

meat News

Το μηνιαίο
περιοδικό της
αγοράς κρέατος



Φωκίωνος Νέγρη 52, 113 61 Αθήνα

ΙΟΥΝΙΟΣ 2019 • ΤΕΥΧΟΣ 72 • ISSN 2241-4495 • ΤΙΜΗ 3€



Η αλυσίδα του κρέατος στην ψηφιακή εποχή

Συνέντευξη με τον Λεωνίδα Μαθιουλάκη

Νέες τεχνολογίες ποιότητας και ύψους
των σφάγιων

Νέες τεχνολογίες ποιοτικής κατάταξης των σφάγιων

Η αξιολόγηση των σφάγιων αποτελεί τη βάση της εμπορικής αξιολόγησης και τη συχνότερα εφαρμοζόμενη εξέταση ποιότητας του κρέατος (Ojha et al, 2016). Η κατανάλωση κρέατος ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων χωρών, συμπεριλαμβανομένων και των χωρών της Ευρώπης, με το κρέας όμως να εξακολουθεί να αποτελεί την κυριότερη πηγή πρωτεΐνης στην ανθρώπινη διατροφή (OECD/ FAO, 2014).

Η δυνατότητα της εξέτασης της σύνθεσης και της ακριβούς ταξινόμησης των σφάγιων, με την ελάχιστη δυνατή επίδραση στην ποιότητά του, είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί από αυτή εξαρτάται η ακριβής αποτίμηση της εμπορικής αξίας και της βέλτιστης οργανοληπτικής ποιότητας και αξιοποίησης των σφάγιων. Η ταξινόμηση των σφάγιων σήμερα στηρίζεται κατά κανόνα στην εξωτερική εμφάνιση των σφάγιων.

Έτσι, στις Η.Π.Α. τα σφάγια βοοειδών κατατάσσονται με βάση την μαρμάρωση και τη γενικότερη ωριμότητα, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση στηρίζεται στη διαμόρφωση του σφάγιου και συγκεκριμένα της μυϊκής διάπλασης και του βαθμού πάχυνσης. Η κατάταξη σήμερα πραγματοποιείται με επισκόπηση ή με την έμμεση μέτρηση του πάχους του λίπους σε συγκεκριμένες περιοχές, μέθοδοι που χαρακτηρίζονται από υποκειμενικότητα και μεγάλες διακυμάνσεις στην κατάταξη μεταξύ διαφορετικών αξιολογητών.

Ακριβέστερη ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί με καταστρεπτικές μεθόδους εξέτασης, όπως είναι οι χημικές αναλύσεις. Διάφορες μη καταστρεπτικές μέθοδοι ταξινόμησης, όπως η ακτινοβολία Χ, η υπερηχογραφία, η απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας, η αξονική και η μαγνητική τομογραφία παρουσιάζουν σημαντικά

πλεονεκτήματα δεδομένου ότι συνδυάζουν ακρίβεια και επαναληψιμότητα μετρήσεων χωρίς να καταστρέφουν το σφάγιο.

Πρωτοπόροι στη χρήση μη καταστρεπτικών μεθόδων απεικόνισης της σωματικής διάπλασης παραγωγικών ζώων ήταν οι Kronacher και Hogrene (1936), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ακτινοβολία Χ προκειμένου να μελετήσουν το σχήμα της πυέλου διαφορετικών φυλών χοίρου. Ο Hogrene το 1938, μετρήσε με τη βοήθεια ακτινοβολίας Χ την εναπόθεση λιπώδους ιστού σε παχυνόμενους χοίρους.

Το 1956, οι Temple et al. χρησιμοποίησαν υπερηχογραφία συγκεκριμένης συχνότητας (>20kHz) σε διάφορους ιστούς του σώματος κρεοπαραγωγικών ζώων. Όσον αφορά την αξονική και τη μαγνητική τομογραφία, οι πρώτες αναφορές χρήσης αυτών για την εκτίμηση της σύνθεσης των σφάγιων έγιναν από τους Skjerve et al. (1981) και το από τους Groeneveld et al. (1983). Τέλος, οι Mitchell et al. (1996) χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά την απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας για την εκτίμηση της σύνθεσης του σώματος των παραγωγικών ζώων.

Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας εξελίσσονται γρηγορότερες και πιο σύγχρονες, μη επεμβατικές συσκευές για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του σώματος και την ταξινόμηση των σφάγιων.

Τεχνικές όπως η αξονική τομογραφία (Picouet et al., 2010) και η μαγνητική τομογραφία (Baulain, 2013)

χρησιμοποιούνται ως τεχνολογία αναφοράς για τη βαθμολόγηση και ταξινόμηση των σφάγιων σε σφαγεία (Branscheid et al., 2011; Daumas et al., 2013) σε χώρες όπως η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία, η Νορβηγία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Αυστρία, ο Καναδάς, η Δανία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ουγγαρία, η Ιρλανδία, η Ισπανία, η Σουηδία και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Scholz et al, 2015). Στην Ελλάδα, μέχρι στιγμής, οι συγκεκριμένες τεχνολογίες δεν αξιοποιούνται.

