκτωβρίου- Δεκεμβρίου. Κατά την περίοδο Ιανουαρίου - Μαρτίου μετρήθηκαν οι υψηλότερες τιμές pH₂₄ (5,52). Η θερμοκρασία των σφάγιων ήταν υψηλότερη (38,68 έως 39,48 έναντι 37,90 έως 38,03) κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τις περιόδους με υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Πίνακας 2.16: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων ± τυπικό σφάλμα των τιμών pH και θερμοκρασίας του κρέατος των σφάγιων ανά εποχή έτους

	Εποχή του έτους			
	Ιαν - Μαρτ	Απρ - Ιουν	Ιουλ - Σεπτ	Οκτ - Δεκ
n	198	160	120	112
pH ₄₅	6,38 ± 0,02 ^α	6,35 ± 0,02 ^α	6,39 ± 0,02 ^α	6,50 ± 0,03 ^β
pH ₂₄	5,52 ± 0,02 ^α	5,47 ± 0,02 ^β	5,48 ± 0,02 ^β	5,45 ± 0,02 ^β
Θερμοκρασία ₄₅ °C	38,68 ± 0,16 ^α	37,90 ± 0,16 ^β	38,03 ± 0,19 ^γ	39,48 ± 0,20 ^δ

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Στον **πίνακα 2.17**, παρουσιάζεται η επίδραση η επίδραση της εποχής του έτους στην απώλεια οπού του κρέατος.

Πίνακας 2.17: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα της απώλειας οπού (%) του κρέατος σε διάφορες ημέρες μετά τη σφαγή ανά εποχή έτους¹

	Εποχή του έτους			
	Ιαν – Μαρτ	Απρ - Ιουν	Ιουλ - Σεπτ	Οκτ – Δεκ
n	198	160	120	112
Απώλεια οπού 2 ημέρες p.m	4,23 \pm 0,24 ^a	5,40 \pm 0,22 ^b	5,20 \pm 0,27 ^b	4,78 \pm 0,31 ^{a, b}
Απώλεια οπού 3 ημέρες p.m.	5,83 \pm 0,28 ^a	7,00 \pm 0,26 ^b	7,04 \pm 0,32 ^b	6,54 \pm 0,36 ^{a, b}
Απώλεια οπού 4 ημέρες p.m.	7,15 \pm 0,30 ^a	8,24 \pm 0,28 ^b	8,41 \pm 0,35 ^b	7,63 \pm 0,40 ^{a, b}
Απώλεια οπού 5 ημέρες p.m.	8,49 \pm 0,32 ^a	9,07 \pm 0,30 ^a	9,49 \pm 0,36 ^a	8,38 \pm 0,41 ^a
Απώλεια οπού 6 ημέρες p.m.	8,68 \pm 0,17 ^a	9,12 \pm 0,17 ^a	9,12 \pm 0,21 ^a	8,52 \pm 0,22 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

¹ Η απώλεια οπού του κρέατος υπολογίστηκε σε δείγματα του επιμήκους ραχιαίου μυός κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα (p.m.)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η απώλεια οπού από τη 2^η έως την 4^η ημέρα μετά τη σφαγή ήταν μεγαλύτερη κατά τις θερμότερες περιόδους σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες. Στη συνέχεια της συντήρησης του κρέατος από την 4^η έως την 6^η ημέρα, οι διαφορές που μετρήθηκαν δεν ήταν σημαντικές ($P > 0,05$).

Στον **πίνακα 2.18** παρουσιάζεται η επίδραση της εποχής του έτους στα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα αυτόν, η μέτρηση των τιμών της παραμέτρου L^* έδειξε ότι η φωτεινότητα του κρέατος επηρεάστηκε από την εποχή του έτους και ότι ήταν μεγαλύτερη κατά την χειμερινή περίοδο Ιανουαρίου - Μαρτίου σε σύγκριση με την περίοδο Απριλίου – Ιουνίου και Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου (53,36 έναντι 51,79 και 52,02 αντιστοίχως), ενώ δεν διέφερε με την περίοδο Ιουλίου – Σεπτεμβρίου (53,36 έναντι 52,72). Σημαντική ήταν η εποχιακή επίδραση στις τιμές της παραμέτρου a^* . Κατά την περίοδο Απριλίου – Ιουνίου το κρέας ήταν ερυθρότερο σε σύγκριση με την περίοδο Ιανουαρίου – Μαρτίου (5,79 έναντι 5,37), ενώ οι τιμές της παραμέτρου a^* δεν διέφεραν μεταξύ τους κατά τις τρεις άλλες εποχές του έτους. Κατά την περίοδο Ιανουαρίου – Μαρτίου η τιμή της παραμέτρου b^* ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με την περίοδο Απριλίου – Ιουνίου (13,76 έναντι 13,49), δεν διέφερε με την τιμή κατά την περίοδο Ιουλίου – Σεπτεμβρίου και ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με την περίοδο Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου (13,76 έναντι 13,14). Παρόμοια ήταν και η επίδραση της εποχής του έτους

στις τιμές της χροιάς και του κορεσμού του κρέατος. Η απώλεια βρασμού του κρέατος ήταν μεγαλύτερη την περίοδο Απριλίου – Σεπτεμβρίου σε σύγκριση με την περίοδο των χειμερινών μηνών (31,94 έως 33,11 έναντι 30,15 έως 31,04). Η μεγαλύτερη τιμή στη δύναμη διατομής (45,97) μετρήθηκε την περίοδο Απριλίου-Ιουνίου ενώ οι τιμές της δεν διέφεραν σημαντικά τις άλλες περιόδους του έτους. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις τιμές του μήκος των σαρκομεριδίων των μυϊκών ινών του κρέατος στις διαφορετικές εποχές του έτους.

Πίνακας 2.18: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών των χαρακτηριστικών της ποιότητας ανά εποχή έτους

	Εποχή του έτους			
	Ιαν – Μαρτ	Απρ - Ιουν	Ιουλ - Σεπτ	Οκτ – Δεκ
n	198	160	120	112
CIE L^*	53,36 \pm 0,23 ^a	51,79 \pm 0,23 ^b	52,72 \pm 0,29 ^{a,γ}	52,02 \pm 0,30 ^{b,γ}
CIE a^*	5,37 \pm 0,10 ^a	5,79 \pm 0,10 ^b	5,53 \pm 0,12 ^{a,β}	5,74 \pm 0,13 ^{a,β}
CIE b^*	13,76 \pm 0,08 ^a	13,49 \pm 0,07 ^b	13,61 \pm 0,09 ^{a,β}	13,14 \pm 0,10 ^γ
Χροιά	1,19 \pm 0,006 ^a	1,16 \pm 0,006 ^b	1,18 \pm 0,007 ^{a,β}	1,16 \pm 0,008 ^{a,β}
Κορεσμός	14,88 \pm 0,10 ^a	14,76 \pm 0,09 ^{a,β}	14,76 \pm 0,11 ^{a,β}	14,40 \pm 0,12 ^β
Απώλεια βρασμού %	31,04 \pm 0,28 ^a	33,11 \pm 0,26 ^b	31,94 \pm 0,32 ^a	30,15 \pm 0,373 ^γ
Δύναμη διατομής (N)	43,26 \pm 0,77 ^a	45,97 \pm 0,79 ^b	41,44 \pm 0,98 ^a	42,40 \pm 1,01 ^a
Μήκος σαρκομεριδίων (μ m)	1,66 \pm 0,01 ^a	1,65 \pm 0,01 ^a	1,68 \pm 0,01 ^a	1,70 \pm 0,01 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι αν και σχεδόν όλες οι παράμετροι της ποιότητας επηρεάστηκαν από την εποχή του έτους, η επίδραση αυτή ήταν περισσότερο εμφανής και σταθερή στο pH. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι τιμές pH₄₅ και pH₂₄ ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με τους θερμότερους μήνες. Το pH των

μυών των σφάγιων είναι ένας σημαντικός δείκτης ποιότητας του χοιρινού κρέατος και χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των σφάγιων στις κατηγορίες RFN, PSE, DFD και RSE. Οι Homer και Matthews, (1998) αναφέρουν ότι σύμφωνα με τις τιμές pH₄₅ η συχνότητα εμφάνισης PSE σε 5598 σφάγια ήταν μεγαλύτερη το καλοκαίρι σε σύγκριση με το χειμώνα (17,4 έναντι 12,7 % αντιστοίχως) ενώ η μέση τιμή pH₂₄ ήταν 5,54 το καλοκαίρι και 5,75 το χειμώνα. Παρομοίως, οι Gispert και συν. (2000) αναφέρουν ότι σε 5 σφαγεία στην Ισπανία το ποσοστό PSE ήταν μεγαλύτερο το καλοκαίρι από το χειμώνα (8,5 έναντι 5,2) ενώ το ποσοστό DFD ήταν 8,4 και 13,4 % αντίστοιχα. Διπλάσια ποσοστά PSE (6,5 έναντι 3,4 %) σε υψηλές θερμοκρασίες έναντι των ψυχρότερων περιόδων του έτους αναφέρουν και οι Guàrdia και συν. (2004). Οι O' Neil και συν. (2003) διαπίστωσαν ότι το ανεπαρκές χρονικό διάστημα ανάπαυσης και η μίξη ανομοιογενών ομάδων ζώων λόγω εντατικότερης λειτουργίας των σφαγείων στις περιόδους αυξημένης ζήτησης κρέατος στην Ιρλανδία (Νοέμβριος– Δεκέμβριος) άσκησαν σημαντικότερη επίδραση από τις κλιματολογικές συνθήκες με αποτέλεσμα αύξηση του ποσοστού PSE κρέατος.

Η εποχιακή επίδραση που παρατηρήθηκε στο pH με τη μέτρηση υψηλότερων τιμών pH₄₅ και pH₂₄ τους χειμερινούς μήνες οφείλεται στην καταπόνηση λόγω ψύχους των ζώων με συνέπεια την αυξημένη κατανάλωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου. Στις χαμηλές θερμοκρασίες, οι χοίροι αντιδρούν με τη δημιουργία μικρών ομάδων και τη στενότερη μεταξύ τους επαφή για να μειώνουν την απώλεια θερμότητας που όμως οδηγεί σε αυξημένη επιθετικότητα, τραυματισμούς και μεγαλύτερες κακώσεις των σφάγιων (Gosálvez και συν. 2006, Costa και συν. 2007). Κατά τους χειμερινούς μήνες της παρούσας μελέτης οι μεταφορές των ζώων έγιναν σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά πολύ χαμηλότερες (-5 έως +10 °C) από το ουδέτερο για τους χοίρους εύρος θερμοκρασιών το οποίο κυμαίνεται από 15 έως 25 °C (Costa και συν. 2007).

Παρόμοια με το pH ήταν και η επίδραση της εποχής του έτους στην απώλεια οπού του κρέατος. Κατά τους θερμότερους μήνες η απώλεια οπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τους χειμερινούς (**πίνακας 2.17**). Αν και η απώλεια οπού επηρεάζεται και από παράγοντες που δρουν κατά τη μεταχείριση του σφάγιου, όπως ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας των μυών πριν από την εγκατάσταση της νεκρικής ακαμψίας και η τιμή του τελικού pH (Honikel, 1985), η ικανότητα συγκράτησης νερού του κρέατος καθορίζεται από το ρυθμό πτώσης του pH αμέσως μετά τη σφαγή σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία. Οι Küchenmeister και συν. (2000) μελέτησαν την εποχιακή επίδραση στη μετακίνηση των ιόντων ασβεστίου μεταξύ σαρκοπλασματικού δικτύου και σαρκοπλάσματος σε σχέση με την ποιότητα του κρέατος σε χοίρους ομοζυγωτούς στο γονίδιο της αλοθάνης και σε χοίρους απηλλαγμένους από το γονίδιο και διαπίστωσαν ότι η απώλεια οπού ήταν μεγαλύτερη το καλοκαίρι τόσο στους φορείς όσο και στους απαλλαγμένους χοίρους (7,76 και 3,90 % αντίστοιχα) σε σύγκριση με το χειμώνα (3,77 και 1,35 % αντίστοιχα) όπως μεγαλύτερη ήταν επίσης και η φωτεινότητα

του κρέατος το καλοκαίρι (54 και 48,5) απ' ότι το χειμώνα (47,5 και 45,6) και για τους δυο γονοτύπους αντίστοιχα. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες διαπίστωσαν επίσης μείωση της ικανότητας επαναπρόσληψης των ιόντων ασβεστίου από το σαρκόπλασμα στο σαρκοπλασματικό δίκτυο των μυικών ινών τόσο στους φορείς, όσο και στους απαλλαγμένους από το μεταλλαγμένου αλληλόμορφο του γονιδίου της αλοθάνης και στη διαταραχή αυτή απέδωσαν τη μεγαλύτερη τάση παραγωγής κρέατος μειωμένης ποιότητας στις εποχές με υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

2.3.4.3 Επίδραση της ανάπαυσης πριν από τη σφαγή

Στον **πίνακα 2.19** παρουσιάζεται η επίδραση της χρονικής διάρκειας παραμονής των χοίρων στους χώρους ανάπαυσης του σφαγείου στο pH και τη θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μυός.

Πίνακας 2.19: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών pH και θερμοκρασίας του κρέατος των σφάγιων ανά χρονικό διάστημα ανάπαυσης

	Χρονικό διάστημα ανάπαυσης		
	< 2 ώρες	2-4 ώρες	> 4 ώρες
n	240	100	250
pH ₄₅	6,38 \pm 0,02 ^a	6,45 \pm 0,03 ^a	6,38 \pm 0,02 ^a
pH ₂₄	5,48 \pm 0,01 ^{a,b}	5,44 \pm 0,01 ^a	5,52 \pm 0,01 ^b
Θερμοκρασία ₄₅ °C	37,53 \pm 0,14 ^a	39,22 \pm 0,22 ^b	38,07 \pm 0,16 ^γ

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το χρονικό διάστημα ανάπαυσης δεν επηρέασε το pH₄₅. Το pH₂₄ ήταν υψηλότερο στους χοίρους που αναπαύθηκαν για χρονική περίοδο μεγαλύτερη από 2 ώρες σε σύγκριση με το pH₂₄ των χοίρων που αναπαύθηκαν για λιγότερο από 2 ώρες και για 2 έως 4 ώρες. Σημαντική ήταν η επίδραση της ανάπαυσης στη θερμοκρασία των μυών των σφάγιων. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στους μεγαλύτερους χρόνους ανάπαυσης.

Στον **πίνακα 2.20** παρουσιάζεται η επίδραση της χρονικής διάρκειας παραμονής των χοίρων στους χώρους ανάπαυσης του σφαγείου στην απώλεια οπού.

Πίνακας 2.20: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα της απώλειας οπού (%) του κρέατος σε διάφορες ημέρες μετά τη σφαγή ανά χρονικό διάστημα ανάπαυσης¹

	Χρονικό διάστημα ανάπαυσης		
	< 2 ώρες	2-4 ώρες	> 4 ώρες
n	240	100	250
Απώλεια οπού 2 ημέρες p.m.	5,09 \pm 0,20 ^a	5,09 \pm 0,30 ^a	4,52 \pm 0,21 ^a
Απώλεια οπού 3 ημέρες p.m.	6,95 \pm 0,23 ^a	6,61 \pm 0,35 ^a	6,25 \pm 0,25 ^a
Απώλεια οπού 4 ημέρες p.m.	8,05 \pm 0,25 ^a	7,84 \pm 0,38 ^a	7,68 \pm 0,28 ^a
Απώλεια οπού 5 ημέρες p.m.	9,05 \pm 0,27 ^a	8,72 \pm 0,40 ^a	8,80 \pm 0,29 ^a
Απώλεια οπού 6 ημέρες p.m.	9,02 \pm 0,16 ^a	8,70 \pm 0,24 ^a	8,86 \pm 0,16 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

¹Η απώλεια οπού του κρέατος υπολογίστηκε σε δείγματα του επιμήκους ραχιαίου μυός κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα (p.m.)

Στον **πίνακα 2.21** παρουσιάζεται η επίδραση της χρονικής διάρκειας παραμονής των χοίρων στους χώρους ανάπαυσης στα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος.

Μεταξύ των τριών χρονικών διαστημάτων ανάπαυσης οι διαφορές στην απώλεια οπού σε όλες τις ημέρες συντήρησης του κρέατος, στις τιμές των παραμέτρων L^* και a^* , στη χροιά και το μήκος των σαρκομεριδίων δεν ήταν σημαντικές (**πίνακες 2.20** και **2.21**). Ωστόσο, οι τιμές της απώλειας οπού έτειναν να είναι μικρότερες στο χρονικό διάστημα που ήταν μεγαλύτερο από 4 ώρες. Παρόμοια τάση φάνηκε και στις τιμές της παραμέτρου L^* . Η απώλεια βρασμού ήταν μεγαλύτερη όταν τα ζώα παρέμεναν στους χώρους ανάπαυσης λιγότερο από 2 ώρες σε σύγκριση με το χρονικό διάστημα 2-4 ωρών, ενώ δεν διέφερε όταν τα ζώα παρέμεναν περισσότερο από 4 ώρες. Η δύναμη διατομής του κρέατος ήταν μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα < 2 ωρών σε σχέση με το διάστημα 2-4 ωρών, αλλά η διαφορά δεν ήταν σημαντική σε χρονικό διάστημα ανάπαυσης μεγαλύτερο από 4 ώρες. Το μήκος των σαρκομεριδίων δεν επηρεάστηκε από την ανάπαυση των ζώων πριν από τη σφαγή (**πίνακας 2.21**).