Οι εξελίξεις στην εκτροφή των ζώων, οι διαφορές μεταξύ των φυλών και των διαφόρων ειδών ζώων ή και οι διαφορές μεταξύ των δυο φύλων του ίδιου είδους, αναφορικά με τη σύνθεση του σφάγιου, οδήγησαν στην ανάγκη δημιουργίας μιας νέας και προσαρμοσμένης φόρμουλας για την κατάταξη των σφάγιων σε εμπορικές κλάσεις με το σύστημα (S)EUROP (Branscheid et al., 2011; Monziols et al., 2013).

Για να ακολουθήσει και η Ελλάδα αυτήν την κατεύθυνση είναι επιτακτική η ανασκόπηση των μη καταστρεπτικών μεθόδων εκτίμησης της σύστασης ενός

σφάγιου ο οποίος είναι και ο σκοπός της συγκεκριμένης παρουσίασης.

Μη καταστρεπτικές μέθοδοι εκτίμησης της σύστασης του σφάγιου

Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι βασίζονται σε εκπομπή συγκεκριμένων σημάτων που επιδρούν με τους ιστούς σε ατομικό ή μοριακό επίπεδο, παράγοντας σήματα τα οποία ανιχνεύονται και ποσοτικοποιούνται. Τα σήματα που παράγονται / ανιχνεύονται μπορεί να είναι ηχητικά (υπέρηχοι), ακτινοβολία φωτονίων (ακτίνες Χ – ακτινογραφία / αξονική τομογραφία, απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας) ή ραδιοκύματα (μαγνητική τομογραφία). Μετά τη λήψη του ακατέργαστου σήματος γίνεται επεξεργασία του για την εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων όπως η μορφή των περιοχών του μυϊκού ή λιπώδους ιστού, και εν μέρει η μορφή των οστών και η οστική σύσταση.

Στον Πίνακα 1 αναφέρονται όλα τα χαρακτηριστικά που μπορούν να προσδιοριστούν από τις μη καταστρεπτικές μεθόδους.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά μη καταστρεπτικών μεθόδων

Μέθοδος	Χαρακτηριστικό
Απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας	<ul style="list-style-type: none"> Αριθμός διερχόμενων φωτονίων (ανά ιστό) Συντελεστής εξασθένησης ακτίνων Χ σε διαφορετικά επίπεδα ενέργειας Περεκτικότητα οστού σε ανόργανες ουσίες Πυκνότητα ανόργανων ουσιών στα οστά Ποσότητα μαλακών ιστών Παχο κρέας και λιπώδης ιστός Δεδομένα για όλο το σώμα και τμήματα αυτού
Αξονική τομογραφία	<ul style="list-style-type: none"> Αριθμός διερχόμενων φωτονίων (ανά ιστό) Εξασθένηση ακτίνων Χ σε μονάδες Hounsfield (HU) Έκταση ιστών ανάλογα με την ανατομική περιοχή και τις HU Δεδομένα για όλο το σώμα και τμήματα αυτού
Μαγνητική τομογραφία	<ul style="list-style-type: none"> Μαγνητικός πυρηνικός συντονισμός (σε ατομικό επίπεδο) Επίπεδα ενέργειας πυρήνων με άνω αριθμό πρωτονίων και νετρονίων Χρόνοι T1 και T2 Πυκνότητα πρωτονίων Έκταση που καταλαμβάνουν οι ιστοί ανάλογα με την ανατομική περιοχή και ένταση σήματος Δεδομένα για όλο το σώμα και τμήματα αυτού
Υπερηχογραφία	<ul style="list-style-type: none"> Ταχύτητα υπερήχων (σε επίπεδο ιστού) Επίπεδο μηχανικής ενέργειας έναντι ηλεκτρικής ενέργειας Εύρος σήματος (Α- mode), φωτεινότητα σήματος (B- mode) Έκταση και όγκος τμημάτων του σώματος-σφάγιου

¹ Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Υγιεινής Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης – Κτηνιατρικής Δημοσίας Υγείας, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.

² Καθηγητής, Μονάδα Απεικονιστικής Διαγνωστικής, Απεικονιστικής Διαγνωστικής, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.

³ Εργαστήριο Υγιεινής Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης – Κτηνιατρικής Δημοσίας Υγείας, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.

⁴ Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Οικονομίας Ζωικής Παραγωγής, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.

⁵ Εργαστήριο Υγιεινής Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης – Κτηνιατρικής Δημοσίας Υγείας, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.

⁶ Καθηγητής, Εργαστήριο Ζωοτεχνίας, Τμήμα Κτηνιατρικής, ΑΠΘ.



Απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας

Τόσο η αξονική τομογραφία όσο και η απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας βασίζονται στη μέτρηση της εξασθένησης (attenuation) των ακτίνων X που διαπερνούν το σώμα ενός ζώου *in vivo* ή το σφάγιο. Ως εξασθένηση ορίζεται το μέτρο της ικανότητας ενός ιστού να απορροφά τις ακτίνες X. Κάθε ιστός και στοιχείο ενός σφάγιου χαρακτηρίζεται από έναν συγκεκριμένο συντελεστή εξασθένησης ανάλογα με την ένταση των χρησιμοποιούμενων ακτίνων X. Βασική αρχή της μεθόδου αποτελεί η διαφορετική εκθετική εξασθένηση της έντασης ζεύγους ακτίνων X με διαφορετικό μήκος κύματος / ενέργεια (μεγάλη και μικρή), όταν διέρχονται από τους διαφορετικούς ιστούς του σώματος. Ο λόγος της εξασθενημένης / εξερχόμενης δέσμης προς την αρχική / προσπίπτουσα δέσμη ακτίνων X, τόσο μεγάλης όσο και μικρής ενέργειας, αποτελεί το λόγο R (*R value*). Ο λόγος R είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό για κάθε στοιχείο ή ιστό, όπως τα οστά, ο μυϊκός και ο λιπώδης ιστός (Wang *et al.*, 2010).

Υπάρχουν διάφορα ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα απορροφησιμετρίας, που διαφέρουν στους τρόπους σάρωσης ενός αντικειμένου, π.χ. σάρωση λεπτής δέσμης ή δέσμης τύπου «βεντάλιας». Η σάρωση ολόκληρου του σώματος ζώου με ένα αργό μεν αλλά ακριβές σύστημα λεπτής δέσμης μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 35 λεπτά, ενώ αντίστοιχα η σάρωση ολόκληρου του σώματος ζώου με το ταχύτερο σύστημα δέσμης «βεντάλιας» συνήθως διαρκεί λιγότερο από 3 λεπτά. Συστήματα απορροφησιμετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας που προέρχονται από διαφορετικές κατασκευαστικές εταιρείες χρησιμοποιούν διαφορετι-

κές προσεγγίσεις για την παραγωγή μικρής και μεγάλης ενέργειας ακτίνες X (Scholz *et al.*, 2015). Επιπλέον, είναι δυνατή η αυτοματοποίηση της διαδικασίας με την ολική σύσταση του σφάγιου να είναι διαθέσιμη αμέσως μετά την ολοκλήρωση της σάρωσης. Ωστόσο, υπάρχει δυσγνωμία σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ως μεθόδου εκτίμησης του ποσοστού άπαχου κρέατος του σφάγιου. Οι Scholz and Mitchell (2010) και οι Hunter *et al.* (2011) αναφέρουν μικρό βαθμό συσχέτισης των μετρήσεων με αυτήν και προτείνουν τη διακρίβωση με συμβατικές μεθόδους ποιοτικής κατάταξης ή χημικές εξετάσεις. Αντίθετα οι Kremer *et al.* (2012) αναφέρουν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αξιόπιστη για την εκτίμηση της ποσότητας και του ποσοστού άπαχου κρέατος, καθώς και για τη σύσταση και σύνθεση των οστών.

Η απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας εφαρμόστηκε στην πλειονότητα των παραγωγικών ζώων, όπως σε χοίρους (Kremer *et al.*, 2012), όρνιθες (Salas *et al.*, 2012), ινδονιθές (Schöllhorn and Scholz, 2007), πρόβατα (με καλά αποτελέσματα) (Hunter *et al.*, 2011; Scholz *et al.*, 2013), βοοειδή (με την εξαίρεση της εκτίμησης του λιπώδους ιστού σφάγιων φυλής Jersey (Ribeiro *et al.*, 2011) και ψάρια (Wood, 2004). Πάντως αναφέρεται ότι υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στα αποτελέσματα ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος, το είδος του ζώου, την ηλικία, το βάρος, το λογισμικό και τη θέση του σφάγιου κατά τη σάρωση με αποτέλεσμα να θεωρείται απαραίτητη η εξατομικευμένη ρύθμιση του μηχανήματος στις εκάστοτε συνθήκες.

Αξονική τομογραφία

Σε αντίθεση με την απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας, η αξονική τομογραφία λειτουργεί με ακτίνες X μιας μόνο (μονοχρωματικής) ενέργειας (Kalender, 2006). Βασίζεται στην απεικόνιση της εσωτερικής μορφολογίας των διαφόρων οργάνων του σώματος με την υπολογιστική σύνθεση πολλαπλών προβολών και εγκάρσιων τομών του συγκεκριμένου οργάνου. Ο συντελεστής εξασθένησης του αντικειμένου-στόχου (ιστού) μετατρέπεται στις μονάδες Hounsfield (HU), με τη σύγκριση του με τον αντίστοιχο συντελεστή εξασθένησης του νερού και του αέρα. Κάθε ιστός εμφανίζει ένα σχεδόν σταθερό εύρος τιμών HU. Έτσι η αξονική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτοματοποιημένη διαφοροποίηση και τον ποσοτικό προσδιορισμό του λιπώδους, μυϊκού και οστέιου ιστού ενός

ζώου ή σφάγιου (Bänger *et al.*, 2011; Font-i-Furnols *et al.*, 2013; Jay *et al.*, 2013; Manzials *et al.*, 2013). Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι διαφορετικά πρωτόκολλα μπορεί να οδηγήσουν σε διαφοροποίηση έως και 20% στις τιμές HU των ιστών.