Πίνακας 2.21: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών των χαρακτηριστικών της ποιότητας ανά χρονικό διάστημα ανάπαυσης

	Χρονικό διάστημα ανάπαυσης		
	< 2 ώρες	2-4 ώρες	> 4 ώρες
n	240	100	250
CIE L^*	52,72 \pm 0,21 ^a	52,24 \pm 0,31 ^a	52,45 \pm 0,22 ^a
CIE a^*	5,47 \pm 0,09 ^a	5,65 \pm 0,13 ^a	5,70 \pm 0,09 ^a
CIE b^*	13,19 \pm 0,06 ^a	13,73 \pm 0,10 ^b	13,57 \pm 0,07 ^b
Χροιά	1,18 \pm 0,005	1,17 \pm 0,008	1,16 \pm 0,006
Κορεσμός	14,32 \pm 0,08 ^a	14,97 \pm 0,12 ^b	14,81 \pm 0,09 ^b
Απώλεια βρασμού	32,01 \pm 0,23 ^a	31,06 \pm 0,36 ^b	31,83 \pm 0,26 ^{a,b}
Δύναμη διατομής (N)	45,71 \pm 0,71 ^a	40,73 \pm 1,06 ^b	43,36 \pm 0,76 ^{a,b}
Μήκος σαρκομεριδίων	1,67 \pm 0,00 ^a	1,68 \pm 0,00 ^a	1,67 \pm 0,00 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Η χρονική διάρκεια παραμονής των χοίρων στο χώρο ανάπαυσης του σφαγείου επιτρέπει στα ζώα να ρυθμίσουν τις αιματολογικές και βιοχημικές τους παραμέτρους, να αποκαταστήσουν τα επίπεδα του μυϊκού γλυκογόνου και τις σωματικές απώλειες και να επανέλθουν στην πριν από τη μεταφορά φυσιολογική τους κατάσταση (Pérez και συν. 2002, Becceiril και συν. 2010, Edwards και συν. 2010). Διάρκεια ανάπαυσης μικρότερη από 1 ώρα δεν είναι επαρκής για την ανάνηψη από το stress της μεταφοράς με συνέπεια υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης PSE (Aaslyng και Barton Gade, 2001). Όταν η σφαγή γίνει τις πρώτες ώρες του σταυλισμού τους παρατηρείται αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα λόγω εντονότερου stress που προκαλεί μεγαλύτερη πτώση του pH, υψηλότερη θερμοκρασία και μειωμένη ποιότητα του κρέατος (Salmi και συν. 2012). Οι Owen και συν. (2000) αναφέρουν ότι χοίροι που δεν αναπαύθηκαν και σφάχτηκαν εντός χρονικού διαστήματος 15 λεπτών μετά την άφιξη στο σφαγείο παρουσίασαν υψηλότερη θερμοκρασία ($P < 0,05$) στο χοιρομήριο σε σχέση με ζώα που αναπαύθηκαν από 1 έως 3 ώρες. Όσον αφορά το pH κατά τη μεταθανάτια περίοδο από τα 30 λεπτά έως την 1,5 ώρα διαπίστωσαν ότι ήταν σημαντικά υψηλότερο για διάρκεια ανάπαυσης μίας ώρας σε σύγκριση με ανάπαυση 2 έως 3 ωρών ή και καθόλου. Σημαντικά χαμηλότερο ήταν το pH₂₄ στους χοίρους που αναπαύθηκαν 3 ώρες σε σύγκριση με χοίρους που

αναπαύτηκαν για 1 ώρα, 3 ώρες ή και καθόλου. Οι Santos και συν. (1997) διαπίστωσαν ότι αύξηση του χρόνου ανάπαυσης από τα 30 λεπτά στις 2 έως 3 ώρες είχε ως αποτέλεσμα μείωση της θερμοκρασίας των σφάγιων (από 41,1 σε 40,9 °C), αύξηση της τιμής του pH₄₅ στον ημιμεμβρανώδη μυ (από 5,95 σε 5,91) ενώ δεν ήταν σημαντική η αύξηση στον επιμήκη ραχιαίο και υψηλότερο pH₂₄ (5,52 έναντι 5,57) στον επιμήκη ραχιαίο μυ. Οι de Smet και συν. (1996) διαπίστωσαν χαμηλότερο pH₄₅ για ανάπαυση μικρότερη από 1 ώρα σε σχέση με ανάπαυση 4 έως 5 ωρών (5,98 έναντι 6,08), πτώση της θερμοκρασία με την αύξηση του χρόνου ανάπαυσης, μεγαλύτερη απώλεια οπού για ανάπαυση μικρότερη από 1 ώρα σε σύγκριση με ανάπαυση 4 έως 5 ωρών, υψηλότερη τιμή *L** για ανάπαυση μικρότερη από 1 ώρα σε σχέση με ανάπαυση 2 έως 5 ωρών (53 έναντι 51,8), ενώ το pH₂₄ και η τρυφερότητα του κρέατος δεν επηρεάστηκαν από το χρονικό διάστημα της ανάπαυσης.

Για να διερευνήσουν την επίδραση της ανάπαυσης των χοίρων στην ποιότητα του κρέατος οι Aaslyng και Barton Gade, (2001) σχεδίασαν δυο πειράματα. Το πρώτο πείραμα έγινε την περίοδο της άνοιξης κατά το οποίο σε ζώα προερχόμενα από μια εκτροφή και υπό συνθήκες χαμηλού stress, χρησιμοποιήθηκαν δυο χρονικά διαστήματα ανάπαυσης, ένα μικρότερο από 30, 90 λεπτά και ένα μεγαλύτερο από 150 λεπτά. Κατά τη διάρκεια της ανάπαυσης δεν έγινε καταιονισμός των ζώων με νερό. Στο δεύτερο πείραμα που έγινε καλοκαίρι με παρόμοιες συνθήκες, και σε τυχαιοποιημένο δείγμα, χρησιμοποιήθηκαν δυο χρονικά διαστήματα ανάπαυσης των ζώων, ένα μικρότερο από 30 λεπτά και ένα μεγαλύτερο από 130 λεπτά. Στα ζώα έγινε περιοδικός καταιονισμός των ζώων με νερό. Τα αποτελέσματα του πρώτου πειράματος συμφωνούν με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στους πίνακες 2.20 και 2.21 και έδειξαν ότι η ποιότητα του κρέατος δεν επηρεάστηκε από το χρονικό διάστημα σταυλισμού των χοίρων πριν από σφαγή τους. Στην παρούσα μελέτη η ανάπαυση επέδρασε μόνο στην παράμετρο *b** και τον κορεσμό του χρώματος, την απώλεια βρασμού η οποία όμως επηρεάζεται επιπλέον και από άλλους παράγοντες και στη δύναμη διατομής του κρέατος. Τα αποτελέσματα του δεύτερου πειράματος έδειξαν ότι η μικρότερης διάρκειας ανάπαυση είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη θερμοκρασία στον επιμήκη ραχιαίο σε σύγκριση με την μεγαλύτερης διάρκειας ανάπαυση, πιθανόν λόγω του καταιονισμού των ζώων με νερό, μεγαλύτερη απώλεια οπού στο δικέφαλο μηριαίο μυ, μεγαλύτερη εσωτερική ανάκλαση και υψηλότερα ποσοστά PSE.

Η επίδραση της ανάπαυσης έχει στενή σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στους χώρους σταυλισμού και ιδιαίτερα τη θερμοκρασία. Οι Santos και συν. (1997) αναφέρουν ότι άμεση σφαγή των χοίρων μετά από παραμονή 30 λεπτών στους χώρους ανάπαυσης μείωσε τη συχνότητα της PSE απόκλισης σε υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (35 °C και 80% σχετική υγρασία), ενώ σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος (12°C/90%, 20°C/80%, ή 90%) απαιτείται ανάπαυση διάρκειας 2-3 ωρών για την ελάττωση των ποιοτικών αποκλίσεων του κρέατος.

Οι ακραίες κλιματολογικές συνθήκες σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων κατεγράφησαν τον Αύγουστο με θερμοκρασία 36 °C και 33 % σχετική υγρασία στο εξωτερικό περιβάλλον και 31,5°C και 55 % στους χώρους σταυλισμού και το Σεπτέμβριο, 30,5 °C και 44 % και 29,5 °C και 46 % αντίστοιχα. Εύρος θερμοκρασίας 15 έως 18 °C και σχετικής υγρασίας 59 έως 65% στους χώρους ανάπαυσης θεωρούνται ιδανικές για τη μείωση του φυσικού stress και την ελάττωση της εμφάνισης του PSE κρέατος (Honkavaara, 1989). Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πλησίον του ανωτέρου ορίου της ουδέτερης ζώνης της θερμοκρασίας του χοίρου (25 °C) (Costa και συν. 2007) και σε υψηλή σχετική υγρασία (85 %), τα ζώα παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία στην αποβολή θερμότητας με αποτέλεσμα να προτιμούν να είναι σε κατάκλιση, να διατηρούν μεταξύ τους σχετικώς μεγαλύτερες αποστάσεις και να αυξάνουν το αναπνευστικό τους ρυθμό (Santos και συν. 1997). Ακραίες θερμοκρασίες ($\geq 35^{\circ}\text{C}$) και σχετική υγρασία ($\geq 80\%$) μπορούν να αποφευχθούν με μηχανικό αερισμό των χώρων ανάπαυσης και με καταιονισμό των ζώων με νερό.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι όταν το ζωικό υλικό είναι απαλλαγμένο από την παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης, οι κλιματολογικές συνθήκες στους χώρους σταυλισμού δεν είναι ακραίες και οι συνθήκες μεταχείρισης προκαλούν μικρή καταπόνηση στους χοίρους η ποιότητα του κρέατος σε μεγάλο βαθμό δεν επηρεάζεται από το χρονικό διάστημα ανάπαυσης των ζώων πριν από τη σφαγή.

2.3.4.4 Επίδραση του φύλου

Στον **πίνακα 2.22**, παρουσιάζεται η επίδραση του φύλου των χοίρων στο pH και τη θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μυός.

Πίνακας 2.22: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών pH και θερμοκρασίας του κρέατος των σφάγιων ανά φύλο των ζώων

	Φύλο		
	Αρσενικά	Θηλυκά	Ευνουχισμένα
n	61	267	262
pH ₄₅	6,41 \pm 0,01 ^a	6,38 \pm 0,03 ^a	6,42 \pm 0,01 ^a
pH ₂₄	5,49 \pm 0,01 ^{a,b}	5,44 \pm 0,02 ^a	5,51 \pm 0,10 ^b
Θερμοκρασία ₄₅ °C	37,99 \pm 0,11 ^a	38,48 \pm 0,23 ^{a,b}	38,36 \pm 0,11 ^b

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το φύλο των ζώων δεν επηρέασε το pH₄₅. Σημαντική ήταν όμως η επίδραση που άσκησε στο pH₂₄ το οποίο ήταν υψηλότερο ($P < 0,05$) στους ευνουχισμένους χοίρους σε σύγκριση με τα θηλυκά ζώα, ενώ δεν διέφερε από τους αρσενικούς χοίρους. Μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ζώων δεν παρατηρήθηκε διαφορά στο pH₂₄.

Στους πίνακες 2.23 και 2.24 παρουσιάζεται η επίδραση του φύλου των χοίρων στην απώλεια οπού και στα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος.

Πίνακας 2.23: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα της απώλειας οπού (%) του κρέατος σε διάφορες ημέρες μετά τη σφαγή ανά φύλο¹

	Φύλο		
	Αρσενικά	Θηλυκά	Ευνουχισμένα
n	61	267	262
Απώλεια οπού 2 ημέρες	5,05 \pm 0,16 ^a	4,68 \pm 0,32 ^a	4,98 \pm 0,16 ^a
Απώλεια οπού 3 ημέρες	6,85 \pm 0,19 ^a	6,27 \pm 0,38 ^a	6,69 \pm 0,19 ^a
Απώλεια οπού 4 ημέρες	8,11 \pm 0,21 ^a	7,46 \pm 0,41 ^a	8,00 \pm 0,21 ^a
Απώλεια οπού 5 ημέρες	9,07 \pm 0,22 ^a	8,46 \pm 0,43 ^a	9,04 \pm 0,22 ^a
Απώλεια οπού 6 ημέρες	8,86 \pm 0,13 ^a	8,80 \pm 0,25 ^a	8,91 \pm 0,12 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$)

¹Η απώλεια οπού του κρέατος υπολογίστηκε σε δείγματα του επιμήκους ραχιαίου μυός κατά τη συντήρηση του κρέατος στους 4⁰ C από την 2^η έως την 6^η ημέρα (p.m.)

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2.23 η απώλεια οπού σε όλες τις ημέρες συντήρησης του κρέατος δεν επηρεάστηκε από το φύλο. Το κρέας των αρσενικών εμφάνισε χαμηλότερη τιμή L^* δηλαδή ήταν σκοτεινότερο σε σύγκριση με τους ευνουχισμένους χοίρους (52,02 έναντι 52,64) ενώ δεν διέφερε στο χρώμα από τα θηλυκά ζώα. Οι τιμές των παραμέτρων a^* και b^* , η χροιά και ο κορεσμός του κρέατος δεν επηρεάστηκαν από το φύλο. Η δύναμη διατομής ήταν μικρότερη στο κρέας των αρσενικών χοίρων σε σύγκριση με τους θηλυκούς (42,07 έναντι 45,13), ενώ το κρέας των ευνουχισμένων δεν διέφερε από τα αρσενικά και θηλυκά ζώα. Η απώλεια βρασμού δεν διέφερε μεταξύ των φύλων (πίνακας 2.24).

Πίνακας 2.24: Αριθμός παρατηρήσεων (n) και μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα των τιμών των χαρακτηριστικών της ποιότητας ανά φύλο

	Φύλο		
	Αρσενικά	Θηλυκά	Ευνουχισμένα
n	61	267	262
CIE L^*	52,02 \pm 0,17 ^a	52,76 \pm 0,34 ^{a,β}	52,64 \pm 0,17 ^β
CIE a^*	5,59 \pm 0,07 ^a	5,71 \pm 0,14 ^a	5,52 \pm 0,07 ^a
CIE b^*	13,43 \pm 0,05 ^a	13,55 \pm 0,11 ^a	13,51 \pm 0,05 ^a
Χροιά	1,17 \pm 0,004 ^a	1,17 \pm 0,00 ^a	1,18 \pm 0,004 ^a
Κορεσμός	14,32 \pm 0,08 ^a	14,97 \pm 0,12 ^a	14,81 \pm 0,09 ^a
Απώλεια βρασμού	31,34 \pm 0,19 ^a	32,05 \pm 0,38 ^a	31,51 \pm 0,20 ^a
Δύναμη διατομής (N)	42,07 \pm 0,58 ^a	45,13 \pm 1,12 ^β	42,61 \pm 0,57 ^{a,β}
Μήκος σαρκομεριδίων	1,68 \pm 0,00 ^a	1,66 \pm 0,01 ^a	1,68 \pm 0,00 ^a

Μέσοι όροι με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0,05$)

Οι De Smet και συν. (1996) αναφέρουν ότι οι ευνουχισμένοι χοίροι Landrace και οι διασταυρώσεις Pietrain x Landrace σε σύγκριση με τα θηλυκά ζώα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία 40 λεπτά μετά τη σφαγή, υψηλότερο pH₂₄ στον ημιμεμβρανώδη μυ (5,73 έναντι 5,66) και μη σημαντική διαφορά στον επιμήκη ραχιαίο μυ, μεγαλύτερη τιμή L^* (52,6 έναντι 51,8), μη σημαντική διαφορά στις παραμέτρους a^* και b^* και στην απώλεια οπού και σημαντικά μικρότερη δύναμη διατομής (50,9 έναντι 53,8). Με τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν οι τιμές της δύναμη διατομής που παρουσιάζονται στον **πίνακα 2.24** από τις οποίες παρατηρείται μια τάση (42,61 έναντι 45,13, $P = 0,091$) παραγωγής μαλακότερου κρέατος από τους ευνουχισμένους χοίρους σε σχέση με τα θηλυκά ζώα.

Οι D' Souza και Mullan, (2002) αναφέρουν ότι το κρέας των θηλυκών Large White x Landrace x Duroc ήταν σκληρότερο σε σύγκριση με τους ευνουχισμένους χοίρους κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο της τρυφερότητας με τυχαίους καταναλωτές. Τα θηλυκά ζώα είχαν χαμηλότερο pH₂₄, μεγαλύτερη ποσότητα αποβαλλόμενου οπού στην επιφάνεια τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός 24 ώρες μετά τη σφαγή και υψηλότερες τιμές L^* . Την χαμηλότερη αποδοχή του κρέατος των θηλυκών απέδωσαν στο χαμηλότερο τελικό pH και στη μεγαλύτερη ποσότητα του αποβαλλόμενου οπού. Στους **πίνακες 2.22** και **2.23** φαίνεται ότι αν και το pH₂₄ ήταν χαμηλότερο στα θηλυκά ζώα, η απώλεια οπού

δεν επηρεάστηκε από το φύλο, ενώ τάση για μεγαλύτερη απώλεια οπού οι ευνουχισμένοι χοίροι εμφάνισαν.

Οι Alonso και συν. (2009) διαπίστωσαν ότι οι θηλυκοί χοίροι των φυλών Large White, Landrace, Pietrain, Duroc και από τις διασταυρώσεις τους είχαν παρόμοιες τιμές pH_{45} και pH_{24} , παρόμοιες τιμές L^* και χαμηλότερες τιμές a^* και b^* σε σύγκριση με τους ευνουχισμένους χοίρους με αποτέλεσμα το κρέας τους να είναι λιγότερο ερυθρό. Οι ευνουχισμένοι χοίροι είχαν επιπλέον μεγαλύτερο ποσοστό ενδομυϊκού λίπους (2,07 έναντι 1,57 %) αντιστοίχως.

Οι Channon και συν. (2004) αναφέρουν ότι το κρέας των αρσενικών χοίρων Duroc, Large White και Duroc x Large White σε σύγκριση με τα θηλυκά ζώα ήταν σκοτεινότερο ($L^* = 46,0$ $45,2$ και $45,5$ σε κάθε φυλή αντίστοιχα έναντι $47,6$ $47,9$ και $46,6$, των θηλυκών), είχε μεγαλύτερες τιμές δύναμης διατομής ($46,0$ $48,6$ και $43,1$ σε κάθε φυλή αντίστοιχα έναντι $36,5$ $38,4$ και $40,0$ των θηλυκών), μεγαλύτερη απώλεια βρασμού ($34,41$ $33,48$ και $35,06$ σε κάθε φυλή αντίστοιχα έναντι $34,41$ $32,33$ και $32,39$ των θηλυκών) και παρόμοια απώλεια οπού. Το pH_{45} δεν επηρεάστηκε από το φύλο, ενώ τα αρσενικά είχαν υψηλότερο τελικό pH στις 48 ώρες μετά τη σφαγή.