Η αξονική τομογραφία χρησιμοποιεί μια λυχνία υψηλής απόδοσης που παράγει ακτίνες X και τοποθετείται σε μια κατασκευή που ονομάζεται ικρίωμα (*gantry*), και μια σειρά ανιχνευτών, οι οποίοι βρίσκονται αντιδιαμετρικά και περιστρέφονται ταυτόχρονα και ισόχρονα με το ικρίωμα, γύρω από το υπό εξέταση αντικείμενο (Scholz *et al.*, 2015). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την μετάβαση από την απλή στην ελικοειδή λήψη είναι δυνατή η πραγματοποίηση πάνω από 100 τομών σε μια περιστροφή, ενώ το μέγεθος κάθε τομής είναι μικρότερο του 0,5 χιλιοστού. Το ικρίωμα επίσης μπορεί να έχει μέγεθος μέχρι και 90 εκατοστά, γεγονός που επηρεάζει τη σάρωση του σώματος ακόμα και μεγάλων ζώων με σάρωση περίπου 10 εκατοστών ανά δευτερόλεπτο (Kalender, 2006). Με την αξονική τομογραφία δημιουργούνται τρισδιάστατα απεικονιστικά μοντέλα των σφάγιων και κατά συνέπεια είναι δυνατόν να μετρηθεί με ακρίβεια ο όγκος άπαχου κρέατος, όχι όμως και το βάρος τους. Έχουν επομημανθεί διαφορές στην πυκνότητα του άπαχου κρέατος που έχουν ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό διαφορετικών βαρών για σφάγια ίσων όγκων, περιπλέκοντας έτσι την εναρμόνιση των τιμών μεταξύ διαφορετικών χωρών ή και μεταξύ διαφορετικών μηχανημάτων αξονικής τομογραφίας (Daumas *et al.*, 2013).

Γενικά, η αξονική τομογραφία είναι ιδανική για την εξέταση των μαλακών ιστών και των οστών σε σφάγια αγών και προβάτων (Bänger *et al.*, 2011), όρνιθων (Szentirmai *et al.*, 2013), βοοειδών (Navajas *et al.*, 2010), βουβάλων (Holló *et al.*, 2014) και κουνελιών (Scholz *et al.*, 2010). Όμως οι εφαρμογές της αξονικής τομογραφίας στην επιστήμη τροφίμων δεν περιορίζονται μόνο στην κατάταξη των σφάγιων ή στην μελέτη της σωματικής διάπλασης των παραγωγικών ζώων. Η αξονική τομογραφία έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του αλατιού σε αλατισμένο χοιρινό (Fuelladosa *et al.*, 2010) και για το γρήγορο προσδιορισμό του ενδομυϊκού λίπους στο βοδινό κρέας και της μικροσκοπικής κατασκευής του λίπους (Frisullo *et al.*, 2010). Εκτός αυτών έχει δεχτεί ότι δεν επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος, ειδικά ως προς το χρώμα (Jose *et al.* (2009).

Μαγνητική τομογραφία

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί εξαιρετική μέθο-

δο ακριβούς και λεπτομερούς απεικόνισης των διαφόρων μαλακών ιστών ενός σφάγιου. Βασίζεται στις ιδιότητες των ατόμων του υδρογόνου (πρωτόνια) να προσανατολίζονται τον άξονα περιστροφής όταν εφαρμόζεται μαγνητικό πεδίο. Σε μαγνητικά πεδία 0,1 έως 7 Tesla τα πρωτόνια προσανατολίζονται προς την κατεύθυνση του πεδίου και συγχρόνως περιστρέφονται με συγκεκριμένη συχνότητα. Η συχνότητα αυτή είναι χαρακτηριστική για κάθε άτομο. Εάν εφαρμοστεί ραδιοκύμα ίδιας συχνότητας με αυτής της περιστροφής τους, τότε απορροφούν ενέργεια και μετατοπίζονται από την ισορροπημένη τους κατάσταση. Με την παύση του ραδιοκύματος, τα πρωτόνια επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, οπότε και απελευθερώνουν την ενέργεια που απορρόφησαν με τη μορφή ραδιοκύματος. Αυτά τα σήματα συλλαμβάνονται, υφίστανται επεξεργασία και απεικονίζονται τρισδιάστατα (Scholz *et al.*, 2015). Η συχνότητα της μεταπωπτικής γωνιακής περιστροφής κάθε πυρήνα γύρω από τον επιμήκη άξονα είναι χαρακτηριστική και ονομάζεται συχνότητα Larmor. Η συχνότητα αυτή διαφέρει ανάλογα με το ισότοπο ενδιαφέροντος και με την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Επειδή το ισότοπο ¹H έχει τη μεγαλύτερη σχετική ευαισθησία σε σχέση με τα ισότοπα ²H και ¹³C, η πιο συνηθισμένη μέθοδος μαγνητικής τομογραφίας που εφαρμόζεται σε μελέτες για τα σφάγια και το κρέας είναι ο πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός (Gaunt *et al.*, 2013).

Η αξιολόγηση του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού στηρίζεται στους χρόνους T1 (*spin-lattice relaxation time*, ο χρόνος στον οποίο η μαγνήτιση ανακάμει το 63% της αρχικής της τιμής μετά από περιστροφή της στον επιμήκη άξονα) και το χρόνο T2 (*spin-spin relaxation time*, ο χρόνος στον οποίο η τιμή της μαγνήτισης εξασθενεί και πέφτει στο 37% της αρχικής της τιμής στο εγκάρσιο επίπεδο). Οι χρόνοι αυτοί εξαρτώνται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου που εφαρμόζεται (Kato *et al.*, 2005) και εκφράζουν την απώλεια ενέργειας στο περιβάλλον. Επιπλέον, μεταβάλλονται, μεταξύ άλλων, και από την αφυδάτωση και τη συγκέντρωση του αλατιού στο κρέας και στο σφάγιο. Έτσι ο πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός, εκμεταλλευόμενος τη μεταβολή αυτών των χρόνων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της αφυδάτωσης και της αλάτισης σε επεξεργασμένο κρέας (Fantazzini *et al.*, 2009).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα λογισμικά τα οποία αυτοματοποιούν την ανάλυση της εικόνας τόσο από αξονική όσο και από μαγνητική τομογραφία, ενώ συμβάλλουν συγχρόνως και στο διαχωρισμό του (άπαχου) κρέατος, του λίπους, των οστών και, αν είναι απαραίτητο, του περιεχομένου της κοιλίας και του πεπτικού σωλήνα από τις άλλες ανατομικές δομές. Για

παράδειγμα, οι Kullberg *et al.* (2007) περιέγραψαν ένα πρωτόκολλο αυτοματοποιημένης ανάλυσης μιας εικόνας από μαγνητική τομογραφία, το οποίο εστιάζει στο διαχωρισμό του σπλαχνικού και του υποδόριου λίπους από το υπόλοιπο λίπος, ενώ οι Addeman *et al.* (2015) πρότειναν ένα πρόγραμμα αυτοματοποιημένης διάκρισης του υποδόριου και του ενδοκοιλιακού λιπώδους ιστού από τον ολικό λιπώδη ιστό του σώματος. Η διάκριση αυτή οφείλεται στο ότι το λίπος είναι μια δομή υψηλής έντασης και άρα φωτεινότερης εμφάνισης σε σχέση με τους μη λιπώδεις ιστούς, που αποτελούν δομές χαμηλής έντασης και έτσι απεικονίζονται πιο σκοτεινοί. Όμως, ακριβώς το αντίθετο ισχύει για τα κατεψυγμένα προϊόντα, όπου το λίπος έχει σκοτεινότερη εμφάνιση από τον πάγο (Mozziols *et al.* 2013). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εικόνα της μαγνητικής τομογραφίας είναι οι χρόνοι T1 και T2 του ιστού-στόχου, η ένταση του μαγνητικού πεδίου, η συχνότητα των ραδιοκυμάτων, το πάχος της τομής, η απόσταση μεταξύ των τομών και οι προδιαγραφές του πηνίου.

Η μαγνητική τομογραφία είναι μια από τις πιο ακριβείς απεικονιστικές μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων του σώματος των ζώων, με εξαιρετική απεικονιστική λεπτομέρεια μεταξύ των μαλακών ιστών (Baulain, 2013). Το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία για την πρόβλεψη του ποσοστού λίπους και άπαχου κρέατος ζωντανών ζώων και σφάγιων, με δυνατότητα συνενώσεως να χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη αυτών, και πλεονεκτεί έναντι της αξονικής διότι δεν υπάρχει έκθεση σε ακτινοβολία με τη χρήση της (Ohja *et al.* 2016). Εκτός των αναφερθέντων πλεονεκτημάτων σχετικά με την απεικόνιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του μεταβολισμού των μυών και την πρόβλεψη των χαρακτηριστικών του κρέατος συμπεριλαμβανομένης και της ικανότητας συγκράτησης ύδατος (Lazzaroni *et al.*, 2007). Το ενδιαφέρον σχετικά με την μέθοδο και την εφαρμογή της στην κατάταξη των σφάγιων καταδεικνύεται και από την ύπαρξη σχετικού δαπλώματος ευρεσιτεχνίας για βασισμένο στην μαγνητική ακτινογραφία σύστημα κατάταξης ζώων και σφάγιων (Ellis, 2005).