Οι Jeremiah και συν. (1999) σε μια μεγάλο μεγέθους από άποψη πληθυσμού ζώων μελέτη, αναφέρουν ότι οι ευνουχισμένοι χοίροι Duroc, Hampshire, Landrace και Yorkshire είχαν μικρότερες τιμές δύναμης διατομής σε σύγκριση με τα θηλυκά και τα αρσενικά ζώα, ενώ δεν ήταν σημαντική η διαφορά μεταξύ θηλυκών και αρσενικών χοίρων. Οι αρσενικοί και θηλυκοί χοίροι είχαν περισσότερο σκοτεινό κρέας σε σύγκριση με τους ευνουχισμένους. Ωστόσο, διαπίστωσαν ότι η επίδραση του φύλου στο χρώμα του κρέατος δεν είχε εμπορική σημασία αφού δεν μπορούσε να γίνει αντιληπτή από την ομάδα των δοκιμαστών. Όσον αφορά την απώλεια βρασμού αναφέρουν ότι το φύλο δεν είχε σημαντική επίδραση.

Η παραλλακτικότητα που παρατηρείται μεταξύ των μελετών στην επίδραση του φύλου στα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος μπορεί να εξηγηθεί από την αλληλεπίδραση της φυλής με το γονότυπο των χοίρων καθώς και τη διαφορετική μεταχείριση των ζώων πριν από τη σφαγή. Όσον αφορά τη συμμετοχή του γονοτύπου, οι Jeremiah και συν. (1999) αναφέρουν ότι η παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης (Hal^+) ασκεί σημαντική επίδραση στα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος και ότι το κρέας χοίρων από φορείς του γονιδίου είναι χαμηλότερης ποιότητας σε σύγκριση με το κρέας χοίρων που είναι απαλλαγμένοι από το γονίδιο. Αντιθέτως, οι Van Oeckel και συν. (2001) διαπίστωσαν ότι στους Nn χοίρους οι τιμές pH_{45} και pH_{24} , το χρώμα και η απώλεια οπού ήταν κατώτερα σε σύγκριση με τους NN χοίρους ενώ υπερείχαν η απώλεια βρασμού και η τρυφερότητα του κρέατος.

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΑΡΚΩΣΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΦΑΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΖΩΙΑ ΤΩΝ ΧΟΙΡΩΝ

3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο σφαγείο, η διαδικασία σφαγής των ζώων των οποίων το κρέας προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο περιλαμβάνει δυο στάδια, την αναισθητοποίηση και τη θανάτωση.

Σκοπός της αναισθητοποίησης είναι η πρόκληση αναλγησίας και απώλειας της συνείδησης του ζώου πριν από τη θανάτωσή του. Η ταχεία και ανώδυνη εγκατάσταση και η επαρκής διάρκεια της εισαγόμενης αναισθησίας μέχρι την έλευση του θανάτου, με τις μικρότερες επιπτώσεις στην ποιότητα των σφάγιων και του κρέατος, είναι τα χαρακτηριστικά μιας επιτυχούς αναισθητοποίησης (Troeger και Woltersdorf, 1989, 1991, van der Wal, 1978, van der Wal και συν. 1999, Anil, 1991, Cook και συν. 1995, Cook, 1999, Jongman και συν. 2000, Støier και συν. 2001).

Η ηλεκτροπληξία / ηλεκτροθανάτωση (ηλεκτρική αναισθητοποίηση κεφαλής – σώματος), η ηλεκτρονάρκωση (ηλεκτρική αναισθητοποίηση κεφαλής) και η χημική αναισθητοποίηση με διοξείδιο του άνθρακα, είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα στα βιομηχανικά σφαγεία για την αναισθητοποίηση των χοίρων. Η μηχανική αναισθητοποίηση με πιστόλι με έμβολο περιορισμένης εξόδου με ή χωρίς διείσδυση στο κρανίο του ζώου χρησιμοποιείται ως εφεδρική μέθοδος, όταν η αναισθητοποίηση με όλες τις παραπάνω μεθόδους είναι ανεπιτυχής. Επίσης, άλλες μέθοδοι, αναπτύσσονται και προτείνονται ως εναλλακτικές όπως η χρησιμοποίηση των αερίων αργόν, άζωτο και των μειγμάτων τους με οξυγόνο ή/και διοξείδιο του άνθρακα σε διάφορες συγκεντρώσεις (90 % αργόν ή 60 % αργόν και 30 % CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα), (Raj και Gregory, 1996, Raj, 1999a) και η πλήξη του κρανίου με εκτόξευση πεπιεσμένου νερού ή αέρα και μικροκύματα (Lambooij και Schatzmann, 1994, Lambooij, 1999), επειδή στην πράξη συχνά προκύπτουν προβλήματα αναισθητοποίησης που επηρεάζουν την ευζωία των χοίρων και την ποιότητα σφάγιων και κρέατος (Gregory, 1994, 2005).

Αν και η μέθοδος αναισθητοποίησης με την ευρύτερη χρήση στην Ελλάδα είναι η χειροκίνητη ηλεκτρονάρκωση κεφαλής, κατά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αυξανόμενη αποδοχή από τα βιομηχανικά σφαγεία της χημικής αναισθητοποίησης με CO₂. Τα αίτια της μεταστροφής αυτής είναι τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών (Velarde και συν. 2000, 2001, Bertram, και συν. 2002, Channon και συν. 2002, 2003) τα οποία, αν και δεν είναι πάντα σε συμφωνία μεταξύ τους (Hambrecht και συν. 2003),

δείχνουν ότι σημαντικά ελαττώματα στην ποιότητα του κρέατος όπως μεγάλες απώλειες σπυρί ή μη αποδεκτός χρωματισμός και βλάβες στα σφάγια όπως κατάγματα στη σπονδυλική στήλη και αιματώματα σε εμπορικά τεμάχια κρέατος μειώνονται με τη χρησιμοποίηση του CO₂ καθώς και η επιθυμία των επιχειρήσεων κρέατος να επενδύσουν σε εξελιγμένα συστήματα αναισθητοποίησης με τα οποία, επιπλέον, βελτιώνεται και η προστασία των ζώων. Το 1998, έγινε στην Ελλάδα η τοποθέτηση του πρώτου συστήματος αναισθητοποίησης με CO₂. Μέχρι σήμερα, 6 ή 7 παρόμοια συστήματα είναι ήδη σε λειτουργία, ενώ αναμένεται η εγκατάσταση και άλλων στο άμεσο μέλλον.

Η μέθοδος της χειροκίνητης ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής, συνίσταται στην οδήγηση των χοίρων από τα κελιά ανάπαυσης στο σημείο αναισθητοποίησης, την ατομική συγκράτησή τους και τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος στον εγκέφαλο, μέσω ενός διπολικού ηλεκτροδίου, το οποίο εφαρμόζεται στο κεφάλι του ζώου (**εικόνες 3.1 α, β**).

Τα αποτελέσματα της επαφής ενός οργανισμού με το ηλεκτρικό ρεύμα, εξαρτώνται από την ένταση και τη συχνότητα του ηλεκτρικού πεδίου, την οδό διόδου του ρεύματος και τη δομή των ιστών με τους οποίους γίνεται η επαφή. Η δίοδος ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου του κρανίου στον εγκέφαλο, διεγείρει τον εγκεφαλικό ιστό (*transcranial electrical stimulation*) και προκαλεί μεταβολές στο δυναμικό της μεμβράνης (*membrane potential*) των νευρώνων και την ανάπτυξη αλληπάλληλων δυναμικών ενέργειας ή δράσης (*action potentials*) σε διαδοχικές θέσεις κατά μήκος των νευρικών ινών (Lee, 1997, Nitsche και συν. 2008). Όταν η διέγερση προέρχεται από μικρής έντασης στιγμιαία ηλεκτρικά ερεθίσματα πχ ένα ηλεκτρικό παλμό, τα δυναμικά δράσης διαρκούν μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου και είναι υπεύθυνα για την αγωγή των νευρικών ώσεων. Για την πρόκληση αναισθησίας σε χοίρους σωματικού βάρους 60 – 80 Kg απαιτείται διέγερση του εγκεφάλου για 3 δευτερόλεπτα με ηλεκτρικό ρεύμα ελαχίστης έντασης 406 mAmps. Η διέγερση αυτή επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στην ιδανική θέση, αμφοτερόπλευρα, σε σημείο μεταξύ του οφθαλμού και της βάσης του αυτιού και τη διοχέτευση ημιτονοειδώς εναλλασσόμενου ρεύματος 50 Hz με τάση 150 Volts (Anil, 1991, Anil και McKinsty, 1998). Ακόμα μεγαλύτερη σταθερή ένταση ρεύματος 1,25 – 1,3 Amps (με ελάχιστη τάση 250 Volts σε συχνότητες 50 έως 500 Hz) και μικρότερος χρόνος 0,3 sec απαιτούνται για την άμεση αναισθητοποίηση των χοίρων στην πράξη, την αποφυγή άσκοπης πρόκλησης πόνου και την ελαχιστοποίηση της ταλαιπωρίας των ζώων (Hoederken, 1978, Berghaus και Troeger, 1998, Troeger, 1999) επειδή τα αποτελέσματα της ηλεκτρονάρκωσης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες. Η ανομοιογένεια στο μέγεθος και το βάρος των σφάγιων ζώων που υπερβαίνει συχνά τα 100 Kg και η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων σε διαφορετικά από την ιδανική θέση σημεία, όπως κάτω από τη βάση των αυτιών ή στον τράχηλο του ζώου πίσω από τα αυτιά, μεταβάλλουν κατά πολύ την ηλεκτρική αντίσταση των ιστών, από 160 έως 240 Ohms (Gregory, 1998) και επηρεάζουν την ένταση του ρεύματος που διέρχεται από τον εγκεφαλικό ιστό.

Το ρεύμα αναισθητοποίησης προκαλεί διέγερση των νευρώνων ολόκληρου του εγκεφάλου η οποία εκδηλώνεται με μεγάλες, παροξυσμικές αλλά συντονισμένες εναλλαγές εκπόλωσης ακολουθούμενες από παρατεταμένες μετα-υπερπολώσεις της κυτταρικής μεμβράνης. Όσο διαρκεί η διοχέτευση του ρεύματος, οι ανώμαλες εκπολώσεις της μεμβράνης αυξάνουν σε συχνότητα και τελικά οδηγούν σε γενικευμένη βαριάς μορφής επιληπτική κρίση η οποία εκδηλώνεται με τονικούς και κλονικούς σπασμούς (μυϊκές συσπάσεις) και απώλεια συνείδησης. Το τονικό στάδιο της κρίσης και η απώλεια της συνείδησης καθώς και συμπτώματα δραστηριότητας του αυτόνομου νευρικού συστήματος (σιελόρροια, μυδρίαση, ταχυκαρδία, αύξηση της αρτηριακής πίεσης), οφείλονται στη διέγερση υποφλοιωδών περιοχών του εγκεφάλου και ιδιαίτερα των θαλαμικών και των κέντρων του εγκεφαλικού στελέχους. Μετά την εξάπλωση της διέγερσης, ξεκινά μια αναστολή η οποία διακόπτει την εκπόλωση αυτή, μεταβάλλοντας την από επίμονη εκπόλωση του τονικού σταδίου, στις διαλείπουσες εκπολώσεις του κλονικού σταδίου. Στη συνέχεια, οι κλονικές κρίσεις αραιώνουν σε συχνότητα και τελικά τερματίζονται οπότε οι νευρώνες μεταπίπτουν σε φάση εξάντλησης (Martin, 1991, Cook και συν. 1995, Raj, 1999β, Victor και Ropper, 2001).

Οι κλινικές αντιδράσεις που παρατηρούνται στα ζώα κατά την ηλεκτρονάρκωση περιγράφονται από τον Anil, (1991). Συγκεκριμένα, όσο διαρκεί η διοχέτευση του ρεύματος, τα ζώα παρουσιάζουν στήριξη στην πλευρική επιφάνεια του σώματος και ακαμψία με έκταση των προσθίων άκρων και κάμψη των οπισθίων κάτω από τον κορμό του σώματος. Αμέσως μετά τη διακοπή της, πέφτουν στο έδαφος, συνήθως σε πλάγια κατάκλιση και το τονικό στάδιο της κρίσης συνεχίζεται με υπερέκταση των προσθίων άκρων και κάμψη των οπισθίων κάτω από την κοιλιά. Το στάδιο αυτό διαρκεί 10 έως 20 δευτερόλεπτα από την έναρξη εφαρμογής του ρεύματος. Το επόμενο στάδιο, των κλονικών μυϊκών σπασμών, χαρακτηρίζεται από ακούσια λακτίσματα των άκρων και διαρκεί 15 έως 35 δευτερόλεπτα. Οι κινήσεις των οπισθίων άκρων είναι περισσότερο εμφανείς, ενώ τα πρόσθια άκρα είναι σε υπερέκταση και εκδηλώνουν σπαστικές κινήσεις. Μετά τη σταδιακή μείωση και τη διακοπή των κλονικών σπασμών, 45 δευτερόλεπτα από την έναρξη διόδου του ρεύματος, επανεμφανίζονται οι ρυθμικές αναπνευστικές κινήσεις και εκλαμβάνονται ως το πρώτο σημείο ανάκτησης της συνείδησης.

Σε αντίθεση με την ηλεκτρονάρκωση, κατά την αναισθητοποίηση με CO₂ γίνεται ομαδική μεταχείριση των χοίρων. Τα ζώα οδηγούνται από τα κελιά ανάπαυσης στο σύστημα αναισθητοποίησης όπου εισέρχονται σε ομάδες των δύο έως τεσσάρων ατόμων, ανάλογα με το σύστημα, σε μια μεταλλική καμπίνα. Η καμπίνα κατέρχεται σε ένα φρεάτιο όπου και παραμένει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στον πυθμένα του φρεατίου επικρατεί η μεγαλύτερη συγκέντρωση του CO₂ λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους του σε σχέση με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Στη συνέχεια, η καμπίνα ανέρχεται στην επιφάνεια και οι αναισθητοποιημένοι χοίροι απορρίπτονται σε μια πλατφόρμα

(εικόνες 3.2α, β). Για την αποτελεσματική αναισθητοποίηση πρέπει η συγκέντρωση του CO₂ στον πυθμένα του αναισθητικού θαλάμου να είναι μεγαλύτερη από 90%, οι χοίροι να εκτίθενται σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 80% εντός 10 δευτερολέπτων από την έναρξη της καθόδου της καμπίνας και ο ελάχιστος συνολικός χρόνος έκθεσης στο αέριο να είναι 100 δευτερόλεπτα (Barton Gade, 1999, Nowac και συν. 2007).

Η φυσιολογική δράση του CO₂ στον οργανισμό έχει ως ακολούθως: Το CO₂ παράγεται κατά το μεταβολισμό των θρεπτικών ουσιών στους ιστούς και μεταφέρεται με το φλεβικό αίμα στα τριχοειδή των πνευμόνων από τα οποία διαχέεται στον κυψελιδικό αέρα και τελικά αποβάλλεται κατά την εκπνοή. Η συγκέντρωσή του στο αρτηριακό αίμα και τον εκπνεόμενο αέρα, σε φυσιολογικές συνθήκες, ρυθμίζεται και παραμένει σταθερή. Κάθε αύξηση της συγκέντρωσης αυτής στο αίμα ή τον εισπνεόμενο αέρα προκαλεί στον οργανισμό μια σειρά από αναπνευστικές, κυκλοφορικές και νευροχημικές αντιδράσεις (Conlee και συν. 2005). Στους χοίρους, η ελεύθερη εισπνοή CO₂ για ένα λεπτό σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 80-90% στον αέρα προκαλεί, από τα πρώτα δευτερόλεπτα της εισπνοής του αερίου, σοβαρή αναπνευστική οξέωση (αύξηση της μερικής αρτηριακής πίεσης του CO₂ από 4,5 - 5,3 σε 37 - 50 kPa και πτώση του pH του αίματος από 7,4 σε 6,7 - 6,3) και υποξία (μείωση της μερικής αρτηριακής πίεσης του O₂ από 12,6 - 13,5 σε 4 kPa) (Forslid και Augustinson, 1988, Martoft και συν. 2003). Από τη χαμηλή τιμή pH του αίματος διεγείρονται οι κεντρικοί χημειοϋποδοχείς του εγκεφάλου (Forslid και Augustinson, 1988) και προκαλείται αύξηση της συχνότητας των αναπνοών από 20 σε 40 ανά λεπτό με αποτέλεσμα την αύξηση της πρόσληψης του αερίου από τον οργανισμό. Κατά τα πρώτα 10 δευτερόλεπτα εισπνοής του CO₂ ο καρδιακός ρυθμός παραμένει σταθερός (Martoft και συν. 2002) ενώ από την αυξημένη μερική πίεση του CO₂ προκαλείται διαστολή των εγκεφαλικών αγγείων, αύξηση της ροής του αίματος και ταχεία μεταφορά του CO₂ στον εγκέφαλο (Hagerdal, και συν. 1997). Στον εγκεφαλικό ιστό, το CO₂ προκαλεί αύξηση των διττανθρακικών και των ιόντων H⁺ στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό και στους νευρώνες και πτώση του pH από 7,2 σε 6,7 (Martoft και συν. 2003). Στην ενδοκυτταρική πτώση του pH και την καταστολή των μετασυναπτικών αντιδράσεων των νευρώνων που προκαλεί η πτώση αυτή (Eisele και συν. 1967, Lee και συν. 1996) οφείλεται η ναρκωτική δράση του CO₂. Σε τιμές pH μικρότερες από 7,1 εκδηλώνεται σταδιακά αναλγησία και σε τιμές μικρότερες από 6,8 επέρχεται απώλεια συνείδησης.