Υπερηχογραφία

Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας που δεν είναι αντιληπτά από το ανθρώπινο αυτί. Η βασική αρχή της μεθόδου βασίζεται στη διαφορετική αλληλεπίδραση των υπέρηχων με τους διαφορετικούς ιστούς ενός σώματος / σφάγιου και με τις διαχωριστικές επιφάνειες, καθώς και στην ανάκλαση του ήχου προς

τον ηχοβολέα (Halliwell, 2010; Scholz and Mitchell, 2010; Pathak *et al.*, 2011). Η πυκνότητα των διαφόρων ιστών ενός σώματος / σφάγιου επηρεάζει την ταχύτητα μετάδοσης των υπέρηχων. Η ταχύτητα μετάδοσης είναι μικρή στον αέρα, μεγαλύτερη στους μαλακούς ιστούς και ακόμα μεγαλύτερη στα οστά (Halliwell, 2010). Αν ένας ιστός είναι ομοιογενής, δεν αντανάκλαται ο ήχος. Όπου υπάρχουν ιστοί διαφορετικής πυκνότητας υπάρχει διαφορετική μετάδοση του ήχου, αντανάκλαση κάποιων ποσοτήτων αυτού και εξασθένηση της δέσμης (Scholz *et al.*, 2015). Η ηχητική δέσμη που δεν αντανάκλασθηκε διαπερνά τον ιστό και αντανάκλαται στη συνέχεια με ποικίλους τρόπους. Η πυκνότητα των ιστών εξαρτάται και από τη θερμοκρασία, συνεπώς μεταβάλλεται και η απεικόνιση των ιστών ενός ψυγμένου σφάγιου σε σχέση την απεικόνιση των ιστών ενός ζωντανού ζώου (Van de Sompel *et al.*, 2012).

Λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης των υπέρηχων γραμμικής συστοχίας (linear array) πραγματικού χρόνου (real time), η παραπάνω τεχνική είναι η συχνότερη χρησιμοποιούμενη στον προσδιορισμό της σύστασης ενός σφάγιου (Scholz and Baulain, 2009). Υπάρχουν διάφορα είδη απεικόνισης, όπως η απεικόνιση εδρούς (A-mode), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον προσδιορισμό του πάχους μιας στοιβάδας λίπους ή κρέατος και η απεικόνιση φωτεινότητας (B-mode), η οποία δίνει πληροφορίες τόσο για εναποθέσεις λίπους στο σφάγιο όσο και για το μυϊκό ιστό αυτού σε μια σύρση. Η απεικόνιση φωτεινότητας επιτρέπει αυξομειώσεις στη συχνότητα ανανέωσης των εικόνων στην οθόνη του υπολογιστή (ρυθμός σάρωσης). Ο ρυθμός σάρωσης ευθύνεται για την ικανότητα καταγραφής γεγονότων που συμβαίνουν σε διαφορετικούς χρόνους (Scholz *et al.*, 2015).

Η συχνότητα των υπέρηχων επηρεάζει την εξασθένηση της δέσμης υπέρηχων και των ανακλώμενων ήχων. Ηχητικά κύματα χαμηλής συχνότητας (μεταξύ 2 και 5 MHz) έχουν μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης εντός των ιστών, με έκπτωση στην ευκρίνεια και λεπτομέρεια της εικόνας οι οποίες είναι σχετικά φτωχές. Αντίθετα, ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας (μεταξύ 5 και 7,5 MHz) εξασθενούν ταχύτερα μέσα στους ιστούς αλλά η ευκρίνεια της παραγόμενης εικόνας είναι πολύ καλύτερη. Συνεπώς το βάθος διείσδυσης των υπέρηχων στους ιστούς είναι αντιστρόφως ανάλογο της ευκρίνειας. Κατά συνέπεια οι υπέρηχοι μικρότερης συχνότητας χρησιμοποιούνται στην απεικόνιση βαθύτερων μυϊκών μαζών, ενώ οι υψηλότερης συχνότητας στην απεικόνιση επιφανειακότερων μυϊκών στοιβάδων (Pillen and van Alfen, 2011).

Εκτός όμως αυτού, παράγοντες όπως η εμπειρία του

εξεταστή, η ηλικία και το βάρος του σφάγιου ζώου επηρεάζουν την υπερηχοτομογραφική απεικόνιση (Scholz *et al.*, 2015), κάνοντάς την λιγότερο ακριβή από την αξονική και μαγνητική τομογραφία. Επίσης, ανεξάρτητα της συσκευής παραγωγής υπέρηχων και της συχνότητας αυτών που χρησιμοποιείται, ο εξεταστής πρέπει να γνωρίζει την ανατομία των περιοχών που εξετάζει (Scholz *et al.*, 2015), προσθέτοντας υποκειμενικότητα στις μετρήσεις, παράγοντας που είναι ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της κατάταξης των σφάγιων με βάση την εξωτερική εμφάνιση.