Οι τυπικές αντιδράσεις συμπεριφοράς των χοίρων κατά την εγκατάσταση και τη διατήρηση αναισθησίας με CO₂ σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 80% περιγράφονται από τους (Troeger και Woltersdorf, 1991, Martoft και συν. 2002). Συγκεκριμένα, μετά την είσοδο των ζώων στην ατμόσφαιρα του CO₂, αρχικά εκδηλώνονται αντιδράσεις διερεύνησης και όσφρησης του χώρου με διάφορες κινήσεις του κεφαλιού. Μετά από περίπου 10 δευτερόλεπτα, αυξάνεται ο ρυθμός και το βάθος της αναπνοής και μειώνεται η ικανότητα προσανατολισμού και στήριξης. Κατά τα επόμενα 10 - 15 δευτερόλεπτα,

η στήριξη γίνεται στο οπίσθιο μέρος του σώματος και στη συνέχεια κατακλίνονται στην πλάγια πλευρά του σώματος. Στη χρονική αυτή στιγμή, προκαλούνται, όχι σε όλα τα ζώα, ασυντόνιστες μυϊκές συσπάσεις των άκρων που συνοδεύονται από κραυγές. Τελικά, μετά από 30 – 40 δευτερόλεπτα από την έναρξη της αναισθητοποίησης, σταματάει κάθε κινητική δραστηριότητα, τα ζώα βρίσκονται ακίνητα σε πλάγια κατάκλιση και η αναπνοή τους γίνεται βαθειά και διαλείπουσα. Κατά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την έξοδο των χοίρων από τον αναισθητικό θάλαμο, την κατακόρυφη αφαιμάξη και το θάνατο τα αισθητοποιημένα ζώα κρέμονται χαλαρά χωρίς κινήσεις των άκρων ή κινήσεις ανόρθωσης της κεφαλής και του σώματος.

Σύμφωνα με τη γνωμοδότηση του 2004 της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2004), σχετικά με τις πτυχές που αφορούν την καλή μεταχείριση των ζώων για τα κύρια συστήματα αναισθητοποίησης και θανάτωσης ορισμένων ειδών ζώων και τον Κανονισμό 1099/2009 (ΕΚ) σχετικά με την προστασία των ζώων κατά τη θανάτωσή τους (Council Regulation, 2009) η ηλεκτρονάρκωση και η αναισθητοποίηση με CO₂ μπορούν να χρησιμοποιούνται κατά τη σφαγή των χοίρων. Ωστόσο, επειδή διαφέρουν ως προς τη μεταχείριση των ζώων στο σύστημα αναισθητοποίησης, στο μηχανισμό και στις κλινικές αντιδράσεις του ζώου κατά την εγκατάσταση και τη διατήρηση της αναισθησίας, επιδρούν με διαφορετικό τρόπο στα ζώα, τα σφάγια και το κρέας.

Σκοπός του δεύτερου αυτού μέρους της παρούσας μελέτης ήταν ο συγκριτικός έλεγχος της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής και της αναισθητοποίησης με CO₂ στις συνθήκες που επικρατούν σε ένα Ελληνικό βιομηχανικό σφαγείο και η μέτρηση της επίδρασης που ασκούν στην ευζωία των ζώων και στην ποιότητα των σφάγιων και του παραγομένου κρέατος.

3.2. Υλικά και Μέθοδοι

3.2.1 Ζωικό υλικό

Για τη μελέτη της επίδρασης της μεθόδου αναισθητοποίησης στην ευζωία των χοίρων και την ποιότητα του σφάγιου και του κρέατος χρησιμοποιήθηκαν 80 χοίροι, υβρίδια F1 γενιάς, της φυλής Large White, απαλλαγμένα από το γονίδιο της αλοθάνης. Το βάρος των σφάγιων στο τέλος της γραμμής σφαγής κυμάνθηκε μεταξύ 53,8 και 125,9 Kg, ενώ το πάχος του παραραχιαίου λίπους μεταξύ 0,6 και 3,1 cm. 45 ζώα (56,2 %) ήταν θηλυκά, 7 (8,8 %) αρσενικά και 28 (35 %) ευνουχισμένα Όλα προέρχονταν από την ίδια εκτροφή της περιοχής Βορδόνια, της Σπάρτης Λακωνίας και χωρίστηκαν σε δυο ομάδες

των 40 ατόμων. Η σφαγή των χοίρων της πρώτης ομάδας έγινε μετά από αναισθητοποίηση με ηλεκτρικό ρεύμα στις 20/04/2007, ενώ της άλλης, στις 13/05/2007 μετά από αναισθητοποίηση με CO₂. Οι σφαγές έγιναν την ίδια περίπου πρωινή ώρα. Όλα τα ζώα είχαν παρόμοιες συνθήκες μεταχείρισης (νηστεία 24 ώρες, διάρκεια μεταφοράς από την εκτροφή στο σφαγείο 50 min και ανάπαυση πριν από τη σφαγή 2 ώρες).

Η μέθοδος της χειροκίνητης ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής εφαρμόστηκε όπως περιγράφεται προηγουμένως στην **παράγραφο 2.2.2** του πρώτου μέρους. Η αναισθητοποίηση των χοίρων με CO₂ έγινε σε ένα αυτόματο σύστημα *Dip-Lift, Jumbo Special της Butina, ApS*. Τα ζώα οδηγούνταν σε ομάδες των τριών ατόμων από τους χώρους ανάπαυσης σε ένα κελί ακριβώς μπροστά από το σύστημα αναισθητοποίησης. Η επιστροφή τους προς το χώρο ανάπαυσης αποτρεπόταν με το κλείσιμο ενός μετακινούμενου μεταλλικού χωρίσματος. Μετά την απόρριψη των ζώων της προηγούμενης ομάδας, άνοιγε η θύρα εισόδου και η ομάδα των χοίρων εισερχόταν στην καμπίνα του συστήματος, με την ελάχιστη παρέμβαση του προσωπικού (**εικόνα 3.2 α**). Η καμπίνα ήταν μεταλλικής κατασκευής, με διάτρητο δάπεδο και πλαϊνά ανοίγματα για τη διευκόλυνση της εισόδου του αερίου. Μετά την είσοδο των ζώων και το κλείσιμο της θύρας εισόδου, η καμπίνα κατερχόταν απ' ευθείας, χωρίς στάσεις, στο θάλαμο αναισθητοποίησης βάθους 2,80 m. Ο χρόνος καθόδου της καμπίνας ήταν 18 δευτερόλεπτα. Η συγκέντρωση του αερίου στο κατώτερο σημείο ήταν 90 % και η διάρκεια παραμονής των ζώων στη συγκέντρωση αυτή ήταν περίπου 64 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια, η καμπίνα ανερχόταν στην επιφάνεια, εντός 25 δευτερολέπτων και οι αναισθητοποιημένοι πλέον χοίροι απορρίπτονταν από το άνοιγμα απόρριψης στην ειδική τράπεζα συλλογής των ζώων. Το συνολικό χρονικό διάστημα από την έναρξη της καθόδου της καμπίνας έως την απόρριψη των ζώων ήταν 107 δευτερόλεπτα. Η συγκέντρωση του CO₂ και ο χρόνος έκθεσης των ζώων στο αέριο φαινόταν σε ηλεκτρονικό πίνακα ελέγχου παραπλεύρως της συσκευής αναισθητοποίησης. Ακολουθούσε η κατακόρυφη ανάρτηση των αναισθητοποιημένων ζώων από το οπίσθιο άκρο τους και η μετακίνησή τους στη θέση όπου γινόταν με θωρακική πλήξη η αποκοπή του αρτηριακού στελέχους και η αφαιμάξη. Το χρονικό διάστημα απόρριψης – σφαγής των αναισθητοποιημένων ζώων κυμάνθηκε μεταξύ 37,4 και 66,1 δευτερόλεπτα. Τα στάδια προετοιμασίας των σφάγιων ήταν όμοια και για τις δυο μεθόδους και περιγράφονται στην **παράγραφο 2.2.2** του πρώτου μέρους.



Εικόνες 3.1 α, β: Οδήγηση των χοίρων στο σημείο αναισθητοποίησης (α), εφαρμογή των ηλεκτροδίων στο κεφάλι του ζώου και διοχέτευση του ρεύματος (β).



Εικόνες 3.2 α, β: Είσοδος της ομάδας των χοίρων στη συσκευή αναισθητοποίησης (α), απόρριψη των αναισθητοποιημένων ζώων (β).

3.2.2 Συλλογή και μεταχείριση του πειραματικού υλικού

Όλες οι μετρήσεις και η συλλογή των δειγμάτων για τη μέτρηση της ποιότητας του κρέατος έγιναν στο αριστερό ημιμόριο των σφάγιων, στο τμήμα του επιμήκους ραχιαίου μυός που περιλαμβάνεται μεταξύ των τριών τελευταίων πλευρών. Το pH και η θερμοκρασία μετρήθηκαν στα 45 και 180 λεπτά και στις 24 ώρες μετά το θάνατο. Το χρώμα, η απώλεια οπού, η απώλεια βρασμού, η δύναμη διατομής του κρέατος και το

μήκος των σαρκομεριδίων των μυϊκών ινών μετρήθηκαν όπως περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 2.4 στο πρώτο μέρος της μελέτης.

Η εκτίμηση της επίδρασης της μεθόδου αναισθητοποίησης στην ποιότητα του σφάγιου έγινε κατά τον τεμαχισμό των σφάγιων στις 24 ώρες μετά το θάνατο των ζώων. Ελέγχθηκαν η παρουσία καταγμάτων της σπονδυλικής στήλης και αιμορραγικών αλλοιώσεων στον επιμήκη ραχιαίο μυ και στην ωμοπλάτη.

Σε 120 ζώα (60 ανά μέθοδο) έγινε εκτίμηση της επίδρασης της μεθόδου αναισθητοποίησης στην ευζωία των χοίρων. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της αναισθητοποίησης έγινε με βάση τις κλινικές αντιδράσεις των χοίρων όπως περιγράφηκαν στην **παράγραφο 3.1**. Κατά την ηλεκτρονάρκωση ελέγχθηκε ο τρόπος διοχέτευσης του ρεύματος στα ζώα, ο τύπος των επιληπτικών σπασμών και η στάση του σώματος κατά την αφαιμάξη. Στην αναισθητοποίηση με CO₂ ελέγχθηκε η στάση του σώματος αμέσως μετά την έξοδο των ζώων από τον αναισθητικό θάλαμο, οι κινήσεις των άκρων και η στάση του σώματος κατά την αφαιμάξη.

3.3 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος έγινε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και χρησιμοποιήθηκαν ως σταθεροί παράγοντες το φύλο και το βάρος των χοίρων. Το στατιστικό πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος των σφάγιων ήταν το ακόλουθο γραμμικό πρότυπο :

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + \Phi_j + b(B_{ijk} - \bar{B}) + e_{ijk}$$

όπου:

Y_{ijk} : η ijk παρατήρηση για το υπό εξέταση χαρακτηριστικό,

μ : ο γενικός μέσος όρος,

M_i : η σταθερή επίδραση της i μεθόδου αναισθητοποίησης ($i = 1 - 2$)

Φ_j : η σταθερή επίδραση του j φύλου του ζώου ($j = 1-3$)

B : ο συντελεστής παλινδρόμησης του βάρους ως προς το Y

B_{ijk} : το βάρος κάθε σφάγιου και

\bar{B} : ο μέσος όρος των βαρών,

e_{ijk} : το τυχαίο σφάλμα, $KAN(0, \sigma_e^2)$.

Για την εφαρμογή του προτύπου, το φύλο των χοίρων ομαδοποιήθηκε σε τρεις κλάσεις: 1 = θηλυκά, 2 = αρσενικά και 3 = ευνουχισμένα. Το βάρος των σφάγιων,

συμπεριλήφθη στο στατιστικό πρότυπο ως συνεχής μεταβλητή. Οι αριθμοί των παρατηρήσεων για κάθε κλάση ανά παράγοντα και κάθε μεταβλητή δίνονται στους πίνακες των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων, οι οποίοι είναι οι διορθωμένοι μέσοι όροι που λαμβάνουν υπόψη, ταυτόχρονα, τους παράγοντες του προτύπου και είναι οι ενδεδειγμένοι για τη διενέργεια των συγκρίσεων. Για να ληφθούν υπ' όψη οι πολλαπλές συγκρίσεις, οι συγκρίσεις των μέσων όρων ελαχίστων τετραγώνων έχουν πραγματοποιηθεί με τη δοκιμασία Tukey-Kramer. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAS, (ver. 9.0, 2005).

3.4 Αποτελέσματα και Σχολιασμός

3.4.1 Ποιότητα του κρέατος

Στον **πίνακα 3.1** παρουσιάζεται η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στο pH και τη θερμοκρασία του επιμήκους ραχιαίου μυός, σε διάφορες χρονικές στιγμές μετά τη σφαγή.

Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, η μέθοδος αναισθητοποίησης επηρέασε την πτώση του pH κατά την αρχική μεταθανάτιο περίοδο. Οι χοίροι που αναισθητοποιήθηκαν με ηλεκτρονάρκωση έδωσαν σφάγια με χαμηλότερο pH₄₅ σε σύγκριση με τους χοίρους που αναισθητοποιήθηκαν με CO₂. Στις μετρήσεις 3 ώρες μετά τη σφαγή η διαφορά στο pH μεταξύ των δυο ομάδων είχε εξαφανιστεί. Στις 24 ώρες, το τελικό pH ήταν υψηλότερο στα σφάγια που αναισθητοποιήθηκαν με ηλεκτρικό ρεύμα. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η ταχύτερη πτώση του pH των μυών συνοδεύτηκε με υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας στους μυς των σφάγιων.

Παρόμοιες διαφορές στις τιμές του pH τις πρώτες ώρες μετά τη σφαγή παρατήρησαν και οι Channon και συν. (2002) κατά το συγκριτικό έλεγχο των παραπάνω δυο μεθόδων αναισθητοποίησης σε χοίρους απαλλαγμένους από το γονίδιο της αλοθάνης και σε παρόμοιες συνθήκες αναισθητοποίησης με αυτές της παρούσας μελέτης (1,3 A, 50 Hz για 4 sec και 90% CO₂) σε ένα πιλοτικό σφαγείο στην Αυστραλία. Οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν ότι η χειροκίνητη ηλεκτρονάρκωση κεφαλής είχε ως αποτέλεσμα ταχύτερη πτώση του pH κατά την ηλεκτρονάρκωση σε σχέση με το CO₂ (6,36 έναντι 6,63) αντίστοιχα στον επιμήκη ραχιαίο μυ μεταξύ 5^{ου} και 6^{ου} θωρακικού σπονδύλου 40 λεπτά μετά τη σφαγή. Στο ύψος της τελευταίας πλευράς η διαφορά στο pH μεταξύ των δύο μεθόδων δεν ήταν σημαντική (6,57 έναντι 6,62). Κατά τη μέτρηση 3 ώρες μετά

τη σφαγή το pH διέφερε μεταξύ των δύο μεθόδων στο πρώτο σημείο μέτρησης (5,94 έναντι 6,25, αντίστοιχα) και δεν επηρεάστηκε στο δεύτερο σημείο (6,34 έναντι 6,44) αντίστοιχα. Το τελικό pH, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δεν επηρεάστηκε από τη μέθοδο αναισθητοποίησης και ήταν 5,61 και στα δύο σημεία μετά από ηλεκτρονάρκωση και 5,60 και 5,61 αντίστοιχα στην αναισθητοποίηση σε CO₂.

Πίνακας 3.1: Μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων ± τυπικό σφάλμα τιμών pH και θερμοκρασίας του επιμήκους ραχιαίου των σφάγιων ανά μέθοδο αναισθητοποίησης

	Μέθοδος αναισθητοποίησης		P
	Ηλεκτρονάρκωση	Έκθεση σε CO ₂	
n	40	40	
pH ₄₅	6,36 ± 0,03	6,63 ± 0,03	***
pH ₁₈₀	5,96 ± 0,04	6,02 ± 0,05	ns
pH ₂₄	5,65 ± 0,01	5,49 ± 0,01	***
Θερμοκρασία ₄₅ °C	38,7 ± 0,15	37,6 ± 0,15	***

*** $p < 0,001$, ns: μη σημαντική διαφορά

Σε προηγούμενη μελέτη τους (Channon και συν. 2000) οι ίδιοι ερευνητές εξέτασαν την επίδραση της παρουσίας του γονιδίου της αλοθάνης στους χοίρους σε συνδυασμό με τη μεταχείρισή τους και τη μέθοδο αναισθητοποίησης. Η πτώση του pH στον επιμήκη ραχιαίο μυ ήταν ταχύτερη στους Nn χοίρους σε σχέση με τους NN, ενώ επηρεάστηκε επίσης από τη μέθοδο αναισθητοποίησης. Τα σφάγια των χοίρων που αναισθητοποιήθηκαν με CO₂, ανεξάρτητα της παρουσίας του γονιδίου της αλοθάνης, είχαν υψηλότερο pH στον επιμήκη ραχιαίο μεταξύ 5⁰⁰ και 6⁰⁰ θωρακικού σπονδύλου ($p < 0,001$) στα 40 λεπτά και τις 3 ώρες μετά τη σφαγή. Υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν στο ύψος της τελευταίας πλευράς μετά την αναισθητοποίηση με CO₂, χωρίς όμως η διαφορά αυτή μεταξύ των δυο μεθόδων να επιβεβαιώνεται στατιστικά. Σε όλους τους Nn χοίρους ο συνδυασμός κακής μεταχείρισης κατά την οδήγησή τους από τους χώρους σταυλισμού όπως η χρήση συσκευών ηλεκτρικών εκκενώσεων και η ηλεκτρονάρκωση είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή PSE κρέατος.

Μειωμένη συχνότητα εμφάνισης PSE κρέατος μετά από αναισθητοποίηση σε CO₂ σε σχέση τις ηλεκτρικές μεθόδους (3,8 έως 13,3 % έναντι 8,8 έως 18,8 %) αντίστοιχα διαπίστωσαν και οι Velarde και συν. (2000) σε ευρεία έρευνα (εξετάστηκαν 2486 χοίροι

σε 4 εμπορικά σφαγεία) στην Ισπανία. Στην εργασία αυτή έγινε αυτόματη διοχέτευση ρεύματος στο κεφάλι και στο θώρακα (ηλεκτροθανάτωση) ενώ η εκτίμηση του PSE κρέατος έγινε σύμφωνα με τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (PQM > 6 μ s) 2 και 7 ώρες μετά τη σφαγή. Μελετώντας συγχρόνως και τις επιπτώσεις του γονιδίου της αλοθάνης, σε παρόμοια μελέτη τους (Velarde και συν. 2001) οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το ποσοστό PSE κρέατος ήταν υψηλότερο στα σφαγεία που χρησιμοποιούταν συστήματα με ηλεκτρικό ρεύμα (35,6 % έναντι 4,5 % με CO₂) και στους Nn χοίρους σε σύγκριση με τους NN (24,7 % έναντι 4,5 %) αντίστοιχα και ότι το τελικό pH ήταν υψηλότερο στην αναισθητοποίηση σε CO₂ σε σχέση με την ηλεκτρονάρκωση (5,6 έναντι 5,5) αντίστοιχα.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα οι Hambrecht και συν. (2003) δεν παρατήρησαν αυξημένη ταχύτητα πτώσης του pH μετά από αναισθητοποίηση με ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα, σε τρία Ολλανδικά σφαγεία, μελέτησαν την επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης σε χοίρους απαλλαγμένους από το γονίδιο της αλοθάνης. Σε δυο σφαγεία έγινε ηλεκτροθανάτωση και στο τρίτο αναισθητοποίηση σε CO₂. Κατά τη μέτρηση του pH 30 λεπτά μετά τη σφαγή οι τιμές διέφεραν μεταξύ των σφαγείων και ήταν 6,70 και 6,49 ($p < 0,001$) στα δύο σφαγεία που χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρικές μέθοδοι έναντι 6,52 στην αναισθητοποίηση σε CO₂. Στις 4 ώρες, το pH ήταν 6,06 και 6,13 στις ηλεκτρικές μεθόδους έναντι 5,98 σε CO₂ ($p > 0,05$), ενώ το τελικό pH ήταν 5,72 και 5,68 έναντι 6,61 ($p > 0,05$) αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι υπάρχουν διαφορές στη δημιουργία του pH των μυών μεταξύ των δυο μεθόδων αναισθητοποίησης. Η εξήγηση βρίσκεται στην επίδραση που ασκεί το σύστημα αναισθητοποίησης στα ζώα, στο μηχανισμό πρόκλησης της αναισθησίας και στις κλινικές αντιδράσεις του αναισθητοποιημένου πλέον ζώου. Οι μυϊκοί σπασμοί που προκαλούνται κατά την ηλεκτρονάρκωση και κυρίως η τονική φάση των σπασμών αυτών μοιάζουν με τις τετανικές συσπάσεις κατά τις οποίες συμβαίνει ένας υψηλός ρυθμός κατανάλωσης της ATP (Scores, 1974). Η ένταση και διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με αυτούς που προκαλούνται από τη διέγερση που κατά κανόνα παρατηρείται στο δεύτερο στάδιο εισαγωγής της αναισθησίας με CO₂ ή με άλλα εισπνεόμενα αέρια (Guedel, αναφέρεται στο Kerr, 1994) και η οποία χαρακτηρίζεται από συμπεριφορά πάλης, κραυγές και ασυντόνιστες κινήσεις των άκρων. Οι έντονες αυτές μυϊκές συσπάσεις οδηγούν, παρά το γεγονός ότι το ζώο είναι ακόμα ζωντανό, στη διέγερση της κινάσης της κρεατίνης και τη χρησιμοποίηση της φωσφοκρεατίνης και ακολούθως στη γλυκόλυση ως πιθανόν των μοναδικών πηγών αναπλήρωσης της ATP (Henckel και συν. 2002). Μετά το θάνατο, οι διαφορές που παρατηρούνται στο μεταθανάτιο μεταβολισμό και την πτώση του pH αποδίδονται στην αρχική επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στα επίπεδα της φωσφοκρεατίνης. Οι Bertram και συν. (2002) με τη χρήση ³¹P-NMR διαπίστωσαν ότι 30 λεπτά μετά τη θανάτωση τα επίπεδα της φωσφοκρεατίνης καθώς και οι τιμές του pH

ήταν σημαντικά χαμηλότερα κατά την ηλεκτρονάρκωση σε σύγκριση με την αναισθητοποίηση σε CO₂, ενώ για την υπόλοιπη μεταθανάτιο περίοδο ο ρυθμός πτώσης του pH παρέμεινε ίδιος μεταξύ των δυο μεθόδων.

Όσον αφορά τη δημιουργία του τελικού pH του κρέατος συμπεραίνεται από τα παραπάνω ότι η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης δεν είναι σταθερή. Υψηλές τιμές τελικού pH οφείλονται σε μειωμένα επίπεδα του γλυκογόνου των μυών από τη μεταχείριση των ζώων κατά την περίοδο πριν από τη σφαγή. Οι Henckel και συν. (2002) αναφέρουν ότι όταν τα επίπεδα αυτά είναι χαμηλότερα από 53 mmol/Kg ακόμα και ένα μέτριας έντασης εντασιογόνο ερέθισμα πριν από τη σφαγή, επηρεάζει το τελικό pH των μυών και την ποιότητα του κρέατος. Τιμές τελικού pH μεγαλύτερες από 6,2 - 6,3 οδηγούν στη δημιουργία D.F.D. κρέατος. Στην παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε παραγωγή D.F.D. κρέατος γεγονός που πιθανόν οφείλεται στις σωστές συνθήκες μεταχείριση των ζώων (σχετικά μικρή διάρκεια μεταφοράς των ζώων από την εκτροφή, επαρκής ανάπαυση 2 ωρών) και στις καλές τεχνικές εγκαταστάσεις του συγκεκριμένου σφαγείου.

Στον **πίνακα 3.2** παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος των σφάγιων από το σύνολο των 80 χοίρων που μελετήθηκαν.

Πίνακας 3.2: Συντελεστές συσχέτισης των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος

Παράμετροι	pH ₁₈₀	pH ₂₄	T ₄₅ °C	L*	a*	b*	Απώλεια οπού ¹	Απώλεια βρασμού	Δύναμη διατομής
pH ₄₅	0,39***	-0,33**	-0,29**	-0,28**	0,00 ns	-0,33**	-0,48***	-0,24*	0,10 ns
pH ₁₈₀		0,07 ns	-0,25*	-0,05 ns	0,00 ns	0,00 ns	-0,66***	-0,02 ns	0,17 ns
pH ₂₄			0,21*	0,01 ns	-0,09 ns	-0,04 ns	-0,20*	0,17 ns	-0,03ns
T ₄₅ °C				0,05 ns	-0,01ns	0,11 ns	0,22*	0,09ns	-0,08ns
L*					-0,54***	0,34**	0,24*	0,27**	-0,13 ns
a*						0,27**	0,08 ns	0,00 ns	0,01 ns
b*							0,33**	ns	ns
Απώλεια οπού								ns	-0,24*
Απώλεια βρασμού									ns

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, ns: μη σημαντική διαφορά

¹ Η απώλεια οπού την 3^η ημέρα μετά τη σφαγή

Στον **πίνακα 3.3** παρουσιάζεται η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στο χρωματισμό της τομής του επιμήκους ραχιαίου μυός, 24 ώρες μετά τη σφαγή.

Πίνακας 3.3: Μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων \pm τυπικό σφάλμα τιμών των παραμέτρων του χρώματος

	Μέθοδος αναισθητοποίησης		<i>P</i>
	Ηλεκτρονάρκωση	Έκθεση σε CO ₂	
n	40	40	
<i>L</i> *	52,65 \pm 0,44	52,14 \pm 0,43	ns
<i>a</i> *	5,84 \pm 0,22	5,60 \pm 0,22	ns
<i>b</i> *	14,22 \pm 0,14	13,62 \pm 0,14	**

** $p < 0,01$, ns: μη σημαντική διαφορά

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η μέθοδος αναισθητοποίησης δεν επηρέασε τις τιμές των παραμέτρων *L** και *a** που εκφράζουν, 24 ώρες μετά τη σφαγή, τη φωτεινότητα και την ερυθρότητα του κρέατος αντίστοιχα. Μεγαλύτερη ήταν η τιμή της παραμέτρου *b** για το κίτρινο χρώμα μετά από ηλεκτρονάρκωση σε σχέση με την αναισθητοποίηση σε CO₂ (14,22 έναντι 13,62).

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τη διαπίστωση των Channon και συν.(2002) ότι οι παράμετροι *L**, *a**, *b** δεν διαφέρουν μεταξύ της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής και της αναισθητοποίησης σε CO₂ (47,29, 5,59, 3,20 έναντι 49,73 5,59 3,31 αντίστοιχα). Οι ίδιοι ερευνητές σε επόμενη μελέτη τους (Channon και συν. 2003) εξέτασαν την επίδραση της έντασης, της διάρκειας και της μεθόδου εφαρμογής του ρεύματος σε σύγκριση με την αναισθητοποίηση σε CO₂ και αναφέρουν επίσης ότι η φωτεινότητα του κρέατος δεν επηρεάστηκε από τη μέθοδο αναισθητοποίησης. Υψηλότερες τιμές *L** κατά την ηλεκτρονάρκωση σε σύγκριση με το CO₂ (46,9 έναντι 41,6), μη σημαντική διαφορά στην παράμετρο *a** (7,3 έναντι 7,2) και υψηλότερες τιμές *b** (3,2 έναντι 2,5) αντίστοιχα αναφέρουν οι Velarde και συν. (2001). Αντίθετα, οι Hambrecht και συν. (2003) αναφέρουν ότι μέτρησαν υψηλότερες τιμές *L**, *b** και χαμηλότερες τιμές *a** δηλαδή διαπίστωσαν παραγωγή ωχρότερου και λιγότερο ερυθρού κρέατος μετά από αναισθητοποίηση με CO₂ σε σχέση με την ηλεκτρονάρκωση.

Από τις μετρήσεις των παραμέτρων του χρώματος φάνηκε, χωρίς όμως να επιβεβαιώνεται στατιστικά, ότι οι μυς στα σφάγια των χοίρων που αναισθητοποιήθηκαν

με ηλεκτρικό ρεύμα δείχνουν μια μεγαλύτερη τάση να αποκτήσουν ωχρότερο χρώμα σε σύγκριση με την αναισθητοποίηση σε CO₂. Όπως φαίνεται στον **πίνακα 3.2** εμφανίστηκε αρνητική συσχέτιση ($r = -0,28$) μεταξύ των τιμών pH₄₅ και L^* η οποία ήταν αναμενόμενη. Η σχέση αυτή εξηγείται από το ότι η αντανάκλαση του φωτός και η φωτεινότητα του κρέατος εμφανίζονται αυξημένες λόγω της μεγαλύτερης απώλειας οπού στην επιφάνεια του κρέατος που προκαλείται από χαμηλές τιμές του αρχικού pH₄₅ (ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ pH₄₅ και απώλειας οπού μετρήθηκε ίσος με -0,48). Η μη σημαντική επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στις τιμές L^* , παρά την επίδραση που ασκεί στο αρχικό pH ($p < 0,001$), εξηγείται από το γεγονός ότι το pH₄₅ στον επιμήκη ραχιαίο μυ όλων των σφάγιων που αναισθητοποιήθηκαν και με τις δυο μεθόδους ήταν αρκετά υψηλότερο από την οριακή τιμή pH₄₅ = 6,0 κάτω από την οποία οι μυς οδηγούνται στη δημιουργία PSE κρέατος και συνεπώς στη μέτρηση σημαντικά υψηλότερων τιμών L^* .

Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 3.3** η μέθοδος αναισθητοποίησης δεν επηρέασε και την παράμετρο a^* που εκφράζει την «ερυθρότητα» του κρέατος των σφάγιων. Ωστόσο, χωρίς η μεταξύ τους διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική, οι τιμές της παραμέτρου a^* ήταν χαμηλότερες μετά από αναισθητοποίηση σε CO₂ σε σχέση με την ηλεκτρονάρκωση (5,6 έναντι 5,8 αντίστοιχα). Ο ερυθρός χρωματισμός του χοιρινού κρέατος επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία και το pH των μυών κατά την αρχική μεταθανάτιο περίοδο (Lindhahl και συν. 2006). Υψηλότερες τιμές a^* μετρώνται σε χαμηλές τιμές pH₄₅ και θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 38 °C. Στις συνθήκες αυτές προκαλείται λόγω μετουσίωσης μια μερική μείωση της δραστηριότητας των ενζύμων του κρέατος που καταναλώνουν οξυγόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα οξυγόνωσης μεγαλύτερων ποσοτήτων μυοσφαιρίνης και τη δημιουργία οξυμυοσφαιρίνης στην επιφάνεια τομής χοιρινού κρέατος (Rosenfold και Andersen, 2003, Lindahl και συν. 2006).

Αντίθετα, σημαντική ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε μεταξύ των δυο μεθόδων αναισθητοποίησης στην τιμή b^* . Αν και οι τιμές L^* δεν διέφεραν (52,65 κατά την ηλεκτρονάρκωση έναντι 52,14 σε CO₂, $p > 0,05$), λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας του αποβαλλόμενου οπού από την επιφάνεια του κρέατος μετά από ηλεκτρονάρκωση (**πίνακας 3.4**) η διάχυση του φωτός στην επιφάνεια τομής αυξάνει με αποτέλεσμα να προκαλείται μείωση της ποσότητας του φωτός και κυρίως του κίτρινου τμήματος, που απορροφάται από τη μυοσφαιρίνη. Η σχέση μεταξύ των παραμέτρων L^* και b^* βρέθηκε σημαντική και ο συντελεστής συσχέτισης υπολογίστηκε 0,34 (**πίνακας 3.2**)

Στον **πίνακα 3.4** παρουσιάζεται η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στην απώλεια οπού, την απώλεια βρασμού και τη δύναμη διατομής του κρέατος. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, η απώλεια οπού δεν επηρεάστηκε από τη μέθοδο αναισθητοποίησης. Παρατηρήθηκε όμως μια τάση παραγωγής περισσότερο

εξιδρωματικού κρέατος από τα σφάγια των ζώων που αναισθητοποιήθηκαν με ηλεκτρονάρκωση σε σύγκριση με το CO₂ (4,76 % έναντι 3,88 % αντίστοιχα).

Πίνακας 3.4: Μέσοι όροι ελαχίστων τετραγώνων ± τυπικά σφάλματα τιμών της απώλειας οπού, της απώλειας βρασμού και της δύναμης διατομής ανά μέθοδο αναισθητοποίησης

	Μέθοδος αναισθητοποίησης		<i>P</i>
	Ηλεκτρονάρκωση	Έκθεση σε CO ₂	
n	40	40	
Απώλεια οπού (%) ¹	4,76 ± 0,38	3,88 ± 0,38	ns
Απώλεια βρασμού (%)	33,80 ± 0,33	32,60 ± 0,33	*
Δύναμη διατομής ² (N)	40,68 ± 1,33	40,83 ± 1,33	ns

**p*<0,05, ns: μη σημαντική διαφορά

¹ Η απώλεια οπού του κρέατος την 3^η ημέρα μετά τη θανάτωση

² Η δύναμη διατομής του κρέατος μετρήθηκε σε Newton / cm² (N)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η μέθοδος αναισθητοποίησης δεν επηρέασε την απώλεια οπού. Οι Velarde και συν. (2000 και 2001) αναφέρουν ότι η συχνότητα εμφάνισης του PSE κρέατος είναι μικρότερη στα σφαγεία που γίνεται αναισθητοποίηση με CO₂ και αυξάνει με την παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης (1,1 % σε Nn χοίρους έναντι 8,0 % σε NN). Οι Channon και συν. (2000) αναφέρουν ότι η μέθοδος αναισθητοποίησης επηρεάζει την απώλεια οπού (7,2 % στην ηλεκτρονάρκωση κεφαλής έναντι 5,8 % σε CO₂). Σε επόμενη εργασία τους (Channon και συν. 2002) οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι μεγαλύτερη απώλεια οπού προκλήθηκε με την ηλεκτροθανάτωση (4,51 %, *p* < 0,001) ενώ δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής και της αναισθητοποίησης με CO₂ (2,93% έναντι 2,78 %) αντίστοιχα. Αντίθετα είναι τα αποτελέσματα των Hambrecht και συν. (2003) από τα οποία φαίνεται ότι μετά από ηλεκτροθανάτωση η απώλεια οπού είναι μικρότερη σε σχέση με το CO₂, (4,8 έως 4,9 % και 5,2 %) αντίστοιχα.

Οι Bertram και συν. (2002) συνέκριναν την απώλεια οπού του κρέατος μετά από αναισθητοποίηση με διάφορες μεθόδους αναισθητοποίησης των χοίρων και διαπίστωσαν ότι τη μεγαλύτερη απώλεια οπού εμφάνισαν κατά σειρά τα ζώα όταν αναισθητοποιήθηκαν με πιστόλι με έμβολο περιορισμένης εξόδου, με ηλεκτρονάρκωση

κεφαλής και CO₂ (8,6, 8,3 και 6,4 %) αντίστοιχα. Τις διαφορές στην ικανότητα συγκράτησης νερού του κρέατος που οφείλονται στην μέθοδο αναισθητοποίησης απέδωσαν στην επίδραση που ασκεί η αναισθητοποίηση στο μεταβολισμό των μυών πριν και αμέσως μετά το θάνατο και επομένως στην αρχική πτώση του pH. Στην παρούσα μελέτη φάνηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ του pH και της θερμοκρασίας των μυών 45 λεπτά μετά το θάνατο και της αποβολής οπού. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ τιμών pH₄₅, pH₁₈₀, pH₂₄ και T₄₅ και αποβολής οπού κατά την 3^η ημέρα μετά το θάνατο μετρήθηκαν -0,48, -0,66, -0,20 και 0,22 αντίστοιχα (πίνακας 3.2).