Παρ' όλα αυτά, επειδή ο μυϊκός ιστός εμφανίζει μεγαλύτερη εξασθένηση σε σχέση με το λιπώδη ιστό, ο υπέρηχος χρησιμοποιείται ευρέως στον προσδιορισμό του δείκτη θρεπτικής κατάστασης, των αποδόσεων των ζώων και στην ταξινόμηση των σφάγιων (Pathak *et al.*, 2011; Ayuso *et al.*, 2013; Branscheid *et al.*, 2011; Scholz *et al.*, 2015).

Ολική ηλεκτρική αγωγιμότητα (Total body electrical conductivity)

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του σφάγιου αποτελεί μια μη καταστρεπτική και ταχεία τεχνική για την μέτρηση της σύνθεσής του. Στήριζεται στην αρχή ότι ο μυϊκός ιστός και το σωματικό λίπος διαφέρουν σημαντικά στην ηλεκτρική τους αγωγιμότητα, με τον μυϊκό ιστό να αποτελεί καλό αγωγό λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης νερού και ηλεκτρολυτών, ενώ τα οστά και το λίπος κακοί αγωγοί. Κατά συνέπεια η ηλεκτρική αγωγιμότητα του συνόλου του σφάγιου καθορίζεται από το ποσοστό άπαχου κρέατος (Ohja *et al.*, 2016). Κατά την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας το σφάγιο τοποθετεί σε θάλαμο όπου παράγεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο όπου και καταμετρείται από ανχνευτές η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία είναι ανάλογη της αγωγιμότητάς του. Η μέτρηση της ολικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει δώσει εξαιρετικά αποτελέσματα in vitro ενώ μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε θερμά όσο και σε ψυγμένα σφάγια με σχεδόν παρόμοια αποτελέσματα. Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε κρέας και σφάγια βοοειδών (Allen και McGeehin, 2001).

Ανάλυση εικόνας βίντεο

Η ανάλυση εικόνας αποτελεί μια γρήγορη, αυτοματοποιημένη και αντικειμενική μέθοδο εκτίμησης των σφάγιων που βασίζεται στην αρχή του διαφορετικού χρώματος των περιοχών που καλύπτονται από λίπος έναντι αυτών που καλύπτονται από μύες. Γενικότερα τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από τη φωτεινή πηγή, τους ανχνευτές και το πρόγραμμα

ανάλυσης εικόνας. Το σύστημα ανχνευτών / φωτεινής πηγής είναι σταθερά τοποθετημένο και τα σφάγια διέρχονται σε προκαθορισμένη ταχύτητα έτσι ώστε να είναι δυνατή η λήψη των μετρήσεων (Craigie *et al.*, 2012). Η ανάλυση εικόνας βίντεο μπορεί να εφαρμοστεί σε ολόκληρα σφάγια ή ημιμόρια προ της ψύξης ή σε τεταρτημόρια μετά την ψύξη. Έχει εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες σε Η.Π.Α. και Καναδά, όπου χρησιμοποιείται για την κατάταξη των σφάγιων με βάση το ενδομυϊκό λίπος μεταξύ 12^{ου} και 13^{ης} πλευράς στα βοοειδή, με την ταχύτητα εκτίμησης μπορεί να φτάνει έως τα 800 σφάγια την ώρα. Μπορούν επίσης να εκτιμηθούν η διάπληση και η σύνθεση του σφάγιου, η τρυφερότητα (με βάση την εικόνα της επιφάνειας του κρέατος), το χρώμα του κρέατος, η ικανότητα συγκράτησης ύδατος και η σύνθεση του σφάγιου σε λιπώδη και μυϊκό ιστό (Craigie *et al.*, 2012; Ohja *et al.*, 2016). Εκτός από την μέτρηση του ενδομυϊκού λίπους μεταξύ 12^{ου} και 13^{ης} πλευράς υπάρχει δυνατότητα λήψης όλου του σφάγιου, λήψη που θα μπορούσε να εφαρμοστεί για μετρήσεις ανταποκρινόμενες στην ευρωπαϊκή κλίμακα κατάταξης. Όπως αναφέρθηκε η μέθοδος χαρακτηρίζεται από αντικειμενικότητα, ταχύτητα και δυνατότητα αυτοματοποίησης χαρακτηριστικά που επέτρεψαν την ανάπτυξη εμπορικά διαθέσιμων συστημάτων (Ohja *et al.*, 2016).