Όπως φαίνεται στον **πίνακα 3.4** η απώλεια βρασμού επηρεάστηκε από τη μέθοδο αναισθητοποίησης και ήταν υψηλότερη στην ηλεκτρονάρκωση σε σχέση με το CO₂ (33,8 % έναντι 32,6 %). Το αποτέλεσμα αυτό είναι σε ακολουθία με την αρνητική συσχέτιση μεταξύ απώλειας βρασμού και pH₄₅ ($r = -0,21$ και $-0,24$) (**πίνακες 2.6** και **3.2**). Η σχέση μεταξύ απώλειας οπού και απώλειας βρασμού δεν βρέθηκε σημαντική λόγω των διαφορετικών παραγόντων που επηρεάζουν τις δυο αυτές ιδιότητες του κρέατος (Honikel, 1985). Οι παραπάνω συσχετίσεις είναι παρόμοιες με τις συσχετίσεις που παρουσιάζονται στους **πίνακες 2.4**, **2.6** και **2.13** του πρώτου μέρους της παρούσας μελέτης στο οποίο η αναισθητοποίηση των χοίρων έγινε με ηλεκτρονάρκωση κεφαλής και με παρόμοια στοιχεία ρεύματος. Η απώλεια οπού κυμάνθηκε από 0,8 έως 11,4 % ενώ η απώλεια βρασμού εμφάνισε μικρότερες αποκλίσεις και κυμάνθηκε από 25,7 έως 37,9 %. Όσον αφορά την τρυφερότητα του κρέατος, αυτή δεν επηρεάστηκε από τη μέθοδο αναισθητοποίησης. Οι τιμές της δύναμη διατομής ως μέτρο της σκληρότητας, δεν διέφεραν μεταξύ των δυο μεθόδων ($p > 0,05$). Όπως φαίνεται από τον **πίνακα 3.2** δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τιμών της δύναμης διατομής και των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος εκτός της απώλειας οπού με συντελεστή συσχέτισης $r = -0,24$.

3.4.2 Ποιότητα των σφάγιων

Στα σφάγια των χοίρων που αναισθητοποιήθηκαν με CO₂ δεν παρατηρήθηκαν κατάγματα της σπονδυλικής στήλης ή αιμορραγικές αλλοιώσεις στους μυς. Σε 3 σφάγια από τους 60 χοίρους που αναισθητοποιήθηκαν με ηλεκτρονάρκωση παρατηρήθηκαν κατάγματα της σπονδυλικής στήλης, σε 5 σφάγια παρατηρήθηκαν στικτές αιμορραγίες (πετέχειες) στον επιμήκη ραχιαίο μυ στο μέσο τμήμα της ράχης και σε 2 σφάγια μεγαλύτερης διαμέτρου αιμορραγίες (εκχυμώσεις) στο εσωτερικό της ωμοπλάτης.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Channon και συν. (2002, 2003) κατά τον συγκριτικό έλεγχο της ηλεκτρονάρκωσης με την ηλεκτροπληξία και την αναισθητοποίηση με CO₂. Η ποσότητα των εκχυμώσεων που αφαιρέθηκαν από την ωμοπλάτη των χοίρων που αναισθητοποιήθηκαν με το CO₂ ήταν μικρότερη ($p < 0,05$)

από την αντίστοιχη με την ηλεκτρική αναισθητοποίηση. Συνολικά, από τα 30 ζώα που μελετήθηκαν αφαιρέθηκαν 1168 και 1019 g μυϊκού ιστού με αιμορραγικές αλλοιώσεις από την ωμοπλάτη κατά την ηλεκτρονάρκωση και ηλεκτροπληξία αντίστοιχα, ενώ αφαιρέθηκαν 80 g κατά την αναισθητοποίηση σε CO₂ (Channon και συν. 2002). Σε κανένα ζώο που αναισθητοποιήθηκε σε CO₂ δεν παρατήρησαν κατάγματα οστών στην ωμοπλάτη και στη σπονδυλική στήλη (Channon και συν. 2003). Ομοίως οι Velarde και συν. (2000) αναφέρουν σημαντική μείωση των αιμορραγικών αλλοιώσεων στην ωμοπλάτη, στις μπριζόλες και το χοιρομήριο με την αναισθητοποίηση με CO₂ σε σχέση με τις ηλεκτρικές μεθόδους.

Τα κατάγματα των οστών που παρατηρούνται κατά την ηλεκτρονάρκωση κεφαλής προκαλούνται με διάφορους τρόπους. Κυρίως, προκαλούνται από την άμεση επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στους μυς. Κατά την τονική φάση των επιληπτικού τύπου σπασμών προκαλείται μια ισχυρή συστολή σε ολόκληρο το μυϊκό σύστημα και οι μυς δεν παρουσιάζουν καμία ελαστικότητα (**εικόνα 3.3**). Λόγω της ισχυρής πρόσφυσης των μυών στα οστά, οι ανεξέλεγκτοι σπασμοί της κλονικής φάσης που ακολουθεί μπορεί να οδηγήσουν στην πρόκληση καταγμάτων. Από την άμεση επίδραση του ρεύματος, προκαλούνται κατάγματα της σπονδυλικής στήλης και των οπισθίων άκρων και μάλιστα συχνότερα κατά την ηλεκτροθανάτωση κατά την οποία το ρεύμα διέρχεται από το κρανίο και τον θώρακα.



Εικόνα 3.3: Τονική φάση των επιληπτικού τύπου σπασμών.



Εικόνα 3.4: Κατάρρευση του ζώου μετά την δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος

Τα κατάγματα στα πρόσθια άκρα προκαλούνται από την απότομη υπερέκταση των προσθίων άκρων και την πτώση του ζώου στο κελί ακινητοποίησης αμέσως μετά την έναρξη διόδου του ρεύματος (**εικόνα 3.4**). Η δύναμη, από την πρόσκρουση του ζώου στο δάπεδο, μεταφέρεται προς το σώμα του ζώου και προκαλεί κατάγματα στο κάτω τμήμα της ωμοπλάτης και αιμορραγίες στους μυς (Gregory, 1998). Οι αιμορραγικές αλλοιώσεις μπορεί να προκληθούν από την εξωτερική πίεση που ασκούν στα αγγεία οι μυϊκοί σπασμοί. Η πίεση αυτή και σε μικρότερο βαθμό η άμεση επίδραση του ρεύματος στα αγγεία, προκαλούν αύξηση της πίεσης του αίματος, ρήξη τριχοειδών αγγείων σε διάφορα σημεία του σώματος και εμφάνιση αιματωμάτων με τη μορφή πετεχειών και εκχυμώσεων (Gregory, 2005).

Η συχνότητα εμφάνισης αιμορραγικών αλλοιώσεων στους μυς κατά την ηλεκτρονάρκωση έχει σχέση με την ένταση του ρεύματος που διέρχεται το σώμα και εξαρτάται από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των χοίρων. Οι Lammens και συν. (2005) αναφέρουν ότι είναι μεγαλύτερη σε χοίρους με υψηλότερο ποσοστό άπαχου κρέατος και μικρότερο σωματικό βάρος.

3.4.3 Ευζωία των χοίρων

Στον **πίνακα 3.5** παρουσιάζεται η επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στην ευζωία των χοίρων. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα κατά την ηλεκτρονάρκωση

3 ζώα (5 %) δεν αναισθητοποιήθηκαν άμεσα με συνέπεια να γίνει και δεύτερη διοχέτευση ρεύματος. Σε 3 ζώα δεν ήταν εμφανής η διάκριση της τονικής και της κλονικής φάσης των επιληπτικού τύπου μυϊκών σπασμών. Σε 8 ζώα (13,3 %) παρατηρήθηκαν κινήσεις ανόρθωσης του κεφαλιού κατά τη διάρκεια της οριζόντιας αφαίμαξης.

Πίνακας 3.5. Επίδραση της μεθόδου αναισθητοποίησης στην ευζωία των χοίρων

	Μέθοδος αναισθητοποίησης	
	Ηλεκτρονάρκωση	Έκθεση σε CO ₂
n	60	60
Επανάληψη ηλεκτρονάρκωσης	3	-
Απουσία τονικο / κλονικής φάσης	3	-
Απουσία χαλάρωσης σώματος	-	1
Κινήσεις των άκρων	-	5
Κινήσεις ανόρθωσης κεφαλής	8	1

Κατά την αναισθητοποίηση με CO₂ σε 1 ζώο παρατηρήθηκε απουσία χαλάρωσης του σώματος αμέσως μετά την έξοδο από τον αναισθητικό θάλαμο και την απόρριψη στην ειδική τράπεζα συλλογής των ζώων. Σε 5 ζώα (8,3 %) παρατηρήθηκαν κινήσεις των οπισθίων άκρων κατά την αφαίμαξη ενώ σε 1 μόνο ζώο παρατηρήθηκε προσπάθεια ανόρθωσης του κεφαλιού.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του βαθμού διατήρησης της ευζωίας των χοίρων κατά την αναισθητοποίηση και την αφαίμαξη είναι δύσκολο να επιτευχθεί με αντικειμενικές μεθόδους (Cook, 1999, Raj, 1999β). Ωστόσο, στην πράξη μπορεί να γίνεται εκτίμηση της αναισθητοποίησης με τον έλεγχο της συμπεριφοράς, της αναπνοής, του μεγέθους και της θέσης της κόρης των οφθαλμών και των αντανακλαστικών του εγκεφαλικού στελέχους του ζώου (Gregory, 1998). Με βάση το μηχανισμό και τις κλινικές αντιδράσεις των ζώων που περιγράφηκαν προηγουμένως και τη γνωμοδότηση του 2004 της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2004), τα χαρακτηριστικά σημεία της ανεπιτυχούς ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής είναι: (α) η απουσία τονικών και κλονικών σπασμών, (β) η παρουσία ρυθμικών αναπνευστικών κινήσεων, (γ) οι κινήσεις των οφθαλμών, (δ) η συστολή της κόρης των οφθαλμών,

(ε) οι κραυγές κατά τη διάρκεια της αναισθητοποίησης και (στ) η προσπάθεια ανόρθωσης του σώματος. Αντιθέτως, τα κριτήρια της επιτυχούς αναισθητοποίησης σε CO₂ κατά την αποκοπή των αγγείων και την αφαίμαξη είναι: (α) η απουσία ρυθμικών αναπνευστικών κινήσεων (επιτρέπεται το στιγμιαίο άνοιγμα / κλείσιμο του στόματος), (β) η απουσία σπασμών του σφάγιου, (γ) η απουσία στιγμιαίου ανοίγματος / κλεισίματος των οφθαλμών (δ) παρουσία θετικού αντανακλαστικού του κερατοειδούς σε μικρό αριθμό ζώων (< 5%) όταν απουσιάζουν τα υπόλοιπα αντανακλαστικά.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον **πίνακα 3.5** και σύμφωνα με τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι στην παρούσα μελέτη η χρησιμοποίηση CO₂ υπερτερεί της ηλεκτρονάρκωσης κατά την εγκατάσταση της αναισθησίας. Κατά την ηλεκτρονάρκωση σε 3 ζώα παρατηρήθηκε αποτυχία εγκατάστασης αναισθησίας με συνέπεια να γίνει μια δεύτερη διοχέτευση ρεύματος. Η αποτυχία αυτή πιθανόν να οφείλεται σε κινήσεις του κεφαλιού των ζώων ή σε σφάλμα του χειριστή κατά την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο κρανίο (Anil και McKinstry, 1998). Ο ασαφής διαχωρισμός των δυο σταδίων των επιληπτικών σπασμών που παρατηρήθηκε σε 3 ζώα, δηλώνει ότι η αναισθητοποίηση δεν ήταν αποτελεσματική και ότι η απώλεια της συνείδησης στα ζώα αυτά δεν ήταν πλήρης (Cook και συν. 1995). Από τα ζώα που αναισθητοποιήθηκαν με CO₂ ένα μόνο δεν ήταν επαρκώς αναισθητοποιημένο και παρουσίασε σπαστικές κινήσεις αμέσως μετά την έξοδο από τον αναισθητικό θάλαμο.

Η ηλεκτρονάρκωση και η αναισθητοποίηση με CO₂ χαρακτηρίζονται γενικώς ως μέθοδοι αντιστρεπτής αναισθητοποίησης. Οι χοίροι, μετά τη διακοπή της διόδου του ρεύματος ή την έξοδό τους από την ατμόσφαιρα του CO₂, εμφανίζουν σταδιακά σημεία επαναφοράς της συνείδησης και τελικώς ανακτούν πλήρως τις αισθήσεις τους.

Η ηλεκτρονάρκωση προκαλεί αναλγησία και απώλεια αισθήσεων που διατηρούνται κατά μέσο όρο για 38 δευτερόλεπτα. Το μέσο χρονικό διάστημα επανεμφάνισης της ρυθμικής αναπνοής, ως το πρώτο σημείο ανάκτησης των λειτουργιών του εγκεφαλικού στελέχους, κυμαίνεται μεταξύ 43 και 46 δευτερολέπτων μετά τη διακοπή διοχέτευσης του ρεύματος, ενώ ανόρθωση της κεφαλής και ανάνηψη από την αναισθησία μεταξύ 57 και 67 δευτερολέπτων (Anil, 1991). Μετά την αναισθητοποίηση με CO₂, το αντανακλαστικό του κερατοειδούς, ως σημείο ανάνηψης από το βαθύ στάδιο της αναισθησίας, εμφανίζεται κατά μέσο όρο 42 δευτερόλεπτα μετά την έξοδο των χοίρων από το θάλαμο αναισθητοποίησης, ενώ η ρυθμική αναπνοή και οι ενσυνείδητες κινήσεις του κεφαλιού και των άκρων μετά από 68 και 171 δευτερόλεπτα αντιστοίχως (Holst, 2001).

Μετά την αποκοπή των κοινών καρωτίδων αρτηριών και των έξω σφαγίτιδων φλεβών, ή του κοινού βραγχιονοκεφαλικού στελέχους (Anil και συν. 1995 α,β, Bager και συν. 1988) και την ταχεία έξοδο του αίματος από το τραύμα σφαγής (Warriss, 1984, Gregory, 1998), ο εγκέφαλος του χοίρου ανταποκρίνεται σε οπτικούς ερεθισμούς για χρονικό διάστημα διάρκειας 23 δευτερολέπτων από την έναρξη εξόδου του αίματος,

ενώ ο εγκεφαλικός θάνατος, με βάση το ισοηλεκτρικό ηλεκτροκορτικογράφημα (ECoG), επέρχεται εντός 22 έως 30 δευτερολέπτων (Wotton και Gregory, 1986). Σύμφωνα με τον Hoenderken, (1978) ισοηλεκτρικό (ECoG) καταγράφεται εντός 12 έως 20 δευτερολέπτων μετά από μια επιτυχή αποκοπή των αγγείων. Βασιζόμενος στα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών και με τη μελέτη της επανεμφάνισης των φυσιολογικών αντανακλαστικών μετά από ηλεκτρονάρκωση ο Anil, (1991) προτείνει τα 15 δευτερόλεπτα ως το μέγιστο χρονικό διάστημα που πρέπει να μεσολαβεί μεταξύ εγκατάστασης της αναισθησίας και έναρξης της αφαίμαξης για να εξασφαλίζεται η ευζωία των χοίρων. Κατά την αναισθητοποίηση με CO₂, ο καθορισμός του μέγιστου αυτού διαστήματος δεν είναι αναγκαίος επειδή η διάρκειά του μπορεί να ελέγχεται με αλλαγές στη διάρκεια έκθεσης των χοίρων στο αέριο. Αυξανόμενου του χρόνου έκθεσης, το διάστημα αυτό αυξάνεται. Ο Holst, (1999) προτείνει ότι 90 δευτερόλεπτα είναι ικανός χρόνος ώστε να αποτρέπεται ο κίνδυνος ανάκτησης των αισθήσεων πριν από το θάνατο του ζώου και να επηρεάζεται η ευζωία των χοίρων.

Στην παρούσα μελέτη, κατά την ηλεκτρονάρκωση το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε από τη διοχέτευση του ρεύματος έως την αποκοπή των αγγείων ήταν πάντα μικρότερο από 15 δευτερόλεπτα. Ωστόσο, το ποσοστό των ζώων που παρουσίασαν κινήσεις ανόρθωσης του κεφαλιού κατά την αφαίμαξη και συνεπώς ανέκτησαν τη συνείδησή τους ήταν πολύ υψηλό (13,3 %). Υπεύθυνοι για την ανεπαρκή διάρκεια της αναισθησίας είναι οι παράγοντες που αναφέρθηκαν στην παράγραφο και επηρεάζουν την ένταση του ρεύματος που διέρχεται από τον εγκέφαλο. Κατά την αναισθητοποίηση με CO₂ το χρονικό διάστημα απόρριψης – σφαγής των χοίρων ήταν ικανοποιητικό και κυμάνθηκε από 37,4 έως 66,1 δευτερόλεπτα (Holst, 1999, 2001). 5 ζώα, κατά την κατακόρυφη ανάρτησή τους από το ένα άκρο και την αφαίμαξη, εμφάνισαν σπαστικές κινήσεις του άλλου ελεύθερου άκρου και μόνο σε 1 ζώο παρατηρήθηκε ενσυνείδητη προσπάθεια ανόρθωσης του κεφαλιού.

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την περιγραφή και το σχολιασμό των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μπορούν να διατυπωθούν ορισμένα συμπεράσματα:

1. Το χρονικό διάστημα μεταφοράς επηρεάζει σημαντικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος. Στις βραχείας διάρκειας μεταφορές το pH 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με τις μεγαλύτερης διάρκειας. Η απώλεια οπού είναι υψηλότερη στις μικρότερης διάρκειας μεταφορές. Στις μικρότερης διάρκειας μεταφορές το κρέας είναι φωτεινότερο και ανοιχτότερης χροιάς σε σχέση με τις μεγαλύτερες μεταφορές. Η απώλεια βρασμού είναι μεγαλύτερη στις μικρότερης διάρκειας μεταφορές. Η διάρκεια της μεταφοράς δεν επηρεάζει την τρυφερότητα του κρέατος. Μικρά χρονικά διαστήματα (<3 ωρών) μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών παρόμοιων με το PSE ενώ μεγάλα χρονικά διαστήματα (> 3 ωρών) μπορεί να οδηγήσουν σε DFD και να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του κρέατος.
2. Η εποχή του έτους επιδρά σημαντικά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος. Το pH 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή είναι χαμηλότερο κατά τις θερμότερες περιόδους του έτους, η απώλεια οπού και βρασμού είναι υψηλότερες, ενώ η σκληρότητα δεν επηρεάζεται από την εποχή του έτους.
3. Χρονικό διάστημα ανάπαυσης 2 – 4 ωρών πριν από τη σφαγή, όταν το ζωικό υλικό είναι απαλλαγμένο από την παρουσία του γονιδίου της αλοθάνης, οι κλιματολογικές συνθήκες στους χώρους σταυλισμού δεν είναι ακραίες και οι συνθήκες μεταχείρισης προκαλούν μικρή καταπόνηση στους χοίρους, κρίνεται ως ικανοποιητικό για την παραγωγή καλής ποιότητας κρέατος.
4. Το κρέας των αρσενικών χοίρων είναι σκοτεινότερο από το κρέας των ευνουχισμένων και δεν διαφέρει στο χρώμα από τα θηλυκά ζώα. Οι αρσενικοί χοίροι έχουν μαλακότερο κρέας από τα θηλυκά ζώα, ενώ το κρέας των ευνουχισμένων δεν διαφέρει ως προς την τρυφερότητα από το κρέας των αρσενικών και θηλυκών χοίρων.
5. Η αναισθητοποίηση σε CO₂ χοίρων απαλλαγμένων από το γονίδιο της αλοθάνης δεν επηρεάζει τα κύρια χαρακτηριστικά της ποιότητας του κρέατος όπως την απώλεια οπού, το χρώμα και την τρυφερότητα σε σύγκριση με την ηλεκτρονάρκωση κεφαλής.
6. Με την αναισθητοποίηση των χοίρων σε CO₂ δεν προκαλούνται κατάγματα οστών ή αιμορραγικές αλλοιώσεις στους μυς και συνεπώς βελτιώνεται η ποιότητα

- των σφάγιων και των μεγάλων τεμαχίων κρέατος σε σχέση με την ηλεκτρονάρκωση κεφαλής.
7. Το σύστημα αναισθητοποίησης των χοίρων σε CO₂, υπερτερεί της ηλεκτρονάρκωσης κεφαλής ως προς τη μεταχείριση των ζώων κατά την οδήγησή τους από τους χώρους σταυλισμού στο σημείο αναισθητοποίησης και τα τυχόν σφάλματα των χειριστών.
 8. Η ποιότητα του κρέατος των σφάγιων με κριτήρια το pH 45 λεπτά και 24 ώρες μετά τη σφαγή ή τα χαρακτηριστικά του χρώματος (*L**) ήταν κανονική σε ποσοστό άνω του 90 %.
 9. Ωστόσο μεγάλος αριθμός δειγμάτων κρέατος (29 %) εμφάνισαν αυξημένη απώλεια οπού (> 5 %) ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, γεγονός που απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση για την εξακρίβωση των αιτίων.
 10. Επιβεβαιώθηκε η σημαντική συσχέτιση που αναφέρεται στη βιβλιογραφία μεταξύ των ιδιοτήτων των σφάγιων και μεταξύ των χαρακτηριστικών της ποιότητας του κρέατος που μετρήθηκαν. Οι μηχανισμοί δημιουργίας των χαρακτηριστικών αυτών και οι παράγοντες που επιδρούν είναι γνωστοί. Πρέπει να γίνει η διερεύνησή τους στις Ελληνικές συνθήκες παραγωγής ώστε με τον έλεγχό τους να περιοριστούν ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά και να βελτιωθεί η ποιότητα του χοιρινού κρέατος.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aaslyng, M.D., and Barton Gade P.A., (2001). Low stress pre-slaughter handling: effect of lairage time on the meat quality of pork. *Meat Science*, 57, 87-92
- Alonso, V., del Campo, M., Español, S., Roncalés, P., Beltrán, J.A., (2009). Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. *Meat Science*, 81, 209–217
- Anil, M.H., (1991). Studies on the Return of Physical Reflexes in Pigs following Electrical Stunning. *Meat Science*, 30, 13-21
- Anil, M.H., Mc Kinstry, J.L., Wotton, S.B., and Gregory, N.G. (1995 α). Welfare of Calves- 1. Investigations into some Aspects of Calf Slaughter. *Meat Science*, 41, 101-112
- Anil, M.H., Mc Kinstry, J.L., Gregory, N.G., Wotton, S.B., and Symond, H. (1995 β). Welfare of Calves - 2. Increase in Vertebral Artery Blood Flow Following Exsanguination by Neck Sticking and Evaluation of Chest Sticking as an Alternative Slaughter Method. *Meat Science*, 41, 113-123
- Anil, M.H., Mc Kinstry, J.L., (1998). Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. *The Veterinary Journal*, 155, 85-90
- Asghar, A., and Pearson, A.M., (1980). Influence of ante- and postmortem treatments upon muscle composition and meat quality. *Advances in Food Research*, 26, 53-213
- Bager, F., Devine, C.E., and Gilbert, K.V., (1998). Jugular Blood Flow in Calves after Head – Only Electrical Stunning and Throat – Cutting. *Meat Science*, 22, 237-243
- Barbut, S., Sosnicki, A.A., Lonergan, S.M., Knapp, T., Ciobanu, D.C., Gatcliff, L.J., Huff-Lonergan, E., Eilson, E.W., (2008). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79, 46-63
- Bardon Gade, P.A., (1999). Preliminary observations of pig behaviour on immersion in high concentration of CO₂ gas. *Danish Meat Research Institute*, Ref. No 02.730, Manuscript No 1450E
- Barton Gade, P.A., and Christensen, L., (2002). Transportation and pre-stun handling: CO₂ systems. *Veterinary Congress Helsinki*, Finland, 27-29 November
- Becerril-Herrera, M., Spilsbury, M. A., Trujillo-Ortega, M.E., Guerrero-Legarreta, I., Ramírez-Necoechea, R., Roldan-Santiago, P., Pérez-Sato, M., Soní-Guillermo, E., Mota-Rojas, D. (2010). Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an Abattoir. *Meat Science*, 86, 945-948

- Bertram, H.C., Stødkilde-Jørgensen, H., Karlson, A.H., Andersen, H.J., (2002). Post mortem metabolism and meat quality of porcine *M. longissimus dorsi* as influenced by stunning method – A ^{31}P NMR spectroscopic study. *Meat Science*, 62, 113-119
- Berghaus, A., and Troeger, K., (1998). Electrical stunning of pigs: Minimum current flow and time required to induce epilepsy at various frequencies. *Proceedings of the 44th ICoMST* (Barcelon, Spain), 1070-1080
- Bowker, B. C., Grant, A. L., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., (2000). Muscle metabolism and PSE pork. *Proceedings of the American Society of Animal Science*
- Brewer, M.S., Zhu, L.G., Binder, B., Meisinger, D.J., McKeith, F.K. (2001). Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57, 169-176
- Brown, S. N., Warriss, P. D., Nute , G. R., Edwards, J. E., Knowles, T. G., (1998). Meat Quality in Pigs Subjected to Minimal Preslaughter Stress. *Meat Science*, 49, 257-265
- Channon, H.A., Payne, A.,M., Warner, R.D., (2000). Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science*, 56: 291-299
- Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D., (2002). Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 63-68
- Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D., (2003). Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. *Meat Science*, 65, 1325-1333
- Channon, H.A., Kerr, M.G., and Walker, P.J., (2004). Effect of Duroc content, sex and aging period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Science*, 66, 881-888
- Cherel, P., Glénisson, J., Figwer, P., Pires, J., Damon, M., Frank, M., Le Roy, P. (2010). Updated estimates of HAL n and RN– effects on pork quality: Fresh and processed loin and ham. *Meat Science*, 86, 949-954
- Chevillon, P., (2000). Pig welfare during pre-slaughter and stunning. *1st International Virtual Conference on Pork Quality*
- COM, (2011) 700 final Report from the Commission, on the impact of Council Regulation (EC) No 1/2005 on the protection of animals during transport, Brussels, 10.11.2011
- Conlee, K.M., Stefens, M.L., Rowan, A.N., King, L.A., (2005). Carbon dioxide for euthanasia: concerns regarding pain and distress, with special reference to mice and rats. *Laboratory Animals*, 39, 137-161

- Council Directive 91/628/EEC, (1991). On the protection of animals during transport and amending Directives 90/425/EEC and 91/496/, EEC. *Official Journal of the European Union*, 11/12/1991, L 340/17-27
- Council Regulation, (EC), No 1/2005, of 22 December 2004. On the protection of animals during transport and related operations. *Official Journal of the European Union*, 5.1.2005, L 3/1-44
- Council Regulation, (EC), No 1099/2009, of 24 September 2009. On the protection of animals at the time of killing. *Official Journal of the European Union*, 18.11.2009, L 303/1-30
- Costa dalla, O.A., Faucitano, L., Coldebella, A., Ludke, J.V., Peloso, J.V., dalla Roza, D., Paranhos da Costa, M.J.R., (2007). Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livestock Production*, 1, 29-36
- Cook, C.J., Devine, C.E., Gilbert, K.V., Smith, D.D., Maasland, S.A., (1995). The Effect of Electrical Head-only Stun Duration on Electroencephalographic-measured Seizure and Brain Amino Acid Neurotransmitter Release. *Meat Science*, 40, 137-147
- Cook, C.J., (1999). Neurological Measures to Quantify Welfare Aspects of Stunning. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Christensen, L.B., (2003). Drip loss sampling in porcine *m. longissimus dorsi*. *Meat Science*, 63, 469-477
- D'Souza, D.N., Mullan, B.P., (2002). The effect of genotype, sex and management strategy on the eating quality of pork. *Meat Science*, 60, 95–101
- De Smet, M.S., Pauwels, H., Vervaeke, I., (1995). Meat and carcass quality of heavy muscle Belgian slaughter pigs as influenced by halothane sensitivity and breed. *Animal Science*, 61, 109-114
- De Smet, M.S., Pauwels, H., De Bie, S., Demeyer, D.I., Callewier, J., and Eeckhout, W., (1996). Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slaughter pigs. *Journal Animal Science*, 74, 1854-1863
- Dransfield, E., (1994). Modelling post mortem tenderization. Inactivation of calpains. *Meat Science*, 37, 391-409
- Edwards, L.N., Grandin T., Engle, T.E., Ritter, M.J., Sosnicki, A.A., Carlson, B.A., Anderson, D.B., (2010). The effects of pre-slaughter pig management from the farm to the processing plant on pork quality. *Meat Science*, 86, 938–944
- Eikelenboom, G., Bolink, A.H., Sybesma, W., (1991). Effects of Feed Withdrawal Before Delivery on Pork Quality and Carcass Yield. *Meat Science*, 29, 25-30

- EFSA, (2004). Welfare Aspects of Animal Stunning and Killing Methods. European – Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of animal stunning and killing methods. AHAW /04-027
- Eisele, J.H., Eger, E.I., Muallem, M., (1967). Narcotic properties of Carbon Dioxide in the Dog.
- Eurostat, (2006). Main stages in the meat food chain in Europe. Agriculture and Fisheries, Statistics in focus. *European Communities*, 6/2006
- Eurostat, (2011). Food: from farm to fork statistics. Agriculture and Fisheries. Eurostat Pocketbooks. *European Communities*, 2011
- Faucitano, L., (2000). Effects of preslaughter handling on the pig welfare and its influence on meat quality. *1st International Virtual Conference on Pork Quality*
- Faucitano, L., Chevillon, P., Ellis, M., (2010). Effects of feed withdrawal prior slaughter and nutrition on stomach weight, and carcass and meat quality in pigs. *Livestock Science*, 127, 110–114
- Fischer, K., Augustini, C., McCormick, R., (1986). Einflu der Nüchterungsdauer vor dem Schlachten auf die Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Fleischwirtschaft*, 66: 1659-1665
- Fischer, K., (1994). Transport zur Schlachtstätte. Στο: *Schlachten von Schwein und Rind*. Bundesanstalt für Fleischforschung, 22-42
- Fischer, K., Mellet, F.D., Hoffman, L.C., (2000). Halothane genotype and pork quality. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. *Meat Science*, 54, 97-105.
- Forslid, A., and Augustinson, O., (1988). Acidosis, hypoxia and stress hormone release in response to one – minute inhalation of 80% CO₂ in swine. *Acta Physiologica Scandinavica*, 132, 223-231
- Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., DeLeon, S., Khanna, V.K., Weiler, J.E., O'Brien, P.J. MacLennon, D.H., (1991). Identification of a maturation in the porcine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 253, 448-451
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guàrdia M.D., Coli, C., Siggens, K., Harvey, K., Diestre, A., (2000). A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*, 55, 97-106
- Gosálvez, L.F., Averó X., Valdelvira J.J., Herranz, A., (2006). Influence of season, distance and mixed loads on the physical and carcass integrity of pigs transported to slaughter. *Meat Science*, 73, 553-558

- Grandin T., (2002). Welfare of pigs during transport. www.grandin.com
- Gregory, N.G., (1994). Preslaughter Handling, Stunning and Slaughter. *Meat Science*, 70, 45-56
- Gregory, N.G., (1998). Physiology of Stress, Distress, Stunning and Slaughter. Στο: *Animal Welfare and Meat Science*. CABI Publishing
- Gregory, N.G., (2005). Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*, 70, 481-491
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., (2005). Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science*, 70, 709–716
- Guedel, A.E., (1937). Inhalation Anesthesia, A fundamental Guide. Macmilan, New York. Αναφέρεται στο: Kerr, (1994)
- Hansen, S., Hansen, T., Aaslyng, M.D., Byrne, D.V., (2004). Sensory and instrumental analysis of longitudinal and transverse textural variation in pork *longissimus dorsi*. *Meat Science*, 68, 611-629
- Hagerdal, et al., (1997). Αναφέρεται στο: Martoft και συν., (2003)
- Hambrecht, E., Eissen, J.J., Verstegen, M.W.A., (2003). Effect of processing plant on pork quality. *Meat Science*, 64, 125-131
- Henckel, P., Karlsson A., Jensen M. T., Oksbjerg, N., Petersen, J.S., (2002). Metabolic conditions in porcine longissimus muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri- and post mortem energy metabolism. *Meat Science*, 62, 145–155
- Hoffman, K., (1988). pH a quality criterion for meat. *Fleischwirtschaft*, 68, 67-70
- Hoenderken, R., (1978). Αναφέρεται στους: Anil, (1991), Troeger, (1999) και Holst, (2001)
- Holst, S., (1999). Assesment of stun-stick interval in relation to time of exposure in CO₂ stunning. Animal welfare implications. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Holst, S., (2001). CO₂ stunning of pigs for slaughter Practical guidelines for animal welfare. 47th ICoMST, Krakow, Poland
- Homer, D.B., and Matthews, K.R., (1998). A Repeat National Survey of Muscle pH Values in Commercial Pig Carcasses. *Meat Science*, 49, 425-433
- Honde, A., Godbout, D., and Gariépy C., (2001). Major genes and meat quality. *Advances in Pork Production*, 12, 139-142

- Honikel, K.O., and Fischer, C., (1977). A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscle. *Journal of Food Science*, 42, 1633-1636
- Honikel, K. O., (1985). How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. Στο: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. P.V.Tarrant, G.Eikelnboom, G. Monin, Martinus Nijhoff
- Honikel, K.O., Kim, C.J., Hamm, R., Roncales, P., (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16, 267-282
- Honikel, K.O., and Kim C.J., (1986). Causes of development of PSE pork. *Fleischwirtschaft*, 66, 349-353
- Honikel, K.O., (1998). Reference methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. *Meat Science*, 49, 447-457
- Honkavaara, M., (1989). Influence of lairage on blood composition of pig and the development of PSE pork. *Journal of Agricultural Science*, 61, 425-432
- Honkavaara, M., (1998). Influence of porcine stress on blood composition and early post mortem meat quality in pigs of different halothane genotypes. *Meat Science*, 24, 21-29
- Huff-Lonergan, E., Baas, T.J., Malek, M., Dekkers, J.C.M., Prusa, K., and Rothschild, M.F., (2002). Correlation among selected pork quality traits. *Journal Animal Science*, 80, 617-627
- Iversen, P., Hemcel, P., Larsen, L.M., Monllao, S., and Møller, A.J., (1995). Tenderisation of pork as affected by degree of cold-induced shortening. *Meat Science*, 40, 171-181
- Jeremiah, L.E., Gibson, J. P., Gibson, L.L., Ball, R.O., Aker, C., Fortin, A., (1999). The influence of breed, gender, and PSS (Halothane) genotype on meat quality, cooking loss, and palatability of pork. *Food Research International*, 32, 59-71
- Jongman, E.C., Barnett, J.L., and Hemsworth, P.H., (2000). The aversiveness of carbon dioxide stunning in pigs and a comparison of the CO₂ stunner vs the V-restrainer. *Applied Animal Behaviour Science*, 67, 67-76
- Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C., Park, G.B., (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Science*, 52, 291-297
- Kauffman, R.G., Sybesma, W., Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G., Engel, B., van Laack, R.L.J.M., Hoving-Bolink, A.H., Sterrenburg, P., Nordheim, E.V., Walstra, P., & van der Val, P.G., (1993). The Effectiveness of Examining Early Post Mortem Musculature to Predict *Ultimate* Pork Quality. *Meat Science*, 34, 283-300