Συμπεράσματα

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω εύκολα προκύπτει πως κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (πίνακας 2). Για την επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά μεθόδου πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

1. Με την επιφύλαξη της ακτινοβολίας και του μεγάλου κόστους, ο αξονικός τομογράφος αποτελεί την απεικόνιση εκλογής για το χαρακτηρισμό και ταξινόμηση των σφάγιων.
2. Αν δεν απαιτείται η τρισδιάστατη απεικόνιση, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η απορροφησιμετρία ακτίνων X δαπλής ενέργειας.
3. Σε περίπτωση που η εκλυόμενη ακτινοβολία μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για τους εργαζόμενους, τότε προτιμάται η χρήση μαγνητικής τομογραφίας.
4. Στην περίπτωση που ενδιαφέρει η ταχύτητα του αποτελέσματος, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν A-mode ή B-mode υπερηχογράφοι.

Σε γενικές γραμμές, οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι ταξινόμησης των σφάγιων χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο στις ευρωπαϊκές όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες παγκόσμια. Μάλιστα, με την πάροδο των χρόνων αναπτύσσονται όλο και νεότερες τεχνολογίες απεικόνισης,

επιδεικνύοντας την ευρεία αποδοχή των απεικονιστικών τεχνικών. Η μη εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων ποιοτικής κατάταξης του κρέατος και, γενικότερα, η έλλειψη τυποποίησης, σήμανσης και ταυτοποίησής του (απουσία συστήματος οχηλασιμότητας και αξιόπιστης πληροφόρησης των καταναλωτών για την προέλευση του κρέατος για τις διαδικασίες παραγωγής του και για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος), καθιστούν σήμερα αδύνατη την διαφοροποίηση του εγχώριου προϊόντος σε σχέση με τα εισαγόμενα, παρά το γεγονός ότι οι Έλληνες καταναλωτές αποτιμούν υψηλότερα τα εγχώρια προϊόντα και είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν μεγαλύτερα ποσά για ποιοτικά προϊόντα με εγγυημένη προέλευση. Έτσι, διαμορφώνεται ένα περιβάλλον αθέμιτου ανταγωνισμού για τα ελληνικά προ-

ιόντα κρέατος. Μια πλήρης, λοιπόν, και αποτελεσματική εφαρμογή της ποιοτικής κατάταξης των σφάγιων και της σήμανσης του κρέατος, ώστε να προωθηθεί η εμπορία των ποιοτικών σφάγιων και του ελληνικού κρέατος, θα συμβάλει στην αύξηση της προστιθέμενης αξίας των προϊόντων κρέατος, θα αμβλύνει το έλλειμμα που παρατηρείται στο ισοζύγιο εισαγωγών – εξαγωγών κρέατος στη χώρα και θα βελτιώσει τη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα των εκτροφών. Η Ελλάδα, ως αναπτυγμένη χώρα οφείλει και μπορεί να ενσωματώσει τις μη καταστρεπτικές μεθόδους ταξινόμησης των σφάγιων στη ρουτίνα των σφαγείων της, κάνοντας περισσότερο αυτοματοποιημένη και αντικειμενική την αξιολόγηση της ποιότητας των σφάγιών της. ●

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μη καταστρεπτικών μεθόδων για τον προσδιορισμό της σύστασης του σφάγιου

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας	+ Εύκολος χειρισμός + Χαμηλή ακτινοβολία + Μέτρια τιμή + Γρήγορη ανάλυση δεδομένων + Τμηματική ανάλυση δεδομένων	- Μόνο διδιάστατη προβολή (μέχρι στιγμής) - Απουσία δεδομένων για άπαχο κρέας (in vivo)
Αξονική τομογραφία	+ Πολύ υψηλή ανατομική ανάλυση + Υψηλή ταχύτητα + Τρισδιάστατη εικόνα όλου του σώματος + Αυτοματοποιημένη ανάλυση δεδομένων	- Ακτινοβολία - Ακριβή σε κόστος
Μαγνητική τομογραφία	+ Άριστη διαφοροποίηση μαλακών ιστών + Τρισδιάστατη εικόνα όλου του σώματος + Λειτουργική απεικόνιση + Απουσία ακτινοβολίας	- Ακριβή σε κόστος - Αργή για απεικόνιση όλου του σώματος - Χαμηλή διαθεσιμότητα
Υπέρηχογραφία	+ Φορητός με αρκετά δεδομένα για τα περισσότερα είδη + Λογική τιμή + Απουσία ακτινοβολίας + Ανάλυση σε πραγματικό χρόνο + Κανένας περιορισμός μεγέθους σφάγιου	- Λιγότερο ακριβής ανατομική ανάλυση - Μη εύκολα αυτοματοποιημένη ανάλυση εικόνων - Αδυναμία απεικόνισης όλου του σώματος

Η ανακοίνωση πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου Τ1ΕΔΚ_0547 «Εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του ελληνικού κρέατος» που συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, στο 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο το Κρέας και τα Προϊόντα του - Θεσσαλονίκη 1-3/2/2019.



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