- Kerr, B.C., (1994). Stages of Anesthesia. Στο: *Anesthesiology Review*, Chapter 38. Faust, R.J. (ed.), Churchill Livingstone.
- Kocwin-Podsiadla, M., Przybylski, W., Kuryl, J., Talmant, A., and Monin, G., (1995). Muscle glycogen level and meat quality in pigs of different halothane genotypes. *Meat science*, 40: 121-125
- Kristensen, L., and Purslow, P., (2001). The effect of aging on the water -holding capacity of pork: role of the cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58, 17-24
- Küchenmeister, U., Kuhn, G., Wegner, J., Nürnberg, G., Ender, K., (1999). Post mortem changes in Ca²⁺ transporting proteins of sarcoplasmic reticulum in dependence on malignant hyperthermia status in pigs. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 195: 37-46
- Küchenmeister, U., Kuhn, G., Ender, K., (2000). Seasonal effect on Ca²⁺ transport of sarkoplasmic reticulum and on meat quality of pigs with different malignant hyperthermia status. *Meat Science*, 55, 239-245
- Lammens, V., Van de Water, G., Goenegrachts, J., Driessen, B., Peeters, E., Geers, R., (2005). Head current during and blood splashes after electrical stunning in relation to characteristics of the pig body. *Meat Science*, 72, 140-145
- Lambooi, E., and Schatzmann, U., (1994). The use of high pressure water jet combined with electroimmobilitation for the stunning of slaughter pigs: some aspects of meat quality. *Meat Science*, 37, 381-389
- Lambooi, E., (1999). Alternative methods for stunning of pigs – Jets and Microwaves. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Leach, L.M., Ellis, M., Sutton, D.S., McKeith, F.K., Wilson, E.R., (1996). The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *Journal Animal Science*, 74, 934-943
- Ledward, D.A., (1992). Colour of raw and cooked meat. Στο: *The Chemistry of Muscle-based Foods*. Ledward, D.A., Johnston, D.E., Knight, M. (Eds.). Royal Society of Chemistry, London, p. 128
- Lee, J., Taira, T., Pihlaja, P., Ransom, B.R., Kaila, K., (1996). Effects of CO₂ on excitatory transmission apparently caused by changes in intracellular pH in the rat hippocampal slice. *Brain Research*, 706, 210-216
- Lee, R.C., (1997). Injury by Electrical Forces: Pathophysiology, Manifestations, and Therapy. Στο: *Current Problems in Surgery*, 34, (9), 681-758
- Lengerken, V.G., Maak, S., and Wicke, M., (2002). Muscle metabolism and meat quality of pigs and poultry. *Veterinarija ir Zootechnika*, 20, (42), 82-86

- Lindahl, G., Lundström, K., Tornberg, E., (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, 59, 141-151
- Lindahl, G., Henckel, P., Karlsson, A.H., Andersen, H.J., (2006). Significance of early postmortem temperature and pH decline on colour characteristics of pork loin from different crossbreeds. *Meat Science*, 72, 613–623
- Lister, D., (1985). The physiology and biochemistry of the porcine stress syndrome. Στο: *Evaluation and control of meat quality in pigs*, pp 3-1, P.V. Tarrant, G.Eikelboom, G. Monin, Martinus Nijhoff
- Lockley, A. K., Bruce, J. S., Franklin, S.J., Bardsley, R.G., (1996). Use of Mutagenically Separated PCR for the Detection of the Mutation Associated with Porcine Stress Syndrome. *Meat Science*, 43, 93-97
- Lundström, K., Andersson, A., Hansson, I., (1996). Effect of the RN gene on technological and sensory meat quality in crossbreed pigs with Hampshire as terminal shire. *Meat Science*, 42, 145-153
- Louis, C.F., Balog, E.M., and Fruen, B.R., (2001). Malignant Hyperthermia: An Inherited Disorder of Skeletal Muscle Ca²⁺ Regulation. *Bioscience Reports*, Vol.21, No 2, 155 - 167
- Manteca, X., (1998). Neurophysiology and assessment of welfare. *Meat Science*, 49, Supp 1, S205-S218
- Martin, J., (1991). The Collective Electrical Behavior of Cortical Neurons, 50, 787-790. Στο: *Principles of Neural Science*, 3rd ed., Kandel, E.R., Schwartz, J.H., and Jessell, T.M. (ed), Appleton & Lange
- Martoft, L., Lomholt, L., Kolthoff, C., Rondriguez, B.E., Jensen, E.W., Jørgensen, P.F., Pedersen, H.D. and Forslid, A., (2002). Effects of CO₂ anaesthesia on central nervous system activity in swine. *Laboratory Animals*, 36, 115-126
- Martoft, L., Stødkilde-Jørgensen, H., Forslid, A., Pedersen, H.D. and Jørgensen, P.F., (2003). CO₂ induced acute respiratory acidosis and brain tissue intracellular pH: a ³¹P NMR study in swine. *Laboratory Animals*, 37, 241-248
- Martocchia, L., Brambilla, G., Macri, A., Moccia, G., Cosentino, and E., (1995). The Effect of Transport on Some Metabolic Parameters and Meat Quality in Pigs. *Meat Science*, 40, 271-277
- Meisinger, J., and Berg, E., (2006). United States pork industry pork quality survey. Abstracts, ASAS ADSA Midwest Meeting, March 20–22, 2006. *Journal Animal Science*, 84, Suppl 2, 112

- Mc Loughlin, J.V., (1985). Malignant Hyperthermia: Neurochemical Aspects. Στο: *Evaluation and control of meat quality in pigs*, pp 39- 49, P.V. Tarrant, G.Eikelnboom, G. Monin. Martinus Nijhoff, 1987
- Mickelson, J.R., and Louis, C.F., (1996). Malignant Hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca²⁺ release channel, and cell Ca²⁺ regulation defects. *Physiology Reviews*, 76, 537-591
- Mitchell, G., and Heffron, J.J.A., (1982). Porcine Stress Syndromes. *Advances in Food Research*, 28, 167-217
- Monin, G., and Sellier, P., (1985). Pork of low technological quality with normal rate of muscle pH fall in the intermediate post mortem period: the case of the Hampshire breed. *Meat Science*, 13, 49-63
- Monin, G., (1995). The effect of RN⁻ gene on fresh and processed pork. Στο: *Composition of meat in relation to processing, nutritional and sensory quality*. Lundström K., Hansson, I., and Wiklund E., 57-67, ECCEAMST
- Monin, G., Larzul, C., LeRoi, P., Culioli, J., Mourot, J., Rousset Aktim, S., Talmant, A., Touraille, C., and Sellier, P., (1999). Effects of the Halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *Journal of Animal Science*, 77, 408-415
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S.A., Ramírez, R., Alonso-Spilsbury, M., (2006). Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science*, 73, 404–412
- Nitsche, M.A., Cohen, L.G., Wasserman, E.M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P.S., Fregni, F., Pascual-Leone, A., (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation*, 1, 206-223
- Nowac, B., Mueffling, T.V., Hartung, L., (2007). Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Science*, 75, 290-298
- O'Neill, D.J., Lynch, P.B., Troy, D.J., Buckley, D.J., Kery, J.P., (2003). Influence of the time of the year on the incidence of PSE and DFD in the Irish pigmeat. *Meat Science*, 64, 105-111
- Owen, B.L., Montgomery, J.L., Ramsey, C.B., Miller, M.F., (2000). Preslaughter resting and hot fat trimming effects on the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork and ham processing characteristics. *Meat Science*, 54, 221-229
- Otto, G., Roeche, R., Looft, H., Thoelking, L., Kalm, E., (2004). Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. *Meat Science*, 68, 401-409

- Pérez, M.P., Palacio, J., Santolaria, M.P., Aceña, M., Chacón, G., Gascón, M., Calvo J.H., Zaragoza, P., Beltran J.A., Garcia-Belenguer, S., (2002). Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*, 61: 425-433
- Raj, A.B.M., and Gregory, N.G., (1996). Welfare Implications of Gas Stunning Pigs: 2. Stress of induction of anaesthesia. *Animal Welfare*, 5, 71-78.
- Raj, M., (1999 α). Alternative gas mixtures and animal welfare in stunning of pigs. *International. Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Raj, M., (1999 β). EEG in assessment of animal welfare during stunning of animals for slaughter. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Rasmussen and Andersson, (1996). Αναφέρεται στους: Christensen, (2003) και Otto, και συν., (2004)
- Rosenvold, K., and Andersen, H.J., (2003). The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat Science*, 63, 199–209
- Ryu, Y.C., and Kim, B.C., (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by post mortem metabolic rate and pork quality. *Journal Animal Science*, 84, 894-901
- Salmi, B., Trefan, L., Bünger, L., Doeschl-Wilson, A., Bidanel, J.P., Terlouw, C., Larzul, C., (2012). Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. *Meat Science*, 90, 584-598
- Santos, C., Almeida, J.M., Matias, E.C., Fraqueza, M.J., Roseiro, C., and Sardina, L., (1997). Influence of Lairage Environmental Conditions and Resting Time on Meat Quality in Pigs. *Meat Science*, 45, 253-262
- Scopes, R. K., (1974). Studies with a Reconstituted Muscle Glycolytic System. The rate and extend of glycolysis in simulated post- mortem conditions. *Biochemical Journal*, 142, 79-86
- Scahaw, (2002). The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). *Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare*. Adopted on 11 March 2002. European Commission
- Scheffler, T.L., and Gerrard, D.E., (2007). Mechanisms controlling pork quality development: The biochemistry controlling post mortem energy metabolism. *Meat Science*, 77, 7-16
- Schäfer, A., Rosenvold, K., Purslow, P.P., Andersen, H.J., Henkel, P., (2002). Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. *Meat Science*, 61, 355-366

- Schwab, C.R., Baas, T.J., Stadler, K.J., and Marby, J.W., (2006). Effect of long-term selection for increased leanness on meat and eating quality traits in Duroc swine. *Journal Animal Science*, 84, 1577-1583
- Schwägele, F., Haschke, C., Honikel, K.O., & Krauss, G., (1996a). Enzymological Investigation on the causes for the PSE-syndrome I. Comparative Studies on Pyruvate Kinase from PSE-and Normal Pig Muscles. *Meat Science*, 44, 27-40
- Schwägele, F., Lopez Buesa P.L., & Honikel, K.O., (1996b). Enzymological Investigation on the causes for the PSE-syndrome II. Comparative Studies on glycogen phosphorylase from pig muscles. *Meat Science*, 44, 41-53
- Smulders, F., Barnier, V., Geesink, G., και Van Laack, R., (1995). The muscle biological background of meat tenderness. Στο: *Composition of meat in relation to processing, nutritional and sensory quality*. Ed., Lundström, K., Hansson, I., and Wiklund, E., Utrecht: ECCEAMST
- Special Eurobarometer, 229/2005. Attitudes of consumers towards the welfare of farmed animals. Fieldwork: February – March 2005, Publication: June 2005
- Special Eurobarometer, 270/2007. Attitudes of EU citizens towards Animal Welfare. Fieldwork: September – October 2006, Publication: March 2007
- Statistics in focus, (2006). Main stages in meat food chain in Europe. Agriculture and Fisheries, 6/2006, European Communities
- Sterten, H., Frøystein, T., Oksbjerg, N., Rehnberg, A.C., Ekker, A.S., Kjos, N.P., (2009). Effects of fasting prior to slaughter on technological and sensory properties of the loin muscle (M.longissimus dorsi) of pigs. *Meat Science*, 83, 351–357
- Stott, G.H., (1981). What is animal stress and how is it measured? *Journal of Animal Science*, 52, 150-153
- Støier, S., Aaslyng, M.D., Olsen E.V., Henckel, P., (2001). The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork. *Meat Science*, 59, 127-131
- Schütte, A., Wenzlawowicz, M., Mickwitz, G., (1994). Tiertransport und Fleischqualität bei Schweinen. *Fleischwirtschaft*, 74: 126-132
- Susuki, K., Irie, M., Kadowaki, H., Shibata, T., Kumagai, M., Nishida, A., (2005). Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *Journal Animal Science*, 83, 2058-2065
- Tornberg, E., (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Maet Science*, 43, S175-191

- Treaty of Amsterdam, (1997). Protocol on protection and welfare of animals. *Official Journal*, C 340, 10/11/1997
- Troeger, K., and Woltersdorf, W., (1989). Measuring stress in pigs during slaughter. *Fleischwirtschaft*, 69, (3), 373-376
- Troeger, K., and Woltersdorf, W., (1991). Gas anaesthesia of slaughter pigs 1. Stunning experiments under laboratory conditions with fat pigs of known reaction type: meat quality and animal protection. *Fleischwirtschaft*, 71, 1063–1068
- Troeger, K., (1998). Fleischgewinnung und –behandlung. Στο: W. Branscheid, K. Honikel, G. Lengerken & K. Troeger (Eds): Qualität von Fleisch und Fleischwaren. (Bd 1), 363-408, Deutscher Fachverlag
- Troeger, K., (1999). Different electrical systems for stunning pigs. *International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare*. Billund, Denmark
- Van de Perre, V., Permentier, L., De Bie, S., Verbeke, G., Geers, R., (2010). Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science*, 86, 931–937
- van Laack, R.L.J.M., Kauffman, R.G., Sybesma, W., Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G., & Pinheiro, J.C., (1994). Is Colour Brightness (L-value) a Reliable Indicator of Water – Holding Capacity in Porcine Muscle? *Meat Science*, 38, 193-201
- Van Laack, R.L.J.M., Stevens, S.G., Stalder, K.J., (2001). The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderisation. *Journal Animal Science*, 79, 392-397
- Van Moeseke, W., and De Smet., (1999). Effect of time of deboning and sample size on drip loss of pork. *Meat Science*, 52, 151-156
- van der Wal, P.G., (1978). Chemical and physiological aspects of pig stunning in relation to meat quality – a review. *Meat Science*, 2, 19-30
- van der Wal, P.G., Engel, B., Hulsege, B., (1997). Causes for Variation in Pork Quality. *Meat Science*, 46, 319-327
- van der Wal, P.G., Engel, B., and Reimert, H.G.M., (1999). The effect of stress applied immediately before stunning on pork quality. *Meat Science*, 53, 101-106
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucqué, Ch.V., (1999α). Measurement and prediction of pork color. *Meat Science*, 52, 347-354
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucqué, Ch.V., (1999β). Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on line methods. *Meat Science*, 53, 259-267

- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucqué, Ch.V., Delputte, P., Depuydt, J., (2001). The preference of the consumer for pork from homozygous or heterozygous halothane negative animals. *Meat Science*, 58, 247-251
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., (2003). Variation of the sensory quality within the m. longissimus thoracis et lumborum of PSE and normal pork. *Meat Science*, 63, 293-299
- van Wijk, H.J., Arts, D.J.G., Matthews, J.O., Webster, M., Ducro, B.J., and Knol, E.F., (2005). Genetic parameters for carcass composition and pork quality estimated in a commercial production chain. *Journal Animal Science*, 83, 324-333
- Victor, M., Ropper, A.H., (2001). Επιληψία και Λοιπές Διαταραχές με Σπασμούς, 16, 387-489: Στο: *Adams and Victor' Principles of Neurology*, 7th Edition, McGraw – Hill. 2^η Ελληνική Έκδοση (2003), Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X., Diestre, A., (2000). The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Science*, 55, 309-314
- Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Alonso, P., Manteca, X., Diestre, A., (2001). Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhage in pigs. *Meat Science*, 58, 313-319
- Warner, R.D., Kauffman, R.G., Greaser, M. L., (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Science*, 45, 339-352
- Warriss, P.D., (1984). Exsanguination of animals at slaughter and the residual blood content of meat. *Veterinary Record*, 115, 292-295
- Warriss, P.D., and Brown, S. N., (1985). The physiological responses of fighting between in pigs and the consequences for meat quality. *Journal of Science and Food Agriculture*, 36, 87-92
- Warriss, P.D., (1996a). The consequence of fighting between mixed groups of unfamiliar pigs before slaughter. *Meat Focus International*, 4, 89-92
- Warriss, P.D., (1996b). Guidelines for the handling of pigs antemortem. *Proc. of the EU-seminar: New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions*, 29-30 June 1995, Mariensee, Germany, Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft, 166:217-224
- Warriss, P. D., (1998). The welfare of pigs during transport. *Animal Welfare*, 7, 365-381
- Warriss, P. D., (2000). Measuring Eating Quality. Στο: *Meat Science: an introductory text*. CABI Publishing, UK

- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., (2000). Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *Journal Animal Science*, 78, 958-965
- Wotton S., N. and Gregory, P. (1986). Στο: Anil, (1991)
- Yu, J., Tang, S., Bao, E., Zhang, M., Hao, Q., Yue, Z., (2009). The effect of transportation on the expression of heat shock proteins and meat quality of M. longissimus dorsi in pigs. *Meat Science*, 83, 474-478
- Βαϊνάς, Ε., Mueller, Μ., Σαράτση, Α., Αναστασιάδης, Α., Κορωνάκη, Α., και Brem, G. (2002). Εντόπιση του γονιδίου της ρυανοδίνης του χοίρου σε Ελληνικές εκτροφές. Παραγωγή χοίρων ανθεκτικών στο σύνδρομο της κακοήθους υπερθερμίας. 9^ο Πανελλήνιο Κτηνιατρικό Συνέδριο, Θεσσαλονίκη, 21-24 Νοεμβρίου, 249-250
- Παπαβασιλείου, Δ., Λαμπιδώνης, Δ.Α., Μαγκλάρας, Γ., και Μπιζέλης, Ι., (2008). Η εφαρμογή της τεχνικής του πολυμορφισμού μήκους τεμαχίων περιορισμού (RFLPs) στη διαπίστωση της «Τ» μετάλλαξης στο χοίρο. *Animal Science Review*, 38, 65-74
- Ρογδάκης, Ε., (1983). Stress στη σύγχρονη χοιροτροφία. Δελτίο Ε.Ζ.Ε., 3, 35
- Ρογδάκης, Ε., (2006). Γενική Ζωοτεχνία. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα
- Τσολακίδη, Κ., Μπιζέλης, Ι. και Ρογδάκης, Ε., (1999). Μελέτη της ποιότητας του κρέατος σε μεγάλη χοιροτροφική εκμετάλλευση. *Animal Science Review*, Special Issue, 25, 51.